PROCEEDINGS

PCRUSCI CONFERENCE 2025

การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 4 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2568

PCRUSCI CONFERENCE 2025

วันศุกร์ ที่ 7 มีนาคม พ.ศ. 2568

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

คำนำ

รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ประจำปี พ.ศ. 2568 ซึ่งจัดขึ้นใน วันศุกร์ที่ 7 มีนาคม 2568 ณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เป็นการรวบรวมผลงานวิจัยที่นำเสนอในรูปแบบบรรยาย 88 ผลงาน มีผลงานที่ได้รับการคัดเลือกให้จัดทำรวมบทความฉบับสมบูรณ์ มีการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละด้าน รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฯ ฉบับนี้เป็นบทความฉบับสมบูรณ์ในกลุ่มด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งสิ้น 88 ผลงาน

คณะกรรมการดำเนินงานฝ่ายประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัย ขอขอบคุณผู้บริหาร กองบรรณาธิการ และผู้ทรงคุณวุฒิ รวมถึงขอขอบคุณผู้นำเสนอผลงานและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนส่งเสริมและสนับสนุนให้การจัดทำรายงานสืบเนื่องจากการประชุมครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนางานวิจัย

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

บทความวิจัย	หน้า
ปัจจัยและการใช้บุหรี่ไฟฟ้าในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนจังหวัดเพชรบูรณ์ จันทัปปภา คมแก้ว, ธิดารัตน์ กิ๊กขุนทศ, สิริวิมล รักษาชอบ, สุวิมล สุทาเนตร, วิลาสินี เป้งทา และนฤมล จันทร์มา	1
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกัน โรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ ณัฐชา สุตา, ณัฐณิชา คงเลิศพานิ, ธนกฤต หันธนู, สุพรรษา กุลเกลี้ยง และรุจิรา พิมพ์เสนา	17
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์ในกรุงเทพมหานคร นิติทัศน์ แก่นท้าว, จิราลักษณ์ นนทารักษ์, ปรารถนา สถิตวิภาวี และวิศิษฎ์ ฉวีพจน์กำจร	33
การศึกษาวิธีการชวนคู่มาตรวจเอชไอวีแบบ Index Partner Testing รูปแบบ Client Referral ต่อการเพิ่มอัตราการเข้ารับบริการในกลุ่มชายรักชาย พิณทิพย์ จมจา, จิราลักษณ์ นนทารักษ์, วิศิษฎ์ ฉวีพจน์กำจร และณัฐนารี เอมยงค์	47
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไพรสำหรับการสมานแผล พรปวีณ์ วงศ์กูล, จักรพงษ์ เมืองทรัพย์, ณัฐกฤต ฤกษ์งาม และสุณิษา คงทอง	60
การพัฒนาต้นแบบสำหรับการตรวจจับคราบน้ำอสุจิที่แม่นยำด้วยการบูรณาการเทคนิคปัญญาประดิษฐ์กับเทคนิค Polilight ธัญรดี คงนะภักดี, ทยาวีร์ ร่มแก้ว และสุนิษา โอบอ้อม	76
รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ณภัทร ส่งมหาชัย, อุมาภรณ์ คงอุไร, จตุรงค์ เหมรา และธนิกาภรณ์ วงศ์วัชรอำพน	86
ผลของชนิดสารช่วยยึดเกาะต่อคุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดฟ้าทะลายโจร ชานน สกุลอินทร์, มนตรี จาตุรันต์ภิญโญ และวารี ลิมป์วิกรานต์	95
ความรอบรู้ด้านสุขภาพ 3อ ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร พรไพลิน เปรมโคกสูง, มัทนา อินวกูล, กัญญาณัฐ นาสนิท, ศศิวิมล พรมพิทักษ์, และโสภณา จิรวงศ์นุสรณ์	108
ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 ชนกกมล ทองทาสี และธิติพงษ์ สุขดี2	120
ศึกษาการนำแอปพลิเคชันสำหรับสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษเรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 นุชนารถ ศรีษะโหน่ และวิภาวรรณ บัวทอง	131

บทความวิจัย	หน้า
การใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สุรีย์รัตน์ เหลืองศิริ, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และเสรี ปานซาง	140
การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา กนกพล เมืองรักษ์	150
การพัฒนาระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์งานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการโดยใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด กรณีศึกษา วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่ เอกชัย เสาว์เอ้ย และเสมอแข สมหอม	169
การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ฉัตรธิดา รุ่งแจ้ง, นิรุตต์ จรเจริญ, มาลินี คำเครือ และวิยะดา พลชัย	181
การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัลสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล กิตติมา หอมหวน, นิรุตต์ จรเจริญ, ณรงค์ พันธุ์คง และพิศาล คงเอียด	197
การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน นักศึกษา กรณีศึกษาแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล วรุฒ เนื่องชมภู และกริช สมกันธา	213
ระบบตรวจจับหมวกนิรภัยด้วยการประมวลผลภาพ คฑาวุธ สาครการะเกด, พุธทินันต์ พรมเนตร และจตุรงค์ ธงชัย	224
ระบบแจ้งเตือนการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ กัมปนาท เข็มทอง และจตุรงค์ ธงชัย	233
ระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ จีรพัน ชลนะ, ณัฐพร บุษย์ศรีเจริญ และจตุรงค์ ธงชัย	242
การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต ธิดารัตน์ ศิวะนาถนุสรณ์, พิทา จารุพูนผล และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	253
ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส นางสาวนิฟาติน สะมาแอ, มาหามะยูนัยนัน ดอรอเฮ็ง และบุญธิดา จิรรัตนโสภา	265

บทความวิจัย	หน้า
การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ความคิดเห็นของนักเรียนในวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง บุญมี นิสสัยดี, พิทา จารุพูนผล และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	277
ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน อาฟานดี กะลูแป, อิบนูอัฟฟาน อารง และบุญธิดา จิรรัตนโสภา	287
ระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา ฮัซบุลลอฮ์ อาแวมือ, กัญญาพัชร เพ็ญศรี, พิมลพรรณ ลีลาภัทรพันธุ์ และรุสนี กาแมแล	299
การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคเว็บสแครปปิ้งและการประมวลผลภาษาธรรมชาติสำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทย ชวลิต โควีระวงศ์, รัตถชล อ่างมณี, ไพรินทร์ มีศรี และดาวรถา วีระพันธ์	314
การพัฒนาภาษิตล้านนาด้วยสื่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น เจน ซี ภานุพันธ์ จิตคำ, คมกฤช จิระบุตร และเศรษฐชัย ใจฮึก	324
การปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์สกรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด กิตติพัฒน์ ประสพสุวรรณ, ภัทรพล เสมอภาค, ภัคธินันท์ จิรวันทนาเมศร์ และเมฆินทร์ วรศาสตร์	334
ระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา ฮาฟีพะห์ เจะเตะ, อภินันต์ ดือราฮิง, แพรวศรี เดิมราช และรุสนี กาแมแล	346
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในภูเก็ต วีระวุฒิ ทองโคตร, พิทา จารุพูนผล, วิภาวรรณ บัวทอง และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	359
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการอบรมการสร้างความตระหนักถึงภัยคุกคามไซเบอร์ของบุคลากรในธุรกิจท่องเที่ยวและการให้บริการในประเทศไทย อธิสิน ชิตรัตน์, พิทา จารุพูนผล, วิภาวรรณ บัวทอง และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	374
การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวในการพัฒนาบล็อกเชนในจังหวัดภูเก็ตผ่านเหมืองกฎความสัมพันธ์ ประคอง เอี่ยมพิกุล, พิทา จารุพูนผล, วิภาวรรณ บัวทอง และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	387
TAM เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแชตบอตให้ข้อมูลห้องพักและอาหาร: กรณีศึกษาโรงแรมเดอะแกลอลี่ ในหาน อทิพร เข็มทอง, พิทา จารุพูนผล, วิภาวรรณ บัวทอง และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	400

บทความวิจัย	หน้า
การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกฎความสัมพันธ์: กรณีศึกษาโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 1 ชิตนภัส มาศชาย, พิทา จารุพูนผล และณสิทธิ์ เหล่าเส็น	412
การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวด นที บุตรน้ำเพชร, ภานุวัฒน์ สาตะถา และบัญชา หิรัญสิงห์	424
รแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วน คัชชพงษ์ หงส์เวียงจันทร์, ณัฐธัญ ดอกกุหลาบ และบัญชา หิรัญสิงห์	436
การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนโดยอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงปีกตัววีที่ผลิตจากเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ อัษฎาวุฒิ เดชะบุญ, สมพล สกุลหลง และสืบสกุล คุรุรัตน์	448
การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกางจากโรงงานแปรรูปอาหาร กรณีศึกษา กฤษณศักดิ์ แก้วสนิท, ดุสิต งามรุ่งโรจน์ และกนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์	459
ระบบอันดับสองแบบมาตรฐานโดยออปแอมป์ป้อนกลับกระแส อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์	475
การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะของการอพยพหนีไฟ ด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารหอพัก สุรีรัตน์ มะณีรัตน์ และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ	485
จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา พูนศรี วรรณการ, สุรเชษฐ เดชฟุ้ง, สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ และมนัส บุญเทียรทอง	498
การจำลองกลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder: กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน ณัฐฐานิตา อาจหาญ และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ	507
การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาการอพยพในแท่นขุดเจาะ ประเภท Jack Up ด้วยโปรแกรม Pathfinder จักรพงษ์ จีนธาดา และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ	519

บทความวิจัย	หน้า
การพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยี การร่อนดินทำความสะอาดสมุนไพรประเภทหัวเพื่อเพิ่มมูลค่า การผลิตของสมุนไพร ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตสมุนไพร ในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ สุชาติ เขียวนอก, กฤษฎิ์พนธ์ พรรณรัตนชัย และโกศล พิทักษ์สัตยาพรต	532
การประเมินความเสี่ยงกระบวนการผลิตยางรถจักรยานและแนวทางการจัดการความเสี่ยงตามระบบมาตรฐาน ISO 45001 สาคร ทองประไพ, เสรีย์ ตู้ประกาย, ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช, กันต์ธร เก่งพล และวัฒนา จันทะโคตร	539
การจำแนกท่าทางใบหน้าส่วนล่างโดยใช้ Deep Learning และ MediaPipe : การประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูการพูด ธวีวัฒน์ มิสา, ชลธิศา รัตนชู และนิดา แซ่จอง	553
การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบควบคุมของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม MATLAB & Simulink กฤตพร สายเสนีย์, ผศ.ดร.ชาญยุทธ์ กาญจนพิบุลย์ และผศ.ดร.นิวัตร มูลปา	564
ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ลำต้นผักตบชวาแห้งเป็นตัวดูดซับ ทัพพงศ์ ภูนอนไร่ และสุนทรี ขุนทอง	573
การวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติในคลังสินค้าจัดเก็บยางเครื่องบินด้วยโปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย PyroSim ณัฐติกุล เขียวคำปัน และ ผศ.ดร. สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ	584
การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง เมธี พันธุ์ทิพย์สุคนธ์, เสรีย์ ตู้ประกาย, ปิยรัตน์ ปรีมาโนช และวัฒนา จันทะโคตร	601
การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder เอกวุฒิ สุขเสงี่ยม และ ผศ.ดร. สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ	617
การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของพนักงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน ศุภิสรา ทองเย็น และเพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ	639
การวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ด้วยการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ณิชชา งามเนตร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ	654

บทความวิจัย	หน้า
การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงและแนวทางการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมของคนงานก่อสร้างในจังหวัดระยอง ธีรเจต ปัถย์ธนวรรธน์, ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช, เสรีย์ ตู้ประกาย และวัฒนา จันทะโคตร	678
การวิเคราะห์งานและการประเมินความเป็นอันตรายด้านความปลอดภัยในการประกอบ ติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน ปองปรีดา ทองพิเศษ, เสรีย์ ตู้ประกาย, ปิยรัตน์ ปรีมาโนช และวัฒนา จันทะโคตร	689
สมบัติความหนาแน่นและเชิงกลของเซรามิกไร้ตะกั่วบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต เจือด้วยลิเทียมแทนทาลัมไนโอเบต วรัญญา กัลยาประสิทธิ์, สุจิตตรา อินทอง, ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล และฉัตรชัย เครืออินทร์	701
ผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน ธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ์, เรืองวิทย์ สว่างแก้ว, ดวงใจ บุญกุศล และวันวิสาข์ ลิจ้วน	711
การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของอะโวคาโด นพฤทธิ์ ไวว่อง, สิริพร กวงขุนทด, พวงผกา แก้วกรม และสุรางค์รัตน์ พันแสง	720
ศึกษาความชุกของการติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือดในโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 นฤมล วังคีรี, ศุภชัย สังเกตดี, จารุณี จงเชิดชูตระกูล, วิภาภรณ์ สัจจวาทิต, ธนาวรรณ สุขเกษม และกานต์ แย้มพงษ์	729
การผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสจากเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* เพื่อใช้เตรียมน้ำเชื่อมอินเวิร์ตสำหรับเป็นอาหารเสริมเลี้ยงผึ้งพันธุ์ อริสรา มณีกลัด, ศุภคม คล้ายโตนด, พิเชษฐ์ ประภาวิลัย, ธันย์ชนก เอื้ออาจิน, บาจรีย์ ฉัตรทอง และขรรค์ชัย ดั้นเมฆ	737
การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะขามหมู รัชดาภรณ์ เชื้อบุญมี, เสาวภา ชูมณี, ปิยรัตน์ มูลศรี, กาญจน์ คุ้มทรัพย์ และอาทิตย์ หู้เต็ม	750
การตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในจังหวัดเพชรบูรณ์ รุจิรา คุ้มทรัพย์, เสาวภา ชูมณี, หนูพิศ บุญสุวรรณ, ปิยรัตน์ มูลศรี อาทิตย์ หู้เต็ม และกาญจน์ คุ้มทรัพย์	765
การประเมินศักยภาพของสายพันธุ์บัวหลวงในการผลิตรากบัว สุดใจ ล้อเจริญ, ศุภลักษณ์ อริยภูชัย, มณีรัตน์ รุจิณรงค์ และจีรภา ออสติน[1]	776

บทความวิจัย	หน้า
ตำรับสบู่จากใบมันเทศและการประเมินความพึงพอใจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว ปรีชญา รุ่งวิกรัยกานต์	784
การพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงมือสำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็ก เอื้องพลอย ใจลังกา, วุฒิชัย ลัดเครือ, จรัสศรี แก้วฟั่น, พรพรรษา เชื้อสมบูรณ์, พจน์ศิรินทร์ สุคันธมาลา, นรีกานต์ ไชยวงค์ และกันยวิชญ์ กันจินะ	796
การเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ ศุภลักษณ์ อริยภูชัย, ชญานุช ตรีพันธ์, ปิยะนุช มุสิกพงศ์ และสุมาลี ศรีแก้ว	814
สัณฐานวิทยาของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว ประทีป อูปแก้ว, ทิษฎยา เสมาเงิน, วิทูร ขาวสุข และปริญญาพร หนูอุไร	823
Identification and Characterization of a Spore Wall Protein in *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) Thipsuda Chiwka, Suparat Taengchaiyaphum, Kallaya Sritunyalucksana and Siripong Thitamadee	833
A design of PID controller based on an average circuit Ittipong chaisayun	841
RISK ASSESSMENT FOR LIQUEFIED PETROLEUM GAS RELEASE FROM STORAGE SPHERE Ampika Nakrachata-amorn and Soontree Khuntong	853
Assessment of Leakage and Explosion of Flammable liquids from storage tank by ALOHA related to pre-incident plan Ranwarat Proncharoen and Soontree Khuntong	867
Investigation of Chiang Rai irregular migration and its environmental factors using Machine Learning Janjira Khuenmamuean and Phattraporn Soytong	881
Development of 3D Online Material Form of a Metaverse Titled Reserved Wildlife and Rare Plants in Thailand Preedawon Kadmateekarun	894

บทความวิจัย	หน้า
การสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ภาณุพัฒน์ ชัยวร, พชร ซาวคำ, ธินัญญา ใจแจ้ง และสเตฟาน รุซมาร์น	902
ผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้การสั่นแนวตั้งและกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย สรวรรณ เจาะโด, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และสิรินทร์นิชา ปัญจอริยะกุล	914
การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 สร้อยทับทิม เดชโพธิ์, อโนดาษ์ รัชเวทย์ และจันทร์ฉาย ยานะ	923
การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อส่งเสริมทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ อวยพร ดำริมุ่งกิจ	934
การพัฒนาบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เอมนิกา ใบโพธิ์, จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล และชาญวิทย์ คำเจริญ	959
การประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อประเมินสภาวะแห้งแล้งทางการเกษตรและศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อน้ำใต้ดิน ณัฐพล เย็นสกุลสุข และปริเวท วรรณโกวิท	972
การผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียมะขามแช่อิ่มร่วมกับมูลวัวเพื่อใช้ในการผลิตและแปรรูปมะขาม พรทวี กองร้อย และพิณทิพย์ แก้วแกมทอง	989
การเตรียมและตรวจสอบอิฐดินผสมเศษเส้นใยสับปะรดเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านอนุรักษ์พลังงาน วาริส ราชภักดี, เมธี พรมสวัสดิ์ และนันทกาญจน์ มุรศิต	998
การศึกษาวิจัยเรื่องไม้ไผ่เสริมยางพาราลดการสูญเสียชายฝั่ง เบญจวรรณ ไชยเดช, ณัฐพนธ์ อุทัยพันธุ์ และนันทกาญจน์ มุรศิต	1006
การพัฒนาชุดสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งสำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ปิยะรัตน์ รินรุด, อาทิตยา สว่างแสง, สง่า ทับทิมหิน และปวีณา ลิมปิทีปราการ	1017
การประเมินความเสี่ยงในสภาพแวดล้อมการทำงานของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร วรางคณา อยู่กลัด, พรทวี กองร้อย และพิณทิพย์ แก้วแกมทอง	1028

บทความวิจัย	หน้า
การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง อัสนาท กล่อมกริมสกุล และสุนทรี ขุนทอง	1042
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน ด้วยกกกลมและธูปฤาษีโดยระบบพืชกรองน้ำเสีย ธวัชชัย แก้วยม, ศิริลักษณ์ ราชประสิทธิ์, ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี, ธนาวรรณ พิณะเวศน์, พรทวี กองร้อย, อิสระ ตั้งสุวรรณ และพิณทิพย์ แก้วแกมทอง	1057
ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีของห้องปฏิบัติการ สวพ.3 สุพิชญ์รดา มาลาศรี, นันทพัทธ์ ถาสอสุด และอรัญญา ลุนจันทา	1068
การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป ณัฏฐกิตติ์ พูลประสงค์ และนัทกาญจน์ ประเสริฐสังข์	1077

ปัจจัยและการใช้บุหรี่ไฟฟ้าในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนจังหวัดเพชรบูรณ์

Factors and Usage of Electronic Cigarettes Among Lower Secondary School Students in Phetchabun Province.

จันทัปปภา คมแก้ว[1] ธิดารัตน์ กิ๊กขุนทศ[1] สิริวิมล รักษาชอบ[1] สุวิมล สุทาเนตร[1] วิลาสินี เป้งทา[1] และ นฤมล จันทร์มา[1*]

Janthappapha khomkaew, Thidarat Kikkhunthot, Siriwimon Raksachop, Suwimon Suthanet, Wilasinee Pengtha and Narumon Janma[1*]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

[1]Science and Technology Phetchabun Rajabhat University

***Corresponding author E-mail: dominiger2524@hotmail.com**

บทคัดย่อ

เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytical study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการตัดสินใจของการใช้บุหรี่ไฟฟ้า โดยใช้แบบสอบถามปัจจัยและการใช้บุหรี่ไฟฟ้าของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในจังหวัดเพชรบูรณ์ จากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบูรณ์ คำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรประมาณค่าสัดส่วน ได้ขนาดตัวอย่าง 208 คน ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ Multiple binary logistic regression

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศชาย อายุเฉลี่ย 14 ปี กำลังศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ได้รับรายได้จากผู้ปกครองต่อสัปดาห์ น้อยกว่า 500 บาท 81 คน (ร้อยละ 39.4) การใช้บุหรี่ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างพบว่า 145 คน (ร้อยละ 70) ไม่เคยใช้และไม่รู้จักบุหรี่ไฟฟ้าเลยในชีวิต ส่วนอีก 63 คน (ร้อยละ 30) เคยใช้ แต่ไม่ใช้ในรอบ 12 เดือน การใช้บุหรี่ไฟฟ้าในช่วง 30 วันที่ผ่านมา 24 คน (ร้อยละ 38) และพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีการใช้บุหรี่ไฟฟ้าในรอบ 30 วัน 39 คน (ร้อยละ 62) สาเหตุที่เริ่มต้นสูบบุหรี่ไฟฟ้าส่วนใหญ่ อยากทดลอง 43 คน (ร้อยละ 68) โดยมากกว่าครึ่งหนึ่ง ได้บุหรี่ไฟฟ้ามาจากเพื่อนหรือคนรู้จักให้มากที่สุด 30 คน (ร้อยละ 48)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศ LGBTQ+ (AOR=1.77; 95%CI = 0.91-37.65; p-value=0.062) อายุ 14 ปี (AOR = 1.18; 95%CI1.07-9.82=; p-value=0.036) อายุ 15 ปี (AOR=1.21; 95%CI = 0.94-11.97; p-value = 0.062) บุหรี่ไฟฟ้าจะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรง มีความไม่แน่ใจ (AOR=0.15; 95%CI= 1.39-92.53; p-value=0.024) และ บุหรี่ไฟฟ้าไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้ มีความไม่แน่ใจ (AOR=0.68; 95%CI= 0.88-4.48; p-value=0.099) มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังพบว่า รายได้ ความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า การใช้บุหรี่ไฟฟ้าของเพื่อนสนิทและการพบเห็นโฆษณาบุหรี่ไฟฟ้า มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : ปัจจัย การใช้บุหรี่ไฟฟ้า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น

Abstract

This cross-sectional analytical study aimed to investigate the factors related to the decision to use e-cigarettes among lower secondary school students in Phetchabun province. The study used a questionnaire to assess factors influencing the use of e-cigarettes among lower secondary school students in the Phetchabun Secondary Educational Service Area Office. A sample size of 208 students was calculated using a formula for proportion estimation. Descriptive statistics, including frequency, percentage, mean, and standard deviation, were used along with inferential statistics, specifically multiple binary logistic regression.

The study found that the majority of the sample were male, with an average age of 14 years, and were currently studying in Grade 8. A total of 81 students (39.4%) received weekly financial support of less than 500 baht from their parents. In terms of e-cigarette usage, 145 students (70%) had never used or heard of e-cigarettes in their lives, while 63 students (30%) had used them, but not within the past 12 months. In the last 30 days, 24 students (38%) reported using e-cigarettes, while 39 students (62%) had not used them in that period. The primary reason for starting to use e-cigarettes was curiosity, with 43 students (68%) citing this reason. More than half of those who used e-cigarettes obtained them from friends or acquaintances, accounting for 30 students (48%).

Statistically significant factors associated with e-cigarette use included identifying as LGBTQ+ (AOR = 1.77; 95% CI = 0.91-37.65; p-value = 0.062), being 14 years old (AOR = 1.18; 95% CI = 1.07-9.82; p-value = 0.036), and being 15 years old (AOR = 1.21; 95% CI = 0.94-11.97; p-value = 0.062). Uncertainty about whether e-cigarettes could cause serious diseases (AOR = 0.15; 95% CI = 1.39-92.53; p-value = 0.024) and uncertainty about whether e-cigarettes could help quit smoking traditional cigarettes (AOR = 0.68; 95% CI = 0.88-4.48; p-value = 0.099) were also statistically significant factors. Additionally, income, knowledge about e-cigarettes, friends' use of e-cigarettes, and exposure to e-cigarette advertisements were significantly associated with e-cigarette use.

Keywords: Factors, E-cigarette use, Lower secondary school students

บทนำ

ปัจจุบันการใช้บุหรี่ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี เนื่องจากผู้ใช้ส่วนใหญ่เชื่อว่าบุหรี่ ไฟฟ้ามีความปลอดภัย และเชื่อว่าสามารถใช้บุหรี่ไฟฟ้าในการช่วยเลิกบุหรี่ธรรมดาได้ จากการ สำรวจขององค์การอนามัยโลก พบว่าในสหรัฐอเมริกา และยุโรปบางส่วนและประเทศต่าง ๆ มีการ ใช้บุหรี่ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในกลุ่ม

เยาวชนโดยในสหรัฐอเมริกามีอัตราการใช้บุหรี่ไฟฟ้า ของเยาวชนเพิ่มสูงขึ้นจากปี ค.ศ. 2011 ถึงปี ค.ศ. 2018 จากร้อยละ 1.5 เป็นร้อยละ 20.8 (World Health Organization [WHO], 2019)

สำหรับในประเทศไทยในการสำรวจกลุ่มผู้สูบบุหรี่และเคยใช้บุหรี่ไฟฟ้าในประเทศไทย พบว่า ผู้ใช้บุหรี่ไฟฟ้าเพศชายมีแนวโน้มที่จะใช้บุหรี่ไฟฟ้ามากกว่าเพศหญิง และเด็กวัยรุ่นหรือวัย เริ่มทำงานมีแนวโน้มที่จะใช้บุหรี่ไฟฟ้ามากกว่ากลุ่มผู้ใหญ่ (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557) การสำรวจการบริโภคยาสูบในกลุ่มเยาวชนไทยที่ทำการศึกษา ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นอายุ 13-15 ปี จำนวน 1,721 ราย เมื่อปี พ.ศ. 2558 พบว่า เยาวชนชายมีการใช้บุหรี่ไฟฟ้าร้อยละ 4.7 และเยาวชนหญิงมีการใช้บุหรี่ไฟฟ้าร้อยละ 1.9 (สำนักควบคุมการบริโภคยาสูบ, 2559) และการสำรวจพฤติกรรมบริโภคบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนใน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในกรุงเทพฯ จำนวน 945 ราย พบว่า นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายร้อยละ 30.2 สูบบุหรี่ไฟฟ้า (ศรีรัช ลอยสมุทร, 2562) จากการศึกษาพบว่าวัยรุ่นในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลมีการเริ่มสูบบุหรี่ไฟฟ้าที่อายุเฉลี่ย 16 ปี (จิตรลดา อารีย์สันติชัย และอุษณีย์ พึ่งปาน, 2559) จะเห็นได้ว่าการสูบบุหรี่ไฟฟ้าเป็นสถานการณ์ที่น่าเป็นห่วงไม่แตกต่างจากการสูบบุหรี่มวนทั่วไปทั้ง ๆ ที่การสูบบุหรี่ไฟฟ้าเป็นสิ่งที่ไม่สามารถทำได้เนื่องจากมีความผิดทางกฎหมาย

โดยในประเทศไทยมีผู้สูบบุหรี่เป็นจำนวน 10.6 ล้านคน หรือร้อยละ 20.6 ของ ประชากรไทย ผู้สูบบุหรี่หนึ่งคนจะสูบบุหรี่เฉลี่ยวันละประมาณ 11 มวน หรือเท่ากับมีการสูบบุหรี่ 105.6 ล้านครั้งต่อวัน มีคนไทยจำนวนมากถึง 1 ล้านคนที่มีชีวิตอยู่แต่ต้องป่วยด้วยโรคเรื้อรังที่เกิด จากการสูบบุหรี่ การสูบบุหรี่ทำให้คนไทยเสียชีวิตปีละ 50,710 คน ซึ่ง

จากจำนวนดังกล่าวยังไม่ได้รวม คนที่เสียชีวิตจากการได้รับควันบุหรี่มือสอง โดยการสูบบุหรี่นั้นถูกจัดเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต 1 ใน 6 ของชายไทยและ 1 ใน 30 ของหญิงไทย โดยเฉลี่ยจะมีผู้เสียชีวิตจากการสูบบุหรี่เฉลี่ยวันละ 140 คน และการสูบบุหรี่ทำให้อายุสั้นลง 12 ปี และต้องป่วยหนักโดยเฉลี่ย 2.5 ปีก่อนที่จะเสียชีวิต(1) วัยรุ่นเป็นวัยที่มีการเจริญเติบโต และมีพัฒนาการด้านร่างกาย อารมณ์ สังคม และ สติปัญญา มีอารมณ์รุนแรงและเปลี่ยนแปลงได้ง่าย วัยรุ่นเป็นวัยที่แสดงออกถึงปัญหาพฤติกรรมได้ หลายประการ เช่น ไม่เชื่อฟัง ละเมิดกฎเกณฑ์กติกา ติดเกมส์ ใช้สารเสพติด ทำผิดกฎหมาย และ ธรรมชาติของวัยรุ่นมีความอยากรู้อยากลอง สนุกสนาน น่าตื่นเต้น น่าท้าทาย ยึดติดกลุ่มเพื่อน และบางคนมีปัญหาส่วนตัว เช่น เครียด มีปัญหาที่บ้านและโรงเรียน มีความภาคภูมิใจในตนเองต่ำ และในปัจจุบันวัยรุ่นสามารถเข้าถึงสื่อโฆษณาผ่านช่องทางสื่อสังคมออนไลน์ในรูปแบบต่าง ๆ(คทาบัณฑิตานุกูล,“Smoking cessation : Emerging Role of Community Pharmacist,” ในการประชุมวิชาการและประชุมใหญ่สามัญ, จัดโดยสมาคมเภสัชกรรมโรงพยาบาล (ประเทศไทย) กรุงเทพมหานคร : น.1.) การโฆษณาทุกรูปแบบจะเน้นความโก้เก๋ ทันสมัย ดึงดูดใจ ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมเสี่ยงอย่างมากในการ ส่งเสริมให้วัยรุ่นสูบบุหรี่ (อรวรรณ ฆ้องต้อ, 2558)โดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาการโฆษณาบุหรี่ไฟฟ้า ในสื่อสังคมออนไลน์พบว่ามีภาพที่จูงใจและดึงดูดวัยรุ่น และสื่อ Social media ต่าง ๆ เป็นแหล่งแพร่กระจายและแหล่งขายบุหรี่ไฟฟ้าในกลุ่มวัยรุ่น (Lee, Hart, Sears, Walker, Siu, & Smith, 2017; Allem, Ferrara, Uppu, Cruz, & Unger, 2017อ้างถึงใน ศรีรัช ลอยสมุทร, 2562)

ส่วนใหญ่จะประสบปัญหาล้มเหลว เมื่อไม่สามารถหยุดพฤติกรรมการติดบุหรี่ของผู้สูบบุหรี่ได้ การบำบัดเพื่อช่วยเลิกบุหรี่จึงเข้ามามีบทบาท โดยมีวิธีหนึ่งคือการให้สารนิโคตินทดแทนซึ่งมีในหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบหมากฝรั่งเคี้ยว แผ่นปิดผิวหนัง และยาเม็ดแบบอมที่เป็นที่ยอมรับว่ามีความ ปลอดภัยต่อผู้บริโภค แต่เนื่องจากมีวิธีการใช้งานที่แตกต่างจากการสูบบุหรี่อย่างสิ้นเชิง จึงทำให้ไม่ สามารถทดแทนพฤติกรรมการติดการสูบของผู้สูบบุหรี่ได้ แต่ปัจจุบันได้มีสารนิโคตินทดแทนอีก ประเภทหนึ่งกำลังเป็นที่นิยมอย่างสูงในหลายประเทศทั่วโลกนั่นคือ “บุหรี่ไฟฟ้า”

มีผลงานวิจัยจำนวนมากที่รองรับ ว่าบุหรี่ไฟฟ้ามีความเป็นอันตรายที่น้อยกว่าบุหรี่ซิกาแรตถึงร้อยละ 95 ไอระเหยจากบุหรี่ไฟฟ้ามีการปล่อยมลพิษเพียง 18 ใน 79 สารพิษที่พบในควันบุหรี่ซิกาแรต โดยไม่มีการปล่อยน้ำมันดินและ คาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคมะเร็งและโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ 3 อีกทั้งสามารถช่วย ให้ผู้ที่ติดบุหรี่ซิกาแรตสามารถลดการสูบบุหรี่หรือเลิกสูบบุหรี่ซิกาแรตได้ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นและช่วยลดมลพิษที่จะตกค้างแก่ผู้ไม่สูบบุหรี่ได้อีกด้วย เนื่องจากไอระเหยจากบุหรี่ไฟฟ้าจะทนอยู่ในอากาศไม่ถึง 30 วินาทีความเข้มข้นของสารนิโคตินในอากาศจากบุหรี่ ไฟฟ้ามีความเข้มข้นน้อยกว่าสารนิโคตินในอากาศจากบุหรี่ซิกาแรตถึง 10 เท่า โดยจะไม่มีการปล่อยควันขณะที่ไม่ได้ทำการสูบรบกวนผู้อื่น เนื่องจากบุหรี่ไฟฟ้าจะมีการสร้างไอระเหยต่อเมื่อมีการกดปุ่ม ให้อุปกรณ์ทำงานเท่านั้น (2 วรกิจ คาโดซาว่า, “ควันจากน้ำ : ทัศนคติและการบริโภคเชิงสัญลักษณ์ของผู้บริโภคต่อ บุหรี่ไฟฟ้า,” (การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2559), น.1 (3 พบแพทย์, “รู้ก่อนใช้บุหรี่ไฟฟ้า,” สืบค้นเมื่อวันที่ 04 กรกฎาคม 2567, จาก https:// www.pobpad.com/รู้ก่อนใช้บุหรี่ไฟฟ้า)

สรุปได้ว่าควรมีมาตรการในการควบคุมบุหรี่ไฟฟ้าอย่างเหมาะสมมากกว่าจะใช้มาตรการ ห้ามเด็ดขาดอย่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบันผู้เขียนจึงให้ความสนใจในการศึกษาเรื่องดังกล่าวนี้ เนื่องจากการจะนำบุหรี่ไฟฟ้ามาใช้ประโยชน์ตามที่กล่าวถึงไปแล้วในข้างต้นนั้นจะต้องเป็นการอนุญาตที่มีการควบคุมตลอดกระบวนการ เนื่องจากแม้บุหรี่ไฟฟ้าจะมีมลพิษที่น้อยกว่าบุหรี่ซิกาแรต แต่บุหรี่ไฟฟ้าก็ยังคงก่อให้เกิดสารพิษหรือ มลพิษที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้อยู่ หากมีการควบคุมที่ไม่เพียงพอหรืออาจไม่ เหมาะสมที่อาจส่งผลถึงด้านความปลอดภัยและเป็นอันตรายได้ จึงเป็นกรณีจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาว่าหากมีการอนุญาตจะต้องมีมาตรการทางกฎหมายเข้ามาควบคุมการผลิต การนำเข้า การจำหน่าย การให้บริการ การบริโภคผลิตภัณฑ์บุหรี่ไฟฟ้าและการคุ้มครองสุขภาพของผู้ไม่สูบบุหรี่อย่างไรบ้าง และมาตรการทางกฎหมายที่มีอยู่ในปัจจุบันรองรับบุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่เพียงใด หากจะมี การแก้ไขเพิ่มเติมจะต้องมีการแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมายใดบ้าง เพื่อให้มาตรการทางกฎหมายที่นำมา ควบคุมผลิตภัณฑ์บุหรี่ไฟฟ้านั้นที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะสามารถแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับมลพิษที่จะเกิดขึ้นแก่สุขอนามัยของประชาชนและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา วิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytical study) โดยการวัดปัจจัยของการใช้บุหรี่ไฟฟ้าของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จังหวัดเพชรบูรณ์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบูรณ์ในปีการศึกษา 2567

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 208 คน โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบูรณ์ในปีการศึกษา 2567

เกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria)

(1) มีอายุ 12-15 ปี

(2) เป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ที่สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเพชรบูรณ์

(3) ยินดีให้ข้อมูลและเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria)

1.ลาพักการศึกษาขณะเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่าน ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล เป็นข้อคำถามที่สอบถามข้อมูลทั่วไปของนักเรียนระดับชั้นมัธยมตอนต้น ได้แก่ เพศ อายุ รายได้จากผู้ปกครองต่อสัปดาห์

ส่วนที่ 2 การใช้บุหรี่ไฟฟ้า ได้แก่

1. ท่านเคยใช้บุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่ จำนวน 1 ข้อ มี 4 คำตอบให้เลือก คือ (1)ไม่เคยรู้จัก ไม่เคยได้ยินเลยในชีวิตนี้ (ข้ามไปตอบเฉพาะส่วนที่ 3 หน้าที่ 3) (2) เคยใช้ แต่ไม่ใช้ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา(ทำต่อไปจนถึงส่วนที่ 4)

2. ในช่วง 30 วันที่ผ่านมา ท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้าบ่อยเพียงใด (เฉพาะผู้ที่เคยใช้ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา ส่วนผู้ที่ไม่เคยใช้บุหรี่ไฟฟ้าให้ข้ามไปตอบส่วนที่ 3) เป็นข้อคำถามเพื่อถามว่าท่านมีความถี่ในการใช้บุหรี่ไฟฟ้า 1 ข้อ มี 6 คำตอบให้เลือกโดยสามารถเลือกได้มากกว่า 1 ข้อ คือ (1)ไม่ใช้ในรอบ 30 วันที่ผ่านมา (2) ทุกวัน (7 วันต่อสัปดาห์) (3)เกือบทุกวัน (5-6 วันต่อสัปดาห์) (4)วันเว้นวัน (3-4 วันต่อสัปดาห์) (5)ทุกสัปดาห์ (1-2 วันต่อสัปดาห์) (6)ใช้ 1-3 วันในรอบ 30 วันที่ผ่านมา

3. สาเหตุสำคัญที่ทำให้ท่านเริ่มใช้บุหรี่ไฟฟ้า (เลือกเพียงข้อเดียว) เป็นข้อคำถามเพื่อถามเหตุผลที่ทำให้เลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า จำนวน 1 ข้อ มี 8 คำตอบให้เลือก คือ (1)หลีกเลี่ยงอันตรายจากการสูบบุหรี่มวน (2)ช่วยในการเลิกบุหรี่มวน (3)บุหรี่ไฟฟ้ามีราคาที่ถูกกว่าบุหรี่มวน (4)อยากทดลอง (5)เพื่อความโก้เก๋และแฟชั่น (6)ตามเพื่อน เพื่อนชวน (7)บุคคลในครอบครัวใช้ (8)อื่นๆ โปรดระบุ

4. ท่านได้บุหรี่ไฟฟ้ามาจากแหล่งใดบ่อยที่สุด เป็นข้อคำถามถึงแหล่งซื้อขายบุหรี่ไฟฟ้าที่ท่านซื้อมา จำนวน 1 ข้อ มี 5 คำตอบ ให้เลือกโดยเลือกได้เพียง 1 ข้อ คือ (1)ร้านสะดวกซื้อ (2)ห้างสรรพสินค้า/ร้านค้าส่ง (3)ร้านค้าออนไลน์/อินเทอร์เน็ต (4)เพื่อนหรือคนรู้จักให้ (5)อื่นๆ โปรดระบุ

5. ใน 12 เดือนข้างหน้า ท่านคิดว่าท่านจะใช้บุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่ เป็นข้อคำถามจำนวน 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)ไม่ใช้อย่างแน่นอน (2)ไม่แน่ใจ (3)ใช้อย่างแน่นอน

ส่วนที่ 3 การรับรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า ได้แก่

1. ท่านคิดว่าบุหรี่ไฟฟ้ามีผลเสียต่อร่างกายหรือไม่ เป็นข้อคำถามถึงการใช้บุหรี่ไฟฟ้าส่งผลเสียต่อร่างกาย จำนวน 1ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)มี (2)ไม่แน่ใจ (3)ไม่มี

2. การใช้บุหรี่ไฟฟ้าจะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรงมากน้อยเพียงใด เป็นข้อคำถามถึงการเกิดโรคตามมาว่ามีโอกาสมากน้อยเพียงใด คำถาม จำนวน 1ข้อ มี 3คำตอบให้เลือก คือ (1)ไม่เกิดขึ้นอย่างแน่นอน (2)ไม่แน่ใจ (3)เกิดขึ้นแน่นอน

3. เมื่อเปรียบเทียบกับบุหรี่มวนแล้ว บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายมากกว่าหรือน้อยกว่าเป็นข้อคำถามการเปรียบเทียบความอันตรายระหว่างบุหรี่มวนและบุหรี่ไฟฟ้า จำนวน 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายมากกว่าอย่างแน่นอน (2)บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายพอๆกับบุหรี่มวน (3)บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายน้อยกว่าอย่างแน่นอน

4. บุหรี่ไฟฟ้าไม่สามารถใช้แทนบุหรี่มวนได้ คำถาม จำนวน 1 ข้อ แบบมี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)เห็นด้วย (2)ไม่แน่ใจ (3)ไม่เห็นด้วย

5. การใช้บุหรี่ไฟฟ้าไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้ เป็นข้อคำถามถึงการจะเลิกบุหรี่มวนมาสูบบุหรี่ไฟฟ้า จำนวน 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)เห็นด้วย (2)ไม่แน่ใจ (3)ไม่เห็นด้วย

6. ท่านเคยรู้จักรสชาติของบุหรี่ไฟฟ้า เช่น รสมิ้นท์ รสสตอเบอร์รี่ รสแตงโม หรือไม่ เป็นข้อคำถามถึงรสชาติของบุหรี่ไฟฟ้าที่ท่านรู้จัก 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก โดยเลือกได้ 1 ข้อ คือ (1)เคย (2)ไม่แน่ใจ (3)ไม่เคย

7. ท่านรู้จักแหล่งซื้อขายมาจากออนไลน์หรือไม่ จำนวน 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)รู้จัก (2)ไม่แน่ใจ (3)ไม่รู้จัก

ส่วนที่ 4 ปัจจัยอื่นๆ

1. ท่านมีเพื่อนสนิทที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่ จำนวน 1 ข้อ มี 2 คำตอบ คือ (1)มี (2)ไม่มี

2. ท่านเคยถูกเพื่อนชวนให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่ จำนวน 1 ข้อ 2 คำตอบ คือ (1)เคย (2)ไม่เคย

3. ท่านเคยใช้บุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่ แม้เพียงการลองใช้เพียง 1 ครั้ง (ไม่เคยให้หยุดตอบแบบสอบถาม) จำนวน 1 ข้อ 2 คำตอบ คือ คือ (1)เคย (2)ไม่เคย

4. ปัจจัยที่ทำให้ท่านตัดสินใจใช้บุหรี่ไฟฟ้า (เลือกได้เพียง 1 ข้อ) จำนวน 1 ข้อ 7 คำตอบ คือ (1)เพื่อนชักชวน (2)อยากลองสูบเอง (3)ความเครียด (4)เพื่อผ่อนคลาย (5)ปัญหาความรัก (6)เข้าสังคม (7)พยายามเลิกแต่ไม่สำเร็จ

5. จำนวนครั้งที่ท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้าในแต่ละวัน มีจำนวน 1 ข้อ 3 คำตอบ คือ (1)1-5 ครั้ง/วัน (2)6-10 ครั้ง/วัน (3)ทั้งวันเมื่อมีเวลาว่าง

6. .ความรู้สึกครั้งแรกที่ท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้า มีจำนวน 1 ข้อ 4 คำตอบ คือ (1)ไอ (2)สำลัก (3)รู้สึกดี (4)ไม่ชอบ

7. ช่วงเวลาที่ท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้า (เลือกได้เพียง 1 ข้อ)มีจำนวน 1 ข้อ 4 คำตอบ คือ (1)ขณะดื่มสุรา (2)เวลาไปเที่ยวกับเพื่อน (3)เมื่ออยู่ในกลุ่มเพื่อน (4)หลังเลิกเรียน

8. สถานที่ที่ท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้า (เลือกได้เพียง 1 ข้อ) จำนวน 1 ข้อ 5 คำตอบ คือ (1)ที่บ้านตนเอง/หอพักตนเอง (2)ที่บ้านเพื่อน/หอพักเพื่อน (3)ที่สาธารณะ (4)ในสถานบันเทิง (5)ที่อโคจร

9. บุคคลที่ร่วมใช้บุหรี่ไฟฟ้า จำนวน 1 ข้อ 4 คำตอบ คือ (1)เพื่อนสนิท (2)คนเดียว (3)รุ่นพี่รุ่นน้อง (4)ครอบครัว

10. เหตุผลที่ทำให้ท่านเลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า (เลือกได้เพียง 1 ข้อ) จำนวน 1 ข้อ 5 คำตอบ คือ (1)เชื่อว่าบุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายน้อยกว่าบุหรี่มวน (2)ต้องการบุหรี่ไฟฟ้าเพื่อเลิกบุหรี่มวน (3)ต้องการสูบบุหรี่แต่ไม่ต้องการให้มีกลิ่นบุหรี่มวนติดตัว (4)เพื่อนหรือบุคคลรอบข้างแนะนำหรือชักชวนให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้า (5)ความอยากรู้อยากลอง

11. ท่านสูบบุหรี่ไฟฟ้าชนิดใด เป็นคำถามว่าท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้าชนิดอยู่ จำนวน 1 ข้อ 2 คำตอบ คือ (1)พอตบุหรี่ไฟฟ้าใช้แล้วทิ้ง (2)พอตบุหรี่ไฟฟ้าระบบปิด

12. ปัจจัยที่ทำให้ท่านเลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า เป็นข้อคำถามถึงปัจจัยที่ทำอยากใช้บุหรี่ไฟฟ้า จำนวน 1 ข้อ 4 คำตอบ คือ (1)คุณภาพ (2)ราคา (3)รูปลักษณ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์ (4)ความสะดวกในการซื้อ

13. ช่องทางที่พบเห็นสื่อโฆษณา เป็นคำถามถึงความรู้สึกที่ท่านใช้บุหรี่ไฟฟ้าจำนวน 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือก คือ (1)สื่อสังคมออนไลน์ (เช่น Facebook,Line) (2)เว็บไซต์ออนไลน์ที่ขายบุหรี่ไฟฟ้าโดยเฉพาะ (3)จากกลุ่มเพื่อน

14. บุหรี่ไฟที่ท่านเลือกใช้มีราคาเป็นอย่างไร เป็นคำถามท่านรู้ราคาการซื้อขายบุหรี่ไฟฟ้าหรือไม่ จำนวน 1 ข้อ มี 3 คำตอบให้เลือกได้ 1 ข้อ คือ (1)ถูกมาก (2)ค่อนข้างถูก (3)ค่อนข้างแพง

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

แบบสอบถามทุกส่วนจะมีการตรวจสอบความเที่ยงตรงจาก ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการวิจัย และนำมาหาค่าความเที่ยงตรง ของแบบสอบถาม (ค่าIOC) จากนั้น นำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบความตรงแล้วไปทดลองใช้ กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของโรงเรียนอื่นๆที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบข้อบกพร่องของแบบสอบถาม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บรวบรวมข้อมูลช่วงเดือนสิงหาคม 2567 ดังนี้

(1) ผู้วิจัยทำการสุ่มตัวอย่างโรงเรียนและห้องเรียนเป้าหมาย

(2) จัดทำหนังสือราชการจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ถึงสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเพชรบูรณ์และโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อขออนุญาตเข้าเก็บรวบรวมข้อมูล

(3) ผู้วิจัยเดินทางไปยังโรงเรียนเป้าหมาย เพื่อชี้แจงโครงการวิจัย อธิบายวัตถุประสงค์และแนวทางการเก็บข้อมูล ประโยชน์ของโครงการวิจัย การรักษาความลับของอาสาสมัคร กระบวนการให้ข้อมูลแก่นักเรียนเพื่อ

ขอความยินยอม และขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล แก่ผู้บริหารสถานศึกษาและครูที่ปรึกษาประจำชั้นที่ทำหน้าที่ช่วยประสานการเก็บข้อมูล

(4) ผู้วิจัยทำการจำแนกข้อมูลเป็นรายห้องเรียน และส่งข้อมูลให้แก่ครูที่ปรึกษาประจำชั้นแต่ละห้องเรียน

(5) นัดหมายการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวัน เวลาที่กลุ่มตัวอย่างสะดวกโดยไม่ตรงกับเวลาเรียนของนักเรียน โดยชี้แจงวัตถุประสงค์การวิจัยอีกครั้ง

(6) นักเรียนตอบแบบสอบถามด้วยตนเอง โดยไม่มีคุณครูของโรงเรียนอยู่ในห้อง โดยใช้เวลาตอบแบบสอบถามประมาณ 30 นาที

(7) ผู้วิจัยตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามแต่ละชุด ก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

(8) ผู้วิจัยบันทึกข้อมูล บันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม Excel

(9) ผู้วิจัยทำการตรวจสอบ จัดการข้อมูลและทำการวิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงานการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลและการใช้สถิต

การใช้บุหรี่ไฟฟ้า มีการจัดระดับเพื่อวิเคราะห์เชิงอนุมานเป็น 2 ระดับ คือ ใช้ และไม่ใช้

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติเชิงพรรณนา ตัวแปรที่มีการวัดค่าตัวแปรเชิงคุณภาพ (Categorical) วิเคราะห์ด้วยความถี่ ร้อยละ ส่วนตัวแปรที่มีการวัดเชิงปริมาณ (Continuous) วิเคราะห์ด้วย ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ต่ำสุด เพื่ออธิบายลักษณะทางประชากร การใช้บุหรี่ไฟฟ้า

สถิติเชิงอนุมาน ใช้สถิติ Multiple binary logistic regression โดยนำเสนอค่า Adjustedodds ratio (AOR) พร้อมช่วงเชื่อมั่น 95%CI และค่า p-value เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้บุหรี่ไฟฟ้า

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง (n=208)

ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	129	62.0
หญิง	73	35.1
LGBTQ+	6	2.9
อายุ (ปี)		
12	33	15.9
13	56	26.9
14	81	38.9
15	38	18.3
เฉลี่ย 13.6 ปี ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.97 สูงสุด 15 ปี ต่ำสุด 12 ปี		

รายได้จากผู้ปกครองต่อสัปดาห์		
น้อยกว่า 500 บาท	82	39.4
น้อยกว่า 1,000 บาท	81	39.0
มากกว่า 1,000 บาท	45	21.6

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 208 คน ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย 129 คน (ร้อยละ 62.0) เพศหญิง 73 คน (ร้อยละ 35.1) และเพศ LGBTQ+ 6 คน (ร้อยละ 2.9) มีอายุ 12 ปี 33 คน (ร้อยละ 15.9) มีอายุ 13 ปี 56 คน (ร้อยละ 26.9) มีอายุ14 ปี 81 คน (ร้อยละ 38.9) และมีอายุ 15 ปี 38 คน (ร้อยละ 18.3) รับรายได้จากผู้ปกครองเฉลี่ยต่อสัปดาห์น้อยกว่า 500 บาท จำนวน 82 คน (ร้อยละ 39.4) น้อยกว่า 1,000 บาท จำนวน 81 คน (ร้อยละ 39.0) และมากกว่า 1,000 บาท จำนวน 45 คน (ร้อยละ 21.6)

ตารางที่ 2 พฤติกรรมและอัตราการใช้บุหรี่ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง (n=208)

พฤติกรรมและอัตราการใช้บุหรี่ไฟฟ้า	**จำนวน**	**ร้อยละ**
การใช้บุหรี่ไฟฟ้า ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (n=208)		
ไม่เคยรู้จัก/ไม่เคยใช้เลยในชีวิตนี้	145	69.7
เคยใช้ในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมา	63	30.3
ความถี่ของการใช้บุหรี่ไฟฟ้า ในรอบ 30 วันที่ผ่านมา (n=63)		
ไม่ใช้ในรอบ 30 วันที่ผ่านมา	39	62.0
ทุกวัน (7 วันต่อสัปดาห์)	5	7.9
เกือบทุกวัน (5-6วันต่อสัปดาห์)	1	1.5
วันเว้นวัน (3-4วันต่อสัปดาห์)	10	15.9
ทุกสัปดาห์(1-2วันต่อสัปดาห์)	2	3.2
ใช้ 1-3 วันในรอบ 30 วันที่ผ่านมา	6	9.5
สาเหตุที่เริ่มต้นในการใช้บุหรี่ไฟฟ้า (n=63)		
อยากทดลอง	43	68.2
ตามเพื่อน เพื่อนชวน	12	19.0
ช่วยในการเลิกบุหรี่มวน	3	4.8
เพื่อความโก้เก๋ และแฟชั่น	2	3.2
บุหรี่ไฟฟ้ามีราคาถูกกว่าบุหรี่มวน	2	3.2
หลีกเลี่ยงอันตรายจากการสูบบุหรี่มวน	1	1.6
แหล่งที่ได้มาของบุหรี่ไฟฟ้า (n=63)		
เพื่อนหรือคนรู้จักให้	30	47.6
ร้านค้าออนไลน์/อินเตอร์เน็ต	21	33.3

พฤติกรรมและอัตราการใช้บุหรี่ไฟฟ้า	จำนวน	ร้อยละ
จากผู้ปกครอง	5	8.0
ร้านสะดวกซื้อ	4	6.3
ห้างสรรพสินค้า/ร้านค้าส่ง	3	4.8
การใช้บุหรี่ไฟฟ้า ในรอบ 12 เดือนข้างหน้า (n=63)		
ไม่ใช้อย่างแน่นอน	29	46.0
ไม่แน่ใจ	27	42.9
ใช้อย่างแน่นอน	7	11.1

พฤติกรรมและอัตราของการใช้บุหรี่ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง ในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาพบว่าเคยใช้ 63 คน (ร้อยละ 30.3) และส่วนใหญ่มีความถี่ของการใช้บุหรี่ไฟฟ้า ในรอบ 30 วันที่ผ่านมา ไม่ใช้ในรอบ 30 วันที่ผ่านมา 39 คน (ร้อยละ 62.0) วันเว้นวัน (3-4วันต่อสัปดาห์) 10 คน (ร้อยละ 15.9) สาเหตุสำคัญที่ทำให้เริ่มต้นใช้บุหรี่ไฟฟ้า พบว่า อยากทดลอง 43 คน (ร้อยละ 68.2) รองลงมาตามเพื่อน/เพื่อนชวน 12 คน (ร้อยละ 19.0) ช่วยในการเลิกบุหรี่มวน 3 คน (ร้อยละ 4.8) เพื่อความโก้เก๋และแฟชั่น 2 คน (ร้อยละ 3.2) บุหรี่ไฟฟ้ามีราคาถูกกว่าบุหรี่มวน 2 คน (ร้อยละ 3.2) และหลีกเลี่ยงอันตรายจากการสูบบุหรี่มวน 1 คน (ร้อยละ 1.6) แหล่งที่ได้มาของบุหรี่ไฟฟ้าที่สำคัญ พบว่า เพื่อนหรือคนรู้จักให้ 30 คน (ร้อยละ 47.6) รองลงมาร้านค้าออนไลน์/อินเตอร์เน็ต 21 คน (ร้อยละ 33.3) จากผู้ปกครอง 5 คน (ร้อยละ 8.0) ร้านสะดวกซื้อ 4 คน (ร้อยละ 6.3) และห้างสรรพสินค้า/ร้านค้าส่ง 3 คน (ร้อยละ 4.8) ใน 12 เดือนข้างหน้า คาดการณ์ถึงการใช้บุหรี่ไฟฟ้า พบว่า ไม่ใช้อย่างแน่นอน 29 คน (ร้อยละ 46.0) ไม่แน่ใจ 27 คน (ร้อยละ 42.9) และใช้อย่างแน่นอน 7 คน (ร้อยละ 11.1)

ตารางที่ 3 การรับรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า (n=208)

การรับรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า	ร้อยละของการรับรู้		
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
1. บุหรี่ไฟฟ้ามีผลเสียต่อร่างกาย	91.3	3.4	5.3
2. การใช้บุหรี่ไฟฟ้า จะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรง	81.7	13.0	5.3
3. เมื่อเปรียบเทียบกับบุหรี่มวนแล้ว บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายมากกว่าบุหรี่มวน	60.6	32.7	6.7
4. บุหรี่ไฟฟ้าไม่สามารถใช้แทนบุหรี่มวนได้	53.4	32.2	14.4
5. การใช้บุหรี่ไฟฟ้า ไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้	55.8	34.1	10.1

การรับรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าพบว่า ส่วนใหญ่มีการรับรู้ที่ถูกต้องในเรื่อง บุหรี่ไฟฟ้ามีผลเสียต่อร่างกาย 190 คน (ร้อยละ 91.3) การใช้บุหรี่ไฟฟ้า จะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรง 170 คน (ร้อยละ 81.7) เมื่อเปรียบเทียบกับบุหรี่มวนแล้ว บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายมากกว่าบุหรี่มวน 126 คน (ร้อยละ 60.6) บุหรี่ไฟฟ้าไม่สามารถใช้แทนบุหรี่มวนได้ 111 คน (ร้อยละ 53.4) การใช้บุหรี่ไฟฟ้า ไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้ 116 คน (ร้อยละ 55.8)

ตารางที่ 4 ปัจจัยเกี่ยวกับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่าง (n=63)

ปัจจัยเกี่ยวกับการใช้บุหรี่ไฟฟ้า	จำนวน	ร้อยละ
เพื่อนสนิทที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
มี	46	73.0
ไม่มี	17	26.9
เคยถูกเพื่อนชวนให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
เคย	49	77.8
ไม่เคย	14	22.2
ปัจจัยสำคัญ 6 ลำดับที่ทำให้ตัดสินใจใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
อยากลองสูบเอง	22	34.9
เพื่อนชักชวน	15	23.8
ความเครียด	13	20.6
พยายามเลิกแต่ไม่สำเร็จ	6	9.5
เพื่อผ่อนคลาย	4	6.3
เข้าสังคม	3	4.8
ความถี่ของการใช้บุหรี่ไฟฟ้าในแต่ละวัน		
1-5 ครั้ง/วัน	40	63.5
6-10 ครั้ง/วัน	9	14.3
ทั้งวันเมื่อมีเวลาว่าง	14	22.2
ความรู้สึกครั้งแรกที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
รู้สึกดี	22	34.9
ไอ	21	33.3
สำลัก	10	15.9
ไม่ชอบ	10	15.9
ช่วงเวลาที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
เมื่ออยู่ในกลุ่มเพื่อน	23	36.5
เวลาไปเที่ยวกับเพื่อน	21	33.3
หลังเลิกเรียน	16	25.4
ขณะดื่มสุรา	3	4.8
สถานที่ที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
ที่บ้านตนเอง/หอพักตนเอง	30	47.6
ที่บ้านเพื่อน/หอพักเพื่อน	22	34.9
ในสถานบันเทิง	6	9.5
ที่สาธารณะ	5	8.0
บุคคลที่ร่วมใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
เพื่อนสนิท	40	63.5
คนเดียว	14	22.2

ปัจจัยเกี่ยวกับการใช้บุหรี่ไฟฟ้า	จำนวน	ร้อยละ
รุ่นพี่รุ่นน้อง	6	9.5
ครอบครัว	3	4.8
เหตุผลสำคัญ 5 ลำดับที่ทำให้เลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
ความอยากรู้ อยากลอง	44	69.9
เพื่อนหรือบุคคลรอบข้างแนะนำหรือชักชวนให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้า	6	9.5
เชื่อว่าบุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายน้อยกว่าบุหรี่มวน	5	8.0
ต้องการใชบุหรี่ไฟฟ้าเพื่อเลิกบุหรี่มวน	4	6.3
ต้องการสูบบุหรี่แต่ไม่ต้องการให้มีกลิ่นบุหรี่มวนติดตัว	4	6.3
ชนิดของบุหรี่ไฟฟ้าที่ใช้		
พอตบุหรี่ไฟฟ้าใช้แล้วทิ้ง	47	74.6
พอตบุหรี่ไฟฟ้าระบบปิด	16	25.4
ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า		
รูปลักษณ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์	25	39.7
ราคา	15	23.8
ความสะดวกในการซื้อ	12	19.0
คุณภาพ	11	17.5
ช่องทางที่พบเห็นสื่อโฆษณาเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า		
จากกลุ่มเพื่อน	29	46.0
สื่อสังคมออนไลน์	24	38.1
เว็บไซต์ออนไลน์ที่ขายบุหรี่ไฟฟ้าโดยเฉพาะ	10	15.9
ราคาบุหรี่ไฟฟ้าที่เลือกใช้		
ค่อนข้างถูก	32	50.8
ค่อนข้างแพง	19	30.2
ถูกมาก	12	19.0

ปัจจัยที่เกี่ยวกับการใช้บุหรี่ไฟฟ้า พบว่าส่วนใหญ่มีเพื่อนสนิทที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า 46 คน (ร้อยละ 73.0) เคยถูกชวนให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้า 49 คน (ร้อยละ 77.8) ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ใช้บุหรี่ไฟฟ้า พบว่าอยากลองสูบเอง 22 คน (ร้อยละ 34.9) เพื่อนชักชวน 15 คน (ร้อยละ 23.8) ความเครียด 13 คน (ร้อยละ 20.6) พยายามเลิกแต่ไม่สำเร็จ 6 คน (ร้อยละ 9.5) เพื่อผ่อนคลาย 4 คน (ร้อยละ 6.3) และเข้าสังคม 3 คน (ร้อยละ 4.8) ความถี่ของการใช้บุหรี่ไฟฟ้าในแต่ละวัน 1-5 ครั้ง/วัน 40 คน (ร้อยละ 63.5) 6-10 ครั้ง/วัน 9 คน (ร้อยละ 14.3) และทั้งวันเมื่อมีเวลาว่าง 14 คน (ร้อยละ 22.2) ความรู้สึกครั้งแรกที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า มีความรู้สึกดี 22 คน (ร้อยละ 34.9) ไอ 21 คน (ร้อยละ 33.3) สำลักและไม่ชอบ 20 คน (ร้อยละ 31.8) ช่วงเวลาส่วนใหญ่ที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า ใช้เมื่ออยู่ในกลุ่มเพื่อน 23 คน (ร้อยละ 36.5) เวลาไปเที่ยวกับเพื่อน 21 คน (ร้อยละ 33.3) หลังเลิกเรียน 16 คน (ร้อยละ 25.4) และขณะดื่มสุรา 3 คน (ร้อยละ 4.8) สถานที่ที่ใช้บุหรี่ไฟฟ้า พบว่า ใช้ที่บ้านตนเอง/หอพักตนเอง 30 คน(ร้อยละ 47.6) ใช้ที่บ้านเพื่อน/หอพักเพื่อน 22 คน (ร้อยละ 34.9) และใช้ในสถานบันเทิง 6 คน(ร้อยละ 9.5) และใช้ที่สาธารณะ 5

คน (ร้อยละ 8.0) บุคคลที่ร่วมใช้บุหรี่ไฟฟ้าส่วนใหญ่เป็นเพื่อนสนิท 40 คน (ร้อยละ 63.5) เหตุผลสำคัญที่ทำให้เลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า คือ ความอยากรู้ อยากลอง 44 คน (ร้อยละ 69.8) ชนิดของบุหรี่ไฟฟ้าที่เลือกใช้ พบว่า พอตบุหรี่ไฟฟ้าใช้แล้วทิ้ง 47 คน (ร้อยละ 74.6) และพอตบุหรี่ไฟฟ้าระบบปิด 16 คน (ร้อยละ 25.4) ปัจจัยที่ทำให้เลือกใช้บุหรี่ไฟฟ้า ส่วนใหญ่เลือกจากรูปลักษณ์และการออกแบบผลิตภัณฑ์ 25 คน (ร้อยละ 39.7) ช่องทางที่พบเห็นสื่อโฆษณาเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า รู้จักจากกลุ่มเพื่อน 29 คน (ร้อยละ 46.0) สื่อสังคมออนไลน์ 24 คน (ร้อยละ 38.1) และ เว็บไซต์ออนไลน์ที่ขายบุหรี่ไฟฟ้าโดยเฉพาะ 10 คน (ร้อยละ 15.9) ราคาบุหรี่ไฟฟ้าที่เลือกใช้ พบว่าส่วนใหญ่ใช้ราคาค่อนข้างถูก 32 คน (ร้อยละ 50.8) ราคาค่อนข้างแพง 19 คน (ร้อยละ 30.2) และ ราคาถูกมาก 12 คน (ร้อยละ 19.0)

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้า

ปัจจัย	N (208)	การใช้บุหรี่ไฟฟ้า		COR	AOR	95%CI	p-value
		n (63)	%				
เพศ							0.055
ชาย (อ้างอิง)	129	36	27.9	1	1		
หญิง	73	24	32.8	0.23	0.55	0.78-3.85	0.172
LGBTQ+	6	3	50.0	0.95	1.77	0.91-37.65	0.062
อายุ							0.026
12 (อ้างอิง)	33	6	18.2	1	1		
13	56	12	21.4	0.26	0.03	0.30-3.55	0.952
14	81	32	39.5	1.11	1.18	1.07-9.82	0.036
15	38	13	34.2	0.89	1.21	0.94-11.97	0.062
รายได้ที่ผู้ปกครองให้ต่อสัปดาห์							0.540
น้อยกว่า 500 บาท (อ้างอิง)	82	28	34.1	1	1		
น้อยกว่า 1000 บาท	81	26	32.1	-0.09	0.32	0.64-3.03	0.408
มากกว่า 1000 บาท	45	9	20.0	-0.72	-0.26	0.29-2.04	0.601
บุหรี่ไฟฟ้ามีผลเสียต่อร่างกาย							0.526
ไม่เห็นด้วย (อ้างอิง)	11	2	18.2	1	1		
ไม่แน่ใจ	7	4	57.1	1.79	0.15	0.08-16.53	0.910
เห็นด้วย	190	57	30.0	0.66	-0.37	0.08-5.31	0.719
บุหรี่ไฟฟ้า จะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรง							0.635
ไม่เห็นด้วย (อ้างอิง)	11	2	18.2	1	1		
ไม่แน่ใจ	27	15	55.5	1.72	2.42	1.39-92.53	0.024

ปัจจัย	N (208)	การใช้บุหรี่ไฟฟ้า		COR	AOR	95%CI	p-value
		n (63)	%				
เห็นด้วย	170	46	27.0	0.51	1.26	0.46-26.93	0.223
บุหรี่ไฟฟ้ามีอันตรายมากกว่าบุหรี่มวน							0.056
ไม่เห็นด้วย (อ้างอิง)	14	4	28.6	1	1		
ไม่แน่ใจ	68	30	44.1	0.68	0.98	0.58-12.31	0.204
เห็นด้วย	126	29	23.0	-0.29	0.13	0.25-5.16	0.865
บุหรี่ไฟฟ้าไม่สามารถใช้แทนบุหรี่มวนได้							0.216
ไม่เห็นด้วย (อ้างอิง)	30	11	36.7	1	1		
ไม่แน่ใจ	67	28	41.8	0.96	0.53	0.73-3.99	0.215
เห็นด้วย	111	24	21.6	0.74	0.50	0.57-4.86	0.354
บุหรี่ไฟฟ้า ไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้							0.081
ไม่เห็นด้วย (อ้างอิง)	21	9	42.9	1	1		
ไม่แน่ใจ	71	28	39.4	0.81	0.68	0.88-4.48	0.099
เห็นด้วย	116	26	22.4	0.95	0.55	0.52-5.86	0.368

หมายเหตุ: สถิติใช้ Multiple binary logistic regression

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้า โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบพหุตัวแปร (Multivariate analysis) ระหว่างตัวแปรต้นหลายตัวกับตัวแปรตาม คือ การใช้บุหรี่ไฟฟ้าโดยใช้สถิติ Multiple binary logistic regression พบว่า เพศ LGBTQ+ (AOR=1.77; 95CI= 0.91-37.65; p-value=0.062) อายุ 14 ปี (AOR=1.18; 95CI1.07-9.82=; p-value=0.036) อายุ 15 ปี(AOR=1.21; 95CI= 0.94-11.97; p-value=0.062) บุหรี่ไฟฟ้าจะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรง มีความไม่แน่ใจ (AOR=0.15; 95CI= 1.39-92.53; p-value=0.024) และ บุหรี่ไฟฟ้าไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้ มีความไม่แน่ใจ (AOR=0.68; 95CI= 0.88-4.48; p-value=0.099) มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการวิจัย

1. ข้อมูลทั่วไป กลุ่มตัวอย่างเป็นวัยรุ่นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ส่วนใหญ่อายุ 14 ปี 81 คน (ร้อยละ 39) เป็นนักเรียนชาย 41 คน (ร้อยละ 32) เป็นนักเรียนหญิง 38 คน (ร้อยละ 52) เป็น LGBTQ+ 2 คน (ร้อยละ 33.3) ส่วนใหญ่ได้รับรายได้จากผู้ปกครองต่อสัปดาห์ น้อยกว่า 500 บาท 81 คน (ร้อยละ 39.4)

2. การใช้บุหรี่ไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ไม่เคยใช้และไม่รู้จักบุหรี่ไฟฟ้าเลยในชีวิต 145 คน (ร้อยละ 70) ส่วนเคยใช้ แต่ไม่ใช้ในรอบ 12 เดือน 63 คน (ร้อยละ 30) การใช้บุหรี่ไฟฟ้าในช่วง 30 วันที่ผ่านมา 24 คน (ร้อยละ 38) และพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีการใช้บุหรี่ไฟฟ้าในรอบ 30 วัน 39 คน (ร้อยละ 62) สาเหตุที่เริ่มต้น

สูบบุหรี่ไฟฟ้าส่วนใหญ่ อยากทดลอง 43 คน (ร้อยละ 68.3) โดยมากกว่าครึ่งหนึ่ง ส่วนใหญ่ได้บุหรี่ไฟฟ้ามาจากเพื่อนหรือคนรู้จักให้ 30 คน (ร้อยละ 48)

3. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ เพศ LGBTQ+ (AOR= 1.77; 95%CI = 0.91-37.65; p-value=0.062) อายุ 14 ปี (AOR = 1.18; 95%CI1.07-9.82=; p-value=0.036) อายุ 15 ปี (AOR=1.21; 95%CI = 0.94-11.97; p-value = 0.062) บุหรี่ไฟฟ้าจะมีโอกาสทำให้เกิดโรคร้ายแรง มีความไม่แน่ใจ (AOR= 2.42; 95%CI= 1.39-92.53; p-value=0.024) และ บุหรี่ไฟฟ้าไม่ทำให้ช่วยเลิกการสูบบุหรี่มวนได้ มีความไม่แน่ใจ (AOR=0.68; 95%CI= 0.88-4.48; p-value=0.099) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการใช้บุหรี่ไฟฟ้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นทุกคนที่เป็นอาสาสมัครในงานวิจัยนี้ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามในงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้บริหารโรงเรียนและคุณครูที่ปรึกษาประจำชั้นระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นทุกคนในโรงเรียนที่อนุญาตให้คณะผู้วิจัยได้เข้าเก็บรวบรวมข้อมูลอำนวยความสะดวกให้การสนับสนุนสถานที่และช่วยเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดี

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล จันทร์มา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สอนทน อาจารย์ที่ปรึกษาให้คำแนะนำอบรมสั่งสอนและเป็นแรงบันดาลใจให้กับผู้วิจัยเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบความสำเร็จในการศึกษา

เอกสารอ้างอิง

จิตรลดา อารีย์สันติชัย และอุษณีย์ พึ่งปาน. (2559). บุหรี่อาวุธร้ายข้างกายวัยรุ่น. เข้าถึงได้จาก http://www.ashthailand.or.th/smartnews/post/detail/158

จิระวัฒน์ อยู่สบาย. (2562). เครือข่ายต้าน ‘ยาสูบ’ กระทรวงพาณิชย์คงมาตรการห้ามนำเข้าบุหรี่ไฟฟ้า. เข้าถึงได้จาก https://www.matichon.co.th/local/quality-life/news_1632910

วรกิจ คาโดซาว่า. (2559)“ควันจากน้ำ :ทัศนคติและการบริโภคเชิงสัญลักษณ์ของผู้บริโภคต่อบุหรี่ไฟฟ้า.” การค้นคว้าอิสระบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

วิรัตน์ ทองรอด. (2557). บุหรี่ไฟฟ้า. หมอชาวบ้าน, 36(424), 34-36

ศรีรัช ลอยสมุทร. (2562). ผลิตภัณฑ์ยาสูบรูปแบบใหม่ในสื่อสังคมเครือข่ายและผลของการบังคับใช้กฎหมาย ผลิตภัณฑ์ยาสูบรูปแบบใหม่. วารสารกฎหมายสุขภาพและสาธารณสุข, 5(1), 13-29

ศาตสตราจารย์คลินิกเกียรติคุณ นายแพทย์ ปิยะสกล สกลสัตยาทร. (2564)บุหรี่ บุหรี่ไฟฟ้า : ภัยคุกคามเยาวชน

ทำลายสุขภาพ ทำลายคนรอบข้าง. เข้าได้จาก https://ns.mahidol.ac.th/nurse_th/doc/tobacco/%E0%B8%AA%E0%B8%B7%E0%B9%88%E0%B8%AD/66/teen.pdf)

ศาสตราจารย์ นพ.รณชัย คงสกนธ. (2563).ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ (ก้าวทันวิจัยกับศจย),12(2),14

สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2557). โครงการศึกษาผลกระทบของบุหรี่ไฟฟ้าที่มีต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศไทย. เข้าถึงได้จาก http://www.thaitobacco.or.th/th/wp-content/uploads/2015/07/140305_ECIG-ReportTemplate_V28.pdf

สำนักควบคุมการบริโภคยาสูบ. (2559). เอกสารข้อเท็จจริง:โครงการสำรวจการบริโภคยาสูบในกลุ่มเยาวชน ในประเทศไทย ปี 2558. เข้าถึงได้จาก http://btc.ddc.moph.go.th/th/upload/datacenter/59-04-26-FACT-SHEET-GYTS.pdf

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล(2563). บุหรี่ ไฟฟ้า: มหันตภัยยุค 4.0 ที่คุกคามสุขภาวะคนไทย.รายงานสุขภาพคนไทย เข้าถึงได้จาก https://www.hiso.or.th/hiso/picture/reportHealth/ThaiHealth2020/thai2020_21.pdf ,69-73

อรวรรณ ฆ้องต้อ. (2558). บุหรี่กับ (สุขภาพจิต) วัยรุ่น. เข้าถึงได้จาก http://www.thailandquitline.or.th/site/news/view/23.

Dr Dominique Dupagne (2559), พบแพทย์, “รู้ก่อนใช้บุหรี่ไฟฟ้า”, สืบค้น 04 กรกฎาคม 2567, จาก https:// www.pobpad.com/รู้ก่อนใช้บุหรี่ไฟฟ้า)

GM Live, “ก้าวแรกบุหรี่ไฟฟ้า กมธ.พาณิชย์ฯเสนอควบคุมแทนแบนหมอประกิตขอศึกษาข้อมูลก่อน” สืบค้น 04 กรกฎาคม 2567, จาก https://gmlive.com/new-reportsuggest-control-over-ban-e-cigarette .)

World Health Organization [WHO]. (2019). Report on the global tobacco epidemic. Retrieved from https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326043/9789241516204-eng.pdf

Yamin, C. K., Bitton, A., & Bates, D. W. (2010). E-cigarettes: a rapidly growing Internet phenomenon. Annals of Internal Medicine, 153(9), 607-609

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ

Factors association with food consumption behavior to control and prevent diabetes and hypertension in the elderly

ณัฐชา สุตา[1] ณัฐณิชา คงเลิศพานิช[1] ธนกฤต หันธนู[1] สุพรรษา กุลเกลี้ยง[1] และรุจิรา พิมพ์เสนา[1*]

Natcha Suta[1], Natnicha Konglertpanich[1], Thanakit Hantanoo[1] Supansa Kunkling[1] and Rujira Pimsena[1*]

[1]สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

[1]Student, Public Health Program Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

*Corresponding author E-mall: rujirapimsena15@gmail.com

บทคัดย่อ

เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytical study) มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ เครื่องมือเป็นแบบสัมภาษณ์ เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างอายุ 60-89 ปี ในพื้นที่ของตำบลบ้านโคก อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์จำนวน 331 คน ใช้สถิติ Multiple linear regression analysis เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 67.88 มีระดับทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 76.85 และมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 60.42 ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงระดับดี (Adjusted Mean different = 1.74; 95%CI = 0.44, 3.03; p-value 0.028) เพศหญิง (Adjusted Mean different = 1.22; 95%CI = 0.72, 1.72; p-value <0.001) กลุ่มอายุ 80–89 ปี(Adjusted Mean different = 2.10; 95%CI = 1.29, 2.89; p-value <0.001) ระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี (Adjusted Mean different = 4.62; 95%CI = 1.05, 8.20; p-value 0.034) และการมีโรคประจำตัว (Adjusted Mean different = 0.78; 95%CI = 0.20, 1.36; p-value 0.027) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความ

ดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น บุคลากรสาธารณสุขหรือผู้ที่เกี่ยวข้องควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง จัดกิจกรรมเพื่อปลูกฝังทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ดี

คำสำคัญ : ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงพฤติกรรมการบริโภคอาหารและผู้สูงอายุ

ABSTRACT

This is a cross-sectional analytical study aimed at testing the relationship between knowledge of food consumption for the prevention and control of diabetes and hypertension, attitudes toward food consumption for preventing and controlling diabetes and hypertension, and food consumption behaviors for preventing and controlling diabetes and hypertension among the elderly. The tool used was an interview questionnaire. Data were collected from a sample group aged 60-89 years in Ban Khok Subdistrict, Mueang District, Phetchabun Province, totaling 331 participants. Multiple linear regression analysis was used to test the relationship between various factors and food consumption behaviors for preventing and controlling diabetes and hypertension. The study findings showed that the majority of the sample had a high level of knowledge about food consumption for the prevention and control of diabetes and hypertension, with 67.88% in the high knowledge level. In terms of attitude, 76.85% had a moderate level of attitude toward food consumption for the prevention and control of diabetes and hypertension. Regarding food consumption behavior for the prevention and control of diabetes and hypertension, 60.42% had moderate behaviors. Significant relationships with food consumption behavior were found among several factors. A good attitude toward food consumption for the prevention and control of diabetes and hypertension (Adjusted Mean Difference = 1.74; 95% CI = 0.44, 3.03; p-value = 0.028),Female gender (Adjusted Mean Difference

= 1.22; 95% CI = 0.72, 1.72; p-value < 0.001),Age 80-89 years (Adjusted Mean Difference = 2.10; 95% CI = 1.29, 2.89; p-value < 0.001),Education level higher than a bachelor's degree (Adjusted Mean Difference = 4.62; 95% CI = 1.05, 8.20; p-value = 0.034), and Having chronic diseases (Adjusted Mean Difference = 0.78; 95% CI = 0.20, 1.36; p-value = 0.027). These factors were significantly associated with food consumption behaviors for preventing and controlling diabetes and hypertension among the elderly. Therefore, public health personnel or related stakeholders should provide knowledge about food consumption for the prevention and control of diabetes and hypertension, organize activities to foster proper attitudes toward food consumption, and encourage the elderly to adopt good food consumption behaviors for the prevention and control of diabetes and hypertension.

KEYWORDS: Knowledge about food consumption, Attitudes toward food consumption, Food consumption behaviors, Elderly.

บทนำ

โรคเบาหวานและโรคความดันโลหิตสูง เป็นโรคเรื้อรังที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ แต่ สามารถป้องกันและควบคุมได้ด้วยการเรียนรู้เรื่องโรคและการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตัวผู้ป่วยซึ่ง นับวันจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ (กองทุนสุขภาพตำบล, 2566) อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาสุขภาพหรือโรคอื่น ๆ ตามมา ซึ่งส่งผลให้คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุลดลงและเป็นสาเหตุการเสียชีวิต สถานการณ์โรคเบาหวานทั่วโลกในปี 2564 มีผู้ป่วยจำนวน 537 ล้านคน และคาดว่าในปี 2573 จะมีผู้ป่วยเบาหวานเพิ่มขึ้นเป็น 643 ล้านคน และโรคเบาหวานมีส่วนทำให้ เสียชีวิต สูงถึง 6.7 ล้านคน (workpointTODAY, 2565) และสถานการณ์โรคความดันโลหิตสูง ในปี 2565 พบว่า ประชากรในกลุ่มอายุ 30-79 ปี ป่วยเป็นโรคความดันโรคหิตสูงเกือบ 1.3 พันล้านคน (กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค, 2565) จากการคาดประมาณประชากรผู้สูงอายุของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2584 แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนของประชากรอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไปมี แนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากร้อยละ 13.20 ในปี พ.ศ. 2553 เป็นร้อยละ 32.10 (วรรณดี สุทธิ ศักดิ์และคณะ, 2563) จากรายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทย ปี 2563-2564 พบว่า ความเจ็บป่วยด้วยโรค/ ปัญหาสุขภาพในผู้สูงอายุไทยที่พบบ่อย มีความชุกดังนี้ โรคความดันโลหิตสูง ร้อยละ 60.7 โรคเบาหวาน ร้อยละ 20.4 โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีอายุ 70 ปีขึ้นไป (สำนักโภชนาการ กรมอนามัย, 2565)

จากการสำรวจประชากรไทยสถิติจำนวนผู้สูงอายุ พ.ศ. 2566 พบว่าประเทศไทยมีจำนวน ผู้สูงอายุทั้งหมด 13,064,929 คน จากประชากรทั้งหมด 65,061,190 คน คิดเป็นร้อยละ 20.08 (กรม กิจการผู้สูงอายุ, 2566) ซึ่งจังหวัดเพชรบูรณ์มีจำนวนผู้สูงอายุทั้งหมด 204,676 คน จากประชากรทั้งหมด 965,389 คน คิดเป็นร้อยละ 21.20 ในปีงบประมาณ 2567 จังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง ตำบลบ้านโคก มีจำนวนประชากรผู้สูงอายุทั้งหมด 2,185 คน มีผู้สูงอายุที่ป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง (Hypertension) 1,174 คน คิดเป็นร้อยละ 53.73 โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus) 412 คน คิดเป็นร้อยละ 18.86 (ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2567) อย่างไรก็ตาม จากปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้หากไม่ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมจะก่อให้เกิดความ รุนแรงของโรคและภาวะแทรกซ้อนตามมา คณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ความรู้และทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง กับฤติกรรมในการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ ตำบลบ้านโคก อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ เนื่องจากจังหวัดเพชรบูรณ์มีความหลากหลายทางด้าน วัฒนธรรมในเรื่องของอาหารการกิน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเป็นแนวทางในการแก้ไข ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ส่งเสริมความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวัดระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง และระดับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ

2. เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารและปัจจัยต่างๆ กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ

ขอบเขตพื้นที่การศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปี ขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ตำบลบ้านโคกอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในปี พ.ศ. 2567

ตัวแปร

ตัวแปรต้น ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา ศาสนา สถานภาพ รายได้ การอาศัยอยู่ร่วมกับบุคคล การมีโรคประจำตัว และการรับรู้ข่าวการด้านสุขภาพ ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวาน

และความดันโลหิตสูงเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ได้แก่ การเลือกบริโภคอาหารที่เป็นประโยชน์ตามหลัก 5 หมู่ การเลือกบริโภคอาหารที่เป็นการปรุงแต่ง เช่น หวาน มัน เค็ม และทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ได้แก่ ความเชื่อเกี่ยวกับการบริโภคอาหาร

ตัวแปรตาม ได้แก่ พฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ได้แก่ โภชนบัติญัติ 9 ประการของผู้สูงอายุ

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงวิเคราะห์แบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional analytical study)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปี ขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ตำบลบ้านโคก อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในปี พ.ศ.2567

เกณฑ์การคัดเข้า

เป็นผู้สูงอายุที่พูดคุยสื่อสารเข้าใจ

เกณฑ์การคัดออก

เป็นผู้สูงอายุติดเตียงหรือเจ็บป่วยในภาวะที่เป็นอันตราย

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้สูงอายุตั้งแต่ 60 ปี ขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ตำบลบ้านโคก อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในปี พ.ศ.2567 ที่ถูกสุ่มตัวอย่างในช่วงการเก็บข้อมูล

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง

ขนาดของกลุ่มตัวอย่างคำนวณโดยใช้สูตรของแดเนียล (Daniel, 1995) ประมาณการกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่ค่าความเชื่อมั่น 95% หรือมีค่าความคาดเคลื่อนที่ 0.05 ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 323 คน โดยมีสูตรดังนี้

$$\text{สูตร } n = \frac{NZ^2_{\alpha/2}P(1-P)}{(N-1)d^2+Z^2_{\alpha/2}P(1-P)}$$

$$\text{แทนค่า } n = \frac{2183(1.96)^2 0.56(1-0.56)}{(2183-1)0.05^2+(1.96)^2 0.56(1-0.56)}$$

จะได้ n = 322.79 ≈ 323

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสำรวจครั้งนี้ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) ดังนี้ 1) สุ่มหมู่บ้านตัวอย่างแบบอย่างง่าย (Simple random sampling) โดยเลือกมา 6 หมู่บ้าน ได้หมู่บ้านดังนี้ หมู่ที่ 1 3 6 7 8 และ 16 และ 2) ผู้สูงอายุในหมู่บ้านที่ถูกสุ่มจะใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด หากเข้าเกณฑ์การคัดเข้าและคัดออก เก็บรวบรวมข้อมูลได้ทั้งสิ้น 331 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสัมภาษณ์ โดยคณะผู้วิจัยได้สร้างแบบสัมภาษณ์ขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสัมภาษณ์ข้อมูลทั่วไป มีจำนวน 9 ข้อ ได้แก่ เพศ อายุ ศาสนา สถานภาพ การศึกษา รายได้ การอาศัยอยู่ร่วมกับบุคคล โรคประจำตัว และการรับข้อมูลข่าวสารด้านสุขภาพ

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ จำนวน 8 ข้อ โดยมีคำตอบให้เลือกตอบได้ 3 ตัวเลือก ได้แก่ ใช่ ไม่แน่ใจ ไม่ใช่

ส่วนที่ 3 ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ จำนวน 9 ข้อ โดยมีคำตอบให้เลือกตอบ 3 ตัวเลือก ได้แก่ เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ซึ่งลักษณะข้อคำถามจะมีด้านบวกและด้านลบ (Positive or Negative Statement)

ส่วนที่ 4 พฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุ จำนวน 12 ข้อ โดยมีคำตอบให้เลือกตอบได้ 4 ตัวเลือก ได้แก่ ปฏิบัติประจำ (ปฏิบัติ 4-7 วัน/สัปดาห์) ปฏิบัติบางครั้ง (ปฏิบัติ 1-3 วัน/สัปดาห์) ไม่ปฏิบัติเลย (ไม่เคยปฏิบัติเลย)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวิธีการสัมภาษณ์ ณ บ้านผู้สูงอายุ ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 15-30 สิงหาคม พ.ศ. 2567

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้นำแบบสัมภาษณ์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (IOC) และนำแบบสัมภาษณ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายที่กำหนดไว้ จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach’s alpha coefficient) ได้ค่าความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง = 0.78 ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง = 0.73 และพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง =0.71

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน (inferential statistics) ได้แก่ Multiple linear regression analysis โดยนำเสนอค่า Adjusted mean difference พร้อมช่วงความเชื่อมั่น 95% CI และค่า p-value วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม RStudio Version 4.4.1 หรือสูงกว่าและกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิจัย

ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 62.84) มีอายุอยู่ในช่วง 60-69 ปี ร้อยละ 50.76 อายุเฉลี่ย 70.02 ปี อายุต่ำสุด 60 ปี และอายุสูงสุด 89 ปี มีสถานภาพสมรส ร้อยละ 68.88 ส่วนใหญ่นับถือศาสนาพุทธ (ร้อยละ 99.70) ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา (ร้อยละ 79.76) มีรายได้ ต่ำกว่า 5,000 บาท (ร้อยละ 94.56) รายได้เฉลี่ย 1,746.44 บาท ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ร่วมกับคู่สมรส (ร้อยละ 58.91) ส่วนใหญ่มีโรคประจำตัว (ร้อยละ 79.76) และได้รับข่าวสารด้านสุขภาพ (ร้อยละ 98.79) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง (n=331)

ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
หญิง	208	62.84
ชาย	123	37.16
อายุ		
60 – 69 ปี	168	50.76
70 – 79 ปี	130	39.27
80 – 89 ปี	33	9.97
ค่าเฉลี่ย=70.02 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=6.69 ค่าต่ำสุด=60ค่าสูงสุด=89		
สถานภาพ		
สมรส	228	68.88
หย่าร้าง/หม้าย	85	25.68
โสด	18	5.44
ศาสนา		
พุทธ	330	99.70
คริสต์	1	0.30
การศึกษา		

ตารางที่ 1 ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง (n=331) (ต่อ)

ลักษณะทางประชากรของกลุ่มตัวอย่าง	จำนวน	ร้อยละ
ต่ำกว่าประถมศึกษา	31	9.37
ประถมศึกษา	264	79.76
มัธยมศึกษา	19	5.74
อนุปริญญาหรือสูงกว่า	17	5.14
รายได้		
ต่ำกว่า 5,000	313	94.56
5,001-9,000	4	1.21
9,001-12,000	6	1.81
สูงกว่า 12,001	8	2.42
ค่าเฉลี่ย=1,746.44 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน= 5,109.06 ค่าต่ำสุด= 600 ค่าสูงสุด= 50,000		
การอาศัยอยู่ร่วมกับบุคคล		
คู่สมรส	195	58.91
บุตร/หลาน	105	31.72
อยู่เพียงลำพัง	26	7.85
ญาติ	5	1.51
โรคประจำตัว		
มี	264	79.76
ไม่มี	67	20.24
การรับรู้ข่าวสารด้านสุขภาพ		
ได้รับ	327	98.79
ไม่ได้รับ	4	1.21

ระดับของความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงพบว่าส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 67.88 ระดับของทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงส่วนใหญ่มีระดับทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับปานกลาง ร้อยละ 76.85 ระดับของพฤติกรรมการบริโภคอาหาร ส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 60.42 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงและพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของกลุ่มตัวอย่าง (n=331)

ระดับความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหาร	**ช่วงคะแนน**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ความรู้ระดับสูง	(7-8)	224	67.67
ความรู้ระดับปานกลาง	(4-6)	103	31.12
ความรู้ระดับต่ำ	(1-3)	4	1.21
ค่าเฉลี่ย= 6.78 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน= 1.32 ค่าต่ำสุด=1 ค่าสูงสุด=8			
ระดับทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหาร	**ช่วงคะแนน**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ทัศนคติระดับดี	(23-27)	145	12.04
ทัศนคติระดับปานกลาง	(17-22)	174	76.85
ทัศนคติระดับไม่ดี	(13-16)	12	11.11
ค่าเฉลี่ย=21.59 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=2.59 ค่าต่ำสุด=13 ค่าสูงสุด=27			
ระดับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร	**ช่วงคะแนน**	**จำนวน**	**ร้อยละ**
พฤติกรรมระดับดี	(31 – 34)	60	18.13
พฤติกรรมระดับปานกลาง	(26 – 30)	200	60.42
พฤติกรรมระดับไม่ดี	(20 – 25)	71	21.45
ค่าเฉลี่ย=27.86 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน=2.73 ค่าต่ำสุด=20 ค่าสูงสุด=34			

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ได้แก่ ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงในระดับดี (Adjusted mean different = 1.74; 95%CI = 0.44, 3.04; p-value 0.028) เพศหญิง (Adjusted mean different = 1.22; 95%CI = 0.72, 1.72;p-value <0.001) กลุ่มอายุ 80 – 89 ปี (Adjusted mean different = 2.10; 95%CI = 1.30, 2.90; p-value <0.001) ระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรี (Adjusted mean different = 4.62; 95%CI = 1.05, 8.20; p-value 0.034) และการมีโรคประจำตัว (Adjusted mean different = 0.78; 95%CI = 0.20, 1.36; p-value 0.027) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย	Mean difference	Adj. mean difference	95%CI	P-value
ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหาร					0.148
ต่ำ (อ้างอิง)	26.75	0	0		
ปานกลาง	27.58	0.83	0.54	-1.60, 2.68	0.679
	28.00	1.25	0.79	-1.37, 2.94	0.547
ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหาร					0.003
ไม่ดี (อ้างอิง)	25.92	0	0		
ปานกลาง	27.43	1.51	0.82	-0.43, 2.07	0.283
ดี	28.53	2.61	1.74	0.44, 3.04	0.028
เพศ					<0.001
ชาย (อ้างอิง)	26.83	0	0		
หญิง	28.47	1.64	1.22	0.72, 1.72	<0.001
กลุ่มอายุ					<0.001
60 – 69 ปี (อ้างอิง)	27.42	0	0		
70 – 79 ปี	27.99	0.58	0.59	0.10, 1.09	0.050
80 – 89 ปี	29.58	2.16	2.10	1.30, 2.90	<0.001
ระดับการศึกษา					0.027
ประถมศึกษา (อ้างอิง)	29.45	0	0		
ประถมศึกษา	27.69	-1.76	-0.84	-1.64, -0.03	0.087
มัธยมศึกษา	27.21	-2.24	-1.18	-2.39, 0.03	0.109
อนุปริญญา	26.75	-2.70	-2.04	-4.21, 0.16	0.126
ปริญญาตรี	28.11	-1.34	0.81	-1.29, 2.91	0.526
สูงกว่าปริญญาตรี	30.25	0.80	4.62	1.05, 8.20	0.034
รายได้ (บาท)					0.297
≥12,001 (อ้างอิง)	28.62	0	0		
9,001-12,000	25.67	-2.96	0.95	-2.00, 3.89	0.596
5,001-9,000	26.50	-2.13	1.33	-2.16, 4.82	0.531
ต่ำกว่า 5,000	27.90	-0.73	2.55	-0.28, 5.38	0.138

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง (ต่อ)

ปัจจัย	ค่าเฉลี่ย	Mean difference	Adj. mean difference	95%CI	P-value
โรคประจำตัว					0.020
ไม่มี(อ้างอิง)	26.91	0	0		
มี	28.10	1.19	0.78	0.20, 1.36	0.027
การรับรู้ข่าวสารด้านสุขภาพ				0.644	
ไม่ได้รับ (อ้างอิง)	27.25	0	0		
ได้รับ	27.87	0.62	-1.15	-2.29, 1.99	0.909

วิจารณ์ผล

ความสัมพันธ์ระหว่างทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง

ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงมีความสัมพันธ์กับเกี่ยวกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่า ผู้ที่มีทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงในระดับดีจะมีคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่สูงกว่าผู้ที่มีทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงในระดับไม่ดีอยู่ 1.74 คะแนน

(Adjusted mean different = 1.74; 95%CI = 0.44,3.04; p-value 0.028) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ผู้สูงอายุมีทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ดีหรือเหมาะสม มักจะแสวงหาแนวทางหรือเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าหรือประโยชน์ต่อตนเอง จึงทำให้มีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อการป้องกันและควบคุมโรคความดันโลหิตสูงที่ดีกว่าผู้ที่มีทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ไม่ดี สอดคล้องกับการศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง ผู้สูงอายุที่มีทัศนคติระดับดีมีโอกาสในการมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารระดับดีมากกว่าผู้สูงอายุที่มีทัศนคติระดับไม่ดี 1.82 เท่า (95%CI=1.37-2.43) (สุพรรณี พฤกษา, 2559)

ความสัมพันธ์ระหว่างเพศกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง

เพศมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่า เพศหญิงจะมีคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ดีสูงเพศชายอยู่ 1.24 คะแนน (Adjusted mean different = 1.22; 95%CI = 0.72, 1.72; p-value <0.001) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเพศหญิงมีความสนใจหรือใส่ใจเรื่องสุขภาพดีกว่าเพศชาย จึงมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ดีกว่าเพศชาย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ จังหวัดนครปฐม พบว่า ผู้สูงอายุเพศชายมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่ดีสูงกว่าผู้สูงอายุเพศหญิง 3.6 เท่า (95%CI;1.18-4.36) (วรรณดี สุทิศักดิ์และคณะ, 2563) และการศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าผู้สูงอายุเพศหญิงมีโอกาสในการมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารระดับดีสูงกว่าผู้สูงอายุเพศชาย 1.59 เท่า(95%CI= 1.23-2.05) (สุพรรณี พฤกษา, 2559)

ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง

อายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่า ผู้ที่อยู่ในช่วงอายุ 80 - 89 ปี จะมีคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่สูงผู้ที่อยู่ในช่วงอายุ 60 - 69 ปีอยู่ 2.10 คะแนน (Adjusted mean different = 2.10; 95%CI = 1.30, 2.90; p-value <0.001) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เมื่อผู้สูงอายุมีอายุที่มากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาทำให้ประสิทธิภาพของการย่อยอาหารลดลง ผู้สูงอายุจึงจำเป็นต้องดูแลใส่ใจในเรื่องการบริโภคอาหารเพิ่มมากขึ้น จึงมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงดีกว่าผู้ที่มีอายุต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ

การศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุจากมุมมองแบบจำลองทางสังคม ในประเทศจีน พบว่า ผู้ที่มีอายุ 71–80 ปี (β = -0.61, 95%CI -1.12, -0.11, p=0.017) ≥ 81 ปี (β =-1.12, 95%CI -1.99, -0.26, p=0.011) มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และมีแนวโน้มที่จะมีพฤติกรรมการกินที่ดีขึ้น (Xue Wang et al., 2023)

ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการศึกษากับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง

ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่า ผู้ที่มีระดับการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีจะมีคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่สูงกว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าประถมศึกษาอยู่ 4.62 คะแนน (Adjusted Mean different = 4.62; 95%CI = 1.05, 8.20; p-value 0.034) ทั้งนี้อาจเนื่องจากผู้ที่มีระดับการศึกษาสูงจะเป็นผู้มีความรู้ จึงเสาะแสวงหาวิธีการดูแลสุขภาพตนเอง โดยการเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าหรือมีประโยชน์ต่อสุขภาพ จึงมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงดีว่าผู้ที่มีระดับการศึกษาที่ต่ำกว่า (Thorpe, Maree G. et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ จังหวัดนครปฐม พบว่า ผู้สูงอายุที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าประถมศึกษาและประถมศึกษา และผู้สูงอายุที่มีระดับการศึกษามัธยมศึกษาและประกาศนียบัตรมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดพฤติกรรมการบริโภคที่ไม่ดีมากกว่าผู้สูงอายุที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีและสูงกว่าที่ 1.3 เท่า (95% CI;0.32-5.08) (วรรณดี สุทิศักดิ์และคณะ, 2563)

ความสัมพันธ์ระหว่างโรคประจำตัวกับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง

โรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อธิบายได้ว่า ผู้ที่มีโรคประจำตัวจะมีคะแนนพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่สูงกว่าผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัว อยู่ 0.78 คะแนน ($\bar{X}$ = 28.10; Adjusted Mean different = 0.78; 95%CI =0.20, 1.36; p-value 0.027) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ผู้ที่มีโรคประจำตัว จะมีการประพฤติหรือปฏิบัติตนในการดูแลสุภาพของตนเองเพื่อควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ตามคำแนะนำของบุคลากรสาธารณสุข จึงมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงดีว่าผู้ที่ไม่มีโรคประจำตัว แต่ไม่สอดคล้องกับการวิจัย เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ผู้สูงอายุที่ไม่มีโรคประจำตัวมี โอกาสในการมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารระดับดีสูงกว่าผู้สูงอายุที่มีโรคประจำตัว 1.40 เท่า (95%CI=1.08-1.81) (สุพรรณี พฤกษา, 2559)

สรุปผล

ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง เพศ อายุ ระดับการศึกษาและการมีโรคประจำตัวมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงของผู้สูงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น บุคลากรทางสาธารณสุขหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง จัดกิจกรรมเพื่อปลูกฝังทัศนคติเกี่ยวกับการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ผู้สูงอายุมีพฤติกรรมการบริโภคอาหารเพื่อควบคุมป้องกันโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูงที่ดี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาสาสมัครผู้สูงอายุทุกคนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยนี้ และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลบ้านโคก อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่อำนวยความสะดวก ให้การสนับสนุนและช่วยประสานในการเก็บข้อมูลงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดี และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ผศ.ดร.ไพฑูรย์ สอนทน อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษาในการทำงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมกิจการผู้สูงอายุ. (2566). สถิติผู้สูงอายุ มิถุนายน 2566 by Looker Studio. สืบค้น 30 มิถุนายน 2024, จากhttp://www.dop.go.th/th/know/side/1/1/2449

กระทรวงสาธารณสุข. (ม.ป.ป.) “ระบบคลังข้อมูลด้านการแพทย์และสุขภาพ”. สืบค้น 17 กรกฎาคม2024 (https://hdcservice.moph.go.th/hdc/reports/page.php?cat_id=
6a1fdf282fd28180eed7d1cfe0155e11).

กลุ่มบริหารยุทธศาสตร์ สำนักโภชนาการ. (2565). สำนักโภชนาการ. สืบค้น 17 กันยายน 2024
(https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/ebnutritionsurveillance/4261#wowbo ok/)

กองทุนสุขภาพตำบล – กองทุนหลักประกันสุขภาพท้องถิ่น – กปท. (2566). “โครงการส่งเสริม สุขภาพกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวาน ความดันโลหิตสูง ปี 2566”. สืบค้น 17 กันยายน 2024

(https://localfund.happynetwork.org/project/151466).

กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2565). โรคความดันโลหิตสูง (Hypertention). สืบค้น 25 กันยายน 2024, จาก https://ddc.moph.go.th/disease_detail.php?d=52

กองโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค. (2567). 5 โรคไม่ติดต่อที่พบในผู้สูงอายุ และเสียชีวิตในประเทศไทย. สืบค้น 1 กรกฎาคม 2024, จาก https://www.ddc.moph.go.th/dncd/publishinfodetail.php?publish=15282&deptcode=dncd

วรรณดี สุทธิศักดิ์, ขวัญใจ กลิ่นจงกล, และ หทัยชนก หมากผิน. (2563). “ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ จังหวัดนครปฐม”. Journal of Nursing Science Christian University of Thailand 30–4

วันเพ็ญ, นาโสก, และ ภาโนมัย ณิตชาธร. (2562). “พฤติกรรมการบริโภคอาหาร และปัจจัยที่ส่งผลต่อภาวะโภชนาการของผู้สูงอายุในอำเภอเมือง จังหวัดเลย”. Research and Development Journal, Loei Rajabhat University 14(49):94–105.

สุดารัตน์ ชูพันธ์. (2565). “ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ กรณีศึกษา หมู่ 9 บ้านผือฮี ตำบลบ้านยาง อำเภอพุทไธสง จังหวัดบุรีรัมย์”. วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนอร์ทเทิร์น 3(1):81–93.

สุพรรณี พฤกษา. (2559). “ปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการบริโภคอาหารของผู้สูงอายุ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ”. สืบค้น 17 กรกฎาคม 2024 (http://fhpprogram.org/download/factor-behavior-eldery/).

อนามัยมีเดีย. (ม.ป.ป.). “โรคไม่ติดต่อเรื้อรัง”. อนามัยมีเดีย. สืบค้น 30 มิถุนายน 2024 (https://multimedia.anamai.moph.go.th/ebooks/hp-ebook_14_mini/).

workpointTODAY. (2565). “โรคเบาหวาน ความเสี่ยงของคนทำงานหนักเกินไป พบคนไทยป่วย 300,000 คนต่อปี”. สืบค้น 17 กันยายน 2024 (https://workpointtoday.com/worlddiabetes-day/).

Best, J.W. (1977). Research in education. 3rd ed. New Jersey.: Prentice-Hall.

Thorpe, Maree G., Catherine M. Milte, David Crawford, and Sarah A. McNaughton. (2019). “Education and Lifestyle Predict Change in Dietary Patterns and Diet Quality of Adults 55 Years and Over”. Nutrition Journal 18(1):67. doi: 10.1186/s12937-019-0495-6.

Wang, Xue, Yibo Wu, Juanxia Miao, Keping Pu, Wai-Kit Ming, and Shuang Zang. (2023). Factors Associated with Eating Behaviors in Older Adults from a Socioecological Model Perspective. BMC Public Health 23(1):1726. doi: 10.1186/s12889-023-16651-2.

W.W Daniel. (1995). Biostatistics: A foundation for analysis in the health sciences. New York: Wiley & Sons.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์ในกรุงเทพมหานคร

FACTORS ASSOCIATED WITH COVID 19 VACCINE HESITANCY OF PREGNANT WOMEN IN BANGKOK

นิติทัศน์ แก่นท้าว[1] จิราลักษณ์ นนทารักษ์[1] ปรารถนา สถิตย์วิภาวี[2] และวิศิษฎ์ ฉวีพจน์กำจร[1*]

Nititat Kaentao[1] Jiraluck Nontarak[1] Pratana Satitvipawee[2] and Wisit Chaveepojnkamjorn[1*]

[1] ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม. 10400

[1] Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1, Rajavithi Road, Ratchathewi, Bangkok 10400

[2] ภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม. 10400

[2] Department of Biostatistics, Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1, Rajavithi Road, Ratchathewi, Bangkok 10400

*Corresponding author E-mail: wiziz.cha@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างคือหญิงตั้งครรภ์อายุไม่ต่ำกว่า 20 ปี มีอายุครรภ์ 12 สัปดาห์ขึ้นไป จำนวน 325 คน ที่เข้ารับบริการในคลินิกฝากครรภ์ในโรงพยาบาลสังกัดสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร จำนวน 4 แห่ง เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบสอบถาม วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติร้อยละ ค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 โดยใช้ Chi-square test และการวิเคราะห์ถดถอยพหุโลจิสติกหลายตัวแปร (Multivariable logistic regression analysis) ผลการศึกษาพบว่า หญิงตั้งครรภ์จำนวน 166 คน (ร้อยละ 51.1) มีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ขณะตั้งครรภ์ โดยหญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับดี ร้อยละ 72.3 มีความกังวลเกี่ยวกับวัคซีนโควิด 19 อยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด ร้อยละ 91.4 สามารถเข้าถึงบริการการฉีดวัคซีนโควิด 19 ในช่วงที่ผ่านมาอย่างสะดวกสบาย ร้อยละ 70.2 เคยได้รับคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์ ร้อยละ 25.5 และเคยได้รับคำแนะนำจากคนในครอบครัว ร้อยละ 28.9 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ได้แก่ ระดับการศึกษา อายุครรภ์ การมีภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ รวมไปถึงความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19 โดยพบว่าส่วนใหญ่มีความกังวลต่อผลข้างเคียงที่เกิดกับตนเองและทารกในครรภ์ และรู้สึกว่าข้อมูลการฉีดวัคซีนโควิด 19 ในหญิงตั้งครรภ์นั้นยังมีไม่เพียงพอต่อการตัดสินใจรับวัคซีนโควิด 19 ขณะตั้งครรภ์

คำสำคัญ : วัคซีนโควิด 19 หญิงตั้งครรภ์ ความลังเล กรุงเทพมหานคร

Abstract

This cross-sectional study aimed to examine factors associated with COVID 19 vaccine hesitancy among pregnant women in Bangkok. The study included 325 pregnant women aged 20 years and older, with gestational ages of at least 12 weeks, who attended antenatal clinics in four hospitals under the Medical Service Department, Bangkok Metropolitan Administration. Data was collected using questionnaires and analyzed using descriptive statistics, including percentages, median, and IQR. The relationship between independent variables and vaccine hesitancy was examined using the Chi square test and multivariable logistic regression analysis. The results showed that 166 pregnant women (51.1%) exhibited hesitancy toward receiving the COVID 19 vaccine during pregnancy. The majority of participants had good knowledge about COVID 19 (72.3%), moderate levels of concern about the vaccine (91.4%), and reported convenient access to vaccination services in the past (70.2%). Only 25.5% had received advice from healthcare providers, and 28.9% had received advice from family members. Factors significantly associated with vaccine hesitancy included education level, gestational age, pregnancy complications, and concerns about the COVID 19 vaccine. Most pregnant women expressed concerns about potential side effects affecting themselves and their babies and felt that information regarding COVID 19 vaccination during pregnancy was insufficient for making informed decisions.

Keywords: COVID 19 vaccine, pregnant women, hesitancy, Bangkok

บทนำ

การแพร่ระบาดของเชื้อโควิด 19 (COVID 19) เริ่มในเดือนธันวาคม 2562 และระบาดอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบต่อผู้คนทั่วโลกรวมทั้งในประเทศไทย ในเดือนพฤษภาคม 2563 องค์การอนามัยโลก กำหนดให้การฉีดวัคซีนเป็นกลยุทธ์หลักในการป้องกันและควบคุมการระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หลายประเทศทั่วโลกได้พัฒนาวัคซีนป้องกันโควิด 19 และได้รับการอนุมัติให้ใช้ในสถานการณ์ฉุกเฉิน (World Health Organization, 2020) ในประเทศไทยมีนโยบายการให้วัคซีนโควิด 19 แก่ประชาชนทุกคนที่สมัครใจ โดยในช่วงแรกของการฉีดวัคซีน กลุ่มเป้าหมายหลักคือ กลุ่ม 608 ได้แก่ ผู้สูงอายุ 60 ปีขึ้นไป ผู้ที่มีโรคประจำตัว 7 กลุ่มโรค รวมถึงหญิงตั้งครรภ์ เนื่องจากกลุ่มนี้หากติดเชื้อโควิด 19 จะมีอาการรุนแรงและเสี่ยงต่อการเสียชีวิต (กองโรคติดต่อทั่วไป & กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2564) ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อสหรัฐอเมริกา (Centers for Disease Control and Prevention, CDC) และองค์กรทางการแพทย์หลายแห่งรวมทั้งราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย มีคำแนะนำให้ฉีดวัคซีนโควิด 19 ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์เพื่อป้องกันไม่ให้ป่วยหนัก โดยควรฉีดวัคซีนเข็มแรกหลังอายุครรภ์ 3 เดือน (หรือ 12 สัปดาห์) และสามารถฉีดวัคซีนได้ในช่วงการให้นมบุตร (Prevention, 2022; ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย, 2022) ในช่วงหลังจากการระบาดของโควิด 19

(post-pandemic) กรมควบคุมโรคและหน่วยงานด้านสุขภาพหลายองค์กรยังคงแนะนำให้ประชาชนทั่วไป รวมถึงกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ฉีดวัคซีนโควิด 19 กระตุ้นประจำทุกปี ร่วมกับการฉีดวัคซีนไข้หวัดใหญ่ตามฤดูกาล (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2566)

องค์การอนามัยโลกระบุว่า ความลังเลในวัคซีนเป็นภัยคุกคามที่มีผลต่อการควบคุมการระบาดของโควิด 19 เพราะการสร้างภูมิคุ้มกันแบบหมู่ (Herd immunity) นั้นขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของวัคซีนและความเต็มใจของประชาชนในการยอมรับวัคซีน โดยความลังเลในวัคซีน หมายถึง “ภาวะที่ไม่แน่ใจหรือยังตัดสินใจไม่ได้เกี่ยวกับการฉีดวัคซีน” ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาขึ้นกับปัจจัยหลายด้านที่เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น ความต้องการในการฉีด ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัคซีน แนวทางการฉีด หรือสถานการณ์การระบาดของโรค ฯลฯ ที่เป็นปัจจัยกำหนดส่งผลต่อการตัดสินใจในการฉีดวัคซีนโควิด 19 ในขณะนั้นๆ (Larson, 2022) นอกจากนี้ความลังเลในการรับวัคซีนจะนำไปสู่การรับวัคซีนที่ล่าช้าออกไปหรือปฏิเสธการฉีดวัคซีน (Lin et al., 2020) โดย The Strategic Advisory Group of Experts (SAGE) อธิบายถึง ความลังเลในการรับวัคซีน หมายถึง ความล่าช้าในการรับวัคซีน หรือปฏิเสธการฉีดวัคซีนทั้ง ๆ ที่มีบริการการฉีดวัคซีน ซึ่งมีความซับซ้อนและมีบริบทเฉพาะแตกต่างกันไปตามเวลา สถานที่และประเภทวัคซีน โดยได้รับอิทธิพลจาก 3 ปัจจัยได้แก่ ความมั่นใจ (confidence) ความชะล่าใจ (complacency) และความสะดวก (convenience) และกล่าวถึงปัจจัยกำหนดที่ส่งต่อการตัดสินใจในการรับวัคซีน (Working Group Determinants of Vaccine Hesitancy Matrix) 3 ประเภท ได้แก่ อิทธิพลจากบริบท เช่น สังคม วัฒนธรรม ระบบสุขภาพ เป็นต้น อิทธิพลส่วนบุคคลและกลุ่ม เช่น ความรู้ ความเชื่อ บุคคลในครอบครัว และอิทธิพลจากวัคซีน เช่น ข้อแนะนำในการฉีดวัคซีน การบริการฉีดวัคซีน ตารางการนัด เป็นต้น ((SAGE), 2014)

หญิงตั้งครรภ์จัดเป็นกลุ่มเสี่ยงที่จะเกิดอาการรุนแรงจากการติดเชื้อโควิด 19 แต่จากข้อมูลการฉีดวัคซีนโควิด 19 ในกรุงเทพมหานคร ปี 2565 พบว่า กลุ่มหญิงตั้งครรภ์ฉีดวัคซีนโควิด 19 เข็มที่ 2 เพียงร้อยละ 31.08 เท่านั้น ซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ โดยกระทรวงสาธารณสุขมีเป้าหมายการฉีดวัคซีนโควิด 19 ให้กับประชาชนมากกว่าร้อยละ 70 เพื่อให้เกิดภูมิคุ้มกันหมู่ ซึ่งกลุ่มหญิงตั้งครรภ์เป็นเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่ยังมีอัตราการฉีดวัคซีนน้อยกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ และจากการทบทวนงานวิจัยการรับวัคซีนโควิด 19 ของประเทศไทย พบว่าส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในประชาชนทั่วไปและบุคลากรทางการแพทย์ งานวิจัยครั้งนี้จึงเลือกศึกษาในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่จำนวนมาก ทั้งตามทะเบียนราษฎร์และประชากรที่ย้ายเข้ามาทำงานและอยู่อาศัย มีความแตกต่างหลากหลายทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม ศาสนา รวมทั้งการเข้าถึงบริการสุขภาพ และสอดคล้องกับบทบาทหน้าที่ของผู้วิจัย ที่ทำงานด้านการป้องกันควบคุมโรคในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งจะช่วยส่งเสริมและพัฒนางานด้านการป้องกันควบคุมโรค โดยผลการศึกษาจะใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนนโยบาย กำหนดแนวทางการจัดบริการ การรณรงค์ประชาสัมพันธ์การฉีดวัคซีนโควิด 19 หรือวัคซีนอื่นๆ ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์เพื่อส่งเสริมให้เข้ารับวัคซีนเพิ่มมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study) โดยศึกษาในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์ที่เข้ารับการฝากครรภ์ภายในโรงพยาบาลสังกัดสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล, ปัจจัยด้านความรู้เกี่ยวกับโควิด 19, ปัจจัยด้านความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19, การเข้าถึงบริการการฉีดวัคซีนโควิด 19 และคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์และสมาชิกในครอบครัว กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์ในกรุงเทพมหานคร

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น : ปัจจัยส่วนบุคคล, ความรู้เกี่ยวกับโควิด 19, ความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19, การเข้าถึงบริการการฉีดวัคซีนโควิด 19 และคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์และสมาชิกในครอบครัว

ตัวแปรตาม : ความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

หญิงตั้งครรภ์ที่เข้ารับบริการในคลินิกฝากครรภ์ โรงพยาบาลสังกัดสำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร จำนวน 11 แห่ง คำนวณขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตรการคำนวณแบบไม่ทราบจำนวนประชากรของแดเนียล ค.ศ.2009 โดยใช้ค่าสัดส่วนหญิงตั้งครรภ์ที่มีความลังเลในการฉีดวัคซีนโควิด 19 กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข เท่ากับร้อยละ 83 (P = 0.83) (กรมควบคุมโรค.กระทรวงสาธารณสุข, 2022) ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 325 คน

สูตรการคำนวน

$$n = \frac{z_{1-\alpha/2}{}^2 p\,(1-p)}{d^2}\ x\ deff$$

การสุ่มตัวอย่าง

ใช้วิธี Stratified Two-stage sampling ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสุ่มโรงพยาบาล : แบ่งโรงพยาบาลเป็น 6 กลุ่ม ตามรูปแบบการแบ่งเขตของกรุงเทพมหานคร จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลากแบบไม่แทนที่ในแต่ละกลุ่ม ได้โรงพยาบาลที่เข้าร่วมงานวิจัย จำนวน 4 โรงพยาบาล จากทั้งหมด 11 แห่ง

ตารางที่ 1 การสุ่มโรงพยาบาล

เขต	โรงพยาบาล	ผลการสุ่ม
กรุงเทพเหนือ	-	-
กรุงเทพใต้	โรงพยาบาลบางนากรุงเทพมหานคร โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์	1.โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์
กรุงเทพกลาง	โรงพยาบาลกลาง	2.โรงพยาบาลกลาง
กรุงเทพตะวันออก	โรงพยาบาลคลองสามวา	3.โรงพยาบาลสิรินธร

เขต	โรงพยาบาล	ผลการสุ่ม
	โรงพยาบาลลาดกระบัง	
	กรุงเทพมหานคร	
	โรงพยาบาลสิรินธร	
	โรงพยาบาลเวชการุณย์รัศมิ์	
กรุงธนเหนือ	โรงพยาบาลตากสิน	-
กรุงธนใต้	โรงพยาบาลหลวงพ่อทวีศักดิ์ฯ	4.โรงพยาบาลราชพิพัฒน์
	ชุตินธโร อุทิศ	
	โรงพยาบาลราชพิพัฒน์	
	โรงพยาบาลผู้สูงอายุบางขุนเทียน	

หมายเหตุ : เขตกรุงเทพเหนือไม่มีโรงพยาบาลภายในเขต, เขตกรุงธนเหนือ โรงพยาบาลตากสินไม่เข้าร่วมการวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มตัวอย่างหญิงตั้งครรภ์ : โดยคำนวณหาสัดส่วน (Probability proportional to size) ตามจำนวนหญิงตั้งครรภ์ที่เข้ารับบริการจากทั้ง 4 โรงพยาบาล และใช้การสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญในผู้ที่สะดวกและยินยอมเข้าร่วมการวิจัย เก็บข้อมูลจบครบจำนวน 325 คน

ตารางที่ 2 จำนวนหญิงตั้งครรภ์ในแต่ละโรงพยาบาล

ลำดับ	โรงพยาบาล	จำนวนหญิงฝากครรภ์ในปีงบประมาณ 2565 (คน)	ร้อยละ	จำนวนตัวอย่างที่ต้องเก็บ(คน)
1	โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์	2,783	25	$\frac{25x325}{100} = 81$
2	โรงพยาบาลกลาง	1,906	16	$\frac{16x325}{100} = 52$
3	โรงพยาบาลสิรินธร	3,468	30	$\frac{30x325}{100} = 98$
4	โรงพยาบาลราชพิพัฒน์	3,413	29	$\frac{29x325}{100} = 94$
	รวม	**11,570**	**100**	**325**

เกณฑ์การคัดเข้า 1) หญิงตั้งครรภ์ที่มีอายุ 20 ปีขึ้นไปและมีอายุครรภ์ตั้งแต่ 12 สัปดาห์ขึ้นไป
2) สามารถอ่านและเขียนภาษาไทยได้โดยไม่มีปัญหาในการตอบแบบสอบถาม
3) ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยให้ความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษร

เกณฑ์การคัดออก 1) มีข้อห้ามในการฉีดวัคซีนโควิด 19 เช่น มีประวัติการแพ้รุนแรงจากการฉีดวัคซีนโควิด 19 ครั้งก่อน หรือแพ้ส่วนประกอบของวัคซีน
2) มีโรคประจำตัวร้ายแรง เช่น มะเร็ง หรือโรคที่ทำให้การสื่อสารบกพร่อง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถาม (Questionnaire) จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ออกแบบตามข้อเท็จจริงตามลักษณะของประชากรและการทบทวนวรรณกรรม ประกอบด้วย คำถามจำนวน 13 ข้อ แบ่งเป็นข้อคำถามให้เลือกตอบจำนวน 9 ข้อ ได้แก่ ระดับการศึกษา อาชีพ ศาสนา ประวัติการฝากครรภ์ โรคประจำตัว ภาวะแทรกซ้อนจากการตั้งครรภ์ ประวัติการได้รับวัคซีนไข้หวัดใหญ่ ประสบการณ์ที่ผ่านมาเกี่ยวกับการฉีดวัคซีนโควิด 19 และเป็นข้อคำถามแบบเติมข้อความสั้นๆ จำนวน 4 ข้อ ได้แก่ อายุ รายได้ รายได้เฉลี่ยภายในครอบครัว อายุครรภ์

ส่วนที่ 2 ความรู้เกี่ยวกับโควิด 19 มีคำถามทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ ลักษณะคำถาม ให้เลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ตอบถูก = 1 คะแนน ตอบผิด = 0 คะแนน

ส่วนที่ 3 ความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19 มีคำถามทั้งหมดจำนวน 10 ข้อ โดยให้เลือกตอบให้ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็น ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตรประมาณค่าแบบลิเคอร์ท 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ส่วนที่ 4 การเข้าถึงบริการการฉีดวัคซีนโควิด 19 มีคำถามทั้งหมดจำนวน 10 ข้อโดยให้เลือกตอบให้ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็น ลักษณะคำถามเป็นแบบมาตรประมาณค่าแบบลิเคอร์ท 5 ระดับ คือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ส่วนที่ 5 คำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์ สมาชิกในครอบครัว เป็นคำถามแบบเลือกตอบและแบบเปิดจำนวน 2 ข้อ

ส่วนที่ 6 ความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 จำนวน 1 ข้อ เป็นตัวแปรตาม โดยให้เลือกตอบให้ตรงกับความรู้สึกหรือความคิดเห็นในเรื่องการรับวัคซีนโควิด 19 ณ ปัจจุบันขณะตั้งครรภ์

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ค่าความตรง (Content Validity) ทดสอบค่า IOC กับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่าความตรงเท่ากับ 0.87 – 1.00

ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทดสอบในหญิงตั้งครรภ์จำนวน 30 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างในศูนย์บริการสาธารณสุข 4 ดินแดง และศูนย์บริการสาธารณสุข 52 สามเสนนอก โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) ได้ค่าระหว่าง 0.753 – 0.908

การรวบรวมข้อมูล

1. ทำหนังสือถึงผู้อำนวยการโรงพยาบาล สังกัดสำนักการแพทย์ทั้ง 4 แห่ง เพื่อขอเก็บข้อมูลกับหญิงตั้งครรภ์ที่เข้ารับบริการที่คลินิกฝากครรภ์ในโรงพยาบาล

2. เก็บข้อมูลด้วยตนเองและขอความร่วมมือเจ้าหน้าที่ในคลินิกฝากครรภ์ร่วมทีมในการเก็บข้อมูล

3. หญิงตั้งครรภ์ที่ยินยอมเข้าร่วมวิจัยฯ ใช้เวลาทำแบบสอบถามประมาณ 10 - 15 นาที โดยทำการเก็บข้อมูลทั้ง 4 โรงพยาบาลในช่วงเดียวกัน ในเดือนเมษายน 2567

การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science) โดยวิเคราะห์ ดังนี้

สถิติเชิงพรรณนา บรรยายข้อมูลลักษณะส่วนบุคคล วิเคราะห์โดยใช้สถิติแจกแจงความถี่เป็นจำนวน ร้อยละ ค่ามัธยฐาน ค่าพิสัยระหว่างควอร์ไทล์

สถิติอนุมาน วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ กับตัวแปรตาม โดยการทดสอบไคสแควร์ (Chi-square test) และการวิเคราะห์ถดถอยพหุโลจิสติกหลายตัวแปร (Multivariable logistic regression analysis) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ระดับ p-value < 0.05

การรับรองจริยธรรมการวิจัย

การวิจัยนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เอกสารเลขที่ COA. No. MUPH 2021-074 ลงวันที่ 23 มีนาคม 2566 และจริยธรรมการวิจัยในคนกรุงเทพมหานคร รหัสโครงการ U017hh/66_EXP ลงวันที่ 5 ตุลาคม 2566

ผลการวิจัย

หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 20 – 29 ปี (60%) และจบการศึกษาระดับมัธยมปลายหรืออาชีวศึกษา (34.2%) โดยส่วนใหญ่ทำงานเป็นพนักงานบริษัท (38.2%) รายได้ของหญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0 – 14,999 บาทต่อเดือน (48.9%) ในขณะที่รายได้ภายในครอบครัวส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25,000 – 34,999 บาทต่อเดือน (34.2%) หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่มีอายุครรภ์อยู่ในไตรมาสที่สอง (15 – 28 สัปดาห์) (34.8%) และส่วนใหญ่เข้ารับการฝากครรภ์เป็นครั้งที่ 2 (29.5%) ในบรรดาผู้ที่มีการฝากครรภ์มากกว่าหนึ่งครั้ง พบว่า 9.1% เคยผิดนัดฝากครรภ์ โดยส่วนใหญ่ผิดนัดเพียงครั้งเดียว ในด้านสุขภาพ พบว่า 7.7% มีโรคประจำตัว และ 12.6% มีภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ ในเรื่องประวัติการรับวัคซีน พบว่า 28.6% เคยได้รับวัคซีนไข้หวัดใหญ่ระหว่างตั้งครรภ์ และ 88.3% เคยได้รับวัคซีนโควิด 19 ก่อนการตั้งครรภ์ครั้งปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม ระหว่างการตั้งครรภ์ครั้งปัจจุบัน มีเพียง 0.9% ที่รับวัคซีนโควิด 19

หญิงตั้งครรภ์ส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับโควิด 19 ในระดับดี (72.3%) ด้านความกังวลพบว่า ส่วนใหญ่มีความกังวลเกี่ยวกับวัคซีนโควิด 19 ในระดับปานกลางมากที่สุด (91.4%) และสามารถเข้าถึงบริการฉีดวัคซีนโควิด19 ที่ผ่านมาได้อย่างสะดวก (70.2%) มีผู้เข้าร่วมเพียง 83 คน (25.5%) ที่ได้รับคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์ โดยคำแนะนำส่วนใหญ่ได้รับจากพยาบาล (43.75%) ตามมาด้วยเจ้าหน้าที่สาธารณสุข (27.78%) ในส่วนของคำแนะนำจากครอบครัว พบว่าผู้เข้าร่วม 94 คน (28.9%) ได้รับคำแนะนำ โดยส่วนใหญ่ได้คำแนะนำจากสมาชิกครอบครัวคนอื่น ๆ (54.84%) และจากสามี (26.61%) หญิงตั้งครรภ์ที่เข้าร่วมทั้งหมด 325 คน พบว่า 166 คน (51.1%) มีความลังเลในรับวัคซีนโควิด 19 และ 159 คน (48.9%) ไม่มีความลังเล

จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุโลจิสติกหลายตัวแปร (Multivariable logistic regression analysis) ระหว่างตัวแปรอิสระ กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์ พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับ

ความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ได้แก่ ระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนต้น (AOR = 4.95, p-value = 0.002, 95% CI: 1.77 – 13.81) ระดับการศึกษามัธยมศึกษาตอนปลาย, ปวช. หรือปวส. (AOR = 3.18, p-value = 0.007, 95% CI: 1.36 – 7.42) การตั้งครรภ์ในไตรมาสแรก (12 – 14 สัปดาห์) (AOR = 2.46, p-value = 0.022, 95% CI: 1.13 – 5.31) ภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ (AOR = 3.58, p-value = 0.007, 95% CI: 1.41– 9.06) และความกังวลเกี่ยวกับวัคซีนโควิด 19 ในระดับมาก (AOR = 10.04, p-value = <0.001, 95% CI: 2.88 – 40.73)

ส่วนตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ อายุ, อาชีพ, รายได้ส่วนบุคคล, รายได้ครอบครัว, ศาสนา, จำนวนครั้งที่เข้ารับการฝากครรภ์, ประวัติการผิดนัดฝากครรภ์, โรคประจำตัว, ประวัติการรับวัคซีนไข้หวัดใหญ่ในระหว่างตั้งครรภ์, ประวัติการรับวัคซีนโควิด 19 ก่อนการตั้งครรภ์, ความรู้เกี่ยวกับโควิด 19, การเข้าถึงบริการการฉีดวัคซีนโควิด 19, และคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์และสมาชิกในครอบครัว ไม่มีความสัมพันธ์กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า p-value < 0.05 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์

ตัวแปร	การตัดสินใจ		Adjusted OR (95% CI)		p-value
	ลังเล (%) (n=166)	ไม่ลังเล (%) (n=195)			
ระดับการศึกษา					
ปริญญาตรีขึ้นไป	23 (34.3%)	44 (65.7%)	1		
มัธยมศึกษาตอนต้น	54 (56.8%)	41 (43.2%)	4.95	1.77 - 13.81	0.002
มัธยมศึกษาตอนปลาย, ปวช.,ปวส.	89 (54.6%)	74 (45.4%)	3.18	1.36 - 7.42	0.007
อาชีพ					
ทักษะปานกลางและสูง	91 (47.2%)	102 (52.8%)	1		
ทักษะต่ำ	75 (56.8%)	57 (43.2%)	1.38	0.72 - 2.64	0.329
รายได้ครอบครัว					
≥ 30,000	84 (47.5%)	93 (52.5%)	1		
0 - 14,999	18 (54.5%)	15 (45.5%)	0.69	0.23 - 1.99	0.493
15,000 - 29,999	64 (55.7%)	51 (44.3%)	0.92	0.47 - 1.80	0.820
อายุครรภ์ (สัปดาห์)					
ไตรมาส 3 (≥29)	50 (44.6%)	62 (55.4%)	1		
ไตรมาส 1 (12-14)	63 (63.0%)	37 (37.0%)	2.46	1.13 - 5.31	0.022
ไตรมาส 2 (15-28)	53 (46.9%)	60 (53.1%)	0.84	0.42 - 1.67	0.622

ตัวแปร	การตัดสินใจ		Adjusted OR (95% CI)		p-value
	ลังเล (%) (n=166)	ไม่ลังเล (%) (n=195)			
ภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์					
ไม่มีภาวะแทรกซ้อน	137 (48.2%)	147 (51.8%)	1		
มีภาวะแทรกซ้อน	29 (70.7%)	12 (29.3%)	3.58	1.41 - 9.06	0.007
การผิดนัดฝากครรภ์ (n=243)					
ไม่เคยผิดนัด	116 (51.7%)	105 (48.3%)	1		
เคยผิด	7 (31.8%)	15 (68.2%)	0.41	0.13 - 1.21	0.108
ความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19					
ระดับน้อยและปานกลาง	146 (48.7%)	154 (51.3%)	1		
ระดับมาก	20 (80%)	5 (20%)	10.04	2.88 - 40.73	<0.001
การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์					
ได้รับ	37 (44.6%)	46 (55.4%)	1		
ไม่ได้รับ	129 (53.3%)	113 (46.7%)	0.91	0.44 - 1.87	0.797
การได้รับคำแนะนำจากสมาชิกในครอบครัว					
ได้รับ	41 (43.6%)	53 (56.4%)	1		
ไม่ได้รับ	125 (54.1%)	106 (45.9%)	1.52	0.94 - 2.47	0.087

- Adjusted Odds Ratio (AOR) ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุโลจิสติกแบบหลายตัวแปร (Multivariable Logistic Regression)
- ตัวแปรอิสระ ที่มีค่า p-value < 0.2 จากการวิเคราะห์ Chi-square ถูกเลือกเข้าสู่การวิเคราะห์ Multivariable Logistic Regression ด้วยวิธี Enter method ได้แก่ตัวแปร ระดับการศึกษา, อาชีพ, รายได้ครอบครัว, อายุครรภ์, ภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์, การผิดนัดฝากครรภ์, ความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19, การได้รับคำแนะนำจากบุคลากรทางการแพทย์ และการได้รับคำแนะนำจากสมาชิกในครอบครัว กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ค่า p-value < 0.05

วิจารณ์ผล

ระดับการศึกษา พบว่า ผู้ที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป 4.95 เท่า ผู้ที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย,ปวช. หรือ ปวส. มีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่จบการศึกษาระดับปริญญาตรีหรือสูงกว่า 3.18 เท่า ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหญิงตั้งครรภ์ที่จบการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรี ทั้งสองกลุ่มมีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่จบการศึกษาสูง ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Avantika Gupta และคณะ ในรัฐมณีปุระ

ประเทศอินเดีย (Gupta et al., 2022) พบว่าผู้ที่มีการศึกษาสูงกว่าระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตัดสินใจรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่า (32.7%) เมื่อเทียบกับผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่า (17.5%) (p-value =0.033) แต่ขัดแย้งกับการศึกษาของ ยุพารัตน์ งามประดิษฐ์ และคณะ (Ngampradit, 2024) ในจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่าปริญญาตรียอมรับวัคซีนโควิด19 มากกว่า (AOR=10.06, 95% CI: 1.74 – 58.06) โดยผลการศึกษาครั้งนี้สนับสนุนว่าระดับการศึกษาที่สูงขึ้นมีบทบาทสำคัญในการลดความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 โดยหญิงตั้งครรภ์ที่มีการศึกษาสูงมีแนวโน้มที่จะสืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของวัคซีน และตัดสินใจอย่างมีเหตุผลเกี่ยวกับการรับวัคซีนในขณะตั้งครรภ์ ในทางตรงกันข้าม ผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่ามักจะแสดงความลังเลในการรับวัคซีนมากกว่า อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่ขัดแย้งกันในบางพื้นที่ เช่น ในเชียงใหม่ที่ดำเนินการระหว่างปี 2566 ซึ่งพบว่าผู้ที่มีการศึกษาสูงมีความลังเลมากกว่า สาเหตุอาจเกิดจากระยะเวลาที่ผ่านไปหลังจากมีการให้บริการวัคซีน (2-3 ปี) มีข้อมูลเชิงลบเกี่ยวกับวัคซีนแพร่หลายมากขึ้น ทำให้เกิดความสับสนเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความปลอดภัยของวัคซีน โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีการศึกษาสูง ดังนั้น การสื่อสารข้อมูลที่ถูกต้องและเหมาะสมในทุกระดับการศึกษาจึงมีความสำคัญในการส่งเสริมการยอมรับวัคซีนในทุกกลุ่มประชากร

อายุครรภ์ พบว่าหญิงตั้งครรภ์ในไตรมาสแรก (12–14 สัปดาห์) มีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่อยู่ในไตรมาสที่สาม (≥29 สัปดาห์) 2.46 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Liyuan Tao และคณะในประเทศจีน (Tao et al., 2021) พบว่าหญิงตั้งครรภ์ในไตรมาส 2 และไตรมาส 3 ตัดสินใจรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่ตั้งครรภ์ในไตรมาสแรก (AOR =1.49, 95% CI: 1.03 – 2.16, p-value <0.05) โดยหญิงตั้งครรภ์ในไตรมาสที่ 2 (14–28 สัปดาห์) และไตรมาสที่ 3 (≥28 สัปดาห์) มีร้อยละการรับวัคซีนเท่ากับ 80.2% และ 82.7% ตามลำดับ ในขณะที่ผู้ที่อยู่ในไตรมาสแรก (1 – 13 สัปดาห์) มีร้อยละการรับวัคซีนเท่ากับ (66.4%) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Bornpavi Nirunrungraung และคณะ (2022) จังหวัดเชียงใหม่ (Nirunrungraung et al., 2024) พบว่าผู้ที่อยู่ในไตรมาสที่ 3 มีความเต็มใจรับวัคซีนโควิด 19 มากที่สุด (52.94%) ตามมาด้วยไตรมาสที่ 2 (38.24%) ส่วนไตรมาสแรกน้อยที่สุด (8.82%) ความลังเลนี้เกิดจากความกังวลในช่วงเริ่มต้นของการตั้งครรภ์ โดยเฉพาะในผู้ที่ตั้งครรภ์ครั้งแรก ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายและอารมณ์ รวมถึงพัฒนาการของทารกในครรภ์ โดยในไตรมาสที่ 1 นั้นทารกมีการพัฒนาตัวอ่อน สร้างอวัยวะ กล้ามเนื้อ เส้นประสาท และระบบต่าง ๆ ทำให้หญิงตั้งครรภ์มีความระมัดระวังเป็นพิเศษเกี่ยวกับอาหาร ยา และสิ่งที่บริโภค รวมถึงการฉีดวัคซีนโควิด 19 ที่อาจส่งผลกระทบต่อพัฒนาการของทารก ดังนั้น การให้คำแนะนำและข้อมูลที่เหมาะสมมีความสำคัญอย่างยิ่งในการส่งผลต่อการตัดสินใจของหญิงตั้งครรภ์ โดยเฉพาะในระยะแรกของการตั้งครรภ์ แม้ว่าในไตรมาสแรกอาจยังมีความลังเลอยู่ แต่หากได้รับคำแนะนำที่ถูกต้องและเหมาะสมจากบุคลากรทางการแพทย์ในช่วงนี้ จะช่วยเพิ่มความมั่นใจและทำให้สามารถตัดสินใจรับวัคซีนในไตรมาสต่อ ๆ ไปได้

ภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์มีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ 3.58 เท่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mojgan Firouzbakht และคณะ (Firouzbakht et al., 2022) ในอิหร่าน พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่มีภาวะแทรกซ้อนระหว่างตั้งครรภ์มีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อน 2.32 เท่า (p-value < 0.001, AOR =

2.327, 95% CI = 1.26 – 4.29) ภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์เป็นปัจจัยที่เพิ่มความลังเลในการรับวัคซีนในหญิงตั้งครรภ์ ซึ่งหญิงตั้งครรภ์จะมีความกังวลภายในใจของตนเองเกี่ยวกับภาวะแทรกซ้อนที่เป็นอยู่ จึงหลีกเลี่ยงการตัดสินใจที่อาจเพิ่มความเสี่ยงที่จะส่งผลต่อตนเองและทารกในครรภ์

ความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19 พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่มีความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19 ในระดับสูงมีความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 มากกว่าผู้ที่มีความกังวลในระดับต่ำและปานกลางถึง 10.04 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Avantika Gupta และคณะ (Gupta et al., 2022) พบว่าหญิงตั้งครรภ์ที่มีความกังวลต่อประสิทธิภาพและความปลอดภัยของวัคซีนโควิด 19 แสดงความลังเลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value < 0.001) และการศึกษาของ Caoimhe Ward และคณะ (Ward et al., 2022) พบว่าหญิงตั้งครรภ์ที่ปฏิเสธการฉีดวัคซีนโควิด 19 แสดงความกังวลอย่างมีนัยสำคัญเกี่ยวกับผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นกับตัวเองและทารกในครรภ์ (p-value < 0.001) นอกจากนี้ การสำรวจในแคนาดาของ Laura Reifferscheid และคณะ (Reifferscheid et al., 2022) พบว่า หญิงตั้งครรภ์ที่มีความมั่นใจในความปลอดภัยของวัคซีนโควิด 19 มีโอกาสที่จะรับวัคซีนมากกว่าผู้ที่ขาดความมั่นใจถึง 16 เท่า (AOR: 16.72, 95% CI: 7.22–42.39) เช่นเดียวกันกับ การศึกษาของ Kotchakorn Pairat และ Chadakarn Phaloprakarn (Pairat & Phaloprakarn, 2022) พบว่าผู้ที่มีความมั่นใจในความปลอดภัยของวัคซีนยอมรับการฉีดวัคซีนมากกว่าถึง 12.56 เท่า (AOR = 12.56, 95% CI = 2.35 – 67.18, P < 0.001)

ผลการศึกษาปัจจัยด้านความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19 พบว่ามี 3 ประเด็นที่เด่นชัด ได้แก่ ด้านความปลอดภัย ด้านประสิทธิภาพ และความไว้วางใจในข้อมูล พบว่าหญิงตั้งครรรภ์ 81.3% แสดงความกังวลเกี่ยวกับผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้นหลังการฉีดวัคซีน เช่น ไข้หรืออาการอ่อนเพลีย และ 58.1% กังวลว่าวัคซีนอาจส่งผลต่อทารกในครรภ์ ในด้านประสิทธิภาพ พบว่าหญิงตั้งครรภ์ 69.2% เชื่อว่าวัคซีนโควิด 19 สามารถลดความรุนแรงจากการป่วยได้ แต่ 52.6% ยังไม่แน่ใจว่าวัคซีนนั้นสามารถป้องกันการติดเชื้อได้ ในด้านความไว้วางใจในข้อมูล พบว่าหญิงตั้งครรภ์ 55.7% มีความเห็นว่าข้อมูลเกี่ยวกับวัคซีนโควิด 19 ในหญิงตั้งครรภ์ยังมีไม่เพียงพอ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในประเทศไทยและอีกหลายประเทศ (Egloff et al., 2022; Hosokawa et al., 2022; Pairat & Phaloprakarn, 2022) ที่กล่าวถึงความกังวลที่คล้ายกันของหญิงตั้งครรภ์ โดยส่วนใหญ่ระบุว่า มีความกังวลในด้านความปลอดภัยของวัคซีน โดยเฉพาะผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อทารกในครรภ์

สรุปผล

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความลังเลในการรับวัคซีนโควิด 19 ของหญิงตั้งครรภ์ ประกอบด้วยปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ ระดับการศึกษา อายุครรภ์ ภาวะแทรกซ้อนขณะตั้งครรภ์ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความลังเลเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ความกังวลต่อวัคซีนโควิด 19 ยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดความลังเล แม้ว่าหญิงตั้งครรภ์จะมีความรู้ดีและสามารถเข้าถึงบริการการฉีดวัคซีนได้สะดวก แต่หลายคนยังลังเลเนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัย โดยเฉพาะความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นกับสุขภาพของตนเองและทารกในครรภ์ และแม้ว่าส่วนใหญ่จะ

เชื่อว่าวัคซีนสามารถลดความรุนแรงของโรคได้ แต่ยังไม่มั่นใจว่าวัคซีนจะป้องกันการติดเชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ และคิดว่าข้อมูลการฉีดวัคซีนโควิด 19 ในกลุ่มหญิงตั้งครรภ์นั้นยังมีไม่เพียงพอ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฎ์ ฉวีพจน์กำจร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราลักษณ์ นนทารักษ์ ภาควิชาระบาดวิทยา และรองศาสตราจารย์ ดร.ปรารถนา สถิตย์วิภาวี ภาควิชาชีวสถิติ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับคำแนะนำและปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำคลินิกฝากครรภ์ ทั้ง 4 โรงพยาบาล ที่อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณหญิงตั้งครรภ์ทุกท่านที่สละเวลาเข้าร่วมโครงการวิจัย ทำให้การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยฉบับนี้คงเป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจศึกษาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2566). แนวทางการให้วัคซีนโควิด 19 ประจำปี ร่วมวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ตามฤดูกาล 2566. Retrieved 20 ตุลาคม 2567 from https://ddc.moph.go.th/uploads/publish/1425120230519065702.pdf

กรมควบคุมโรค.กระทรวงสาธารณสุข. (2022). รายงานความก้าวหน้าการให้บริการฉีดวัคซีนโควิด 19. https://ddc.moph.go.th/vaccine-covid19/

กองโรคติดต่อทั่วไป, & กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2564). แนวทางการให้วัคซีนโควิด19ในสถานการณ์การระบาด ปี 2564 ของประเทศไทย ฉบับปรับปรุง ครั้งที่ 2 (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). บริษัท ที เอส อินเตอร์พริ้นท์ จำกัด.

ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย. (2022). http://www.rtcog.or.th/home/

(SAGE), t. S. A. G. o. E. (2014). Report of the SAGE Working Group on Vaccine Hesitancy

Egloff, C., Couffignal, C., Cordier, A. G., Deruelle, P., Sibiude, J., Anselem, O., Benachi, A., Luton, D., Mandelbrot, L., Vauloup-Fellous, C., Vivanti, A. J., & Picone, O. (2022). Pregnant women's perceptions of the COVID-19 vaccine: A French survey. PLoS One, 17(2), e0263512. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263512

Firouzbakht, M., Sharif Nia, H., Kazeminavaei, F., & Rashidian, P. (2022). Hesitancy about COVID-19 vaccination among pregnant women: a cross-sectional study based on the health belief model. BMC Pregnancy Childbirth, 22(1), 611. https://doi.org/10.1186/s12884-022-04941-3

Gupta, A., Christina, S., Umar, A. Y., Laishram, J., & Akoijam, B. S. (2022). COVID-19 Vaccine hesitancy among pregnant women: A facility-based cross-sectional study in Imphal,

Manipur. Indian J Public Health, 66(2), 98-103. https://doi.org/10.4103/ijph.ijph_1826_21

Hosokawa, Y., Okawa, S., Hori, A., Morisaki, N., Takahashi, Y., Fujiwara, T., Nakayama, S. F., Hamada, H., Satoh, T., & Tabuchi, T. (2022). The Prevalence of COVID-19 Vaccination and Vaccine Hesitancy in Pregnant Women: An Internet-based Cross-sectional Study in Japan. J Epidemiol, 32(4), 188-194. https://doi.org/10.2188/jea.JE20210458

Larson, H. J. (2022). Defining and measuring vaccine hesitancy. Nature Human Behaviour, 6(12), 1609-1610. https://doi.org/10.1038/s41562-022-01484-7

Lin, C., Tu, P., & Beitsch, L. M. (2020). Confidence and Receptivity for COVID-19 Vaccines: A Rapid Systematic Review. Vaccines (Basel), 9(1). https://doi.org/10.3390/vaccines9010016

Ngampradit, Y. (2024). Factor Affecting Pregnant and Breastfeeding Women's Decisions to Receive a COVID-19 Vaccine in Chiang Mai Province. Regional Health Promotion Center 9 Journal, 18 No. 1 January-April 2024.

Nirunrungraung, B., Lattiwongsakorn, W., & Piyamongkol, W. (2024). COVID-19 Vaccine Acceptance of Pregnant Women in Thailand. Int J Womens Health, 16, 865-876. https://doi.org/10.2147/ijwh.S457740

Pairat, K., & Phaloprakarn, C. (2022). Acceptance of COVID-19 vaccination during pregnancy among Thai pregnant women and their spouses: a prospective survey. Reprod Health, 19(1), 74. https://doi.org/10.1186/s12978-022-01383-0

Prevention, C. f. D. C. a. (2022). COVID-19 Vaccines While Pregnant or Breastfeeding https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/recommendations/pregnancy.html

Reifferscheid, L., Marfo, E., Assi, A., Dubé, E., MacDonald, N. E., Meyer, S. B., Bettinger, J. A., Driedger, S. M., Robinson, J., Sadarangani, M., Wilson, S. E., Benzies, K., Lemaire-Paquette, S., Gagneur, A., & MacDonald, S. E. (2022). COVID-19 vaccine uptake and intention during pregnancy in Canada. Can J Public Health, 113(4), 547-558. https://doi.org/10.17269/s41997-022-00641-9

Tao, L., Wang, R., Han, N., Liu, J., Yuan, C., Deng, L., Han, C., Sun, F., Liu, M., & Liu, J. (2021). Acceptance of a COVID-19 vaccine and associated factors among pregnant women in China: a multi-center cross-sectional study based on health belief model. Hum Vaccin Immunother, 17(8), 2378-2388. https://doi.org/10.1080/21645515.2021.1892432

Ward, C., Megaw, L., White, S., & Bradfield, Z. (2022). COVID-19 vaccination rates in an antenatal population: A survey of women's perceptions, factors influencing vaccine uptake and potential contributors to vaccine hesitancy. Aust N Z J Obstet Gynaecol, 62(5), 695-700.

https://doi.org/10.1111/ajo.13532

World Health Organization. (2020). COVID-19 vaccine tracker and landscape.
https://www.who.int/publications/m/item/draft-landscape-of-covid-19-candidate-vaccines

การศึกษาวิธีการชวนคู่มาตรวจเอชไอวีแบบ Index Partner Testing รูปแบบ Client Referral ต่อการเพิ่มอัตราการเข้ารับบริการในกลุ่มชายรักชาย

The Effect of Client Referral Model in Index Partner Testing on Increasing HIV Testing Uptake Among Men Who Have Sex with Men

พิณทิพย์ จมจา[1,2*] จิราลักษณ์ นนทารักษ์[1] วิศิษฎ์ ฉวีพจน์กำจร[1] ณัฐนารี เอมยงค์[1]

Pintip Jomja[1,2*], Jiraluck Nontarak[1], Wisit Chaveepojnkamjorn[1], Natnaree Aimyong[1]

[1]ภาควิชาระบาดวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ 420/1 ถนนราชวิถี เขตราชเทวี กทม. 10400

[1]Department of Epidemiology, Faculty of Public Health, Mahidol University 420/1, Rajavithi Road, Ratchathwi, Bangkok 10400.

[2]ศูนย์วิจัยโรคเอดส์และโรคติดเชื้อ สภากาชาดไทย เลขที่ 104 ถนนราชดำริ แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กทม.10330

[2]Thai Red Cross AIDS and Infectious Diseases Research Centre, 104 Ratchadamri Road, Pathumwan, Bangkok 10330.

*Corresponding author E-mail: jiraluck@hisro.or.th

บทคัดย่อ

โรคเอดส์ (AIDS) เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญเกิดจากการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี (HIV) ที่ทำลายระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้ร่างกายเสี่ยงต่อการติดเชื้อฉวยโอกาสและโรคร้ายแรงอื่น ๆ ในปัจจุบันยาต้านไวรัส (Antiretroviral Therapy: ART) ช่วยยืดอายุผู้ติดเชื้อและลดการแพร่กระจายได้ ในประเทศไทยยังพบการแพร่ระบาดในกลุ่มชายที่มีเพศสัมพันธ์กับชาย (MSM) ยังคงสูง โดยมีผู้ติดเชื้อรายใหม่กว่าร้อยละ63ดังนั้น การหาวิธีเพื่อให้กลุ่มเสี่ยงนี้เข้าถึงการตรวจหาเชื้อไวรัสเอชไอวี เป็นหนึ่งในมาตรการเพื่อยุติปัญหาเอดส์อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาวิธีการชวนคู่มาตรวจเอชไอวีแบบ Index Partner Testing ในรูปแบบ Client Referral โดยเน้นการแจ้งคู่หรือผู้สัมผัสของผู้ติดเชื้อ HIV อย่างสมัครใจและลดความเสี่ยงจากการเปิดเผยสถานะ เพื่อเพิ่มอัตราการตรวจเอชไอวีของคู่ในกลุ่ม MSM การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการใน 2 ระยะ ได้แก่ ระยะที่ 1 การสำรวจข้อมูลพื้นฐานและสัดส่วนการแจ้งคู่ในปัจจุบันจากกลุ่ม MSM จำนวน 217 คน และ ระยะที่ 2 การทดลองใช้วิธี Client Referral กับ MSM ที่ตรวจพบเชื้อในระยะที่ 1 HIV จำนวน 106 คน โดยใช้แบบสอบถามชนิดตอบด้วยตนเองและติดตามผลการแจ้งคู่จากกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับข้อมูลแบบวิธี Client Referral

จากผลการศึกษาระยะที่ 2 กลุ่มตัวอย่างจำนวน 106 คน พบว่า การใช้วิธี Client Referral เพิ่มอัตราการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวีสำเร็จจากร้อยละ7.8 (วิธีเดิม) เป็น ร้อยละ 30.2 โดยมีคู่มาตรวจจริงร้อยละ54.2 และผลการตรวจของคู่ส่วนใหญ่ไม่ติดเชื้อ HIV (ร้อยละ75) ไม่มีการรายงานเหตุการณ์ความรุนแรงต่อคู่ (IPV)ระหว่างการศึกษานี้ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการแจ้งคู่มาตรวจ คือ การมีแฟนหรือคู่รักประจำ (อัตราส่วนโอกาส 7.75 เท่า, p=0.000) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยอื่น เช่น อายุ ระดับการศึกษา รายได้ ทัศนคติ และการรับรู้ตราบาป ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ

การศึกษานี้ชี้ให้ว่ารูปแบบการชวนคู่มาตรวจแบบ Client Referral ช่วยเพิ่มการเข้าถึงบริการตรวจ HIV ในกลุ่ม MSM และสามารถป้องกันการแพร่กระจายเชื้อได้ การสนับสนุนวิธีการนี้ร่วมกับการลดการตีตราและการสร้างแรงสนับสนุนทางสังคมมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในประเทศไทย

คำสำคัญ : การชวนคู่มาตรวจเอชไอวี Index Partner Testing, Client Referral, ชายรักชาย เอชไอวี

Abstract

Acquired Immune Deficiency Syndrome (AIDS) is a significant public health issue caused by Human Immunodeficiency Virus (HIV), which weakens the immune system, making the body vulnerable to infections and other severe illnesses. Although Antiretroviral Therapy (ART) effectively prolongs the lives of people living with HIV and reduces its transmission, the prevalence of HIV remains high among men who have sex with men (MSM), particularly in Thailand, where over 63% of new HIV infections occur. Ending the AIDS epidemic requires effective strategies to increase HIV testing. This study aimed to examine the effectiveness of the Index Partner Testing method using the Client Referral model, which emphasizes voluntary partner notification and minimizes the risk of status disclosure to enhance partner HIV testing rates among MSM. The study was conducted in two phases: (1) a cross-sectional survey of baseline data and current partner notification rates among 217 MSM and (2) an intervention study involving 106 HIV-positive MSM using self-administered questionnaires to track the outcomes of partner notifications. The findings revealed that the Client Referral model increased partner notification rates from 7.8% (traditional method) to 30.2% with a successful testing rate of 54.2%. Among the partners tested, 75% were HIV negative. There were no reports of intimate partner violence (IPV) in the present study. The study identified having a regular partner as a significant factor influencing partner notification success (odds ratio 7.75, p=0.000), while other factors, such as age, education level, income, attitudes, and perceived stigma, were not statistically significant. The results highlight the effectiveness of the Client Referral model in improving access to HIV-testing services among MSM and reducing HIV transmission. Promoting this method alongside efforts to reduce stigma and enhance social support are essential in the Thai context.

Keywords : HIV partner notification, Index Partner Testing, Client Referral, men who have sex with men (MSM), HIV

บทนำ

โรคเอดส์ (Acquired Immune Deficiency Syndrome:AIDS) เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเอชไอวี (Human Immunodeficiency Virus:HIV) ซึ่งทำลายระบบภูมิคุ้มกันโดยเฉพาะเซลล์เม็ดเลือดขาว CD4 ส่งผลให้ร่างกายเสี่ยงต่อการติดเชื้อและโรคร้ายแรงอื่นๆ แม้ปัจจุบันยังไม่มีวิธีรักษาให้หายขาด แต่ยาต้านไวรัส (Antiretroviral Therapy: ART) ช่วยยืดอายุผู้ติดเชื้อและลดความเสี่ยงการแพร่เชื้อได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม การติดเชื้อ HIV ยังคงแพร่ระบาดในกลุ่มเสี่ยง เช่น ชายที่มีเพศสัมพันธ์กับชาย (MSM) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีอัตราการติดเชื้อสูง โดยเฉพาะในประเทศไทยที่ข้อมูลปี 2564 ระบุว่า ร้อยละ 63 ของผู้ติดเชื้อรายใหม่อยู่ในกลุ่ม MSM (Projections, 2005)

การยุติปัญหาเอดส์ตามเป้าหมายระดับโลกยังคงเผชิญความท้าทาย โดยเฉพาะด้านการตีตราและการเปิดเผยสถานะการติดเชื้อ องค์การอนามัยโลกแนะนำบริการ Index Partner Testing เพื่อชวนคู่หรือผู้สัมผัสของผู้ติดเชื้อเข้ารับการตรวจ HIV ซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการตรวจพบผู้ติดเชื้อรายใหม่ในหลายประเทศ อย่างไรก็ตาม ในบริบทของประเทศไทยยังมีข้อจำกัดทั้งด้านทรัพยากรและการตีตราจากสังคม ส่งผลให้การศึกษารูปแบบการชวนคู่ในรูปแบบ Client Referral ที่เน้นความสมัครใจของผู้ติดเชื้อ และการจัดหาแนวทางเพื่อลดความเสี่ยงการเปิดเผยสถานะผู้ติดเชื้อจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการชวนคู่มาตรวจแบบ Client Referral ต่ออัตราการชวนคู่สำเร็จในกลุ่ม MSM และศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจชวนคู่มาตรวจการติดเชื้อไวรัส เช่น การรับรู้ตราบาปและแรงสนับสนุนทางสังคม เพื่อพัฒนามาตรการที่เหมาะสมกับบริบทของ MSM ในประเทศไทยและลดอุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับการเข้าถึงบริการตรวจ HIV

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย: การศึกษานี้ดำเนินการใน 2 ระยะ ได้แก่

1. การศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross-sectional study): สำรวจอัตราการแจ้งคู่ในกลุ่มชายรักชาย (MSM) ที่เข้ารับบริการตรวจ HIV จำนวน 217 คน
2. การศึกษาแบบกึ่งทดลอง (Quasi-experimental study): ศึกษาผลของการใช้วิธี Client Referral ใน MSM ที่ติดเชื้อ HIV จำนวน 106 คน โดยให้คำแนะนำแก่ตัวอย่างในการแจ้งคู่ด้วยตนเองอย่างสมัครใจ โดยลดความเสี่ยงจากการเปิดเผยสถานะ HIV ของตนเอง ทีมวิจัยจะให้ข้อมูลที่จำเป็น เช่น วิธีการสื่อสารที่เหมาะสมและการเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์ต่างๆ เพื่อสนับสนุนให้ผู้รับบริการแจ้งคู่ด้วยความมั่นใจและปลอดภัย หลังการแนะนำ ทีมวิจัยจะติดตามผลการแจ้งคู่และผลตรวจ HIV ของคู่ พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการแจ้งคู่

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง:

ระยะที่ 1: MSM อายุ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 217 คน

ระยะที่ 2: MSM จากระยะที่ 1 ที่ติดเชื้อ HIV และมีคู่ใน 12 เดือนที่ผ่านมา จำนวน 106 คน

การเก็บข้อมูล:

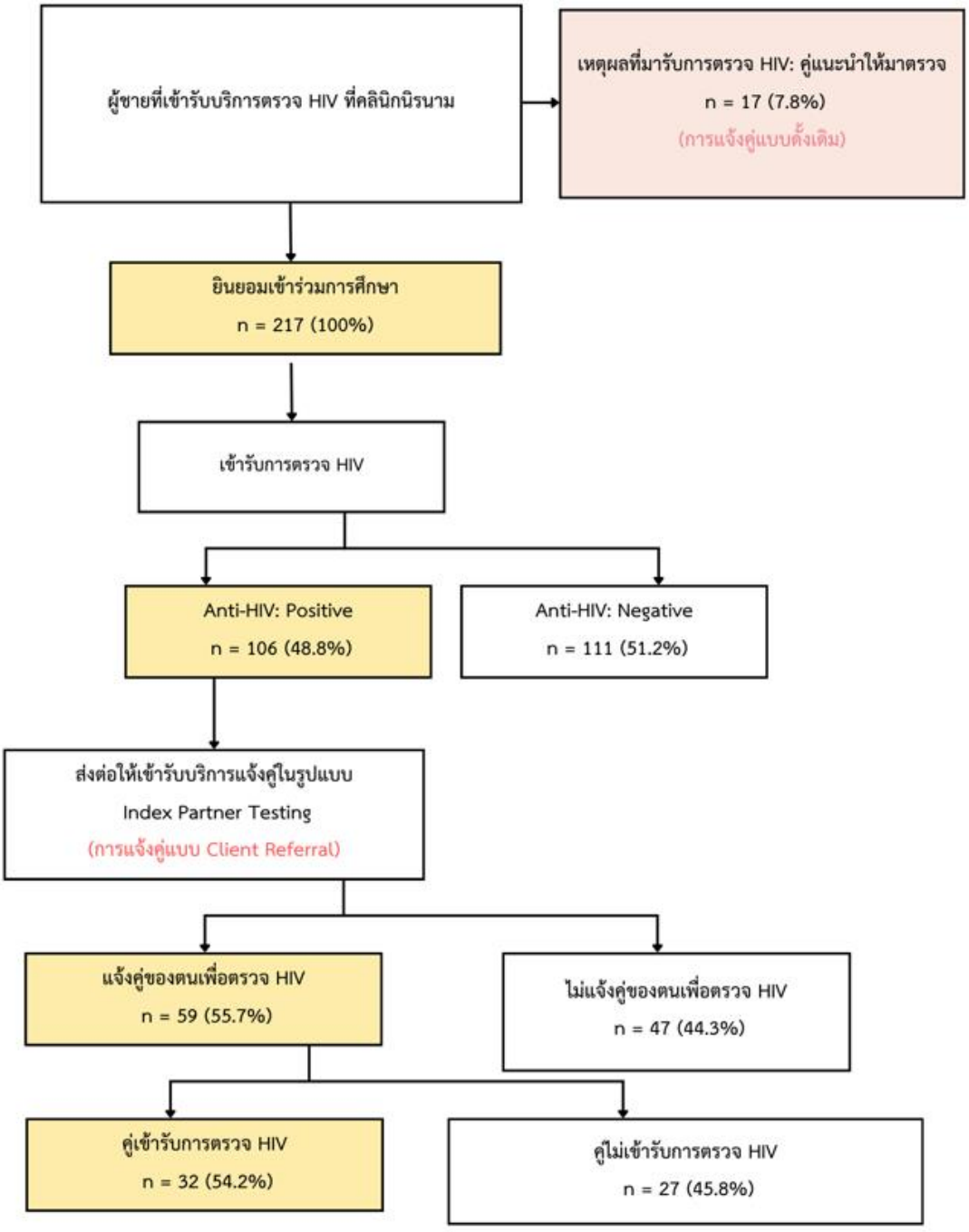
ใช้แบบสอบถามชนิดตอบเองในคลินิกนิรนาม โดยติดตามผลการแจ้งคู่และผลการตรวจ HIV

การวิเคราะห์ข้อมูล:

ใช้โปรแกรม Stata version 18.0 MP วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา (ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) และสถิติเชิงอนุมาน (Logistic Regression) กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม:

ได้รับอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนของมหาวิทยาลัยมหิดล (COA No. MUPH 2023-017) และคณะแพทย์ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (COA No. 0871/2023)



ภาพ 1 กระบวนการคัดเลือกและติดตามผู้เข้าร่วมในการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวีโดยใช้วิธี Index Partner Testing แบบ Client Referral

ขั้นตอนการจัดบริการ Index Partner Testing

ขั้นตอนแรกในการจัดบริการ Index partner testing คือ ผู้วิจัยให้ข้อมูลเกี่ยวกับบริการ Index Partner Testing และเชิญกลุ่มตัวอย่างให้เข้าร่วมโครงการโดยขอความยินยอมเข้าร่วมโครงการโดยขอให้กลุ่มตัวอย่างลงนามในใบยินยอม หลังจากนั้น นักวิจัยสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับคู่ และขอทราบรายชื่อคู่ที่มีเพศสัมพันธ์ในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา ต่อจากนั้นนักวิจัยทำการประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดจากความรุนแรงระหว่างผู้รับบริการกับคู่ เมื่อกลุ่มตัวอย่างผ่านการประเมินแล้ว โดยอยู่ในเกณฑ์ไม่มีความเสี่ยง (ตอบคำถามมาตรฐาน “ไม่ใช่” ทั้ง 3 ข้อ) นักวิจัยจะทำการแนะนำวิธีแจ้งคู่โดยใช้วิธี Client Referral โดยให้คำแนะนำแก่ตัวอย่างในการแจ้งคู่ด้วยตนเองอย่างสมัครใจ โดยลดความเสี่ยงจากการเปิดเผยสถานะ HIV ของตนเอง ทีมวิจัยจะให้ข้อมูลที่จำเป็น เช่น วิธีการสื่อสารที่เหมาะสมและการเตรียมพร้อมรับมือกับสถานการณ์ต่างๆ เพื่อสนับสนุนให้ผู้รับบริการแจ้งคู่ด้วยความมั่นใจและปลอดภัย

นักวิจัยจะทำการติดตามโดยการโทรสอบถามกลุ่มตัวอย่าง ที่ 2 เดือนหลังจากเริ่มยาต้าน เพื่อสอบถามความคืบหน้าในการแจ้งคู่เข้ารับบริการตรวจ HIV และทำการบันทึกผลการติดตามและผลการตรวจ HIV ของคู่ที่ได้รับการแจ้งจากผู้รับบริการ ถ้าหากคู่ของกลุ่มตัวอย่างเข้ารับการตรวจ HIV ที่คลินิกนิรนาม ทางนักวิจัยจะให้การดูแลที่เหมาะสมตามสถานการณ์ติดเชื้อ และดำเนินการติดตามผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการให้บริการ Index Partner Testing

ผลการวิจัย

มีผู้ยินยอมเข้าร่วมการวิจัยจำนวน 217 คน หลังจากทำแบบสอบถามเหตุผลที่มาตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี พบว่าคู่แนะนำให้มาตรวจ 17 คน คิดเป็นร้อยละ 7.8 หรือการชวนคู่มาตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวีรูปแบบเดิม มีคู่มาตรวจคิดเป็นร้อยละ 7.8 เมื่อตัวอย่างทั้ง 217 คนตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี พบว่าผลการตรวจ ผล anti-HIV เป็นบวก (Positive) จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 48.8 และ ผล anti-HIV เป็นลบ (Negative) จำนวน 111 คน คิดเป็นร้อยละ 51.2% คัดชายรักชายที่ผล anti-HIV เป็นบวก (Positive) จำนวน 106 คน เข้าสู่การวิจัยระยะที่ 2 หลังจากนั้นเจ้าหน้าที่แนะนำการชวนคู่มาตรวจเอชไอวี แบบ Index Partner Testing รูปแบบ Client refereral พบว่า ตัวอย่างทั้ง 106 คนนั้น มีการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี 59 คน คิดเป็นร้อยละ 55.7 และ ไม่แจ้งคู่มาตรวจ 47 คน คิดเป็นร้อยละ 44.3 โดยจากผู้ที่แจ้งคู่มาตรวจเอชไอวีทั้งหมด 59 คน พบว่ามีคู่มาตรวจจริง 32 คน คิดเป็นร้อยละ 54.2 และคู่ไม่มาตรวจ 27 คน คิดเป็นร้อยละ 45.8 (ตารางที่ 1)

ข้อมูลพื้นฐานของตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน

ตัวแปร	จำนวน (%)	
	Total (n=217)	Positive case (n=106)
อายุ		
$\leq$ 25 ปี	81 (37.3%)	36 (44.4%)
26 -35 ปี	92 (42.4%)	44 (47.8%)
> 35 ปี	44 (20.3%)	26 (59.1%)
ระดับการศึกษา		
ระดับต่ำกว่าปริญญาตรี	50 (23%)	38 (76%)
ระดับปริญญาตรีขึ้นไป	166 (76.5%)	68 (41%)
Missing data	1 (0.5%)	0
อาชีพ		
มั่นคงทางรายได้	72 (33.2%)	34 (47.2%)
ไม่มั่นคงทางรายได้	143 (65.9%)	70 (49%)
Missing data	2 (0.9%)	2 (100%)
รายได้เฉลี่ย/เดือน		
น้อยกว่า 20,000 บาท	103 (47%)	62 (60%)
20,000 บาทขึ้นไป	114 (53%)	44 (39%)
การเข้าถึงบริการสุขภาพ		
การเข้าถึงบริการสุขภาพได้ยาก	44 (20.3%)	24 (54.6%)
การเข้าถึงบริการสุขภาพได้ง่าย	173 (79.7%)	82 (47.4%)

ตัวแปร	จำนวน (%)	
	Total (n=217)	Positive case (n=106)
ทัศนคติต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี		
มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี	13 (6%)	11 (84.6%)
มีทัศนคติที่ดีต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี	204 (94%)	95 (46.6%)
การรับรู้ตราบาปของผู้ติดเชื้อเอชไอวี		
การรับรู้ตราบาปน้อย		93 (87.7%)
การรับรู้ตราบาปมาก		13 (12.3%)
การรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคม		
มีการรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ไม่ดี		27 (25.5%)
มีการรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ดี		79 (74.5%)

การติดตามการชวนคู่มาตรวจเอชไอวี

การติดตามการชวนคู่มาตรวจ ในตัวอย่างชายรักชายที่ติดเชื้อเอชไอวีในคลีนิคนิรนาม ศูนย์วิจัยโรคเอดส์ สภากาชาดไทย จำนวน 106 ราย

ตารางที่ 2 การติดตามการชวนคู่มาตรวจเอชไอวีของตัวอย่างชายรักชายที่ติดเชื้อเอชไอวี (n= 106 ราย)

การติดตามการชวนคู่มาตรวจเอชไอวี	จำนวน (%)
การแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี (n=106 ราย)	
แจ้ง	59 (55.7%)
ไม่แจ้ง	47 (44.3%)

การติดตามการชวนคู่มาตรวจเอชไอวี	จำนวน (%)
คู่มาตรวจเอชไอวี (n=59 ราย)	
ตรวจ	32 (54.2%)
ไม่ตรวจ	27(47.8%)
ผลการตรวจเอชไอวีของคู่ (n=32 ราย)	

ผลเป็นบวก	7 (21.9%)
ผลเป็นลบ	24 (75%)
ไม่ทราบผล	1 (3.2%)
ความรุนแรงจากคู่นอน (IPV) (n=59 ราย)	
มี	0 (0%)
ไม่มี	59 (100%)

จากตารางที่ 2 ในตัวอย่างชายรักชายที่ติดเชื้อเอชไอวี จำนวน 106 ราย แจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี คิดเป็นร้อยละ 55.7 และคู่ที่ได้รับการแจ้งมาตรวจเอชไอวี คิดเป็นร้อยละ 54.2 โดยผลการตรวจเอชไอวีของคู่เป็นลบ หรือไม่ติดเชื้อเอชไอวี คิดเป็นร้อยละ 75 รองลงมาคือเป็นบวก หรือติดเชื้อเอชไอวี คิดเป็นร้อยละ 21.9 และไม่ทราบผลการตรวจ คิดเป็นร้อยละ 3.2 ไม่มีความรุนแรงจากคู่นอน คิดเป็นร้อยละ 100

ปัจจัยที่มีผลต่อการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวีในกลุ่มชายรักชาย

การศึกษาครั้งนี้ ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการแจ้งคู่มาตรวจ ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้เฉลี่ย การเข้าถึงบริการสุขภาพ ทัศนคติต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี การรับรู้ตราบาปของผู้ติดเชื้อเอชไอวี และ การรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมของผู้ติดเชื้อเอชไอวี ต่อ ตัวแปรตาม คือ การแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลและปัจจัยทางด้านสังคม กับการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวแปรเดียว (Univariate analysis) (n=106)

ตัวแปร	**การแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี**		Crude OR (95% CI)	*P*-value
	แจ้งคู่ n = 59 **(%)**	**ไม่แจ้งคู่** n = 47 **(%)**		
Age				
≤25 ปี	20 (55.6%)	16 (44.4%)	Ref.	
25-35 ปี	27 (61.4%)	17 (38.6%)	1.27 (0.52-3.11)	0.600
>35 ปี	12 (46.2%)	14 (53.8%)	0.69 (0.25-1.89)	0.466
ระดับการศึกษา				
ต่ำกว่าปริญญาตรี	20 (52.6%)	18 (47.4%)	Ref.	

ตัวแปร	การแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี		Crude OR (95% CI)	*P*-value
	แจ้งคู่ n = 59 (%)	ไม่แจ้งคู่ n = 47 (%)		
ปริญญาตรีขึ้นไป	39 (57.4%)	29 (42.6%)	1.21 (0.55-2.69)	0.639
อาชีพ				
มั่นคงทางรายได้	20 (58.8%)	14 (41.2%)	Ref.	
ไม่มั่นคงทางรายได้	37 (52.9%)	33 (47.1%)	0.57 (0.56-2.92)	0.567
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน				
น้อยกว่า 20,000 บาท	36 (58.1%)	26 (41.9%)	Ref.	
20,000 บาทขึ้นไป	23 (52.3%)	21 (47.7%)	0.79 (0.36-1.72)	0.554
มีแฟน หรือคนรักประจำ				
ไม่มี	7 (22.6%)	24 (77.4%)	Ref.	
มี	52 (69.3%)	23 (30.7%)	7.75 (2.93-20.54)	0.000
การเข้าถึงบริการสุขภาพ				
การเข้าถึงบริการสุขภาพได้ยาก	12 (50%)	12 (50%)	Ref.	
การเข้าถึงบริการสุขภาพได้ง่าย	47 (57.3%)	35 (42.7%)	1.34 (0.54-3.34)	0.526
ทัศนคติต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี				
มีทัศนคติที่ไม่ดีต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี	6 (54.5%)	5 (45.5%)	Ref.	
มีทัศนคติที่ดีต่อการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อและการตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวี	53 (55.8%)	42 (44.2%)	1.05 (0.30-3.69)	0.937
การรับรู้ตราบาป				
การรับรู้ตราบาปน้อย	52 (55.9%)	41 (44.1%)	Ref.	
การรับรู้ตราบาปมาก	7 (53.8%)	6 (46.2%)	0.92 (0.29-2.95)	0.888

ตัวแปร	การแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี		Crude OR (95% CI)	*P*-value
	แจ้งคู่ n = 59 (%)	ไม่แจ้งคู่ n = 47 (%)		
การรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคม				
มีการรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ไม่ดี	13 (48.1%)	14 (51.9%)	Ref.	
มีการรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ดี	46 (58.2%)	33 (41.8%)	1.50 (0.62-3.61)	0.364

จากการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี พบว่าปัจจัยที่มีนัยสำคัญทางสถิติคือการมีแฟนหรือคนรักประจำ โดยผู้ที่มีแฟนหรือคนรักประจำมีโอกาสแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวีมากกว่า 7.75 เท่า (p-value < 0.001) เมื่อเทียบกับผู้ที่ไม่มีแฟนหรือคนรักประจำ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ส่วนบุคคลในการกระตุ้นให้เกิดการแจ้งคู่มาตรวจ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอื่น ๆ แม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในครั้งนี้ แต่หลายปัจจัยมีแนวโน้มที่น่าสนใจ เช่น กลุ่มอายุ 25-35 ปีที่มีโอกาสแจ้งคู่มากกว่า 1.27 เท่า เมื่อเทียบกับกลุ่มอายุ ≤25 ปี ผู้ที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไปมีโอกาสแจ้งคู่มากกว่า 1.21 เท่าเมื่อเทียบกับผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่า และผู้ที่เข้าถึงบริการสุขภาพได้ง่ายมีโอกาสแจ้งคู่มากกว่า 1.34 เท่าเมื่อเทียบกับผู้ที่เข้าถึงบริการได้ยาก ในขณะเดียวกันการรับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ดีมีแนวโน้มส่งผลในเชิงบวกต่อการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวี โดยผู้ที่รับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ดีมีโอกาสแจ้งคู่มากกว่า 1.50 เท่า เมื่อเทียบกับผู้ที่รับรู้แรงสนับสนุนทางสังคมที่ไม่ดี แม้ว่าผลยังไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แนวโน้มบ่งชี้ถึงความสำคัญของแรงสนับสนุนทางสังคมในกระบวนการแจ้งคู่

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการชวนคู่ด้วยวิธี Client Referral สามารถเพิ่มอัตราการเข้ารับการตรวจ HIV ของคู่ได้จาก 7.8% (วิธีเดิม) เป็น 30.2% ซึ่งถือเป็นการเพิ่มที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างชัดเจน ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kariuki และคณะ (Kariuki et al., 2020) และ Hu และคณะ (Hu et al., 2021) ที่แสดงว่าการใช้วิธีนี้ช่วยลดความกดดันและความกังวลของผู้ติดเชื้อในการแจ้งคู่โดยตรง โดยเฉพาะในบริบทที่การตีตราทางสังคมยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญ ความคล้ายคลึงนี้อาจเกิดจากความเหมาะสมของวิธี Client Referral ในการปรับให้เข้ากับสถานการณ์ของกลุ่มเป้าหมายและความต้องการเฉพาะตัวของผู้ติดเชื้อ อย่างไรก็ตาม บริบทในแต่ละประเทศ เช่น ทัศนคติทางวัฒนธรรมและระบบสนับสนุนทางสุขภาพ อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ผลลัพธ์แตกต่างกันในระดับความสำเร็จที่พบในงานวิจัยอื่น

ปัจจัยสำคัญที่มีนัยสำคัญต่อการแจ้งคู่คือการมีคู่รักประจำ ซึ่งสะท้อนถึงบทบาทของความเชื่อมั่นและความรับผิดชอบในความสัมพันธ์ ผลนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Umutoni Angela และคณะ (Umutoni

Angela, 2023) และ Bilardi และคณะ (Bilardi et al., 2017) ที่แสดงให้เห็นว่าคู่รักประจำมีแนวโน้มสูงที่จะได้รับการชวนตรวจ HIV ความคล้ายคลึงนี้อาจเกิดจากลักษณะทั่วไปของคู่รักประจำที่มักมีความสัมพันธ์ที่มั่นคงและความไว้วางใจซึ่งกันและกัน อย่างไรก็ตาม ในบางบริบท เช่น กลุ่มประชากรที่มีความสัมพันธ์แบบเปิด (open relationship) หรือวัฒนธรรมที่แตกต่างในเรื่องบทบาทของคู่รัก อาจทำให้ผลการศึกษาบางส่วนแตกต่างไป ปัจจัยอื่น ๆ แม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในครั้งนี้ แต่แนวโน้มที่ปรากฏชี้ให้เห็นถึงความเป็นไปได้ที่ปัจจัยเหล่านี้อาจส่งผลต่อการแจ้งคู่หากมีการเพิ่มขนาดตัวอย่างหรือดำเนินการศึกษาในระยะยาว การเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในกลุ่มประชากรที่ใหญ่ขึ้นอาจช่วยยืนยันผลและสนับสนุนการพัฒนานโยบายหรือกลยุทธ์ที่ส่งเสริมให้เกิดการแจ้งคู่มาตรวจเอชไอวีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีลักษณะทางประชากรและสังคมที่แสดงแนวโน้มที่ดีดังกล่าว

แม้ว่าการชวนคู่ด้วยวิธี Client Referral จะเพิ่มอัตราการตรวจ HIV ได้ แต่ยังมีความท้าทายสำคัญโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่ม MSM ที่อาจเผชิญกับปัญหาการตีตราทางสังคมและความกังวลเกี่ยวกับการเปิดเผยสถานะ HIV ต่อคู่ของตน นอกจากนี้ ผู้ติดเชื้อบางคนอาจลังเลที่จะชวนคู่ตรวจ เนื่องจากกลัวผลกระทบต่อความสัมพันธ์ หรือไม่มั่นใจในวิธีการที่เหมาะสม การแก้ไขปัญหาเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยการสนับสนุนด้านจิตใจ การให้ข้อมูลที่ถูกต้อง และการสร้างความมั่นใจในกระบวนการชวนคู่

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดที่สำคัญ เช่น การใช้ข้อมูลจากผู้ป่วยอินเด็กซ์เพียงกลุ่มเดียว อาจทำให้ผลลัพธ์ไม่ครอบคลุม เนื่องจากผู้ป่วยบางคนอาจไม่ทราบว่าคู่ของตนได้รับการตรวจแล้ว นอกจากนี้ การเก็บข้อมูลจากคลินิกเดียว อาจไม่สามารถสะท้อนถึงประชากร MSM ในบริบทที่กว้างขึ้นได้ ข้อจำกัดเหล่านี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการสนับสนุนการพัฒนานโยบายเพื่อลดการตีตราและเพิ่มงบประมาณสำหรับการตรวจแบบ Index Partner Testing รวมถึงการใช้วิธีการวิจัยแบบผสม (Mixed Methods) และการศึกษาระยะยาว เพื่อสร้างแนวทางที่เหมาะสมและยั่งยืนในการส่งเสริมการตรวจ HIV ในกลุ่มเป้าหมาย

สรุปผล

การวิจัยเรื่องการบริการชวนคู่ของผู้ติดเชื้อเอชไอวีมาตรวจหาการติดเชื้อเอชไอวีในกลุ่มชายรักชาย (MSM) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวิธีการชวนคู่แบบ Index Partner Testing รูปแบบ Client Referral ต่ออัตราการชวนคู่สำเร็จในบริบทของคลินิกนิรนาม ศูนย์วิจัยโรคเอดส์ สภากาชาดไทย โดยกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย MSM จำนวน 217 คน ในระยะที่ 1 และ 106 คนที่ติดเชื้อเอชไอวีในระยะที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามและแบบบันทึก Index Testing โดยผลการวิจัยพบว่า วิธีการ Client Referral เพิ่มอัตราการแจ้งคู่มาตรวจสำเร็จจาก 7.8% เป็น 55.7% และผลตรวจของคู่ส่วนใหญ่ไม่ติดเชื้อ (75%) ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการชวนคู่สำเร็จคือการมีคู่รักประจำ (อัตราส่วนโอกาส 8.86 เท่า, p=0.051) ส่วนปัจจัยอื่น เช่น อายุ การศึกษา รายได้ และการเข้าถึงบริการสุขภาพ ไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการใช้วิธี Client Referral ในการเพิ่มอัตราการตรวจและลดการแพร่กระจายเชื้อเอชไอวีในกลุ่ม MSM

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราลักษณ์ นนทรักษ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฏ์ เฉวีพจน์ขำจร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนารี เอี่ยมย่อง สำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนที่สำคัญในการดำเนินงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณศูนย์วิจัยโรคเอดส์และโรคติดเชื้อ สภากาชาดไทย และมหาวิทยาลัยมหิดล สำหรับทรัพยากรและสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการวิจัย ตลอดจนทีมงานและผู้ร่วมวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ ขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ สำหรับกำลังใจที่ช่วยให้ข้าพเจ้าสำเร็จงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Bilardi, J., Hulme-Chambers, A., Chen, M., Fairley, C., Huffman, S., & Tomnay, J. (2017). MSM's Partner Notification Practices and Experiences Following HIV Diagnosis. *The Journal of Sexual Medicine*, 14(Supplement_4b), e318-e318. https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2017.04.522

Hu, Q.-H., Qian, H.-Z., Li, J.-M., Leuba, S. I., Chu, Z.-X., Turner, D., Ding, H.-B., Jiang, Y.-J., Vermund, S. H., & Xu, J.-J. (2021). Assisted partner notification and uptake of HIV testing among men who have sex with men: a randomized controlled trial in China. *The Lancet Regional Health-Western Pacific*, 12, 100171.

Kariuki, R. M., Rithaa, G. K., Oyugi, E. O., & Gachathi, D. M. (2020). What is the level of uptake of partner notification services in HIV testing in selected health facilities in Gatanga Sub County, Muranga County - Kenya; a retrospective study. *BMC Infect Dis*, 20(1), 432. https://doi.org/10.1186/s12879-020-05146-9

Projections, T. W. G. o. H. A. (2005). The Asian Epidemic Model *(AEM)*Projections for HIV*/*AIDS in Thailand*:2005-2025.* https*://*www.aidsdatahub.org*/*resource*/*aem-projections-hiv-aids-thailand-*2005-2025*

Umutoni Angela, R. E., Jared Omolo, Rwagasore Edson, Rwibasira Gallican. (2023). Factors Associated with Notification and Testing among Partners of HIV Positive Index Clients in Kigali City. *Rwanda Public Health Bulletin*. https://doi.org/10.4314/rphb.v4i1.2

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไพรสำหรับการสมานแผล

Development of Herbal Remedy Product for Wound Healing

พรปวีณ์ วงศ์กูล[1*] จักรพงษ์ เมืองทรัพย์[1] ณัฐกฤต ฤกษ์งาม[1] สุณิษา คงทอง[1]

Pornpawi Wongkul[1*] Jakkapong Muangsab[1] Natthrit Roekngam[1] Sunisa Khongthong[1]

[1] คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช

133 หมู่ที่ 5 ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอทุ่งใหญ่ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80240

[1] Faculty of Veterinary Science, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Nakhon Si Thammarat Campus

133 Moo 5 Thungyai Sub-district, Thungyai District, Nakhon Si Thammarat Province, 80240

*Corresponding author E-mail: pornpawi.t@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพร ขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ด้วยเอทานอลต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังและต้านการอักเสบในเซลล์เพาะเลี้ยง โดยศึกษาฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 6 สายพันธุ์ ประกอบด้วย *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus agalactiae, Methicillin Staphylococcus aureus (MRSA), Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* จากผลการศึกษาพบว่าสารสกัดสมุนไพรจากพืชทั้ง 3 ชนิด สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ทุกสายพันธุ์ โดยค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.25-2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.25-4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดสมุนไพรในเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจด้วยวิธี MTT พบว่าสารสกัดสมุนไพรที่ความเข้มข้น 12.5-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีผลต่อการมีชีวิตรอดของเซลล์ อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้นนี้ มีผลยับยั้งการสร้างสารไนตริกออกไซด์ตามระดับความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพรที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 10.15±1.26, 20.77±2.27, 37.04±3.05 และ 74.63±3.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังมีผลต่อการสมานแผล สามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไพรในรูปแบบ gel และ ointment ที่มีฤทธิ์ต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค โดยเฉพาะแบคทีเรียก่อโรคในกลุ่มแกรมบวก 2 ชนิด คือ *S. aureus* และ *S. epidermidis* การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดสมุนไพร ขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและต้านการอักเสบได้ ซึ่งมีความปลอดภัยและสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ต้านเชื้อแบคทีเรียและต้านอักเสบสำหรับการประยุกต์ใช้ในการป้องกันและรักษาโรคสัตว์ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ : ตำรับยาสมุนไพร เจล ขี้ผึ้ง ต้านแบคทีเรีย สมานแผล

Abstract

This study aims to evaluate the effectiveness of herbal extracts from turmeric, mangosteen peel, and lemongrass, using ethanol, in inhibiting skin disease-causing bacteria and reducing inflammation in cultured cells. The antibacterial effects were tested on six pathogenic bacterial strains: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Streptococcus agalactiae*, Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA), *Escherichia coli*, and *Pseudomonas aeruginosa*. The results showed that all three herbal extracts were effective in inhibiting bacterial growth in all strains. The minimum inhibitory concentrations ranged from 0.25 to 2 mg/mL, and the minimum bactericidal concentrations ranged from 0.25 to 4 mg/mL. A cytotoxicity test using the MTT method on macrophage cell cultures showed that the herbal extracts, at concentrations between 12.5 and 100 µg/mL, did not affect cell viability. However, at these concentrations, there was an inhibition of nitric oxide production in a dose-dependent manner, with percentages of 10.15±1.26, 20.77±2.27, 37.04±3.05, and 74.63±3.99, respectively. These values were statistically significant when compared to the control group. Furthermore, the extracts demonstrated wound-healing effects. The herbal extracts could potentially be developed into pharmaceutical products in gel and ointment forms with antibacterial properties, especially against gram-positive bacteria such as *S. aureus* and *S. epidermidis*. This study thus demonstrates that turmeric, mangosteen peel, and lemongrass extracts are effective in inhibiting pathogenic bacteria and reducing inflammation, indicating their safety and potential for further development into antibacterial and anti-inflammatory products for veterinary use in the future.

Keywords : Herbal remedy, Gel, Ointment, Antibacterial activity, Wound healing

บทนำ

ปัจจุบันสถานการณ์การดื้อยาของแบคทีเรียในหลายประเทศรวมทั้งประเทศไทยกำลังเข้าสู่ภาวะวิกฤต พบว่า เชื้อแบคทีเรียหลายชนิดมีการดื้อต่อยาต้านจุลชีพแบบหลายขนาน (Multidrug resistance, MDR) และบางสายพันธุ์ดื้อต่อยาต้านจุลชีพทุกขนาน (Pandrug resistance, PDR) จากปัญหาดังกล่าวนอกจากจะเป็นสาเหตุที่ทำให้มีอัตราความเจ็บป่วยเพิ่มมากขึ้นแล้ว ยังทำให้มีค่าใช้จ่ายในการรักษาที่สูงและส่งผลกระทบทางเศรษฐกิจ Magiorakos et al. (2012) การใช้ยาต้านจุลชีพที่เพิ่มมากขึ้นในการรักษาสัตว์มีความเสี่ยงต่อการอุบัติของเชื้อดื้อยาที่จะกระทบเป็นวงจรลูกโซ่ ซึ่งการดื้อยาต้านจุลชีพ (antimicrobial resistance: AMR) เป็นภัยคุกคามที่สำคัญทางสาธารณสุขในปัจจุบันและนับวันจะยิ่งส่งผลทวีความรุนแรงมากขึ้น แม้ว่าการดื้อยาต้านจุลชีพจะเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ แต่การใช้ยาต้านจุลชีพอย่างไม่เหมาะสม การใช้มากเกินความ

จำเป็นหรือโดยไม่มีข้อบ่งชี้ ล้วนแล้วแต่เป็นปัจจัยสำคัญในการกระตุ้นให้เกิดการดื้อยาต้านจุลชีพเร็วขึ้นและเพิ่มมากขึ้น Nuangmek et al. (2018)

โรงพยาบาลสัตว์เล็กและโรงพยาบาลปศุสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มทร.ศรีวิชัย เป็นโรงพยาบาลสัตว์เพื่อการเรียนการสอนและการบริการชุมชน เปิดให้บริการตรวจวินิจฉัยโรคและรักษาสุขภาพสัตว์เลี้ยงและปศุสัตว์ จากข้อมูลทางสถิติของอุบัติการณ์โรคในปี 2560-2565 พบว่ามีการใช้ยาต้านจุลชีพหลายชนิดในการรักษาโรคติดเชื้อ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 80 ของปริมาณยาที่ใช้ในโรงพยาบาลสัตว์ แบ่งเป็นการใช้ยาออกฤทธิ์ทั่วร่างกาย (Systemic Drug) และยาออกฤทธิ์เฉพาะที่ (Local Drug) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ยาต้านจุลชีพในการรักษาแผลที่มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อแบคทีเรียหรือไม่ได้มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อแบคทีเรีย แต่สัตวแพทย์มีความจำเป็นในการใช้ยาต้านจุลชีพเพื่อป้องกันอาการแทรกซ้อนจากการติดเชื้อที่แผล ซึ่งปัจจุบันผลิตภัณฑ์รักษาแผลที่จำหน่ายในท้องตลาดนั้นมีจำกัด เนื่องจากปัจจัยด้านราคาและข้อจำกัดในการใช้ยา อีกทั้งยาต้านจุลชีพดังกล่าวไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการอักเสบและสมานแผล ทำให้การรักษาไม่ได้ผลหรือต้องใช้ระยะเวลานานในการรักษาทางคลินิก

จากปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการนำสมุนไพรมาใช้ทดแทนการใช้ยาต้านจุลชีพเพื่อลดปัญหาเชื้อแบคทีเรียดื้อยาและลดค่าใช้จ่ายในการรักษา โดยเล็งเห็นถึงศักยภาพของสมุนไพรไทยว่ามีฤทธิ์ทางเภสัชที่หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย ต้านการอักเสบ และการสมานแผล พบว่าพืชสมุนไพร ขมิ้นชัน มังคุด และตะไคร้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค เช่น *E. coli, S. aureus, S. epidermidis, P. aeroginosa* นอกจากนี้ มีรายงานพบว่า ยังออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและลดการอักเสบ Kamazeri et al. (2012), Tadtong et al. (2009), Wannissorn et al. (2005) การศึกษาคุณสมบัติทางเภสัชของสมุนไพรดังกล่าวจึงมีความสนใจ เหมาะกับการพัฒนาต่อยอดเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียก่อโรคในสัตว์และช่วยสมานแผลโดยการใช้ในรูปแบบ gel และ ointment สำหรับสัตว์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารสกัดสมุนไพรต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคและการสมานแผล

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมตัวอย่าง ขมิ้นชัน (*Curcuma longa L.*), เปลือกมังคุด (*Garcinia mangostana L.*) และตะไคร้ (*Cymbopogon citratus*)

นำสมุนไพรแต่ละชนิดไปล้างและหั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพ และหาปริมาณสารสกัดด้วยเอธานอลตามวิธีการและมาตรฐานจากตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopoeia) หรือ The Ayuveric Pharmacopeia of India

นำสมุนไพรที่ผ่านเกณฑ์การควบคุมคุณภาพชั่งในปริมาณอัตราส่วนที่เท่ากัน สกัดด้วยตัวทำละลาย 95% เอธานอล ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน กรองเอาสารละลายแล้วนำไประเหยเอทานอลและน้ำออก

ด้วยเครื่อง Rotary Evaporator และ Lyophilization ตามลำดับ จนได้สารสกัดแห้ง เก็บตัวอย่างที่ผ่านการระเหยแห้งไปใช้ในการทดลองต่อไป

การทดสอบหาปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดสมุนไพร

นำสารสกัดพืชสมุนไพรแต่ละชนิด ปริมาณ 0.1 มิลลิกรัม เติมเอทานอล:โซเดียมคาร์บอเนต: Folin-Ciocalteau ในอัตราส่วน 4:20:1 ตามลำดับ จากนั้นวางในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร และคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (Gallic acid) ที่ความเข้มข้นต่างๆ

การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย 6 สายพันธุ์ ประกอบด้วย Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) NPRC R001-R25, *S. aureus* ATCC 25923, *S. aureus* ATCC 49525, *S. epidernidis, E. coli* ATCC 25922*, P. aeroginosa* ATTCC 10145 บน Tryptic soy agar (TSA) ที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ให้ปรากฏโคโลนีเดี่ยวๆ แล้วเลือกแบคทีเรียประมาณ 3 - 5 โคโลนี เพื่อนำไปเพาะเลี้ยงใน Mueller Hinton broth (MHB) หรือ Tryptic soy broth (TSB) จากนั้นบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง แล้วนำไปปรับความขุ่น McFarland no.0.5 ด้วย MHB หรือ TSB ให้มีเชื้อประมาณ 1.0×10^6 CFU/ml (1:200) ก่อนนำไปทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย

การทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ด้วยวิธี agar microdilution method เพื่อหาความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสมุนไพรที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อได้ (MIC; minimum inhibitory concentration) โดยเตรียมแบคทีเรียทดสอบ 1.0×10^6 CFU/ml นำไปทดสอบกับสารสกัดที่เจือจางโดย วิธี 2-fold serial dilution บ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง สังเกตโคโลนีบนผิวหน้าอาหารแข็ง และหาค่า MIC โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

การศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจ

ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ ต่อเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจด้วยวิธี MTT (n=3) โดยเพาะเลี้ยงเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 จำนวน 2×10^5 เซลล์ต่อหลุม ในจานเพาะเลี้ยง 96 หลุม ในอาหารเลี้ยงเซลล์ RPMI 1640 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเซลล์ชนิดเดิมออก และใช้อาหารเลี้ยงเซลล์ที่มีสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 12.5, 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุม (negative control) ได้รับเฉพาะอาหารเลี้ยงเซลล์และมี indomethacin ที่ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เป็น positive control เมื่อครบเวลาตามกำหนดวัดปริมาณเซลล์ด้วยการทดสอบ MTT นำไปหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร วิเคราะห์หาค่า

ร้อยละการมีชีวิตของเซลล์ (% cell viability) และหาค่าความเข้มข้นของสารสกัดที่ทำให้เซลล์ตายหรือค่าความมีชีวิตของเซลล์ลดลงร้อยละ 50 (50% Inhibitory concentration, IC50)

สูตรการหา

$$\text{ร้อยละการมีชีวิตของเซลล์ (\% Cell viability)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ในหลุมที่ทดสอบกับสารสกัด} \times 100}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ในหลุมที่ไม่มีสารสกัด}}$$

การศึกษาฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ของสารสกัดต่อเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจ

เพาะเลี้ยงเซลล์แมคโครฟาจ RAW 264.7 จำนวน 2 X 10^5 เซลล์ต่อหลุม ลงในจานเพาะเลี้ยง 96 หลุม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารสกัดชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้น 0, 12.5, 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และสาร lipopolysaccharide (LPS) ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มภายใน CO_2 incubator เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นการสร้างไนตริกออกไซด์และวัดปริมาณ NO ที่สร้างจากเซลล์มาโครฟาจที่ถูกกระตุ้นด้วย LPS โดยนำ supernatant มาทำปฏิกิริยากับ Griess reagent จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร คำนวณหาร้อยละการยับยั้งไนตริกออกไซด์ (% NO inhibition) เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่ม indomethacin ซึ่งใช้เป็น positive control

สูตรการหา

$$\text{ร้อยละการยับยั้งไนตริกออกไซด์ (\% NO inhibition)} = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ในหลุมที่ทดสอบกับสารสกัด} \times 100}{\text{ค่าการดูดกลืนแสงของเซลล์ในหลุมที่ไม่มีสารสกัด}}$$

การทดสอบฤทธิ์การสมานแผลของสารสกัดตำรับแผนไทย

เพาะเลี้ยงเซลล์ Human dermal fibroblast (HDF) ใน DMEM-low glucose ที่มี 10% FBS ภายใต้ 5% CO_2 ที่ 37 องศาเซลเซียส จนกระทั่งเซลล์เจริญเติบโตและมี % Confluent ประมาณร้อยละ 60 - 80 จึงทำการ differentiation โดยเพาะเลี้ยงเซลล์ในจานเพาะเลี้ยง 24 หลุม จำนวน 5,000 เซลล์ต่อหลุม ใน complete media ที่มี 10% FBS เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรีดเซลล์โดยใช้ sterile tip ขนาด 1,000 ไมโครลิตร ล้างเศษเซลล์ด้วยสารละลาย PBS 3 ครั้ง จากนั้นเติมสารสกัดขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร นำเซลล์ไปบ่มไว้ในตู้ CO_2 ที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 12, 24 ชั่วโมง จากนั้นวัดปริมาณการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และถ่ายรูปเปรียบเทียบที่เวลาต่างๆ และตรวจวัดการแบ่งตัวของเซลล์ด้วยวิธี MTT โดยเติมสารละลาย MTT ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลงไปจากนั้นบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ดูดสารละลายทิ้งและละลายตะกอนด้วย DMSO เพื่อละลาย formazan crystals จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร คำนวณหา ร้อยละการเพิ่มจำนวนของเซลล์ (% cell proliferation)

การเตรียมผลิตภัณฑ์ตำรับยาแผนไทยและการควบคุมคุณภาพตำรับยาที่เตรียมในรูปแบบ gel

นำตำรับยาแผนไทยที่ผ่านการทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพ เตรียมเป็นผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยความเข้มข้นของสารสกัดที่ใช้ในยาอ้างอิงตามค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียหรือค่า MIC

ตารางที่ 1 องค์ประกอบเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel จากสารสกัดสมุนไพร

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%)
Carbopol ultrez	90
Glycerin	5
Propylene glycol	3
EDTA	0.1
TEA	0.2
Phenoxyethanol	0.7
Water	1

ชั่งส่วนผสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel ดังแสดงในตารางที่ 1 จากนั้นค่อยๆ เติม Carbopol ในน้ำพักทิ้งไว้สักครู่ คนเบาๆ หลังจากส่วนผสมกระจายตัวดีแล้วเติม Glycerin และ EDTA และนำ Phenoxyethanol มาละลายด้วย Propylene glycol และผสมให้เข้ากัน จากนั้น Neutralize ด้วย TEA จนได้ความหนืดที่ต้องการ

การเตรียมผลิตภัณฑ์ตำรับยาแผนไทยและการควบคุมคุณภาพตำรับยาที่เตรียมในรูปแบบ ointment

ชั่งส่วนผสมสำหรับทำผลิตภัณฑ์รูปแบบ ointment ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยนำส่วนผสมใส่บีกเกอร์นำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนขี้ผึ้งละลายเป็นของเหลว จากนั้นนำมาผสมรวมกัน

ตารางที่ 2 องค์ประกอบเพื่อเตรียมผลิตภัณฑ์รูปแบบ ointment จากสารสกัดสมุนไพร

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%)
White beeswax	2
Hard paraffin	3
Cetearyl alcohol	5
Mineral oil	90

ภาพที่ 1 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไทยในรูปแบบ gel และรูปแบบ ointment

การทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับยาแผนไทยรูปแบบ gel และ ointment ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรค

การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย

แบคทีเรียที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย *S. aureus* ATCC49525, *S. epidernidis, E. coli* ATCC 25922, *P. aeroginosa* ATTCC 10145 เพาะเลี้ยงแบคทีเรียบน TSA แล้วนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง ให้ปรากฏโคโลนีเดี่ยวๆ บน TSA เลือกแบคทีเรียประมาณ 3 - 5 โคโลนี เพื่อนำไปเพาะเลี้ยงไว้ใน MHB หรือ TSB จากนั้นนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง นำแบคทีเรียที่บ่มไว้ ปรับความขุ่นให้ได้เท่ากับ McFarland no.0.5 ด้วย MHB หรือ TSB เพื่อเจือจางให้มีเชื้อประมาณ 1.0×10^6 CFU/ml (1:200) ก่อนนำไปทำการศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

การทดสอบคุณสมบัติการต้านเชื้อแบคทีเรีย

ทดสอบโดยวิธี agar well diffusion method เพื่อหาความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ตำรับยาแผนไทยรูปแบบ gel และ ointment ที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคได้ โดยเตรียมแบคทีเรียก่อโรค ความเข้มข้น 1.0×10^6 CFU/ml จากนั้นจึงนำไปทดสอบกับผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel และ ointment ที่มีส่วนผสมของสารสกัดสมุนไพร (อ้างอิงตามค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียหรือค่า MIC) โดยคำนวณ 10 เท่าของค่า MIC ได้เท่ากับ 0.5, 1 และ 2 กรัมต่อ 100 กรัมเจล (g/100 g of gel) จากนั้นนำไปบ่มที่ 37 องศาเซลเซียส นาน 18 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดจึงวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียโดยหาค่าการยับยั้งแบคทีเรียด้วยการวัดขนาดการยับยั้ง (clear zone) เปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม

ผลการวิจัย

ผลของปริมาณสารสกัดขมิ้น เปลือกมังคุด และตะไคร้ และปริมาณฟีนอลิกที่ได้

จากการสกัดขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ ด้วย 95% เอทานอล พบว่าได้น้ำหนักและเปอร์เซ็นต์ของสารสกัดหยาบ *(%* Yield) เท่ากับ 32.58, 25.50 และ 9.32 กรัม คิดเป็นร้อยละ 16.29, 12.75

และ 4.66 และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 242.02 ± 5.12, 185.25 ± 1.15 และ 96.56 ± 5.34 มิลลิกรัมสมบูรณ์ของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักสารสกัดหยาบ 1 กรัม (mgGAE/gDW) ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลของปริมาณสารสกัดสมุนไพรและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ชนิดสมุนไพร	ปริมาณสารสกัด (g)	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mgGAE/gDW)
สารสกัดขมิ้นชัน	32.58	242.02 ± 5.12
สารสกัดเปลือกมังคุด	25.50	185.25 ± 1.15
สารสกัดตะไคร้	9.32	96.56 ± 5.34

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรต่อการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อโรคผิวหนัง

จากการศึกษาการยับยั้งและฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังของสารสกัดขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ ที่ความเข้มข้น 6.25–200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดขมิ้นชันที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 4 สายพันธุ์ คือ *E. coli* ATCC 25922, *P. aeroginosa* ATCC 10145, *S. aureus* ATCC 25923 และ *S. epidernidis* มีค่าเท่ากับ 1, 0.5, 0.25 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดขมิ้นชันที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ มีค่าเท่ากับ >4, >4, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดเปลือกมังคุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค เท่ากับ 2, 2, 0.125 และ 0.125 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดเปลือกมังคุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียได้ เท่ากับ >4, >4, 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนสารสกัดตะไคร้ มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้เท่ากับ 2, 2, 2 และ 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดตะไคร้ต่อการฆ่าเชื้อแบคทีเรียมีค่าเท่ากับ >4, 4, 0.25 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 4)

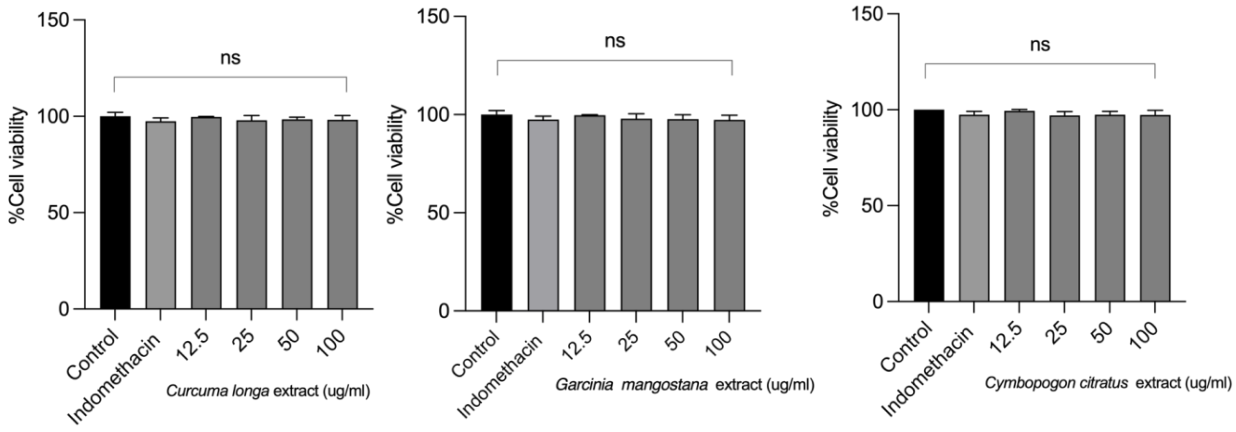
ตารางที่ 4 ค่าความเข้มข้นต่ำสุดของสารสกัดสมุนไพรที่ยับยั้งการเจริญเติบโตและฆ่าเชื้อแบคทีเรียก่อโรค 4 สายพันธุ์

สายพันธุ์แบคทีเรีย	สารสกัดขมิ้นชัน (mg/ml)		สารสกัดเปลือกมังคุด (mg/ml)		สารสกัดตะไคร้ (mg/ml)	
	MIC	**MBC**	**MIC**	**MBC**	**MIC**	**MBC**
***E. coli* ATCC 25922**	1	>4	2	>4	2	>4
***P. aeroginosa* ATCC 10145**	0.5	>4	2	>4	2	4
***S. aureus* ATCC 25923**	0.25	1	0.125	1	2	0.25
S. epidermidis	0.5	2	0.125	2	2	0.5

*MIC; Minimum inhibitory concentration, MBC; Minimum Bactericidal Concentration

ผลความเป็นพิษของสารสกัดสมุนไพรต่อเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจ

จากการศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดขมิ้นชัน สารสกัดเปลือกมังคุด และสารสกัดตะไคร้ที่ความเข้มข้น 12.5, 25, 50, 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ต่อเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจด้วยวิธี MTT พบว่า สารสกัดขมิ้นชัน สารสกัดเปลือกมังคุด และสารสกัดตะไคร้ที่ความเข้มข้น 12.5-100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจ หรือไม่ทำให้เซลล์มีชีวิตรอดลดลง ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ภาพที่ 2)

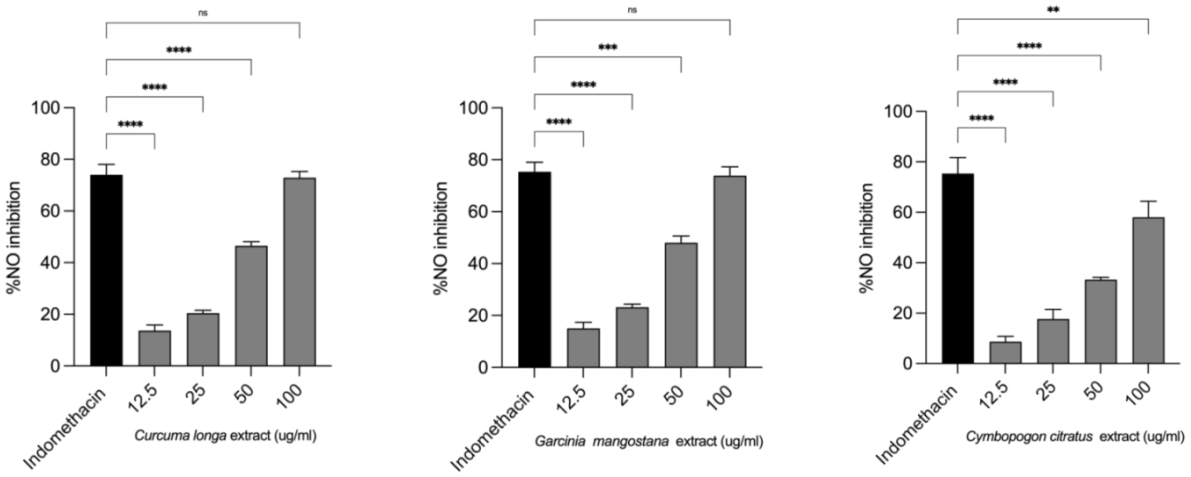


(A) สารสกัดขมิ้นชัน (B) สารสกัดเปลือกมังคุด (C) สารสกัดตะไคร้

ภาพที่ 2 ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตอยู่รอดของเซลล์ (% Cell Viability)
(A) สารสกัดขมิ้นชัน (B) สารสกัดเปลือกมังคุด (C) สารสกัดตะไคร้ ในเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจ ด้วยวิธี MTT, ข้อมูลแสดงค่า mean ± SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3), เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม

ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์

ไนตริกออกไซด์เป็นสารสื่อกลางการอักเสบที่สร้างจากเซลล์แมคโครฟาจหลังถูกกระตุ้นด้วย LPS ความเข้มข้น 1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากการตรวจวัดการยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ในรูปของสารไนไตรท์จากเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจ พบว่า สารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 12.5 - 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ เท่ากับ 13.71, 20.43, 46.52 และ 72.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนสารสกัดเปลือกมังคุดที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีฤทธิ์ยับยั้งได้เท่ากับ 15.04, 23.22, 48.03 และ 73.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสารสกัดตะไคร้ที่ความเข้มข้นเดียวกัน มีฤทธิ์ยับยั้ง เท่ากับ 8.70, 17.67, 33.29 และ 58.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (**p=0.0026, ***p=0.000, ****p<0.0001) (ภาพที่ 3)



(A) สารสกัดขมิ้นชัน (B) สารสกัดเปลือกมังคุด (C) สารสกัดตะไคร้

ภาพที่ 3 ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ (% NO Inhibition) สารสกัดขมิ้นชัน (B) สารสกัดเปลือกมังคุด (C) สารสกัดตะไคร้ ในเซลล์เพาะเลี้ยงแมคโครฟาจด้วยวิธี Griess reagent assay, ข้อมูลแสดงค่า mean ± SD จากการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3), เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติกับกลุ่มควบคุม ที่ **p=0.0026, ***p=0.000, ****p<0.0001

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการสมานแผลของสารสกัดสมุนไพร

สำหรับฤทธิ์สมานแผลของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด จะประเมินจากการวัดการเคลื่อนย้ายของเซลล์ (cell migration) ในเซลล์เพาะเลี้ยงผิวหนัง Human dermal fibroblast (HDF) ภายในเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากการศึกษาพบว่าสารสกัดขมิ้นชันที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของเซลล์ที่เวลา 12 ชั่วโมง ได้เท่ากับ 76.78±3.44, 70.23±1.46 และ 71.38±3.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.05$ และ $p < 0.01$) และที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเซลล์สามารถเคลื่อนย้ายปิดบริเวณที่กรีดเซลล์ได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการทดลองด้วยสารสกัดเปลือกมังคุดและสารสกัดตะไคร้ ที่เวลาและความเข้มข้นเดียวกัน โดยพบว่าสารสกัดเปลือกมังคุด ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลเคลื่อนย้ายเซลล์ที่เวลา 12 ชั่วโมง เท่ากับ 46.68±3.64, 52.91±0.81 และ 61.34±3.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเซลล์สามารถเคลื่อนย้ายปิดบริเวณที่กรีดเซลล์ได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสารสกัดตะไคร้ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร มีผลเคลื่อนย้ายเซลล์ที่เวลา 12 ชั่วโมง เท่ากับ 38.43±4.55, 39.01±1.49 และ 46.68±3.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเซลล์สามารถเคลื่อนย้ายปิดบริเวณที่กรีดเซลล์ได้เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ (ดังแสดงในตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของสารสกัดสมุนไพรต่อการแบ่งตัวของเซลล์ไฟโบรบลาสภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ที่เวลา 0, 12, และ 24 ชั่วโมง

สารสกัด (ug/ml)	เวลา (ชั่วโมง)	% wound closer			
		Control	25	50	100
สารสกัดขมิ้น	0	0.00±2.58	0.00±2.58	0.00±2.58	0.00±2.58
	12	53.07±0.97	76.78±3.44$^{\#}$	70.23±1.46$^{\#}$	71.38±3.15$^{\#}$
	24	100.00±0.0	100.00±0.0	100.00±0.0	100.00±0.0
สารสกัดเปลือกมังคุด	0	0.00±2.58	0.00±2.58	0.00±2.58	0.00±2.58
	12	41.52±1.39*	46.68±3.64	52.91±0.81$^{\#}$	61.34±3.11$^{\#}$
	24	100.00±0.0	100.00±0.0	100.00±0.0	100.00±0.0
สารสกัดตะไคร้	0	0.00±2.58	0.00±2.58	0.00±2.58	0.00±2.58
	12	23.15±1.19$^{\#}$	38.43±4.55$^{\#}$	39.01±1.49$^{\#}$	46.68±3.64$^{\#}$
	24	100.00±0.0	100.00±0.0	100.00±0.0	100.00±0.0

หมายเหตุ ข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน mean ± SD (n=3). $^{*}P < 0.05$ และ $^{\#}P < 0.01$ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมภายในเวลาเดียวกัน

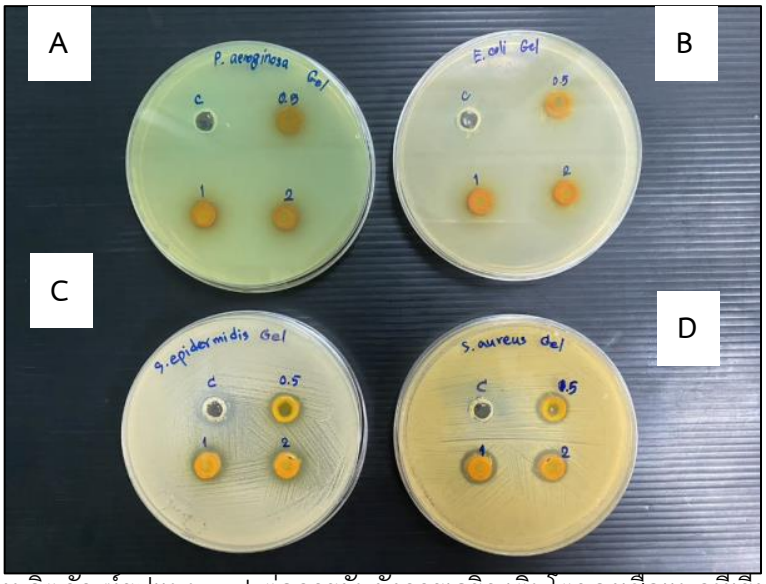
ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับยาแผนไทยรูปแบบ gel และ ointment ต่อการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียก่อโรคผิวหนัง

ผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของต้นแบบผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไทยในรูปแบบ gel และ ointment ด้วยวิธี agar well diffusion จากการศึกษาพบว่า ต้นแบบผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไทยรูปแบบ gel ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 กรัมต่อกรัมเจล สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังได้ 2 สายพันธุ์ คือ *S. aureus* ATCC 25923 มีค่าเท่ากับ 0, 1.2, 1.3 และ 1.3 มิลลิเมตร และเชื้อ *S. epidermidis* มีค่าเท่ากับ 0, 1.2, 1.3 และ 1.4 มิลลิเมตร ตามลำดับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้พบว่าต้นแบบผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไทยรูปแบบ gel ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบที่ก่อโรคผิวหนัง คือ *E. coli* ATCC 25922 และ *P. aeroginosa* ATCC 10145 (ดังแสดงในตารางที่ 6, ภาพที่ 4)

ส่วนต้นแบบผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไทยในรูปแบบ ointment ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1 และ 2 กรัมต่อกรัม ointment สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรคผิวหนังได้ 2 สายพันธุ์ คือ *S. aureus* ATCC 25923 มีค่าเท่ากับ 0, 0, 0 และ 1.1 มิลลิเมตร และ *S. epidermidis* มีค่าเท่ากับ 0, 1.0, 1.1 และ 1.1 มิลลิเมตร ตามลำดับ และไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแกรมลบที่ก่อโรคผิวหนัง คือ *E. coli* ATCC 25922 และ *P. aeroginosa* ATCC 10145 (ดังแสดงในตารางที่ 7, ภาพที่ 5)

ตารางที่ 6 ค่าความสามารถในยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรคโดยผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel

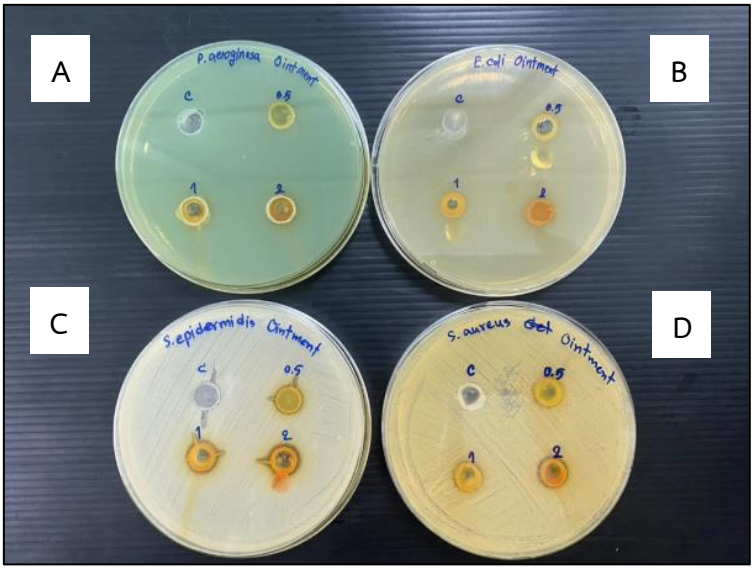
Bacterial strain	ค่าการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (mm) ของผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel			
ความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพร (g/ g gel)	**control**	**0.5**	**1**	**2**
S. aureus	-	1.2	1.3	1.3
S. epidermidis	-	1.2	1.3	1.4
E. coli	-	-	-	-
P. aeroginosa	-	-	-	-



ภาพที่ 4 แสดงผลของผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel ต่อการยับยังการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (A)*P. aeroginosa,* (B) *E. coli,* (C) *S. epidermidis,* (D) *S. Aureus*

ตารางที่ 7 ค่าสามารถในยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียโดยผลิตภัณฑ์รูปแบบ ointment

Bacterial strain	ค่าการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (mm) ของผลิตภัณฑ์รูปแบบ ointment			
ความเข้มข้นของสารสกัดสมุนไพร (g/ g ointment)	**control**	**0.5**	**1**	**2**
S. aureus	-	-	-	1.1
S. epidermidis	-	1.0	1.1	1.1
E. coli	-	-	-	-
P. aeroginosa	-	-	-	-



ภาพที่ 5 แสดงผลของผลิตภัณฑ์รูปแบบ ointment ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียก่อโรค (A) *P. aeroginosa,* (B) *E. coli,* (C) *S. epidermidis,* (D) *S. Aureus*

วิจารณ์ผล

จากผลการสกัดตัวอย่างพืชสมุนไพร 3 ชนิด คือ ขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ ด้วย 95% เอธานอล พบว่าขมิ้นชันมีร้อยละผลได้ (% Yield) และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุดเมื่อเทียบกับการสกัดจากเปลือกมังคุดและตะไคร้ โดยสารสกัดขมิ้นชัน สารสกัดเปลือกมังคุด และสารสกัดจากตะไคร้ สามารถออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ชนิด *S. epidermidis* และ *S. aureus*, *E. coli* และ *P. aeruginosa* ได้ โดยมีความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.25 – 2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถฆ่าเชื้อแบคทีเรียอยู่ในช่วงความเข้มข้น 0.25 – 4 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สอดคล้องกับการรายงานโดย Habsah et al. (2000) และ Kamazeri et al. (2012) จากผลการศึกษาพบว่าสารประกอบฟีนอลิกที่พบในพืชสมุนไพร มีกลไกในการทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรีย ทำลายเยื่อหุ้มไซโตพลาสซึม เยื่อหุ้มเซลล์ของโปรตีน และเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เมื่อมีการนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไพรในรูปแบบ gel และ ointment โดยใช้อัตราส่วนของความเข้มข้นของสารสกัดอ้างอิงจากค่า MIC ของแต่ละตัวอย่าง พบว่า ประสิทธิภาพของต้นแบบผลิตภัณฑ์สารสกัดสมุนไพรที่สกัดจากขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ ในรูปแบบ gel และ ointment ที่ความเข้มข้น 0.5, 1, และ 2 กรัม มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย แกรมบวก ชนิด *S. epidermidis* และ *S. aureus* ATCC 25923 แต่ไม่มีผลยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ ชนิด *E. coli* ATCC 25922 และ *P. aeroginosa* ATCC 10145 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแบคทีเรียแกรมลบมีความต้านทานต่อสารสกัดจากพืชสมุนไพรได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก โดยแบคทีเรียแกรมลบมีเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอก และ periplasmic space ซึ่งไม่พบในแบคทีเรียแกรมบวก และมีสารไลโพพอลิแซกคาไรด์ (lipopolysaccharide) ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์ชั้นนอกทำหน้าที่เป็นตัวกั้นการซึมผ่านของสารต่างๆ

ขณะที่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีโครงสร้างนี้ สารต่างๆ จึงซึมผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่ายกว่า Shan et al. (2007) นอกจากนี้พบว่าสารสกัดขมิ้นชัน สารสกัดเปลือกมังคุด และสารสกัดตะไคร้ สามารถออกฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างสารไนตริกออกไซด์ซึ่งเป็นสารสำคัญที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการอักเสบ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานโดย Tabrizi et al. (2019) และ Peng et al. (2021) อีกทั้ง มีฤทธิ์กระตุ้นการหายของแผลจากการเหนี่ยวนำให้เกิดแผลโดยการกรีดเซลล์เพาะเลี้ยงผิวหนัง โดยสารสกัดทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์กระตุ้นการสมานแผลได้ดีภายใน 24 ชั่วโมง Vaughn et al. (2016)

สรุปผล

ขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ เป็นสมุนไพรที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค ยับยั้งการอักเสบและกระตุ้นการสมานแผลได้ โดยออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไนตริกออกไซด์ซึ่งเป็นสารสื่อกลางการอักเสบในเซลล์แมคโครฟาจ และกระตุ้นการหายของแผลในเซลล์เพาะเลี้ยงผิวหนังมนุษย์ได้ การนำสารสกัดพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมาผสมรวมกันในอัตราส่วน 1:1:1 สำหรับการเตรียมผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไพรไทยในรูปแบบ gel และ ointment พบว่าคุณลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์รูปแบบ gel และรูปแบบ ointment มีความหนืดในระดับปานกลาง การติดผิวอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และมีค่า pH เท่ากับ 7.02 และ 7.05 ตามลำดับ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 รูปแบบ ต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคพบว่ามีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในกลุ่มแกรมบวก 2 ชนิด คือ *S. aureus* และ*S. epidermidis* แต่ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคกลุ่มแกรมลบ การศึกษานี้สามารถแสดงให้เห็นว่าสารสกัดสมุนไพรจากขมิ้นชัน เปลือกมังคุด และตะไคร้ มีฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคได้ดี จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์กำจัดเชื้อก่อโรคที่เป็นมิตรกับสัตว์ ช่วยลดการใช้ยาฆ่าเชื้อ ลดการเกิดเชื้อดื้อยา และช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสมุนไพรไทยได้อีกทางหนึ่ง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัย เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ตำรับยาสมุนไพรสำหรับการสมานแผล เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อก่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ต้นแบบตำรับยาแผนไทยทางเภสัชกรรมในรูปแบบ gel และ ointment เพื่อลดการใช้ยาต้านจุลชีพในการรักษาสัตว์ และเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสมุนไพรไทย ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ (วิจัยสถาบัน) ประจำปี พ.ศ. 2566

เอกสารอ้างอิง

Habsah, M., Amran, M. And M.M. Mackeen. 2000. Sceening of Zingiberaceae extracts for antimicrobial and antioxidant activities. Journal of Ethnopharmacology. 72: 403-410.

Kamazeri, T.S.A.T, Samah, O.A., Taher, M., Susanti, D., and H. Qaralleh. 2012. Antimicrobial activity and essential oils of Curcuma aeruginosa, Curcuma mangga, and Zingiber cassumunar from Malaysia. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine. 5: 202-209.

Magiorakos, A.P., Srinivasan, A., Carey, R.B., Carmeli, Y., Falagas, M.E., Giske, C.G., Harbarth, S., Hindler, J.F., Kahlmeter, G., Olsson-Liljequist, B., Paterson, D.L., Rice, L.B., Stelling, J., Struelens, M.J., Vatopoulos, A., Weber, J.T., and D.L. Monnet. 2012. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. Clinical Microbiology and Infection. 18: 268-281.

Nuangmek, A., Rojanasthien, S., Chotinun, S., Yamsakul, P., Tadee, P., Thamlikitkul, V., Tansakul, N., and P. Patchanee. 2018. Antimicrobial Resistance in ESBL-Producing Escherichia coli Isolated from Layer and Pig Farms in Thailand. Acta Scientiae Veterinariae. 46(1): 8.

Peng, Y., Ao, M., Dong, B., Jiang, Y., Yu, L., Chen, Z., Hu, C., and R. Xu. 2021. Anti-Inflammatory Effects of Curcumin in the Inflammatory Diseases: Status, Limitations and Countermeasures. Drug Design, Development and Therapy. 15: 4503-4525.

Shan, B., Cai, Y.Z., Brooks, J.D., and H. Corke. 2007. The invitro antibacterial activity of dietary spice and medicinal herb extracts. International Journal of Food Microbiology. 117: 112-119.

Tabrizi, R., Vakili, S., Akbari, M., Mirhosseini, N., Lankarani, K.B., Rahimi, M., Mobini, M., Jafarnejad, S., Vahedpoor, Z., and Z. Asemi. 2019. The effects of curcumin-containing supplements on biomarkers of inflammation and oxidative stress: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Phytotherapy Research. 33(2): 253-262.

Tadtong, S., Viriyaroj, A., Vorarat, S., Nimkulrat, S., and S. Suksamrarn. 2009. Antityrosinase and antibacterial activities of mangosteen pericarp extract. Journal of Health Research. 23: 99-102.

Vaughn, A.R., Branum, A., and R.K. Sivamani. 2016. Effects of Turmeric (Curcuma longa) on Skin Health: a Systematic Review of the Clinical Evidence. Phytotherapy Research. 30(8): 1243-1264.

Wannissorn, B., Jarikasem, S., Siriwangechain, T., and S . Thubthimthed. 2005 . Antibacterial properties of essential oils from Thain medicinal plants .Fitoterapia. 76 :233-236.

การพัฒนาต้นแบบสำหรับการตรวจจับคราบน้ำอสุจิที่แม่นยำด้วยการบูรณาการเทคนิคปัญญาประดิษฐ์กับเทคนิค Polilight

Development of a Prototype for Accurate Semen Stain Detection through the Integration of Artificial Intelligence with the Polilight Technique

ธัญรดี คงนะภักดี[1], ทยาวีร์ ร่มแก้ว[2], สุนิษา โอบอ้อม[3,*]

Tunradee Kongnapakdee, Tayawee Romgaew[2], Sunisa Aobaom[3,*]

[1] บัณฑิตศึกษาสาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์, คณะสหเวชศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี 12121

[1] Graduate Program in Forensic Science, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University Rangsit Campus, Pathum Thani 12121, Thailand

[2] กลุ่มงานตรวจชีววิทยาและดีเอ็นเอ, กองพิสูจน์หลักฐานกลาง, สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, กรุงเทพ 10330

[2] Biology and DNA Sub-Division, Central Police Forensic Science Division, Office of Police Forensic Science, Bangkok 10330, Thailand

[3] สาขานิติวิทยาศาสตร์, ภาควิชาเทคนิคการแพทย์, คณะสหเวชศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี 12121

[3] Division of Forensic Science, Department of Medical Technology, Faculty of Allied Health Sciences, Thammasat University Rangsit Campus, Pathum Thani 12121, Thailand

*Corresponding author E-mail: Sunisa.aobaom@gmail.com

บทคัดย่อ

การตรวจหาคราบน้ำอสุจิบนวัตถุพยานเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการสืบสวนเพื่อหาหลักฐานที่เกี่ยวข้องกับคดีทางเพศ วิธีที่นิยมในปัจจุบันคือการใช้เทคนิค Polilight ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร แม้จะใช้งานง่ายและรวดเร็ว แต่เทคนิคนี้ยังมีข้อจำกัด เนื่องจากสารอินทรีย์และสารคัดหลั่งอื่นๆ อาจเรืองแสงคล้ายน้ำอสุจิภายใต้ช่วงความยาวคลื่นเดียวกัน งานวิจัยนี้พัฒนาและบูรณาการปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; **AI**) เข้ากับเทคนิค Polilight เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับคราบน้ำอสุจิ โดยใช้ภาพถ่ายตัวอย่างจาก Polilight รวม 1,800 ภาพ ซึ่งประกอบด้วยคราบน้ำอสุจิ คราบปัสสาวะ และคราบนมโคพาสเจอไรส์ ภายใต้เงื่อนไขการถ่ายภาพในห้องมืด โมเดล AI ถูกฝึกฝนผ่านโปรแกรม Roboflow และให้ผลการทดสอบที่น่าพึงพอใจ โดยมีค่าความแม่นยำ (Precision) 99.9%, ค่า Recall 99.9% และค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (Mean Average Precision) 99.5% ในการทดสอบภาพตัวอย่าง 40 ภาพ พบว่า โมเดลสามารถตรวจจับคราบน้ำอสุจิภายใต้แสง Polilight ได้ดีกว่าภาพที่ไม่ได้รับแสง Polilight โดยตรง โดยให้ค่าความไว (Sensitivity) 64% และค่าความจำเพาะ (Specificity) 73.33% ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการบูรณาการเทคนิค

Polilight กับ AI ในการเพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับคราบน้ำอสุจิ เพื่อสนับสนุนการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิผล

คำสำคัญ : ปัญญาประดิษฐ์ คราบน้ำอสุจิ Polilight การเรืองแสง นิติวิทยาศาสตร์

Abstract

The detection of semen stains on evidentiary objects is a critical step in forensic investigations for sexual assault cases. One widely used method is the Polilight technique, which employs a light wavelength of 450 nm. Although it is simple and efficient, this method has limitations, as organic substances and other bodily fluids can exhibit fluorescence similar to semen under the same wavelength. This study integrates Artificial Intelligence (AI) with the Polilight technique to enhance semen stain detection effectiveness. A dataset of 1,800 images, comprising semen stains, urine stains, and pasteurized milk stains, was captured under controlled darkroom conditions using a Polilight source and a mobile phone camera. The AI model was trained using the Roboflow platform and achieved high performance metrics, including a precision of 99.9%, recall of 99.9%, and a mean average precision (mAP) of 99.5%. Testing on a separate set of 40 images demonstrated that the model performed better in detecting semen stains under direct Polilight exposure, achieving a sensitivity of 64% and specificity of 73.33%. These findings highlight the potential of combining Polilight with AI to improve the accuracy and efficiency of semen stain detection, providing valuable support for forensic investigations.

Keywords : Artificial Intelligence, Semen Stains, Polilight, Fluorescence, Forensic Science

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีอัตราการเกิดคดีกระทำชำเรา หรือคดีทางเพศที่คงที่ หรือเพิ่มสูงขึ้นในทุกๆปี โดยในปี 2563 – 2565 จากสถิติความผิดคดีอาญา 4 กลุ่ม ของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ชี้ให้เห็นว่าอัตราการเกิดคดีกระทำชำเรา หรือคดีทางเพศ ในปี 2563 มีจำนวนรับแจ้ง 1,764 คดี จำนวนคดีที่จับกุมได้ 1,655 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2563) ปี 2564 มีจำนวนรับแจ้ง 1,341 คดี จำนวนคดีที่จับกุมได้ 1,210 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2564) และในปี 2565 มีจำนวนรับแจ้ง 1,525 คดี จำนวนคดีที่จับกุมได้ 1,442 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2565) ซึ่งการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการกระทำความผิดคดีกระทำชำเรา หรือคดีทางเพศของผู้ต้องขังคดีข่มขืนกระทำชำเราในเรือนจำกลางบางขวาง จำนวน 115 ราย ที่นับถือศาสนาพุทธ และมีรายได้เฉลี่ย

มากกว่า 5,000 บาทต่อเดือน พบว่าผู้ก่อเหตุส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 26 – 35 ปี ในขณะกระทำผิด ปัจจัยที่ส่งผลในการกระทำผิดส่วนมาก คือ ปัจจัยด้านตัวเหยื่อ เช่น การแต่งกาย ลักษณะรูปร่าง และหน้าตาของเหยื่อ เป็นต้น (สุทัศน์ มาลโรจน์, 2552)

สาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ ที่เริ่มต้นสืบสวนในสถานที่เกิดเหตุ และหาพยานวัตถุที่สอดคล้องกับการกระทำผิดของผู้กระทำผิด วิธีการเบื้องต้นในการหาร่องรอยของคราบน้ำอสุจิที่สามารถทำได้รวดเร็ว คือ การใช้เครื่อง Polilight ที่ความยาวคลื่น 450 nm ซึ่ง เครื่อง Polilight เป็นเครื่องกำเนิดแสงได้หลากหลายความยาวคลื่น ที่สามารถตรวจหา ลายนิ้วมือแฝง หรือสารน้ำในร่างกาย เช่น น้ำอสุจิ น้ำลาย เป็นต้น จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า Polilight สามารถนำมาตรวจพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งเป็นวิธีที่เรียบง่าย และไม่ทำลายพยานหลักฐาน อีกทั้งยังสามารถใช้ตรวจพยานหลักฐานทางชีวภาพได้หลากหลายชนิด เนื่องจากลักษณะตามธรรมชาติของตัวอย่างทางชีวภาพ เช่น เลือดที่สามารถดูดกลืนแสงได้ หรือน้ำอสุจิ น้ำลาย และปัสสาวะที่สามารถเรืองแสงได้ ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้ทำให้สามารถนำเทคนิค Polilight มาตรวจพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ (Lee, 2010)

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence; AI) เป็นเทคโนโลยีที่สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง ที่ถูกพัฒนาให้มีความสามารถใกล้เคียง หรือมากกว่ามนุษย์ เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยการป้อนข้อมูลให้แก่ปัญญาประดิษฐ์ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ (Machine Learning; **ML**) เพื่อทำนายผลลัพธ์ที่ต้องการได้ หากป้อนข้อมูลจำนวนมากให้แก่ปัญญาประดิษฐ์ จะเกิดการเรียนรู้เชิงลึกขึ้น (Deep learning; **DL**) ปัญญาประดิษฐ์จะสามารถประมวลผลได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น จากงานวิจัยก่อนหน้าพบว่าการใช้ ML ในทางนิติวิทยาศาสตร์ สามารถช่วยวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมหาศาลได้อย่างรวดเร็ว และสามารถจำลอง หรือจับคู่ความเป็นไปได้ทางนิติวิทยาศาสตร์อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น และให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือนำไปสู่ความสำเร็จทางกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์อย่างมาก (Nayerifard et al., 2023) เช่นงานวิจัยของ Raffael และคณะ ในปี 2022 ได้นำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์มาช่วยตรวจจับภาพถ่ายน้ำอสุจิจากกล้องจุลทรรศน์ โดย AI สามารถตรวจจับภาพน้ำอสุจิได้แม่นยำมากกว่า 90% ถึงแม้ว่าภายในตัวอย่างจะมีปริมาณน้ำอสุจิเพียงเล็กน้อยก็ตาม (Golomingi et al., 2022) อีกทั้งยังมีการนำ ML มาใช้ตรวจสอบการปลอมแปลงภาพที่นำมาสู่ความขัดแย้งทางการเมือง การยุยงปลุกปั่น และใช้ในการเผยแพร่ความเกลียดชังทางด้านเชื้อชาติ ที่ประสบความสำเร็จอีกด้วย (Atiyah et al., 2022)

เนื่องจากสารอินทรีย์และสารคัดหลั่งบางชนิดสามารถเรืองแสงในลักษณะคล้ายน้ำอสุจิเมื่อใช้เทคนิค Polilight คณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาต้นแบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อช่วยจำแนกการเรืองแสงของน้ำอสุจิจากสารอื่น ๆ ที่มีความยาวคลื่นเดียวกัน ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความรวดเร็วใน

การตรวจหาพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ในคดีทางเพศและการสืบสวนคดีอื่น ๆ และสามารถประยุกต์ใช้ในกระบวนการนิติวิทยาศาสตร์ การตรวจพิสูจน์หลักฐานในประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. จริยธรรมการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้รับการพิจารณาและอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ (เลขที่โครงการ: 67AH044)

2. การเก็บตัวอย่างทางชีวภาพ

ตัวอย่างได้จากศรีจำปาคลินิกเทคนิคการแพทย์ ได้แก่ น้ำอสุจิ และน้ำปัสสาวะ ซึ่งไม่สามารถระบุเจ้าของตัวอย่างได้ และนำมาเก็บรักษาเพื่อรอทำการวิจัยที่อาคารปิยชาติ ชั้น 6 ห้อง 628 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

3. การเตรียมตัวอย่าง

3.1. ตัดผ้าโพลีเอสเตอร์ให้มีขนาด 5 x 5 เซนติเมตร เท่ากัน

3.2. นำน้ำอสุจิ, นมโคพาสเจอไรส์, น้ำปัสสาวะ หยดลงบนกางเกงชั้นในที่ตัดแล้วปริมาณ 100 µL

3.3 ทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. การถ่ายภาพ

5.1. ถ่ายภาพในห้องมืดทึบที่แสงไม่สามารถเข้าถึงได้

5.2. ตั้งกล้องโทรศัพท์มือถือทำมุมตั้งฉาก 90 องศา และตั้งห่างกับผ้าที่หยดตัวอย่างเอาไว้ 10 เซนติเมตร

5.3. ใช้เครื่อง Polilight ส่องตัวอย่างโดยตั้งห่างจากผ้าที่หยดตัวอย่างเอาไว้ 10 เซนติเมตร

5.4. ถ่ายภาพโดยกำหนดแสงจากเครื่อง Polilight 2 ลักษณะ คือ

5.4.1. ใช้เครื่อง Polilight ส่องลงไปโดยให้แสงอยู่ตรงกลางของคราบตัวอย่าง

5.4.2. เลื่อนผ้าที่หยดตัวอย่างโดยให้ผ้ายังคงอยู่ในรัศมีของแสงจากเครื่อง Polilight

5.5 กดถ่ายภาพ

6. การป้อนข้อมูลสำหรับ Machine learning

เทรนปัญญาประดิษฐ์โดยใช้ Model Roboflow 3.0 Object Detection (Fast) ภายใต้เว็บไซต์ Roboflow (https://roboflow.com/) โดยนำภาพที่ถ่ายได้ทั้งหมดจำนวน 1,800 ภาพ มาทำการเพิ่มจำนวนชุดข้อมูลของภาพให้มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น เช่น Flip คือ การพลิกภาพในแนวนอน (Horizontal), 90° Rotate, Crop,

Rotation คือ หมุนภาพภายในช่วง -15° ถึง +15°, Shear คือ การบิดภาพในแนวนอน (+10°) และแนวตั้ง (+10°) และ Saturation คือ ปรับค่าความอิ่มตัวของสีในช่วง-25% ถึง +25% เป็นต้น

ทั้งนี้ ในการวิจัยในครั้งนี้จะมีภาพทั้งหมด 4,322 ภาพ ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ โดยชุดข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น จำนวน 3 ชุด ได้แก่ ชุดฝึก (Training Set) จำนวน 3,783 ภาพ ชุดตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Set) จำนวน 359 ภาพ และชุดทดสอบ (Testing Set) จำนวน 180 ภาพ ซึ่งโปรแกรมได้มีการสร้างความหลากหลายให้กับข้อมูล เพื่อให้ AI เรียนรู้มากขึ้น

7. ทดสอบ Unknown

7.1. นำผ้ามาหยดด้วยน้ำอสุจิ, นมโคพาสเจอไรส์, ปัสสาวะ โดยหยดนน้ำอสุจิทั้งหมด 20 ตัวอย่าง, นมโคพาสเจอไรส์ 10 ตัวอย่าง, ปัสสาวะ 10 ตัวอย่าง

7.2. ทิ้งให้แห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

7.3. ถ่ายภาพ เช่นเดียวกับขั้นตอนการถ่ายภาพ

7.4. นำภาพที่ได้มาตรวจจับหาคราบอสุจิโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ที่ฝึกฝนโดยโปรแกรม Roboflow

8. การวิเคราะห์ค่าสถิติ

สำหรับการวิเคราะห์ค่าสถิติในงานวิจัยนี้ ใช้ตัวชี้วัดทางสถิติเพื่อประเมินประสิทธิภาพของโมเดลปัญญาประดิษฐ์ ได้แก่ ค่าความแม่นยำ (Precision) ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนระหว่างผลลัพธ์ที่โมเดลทำนายว่าถูกต้อง (True Positives; **TP**) ต่อผลลัพธ์ที่โมเดลทำนายผิดว่าเป็นคราบ (False Positives; **FP**), ค่า Recall หรือที่เรียกว่า Sensitivity ซึ่งประเมินความไวของโมเดลในการตรวจจับคราบจากอัตราส่วนระหว่าง TP ต่อผลลัพธ์ที่โมเดลพลาดการตรวจจับ (False Negatives; **FN**), และ ค่าความแม่นยำเฉลี่ย (Mean Average Precision; mAP) ซึ่งใช้สำหรับสรุปความแม่นยำโดยรวมในการตรวจจับคราบทุกประเภทในทุกสถานการณ์ ตัวชี้วัดเหล่านี้ช่วยสะท้อนความถูกต้องและความสมบูรณ์ของผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาโมเดล รวมถึงประสิทธิภาพของการจำแนกประเภทของคราบที่ใช้ในงานวิจัยนี้อย่างละเอียดและน่าเชื่อถือ

ผลการวิจัย

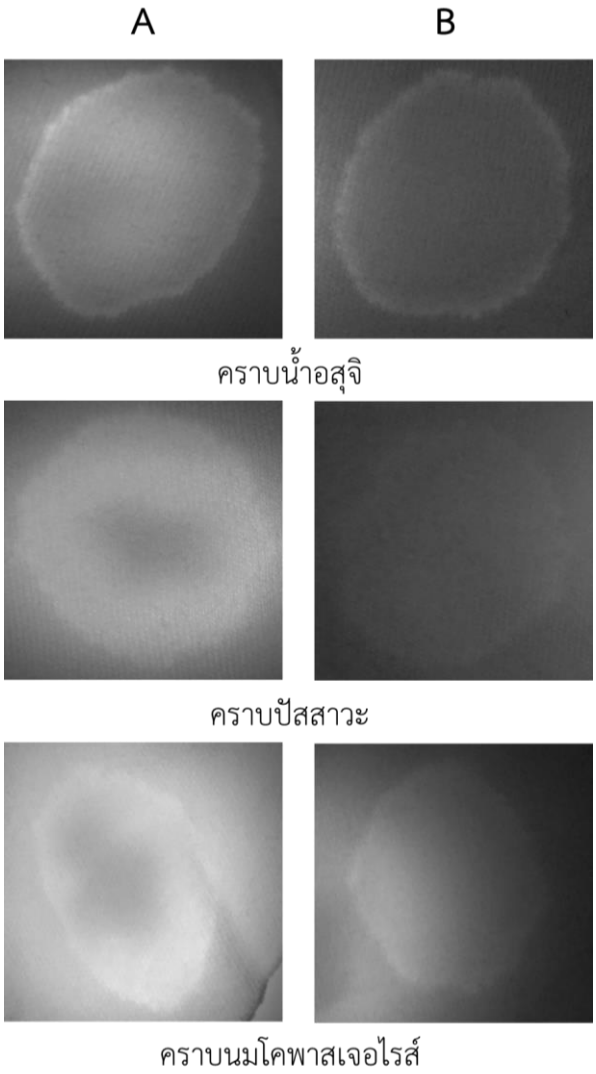
จากการฝึกฝนและพัฒนาโมเดล AI เพื่อใช้ในการจำแนกประเภทของคราบตัวอย่าง พบว่าโมเดลมีประสิทธิภาพสูงในการทำนายผล ดังแสดงจากค่าทางสถิติหลัก ได้แก่ ค่าความแม่นยำที่อยู่ในระดับ 99.9% และค่าการตรวจจับผลถูกต้องครอบคลุมทั้งหมดเท่ากับ 99.9% ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการจำแนกตัวอย่างในทุกกรณีอย่างถูกต้องและครอบคลุมอย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ค่าความแม่นยำเฉลี่ย ซึ่งเป็นดัชนีการวัดผลโดยรวมของความแม่นยำในการจำแนกประเภทตัวอย่างอยู่ที่ 99.5%

ผลลัพธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นถึงศักยภาพและความน่าเชื่อถือของโมเดล AI ในการทำนายและจำแนกคราบประเภทต่าง ๆ ได้แก่ คราบน้ำอสุจิ คราบปัสสาวะ และคราบนมโคพาสเจอไรส์ ได้อย่างครบถ้วนและแม่นยำในระดับสูง (ภาพที่ 1) อีกทั้งยังเป็นการยืนยันถึงความเหมาะสมของกระบวนการพัฒนาโมเดล รวมถึงความสามารถในการนำโมเดลไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยหรือการตรวจวิเคราะห์ทางนิติวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของโมเดลในการตรวจจับคราบน้ำอสุจิภายใต้เงื่อนไขแสงไฟ Polilight ที่แตกต่างกัน

เงื่อนไขการถ่ายภาพ	**ความจำเพาะ (%)**	**ความไว (%)**	**ความแม่นยำ (%)**
อยู่ในแสง polilight โดยตรง	73.33	64	67.5
ไม่อยู่ในแสง polilight โดยตรง	0	50	0

จากการทดลองนำตัวอย่างทดสอบ (unknown) จำนวน 40 ตัวอย่าง ที่ประกอบด้วยคราบน้ำอสุจิ คราบนมโคพาสเจอไรส์ และคราบน้ำปัสสาวะ มาทำนายด้วยโมเดลที่พัฒนา (ตารางที่ 1) พบว่า ภาพตัวอย่างที่อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรง (ภาพที่ 1A) โมเดลสามารถตรวจจับและแยกแยะคราบน้ำอสุจิออกจากคราบชนิดอื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ค่าความจำเพาะ 73.33% ค่าความไว 64% และความแม่นยำ 67.5% อย่างไรก็ตาม เมื่อ ภาพตัวอย่างไม่ได้อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรง (ภาพที่ 1B) ค่าความจำเพาะและความแม่นยำในการตรวจจับคราบน้ำอสุจิไม่สามารถคำนวนได้เนื่องจากโมเดลที่พัฒนาให้ผลออกมาเป็นคราบน้ำอสุจิทั้งหมด โดยมีค่าความไวอยู่ที่ 50%



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการเรืองแสงภายใต้แสง Polilight 3 ตัวอย่าง ได้แก่ คราบน้ำอสุจิ คราบปัสสาวะ และคราบนมโคพาสเจอไรส์ (A: ภาพตัวอย่างที่อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรง และ B: ภาพตัวอย่างไม่ได้อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรง)

ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าโมเดลสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในสภาพแสงที่เหมาะสม โดยเฉพาะในภาพที่อยู่ในแสง Polilight โดยตรง ซึ่งแสงดังกล่าวอาจช่วยเพิ่มความชัดเจนของสัญญาณฟลูออเรสเซนต์ในคราบน้ำอสุจิ ทำให้โมเดลสามารถแยกแยะคราบต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ไม่ได้รับแสงโดยตรงอาจมีความคมชัดและการสะท้อนแสงที่ลดลง ส่งผลต่อความสามารถในการตรวจจับของโมเดล

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองที่ได้ดำเนินการ AI แสดงค่าความแม่นยำเฉลี่ยถึง 99.5% ซึ่งบ่งชี้ถึงความสามารถในการทำนายตำแหน่งของคราบน้ำอสุจิ, คราบน้ำปัสสาวะ และคราบนมโคพาสเจอไรส์ในภาพได้อย่างแม่นยำและสอดคล้องกับข้อมูลจริง นอกจากนี้ ค่า Recall ของโมเดลอยู่ที่ 99.9% แสดงถึงความสามารถในการตรวจจับคราบต่าง ๆ ได้อย่างครอบคลุม โดยไม่พลาดการตรวจจับคราบที่สำคัญ และค่าความแม่นยำที่ 99.9% สะท้อนถึงความถูกต้องของการทำนายว่าคราบที่ตรวจพบเป็นคราบน้ำอสุจิจริง ๆ

อย่างไรก็ตาม เมื่อทดสอบโมเดลกับภาพตัวอย่าง 40 ภาพ พบว่าภาพที่อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรง โมเดลสามารถตรวจจับคราบน้ำอสุจิได้ด้วยค่าความจำเพาะ 73.33% ค่าความไว 64% และความแม่นยำอยู่ที่ 67.5% ในทางตรงกันข้าม ภาพที่ไม่ได้อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรง ค่าความจำเพาะและความไวลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ระบุว่าแสง Polilight เป็นเทคนิคที่ปลอดภัย เรียบง่าย ไม่ทำลายตัวอย่าง และเหมาะสมสำหรับการใช้งานในงานนิติวิทยาศาสตร์ (Vandenberg & van Oorschot, 2006) อย่างไรก็ตาม ความไวของการตรวจจับคราบโลหิตด้วย Luminol สูงกว่า Polilight แต่ Polilight มีประโยชน์เฉพาะในกรณีที่คราบโลหิตถูกปกปิดด้วยสี

ดังนั้น เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลในสภาวะที่แสงไม่เอื้ออำนวย ควรพิจารณาปรับภาพตัวอย่างที่ไม่ได้อยู่ในรัศมีของแสงไฟ Polilight โดยตรงในการฝึกสอนโมเดล AI ให้มีความสมดุลกับตัวอย่างอื่นๆ เพื่อให้โมเดลมีความสามารถในการตรวจจับคราบในสภาวะแสงที่หลากหลายมากขึ้น นอกจากนี้ ควรพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของโมเดล (Nayerifard et al. 2023) เช่น การรบกวนของแสงจากหน้าจอโทรศัพท์ขณะถ่ายภาพ เพื่อให้การตรวจจับคราบน้ำอสุจิและคราบอื่น ๆ มีความแม่นยำและเชื่อถือได้มากยิ่งขึ้น

สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบที่แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการบูรณาการ AI กับเทคนิค Polilight เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความรวดเร็วในการตรวจหาคราบน้ำอสุจิจากวัตถุพยานทางนิติวิทยาศาสตร์ในคดีทางเพศและการสืบสวนคดีอื่น ๆ การเพิ่มชุดข้อมูลภาพที่หลากหลายในการฝึกฝนโมเดล คาดว่าจะช่วยลดข้อจำกัดและปรับปรุงความแม่นยำของระบบได้ในอนาคต ดังนั้น การใช้ AI ควบคู่กับ Polilight ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มศักยภาพในการตรวจพิสูจน์หลักฐาน แต่ยังช่วยสนับสนุนการตัดสินใจเบื้องต้น (screening) ของเจ้าหน้าที่หรือบุคคลที่เกี่ยวข้องในกระบวนการตรวจพิสูจน์หลักฐานของประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณคลินิกศรีจำปาแลป จังหวัดสมุทรสงคราม สำหรับการสนับสนุนตัวอย่างน้ำอสุจิและน้ำปัสสาวะ เพื่อใช้ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

สุทัศน์ มาลโรจน์. (2552). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการกระทำความผิดทางเพศของผู้ต้องขังคดีข่มขืนกระทำชำเราในเรือนจำกลางบางขวาง. วิทยานิพนธ์ ศิลปะศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ปทุมธานี.

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2563). สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) หน่วยงาน ทั่วประเทศ 2563. แหล่งข้อมูล: https://data.go.th/dataset/7d9d151a-4edf-4238-ae56-11f56700f2c2/resource/c9bbe59e-ef1d-40d3-9918-4358d2aeba1a/download/rtp_opendata_-4-_2563.pdf

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2564). สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) หน่วยงาน ทั่วประเทศ 2564. แหล่งข้อมูล: https://data.go.th/dataset/7d9d151a-4edf-4238-ae56-11f56700f2c2/resource/c3467425-5fd6-4d72-9729-1799bd5759bc/download/rtp_opendata_-4-_2564.pdf

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2565). สถิติฐานความผิดคดีอาญา (คดี 4 กลุ่ม) หน่วยงาน ทั่วประเทศ 2565. แหล่งข้อมูล: https://data.go.th/dataset/7d9d151a-4edf-4238-ae56-11f56700f2c2/resource/5ad3b830-a312-45b5-a587-6137bb648500/download/rtp_opendata_-4-_2565.pdf

Atiyah, J., Noori, Z., & Shihab, A. (2022). Image forensic and analytics using machine learning. Journal of Forensic Research, 12, 69-93.

Golomingi, R., Haas, C., Dobay, A., Kottner, S., & Ebert, L. (2022). Sperm hunting on optical microscope slides for forensic analysis with deep convolutional networks - A feasibility study. Forensic Science International: Genetics, 56, 1878-0326. https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2022.102623

Lee, W. C. K. B. E. (2010). Forensic light sources for detection of biological evidences in crime scene. Penang: University Sains Malaysia.

Nayerifard, T., Amintoosi, H., Bafghi, A. G., & Dehghantanha, A. (2023). Machine learning in digital forensics: A systematic literature review. ArXiv, abs/2306.04965.

Vandenberg, N., & van Oorschot, R. A. (2006). The use of Polilight in the detection of seminal fluid, saliva, and bloodstains and comparison with conventional chemical-based screening tests. Journal of Forensic Sciences, 51(2), 361-370. https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2006.00065.x

รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

Life Goal Planning Model for the Quality of Life of the Elderly in The Upper Northern Region

ณภัทร ส่งมหาชัย[1], อุมาภรณ์ คงอุไร[2], จตุรงค์ เหมรา[3]*, ธนิกาภรณ์ วงศ์วัชรอำพน[4]

Napat Songmahachai[1],Umaporn Kongurai[2], Chaturong Hamera[3], Thanikaporn Wongvacharaumpon[4]

[1,2]คณะศิลปศาสตร์, [3]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตลำปาง

[4]ที่อยู่ 471หมู่ 10 ถนนสันทรายเก่า ตำบลสันทรายน้อย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

[1,2]Faculty of liberal arts, [3]Faculty of Education TNSU Lampang Campus,

[4]471 Moo10 Sansaikea Tombon Sansainoi Amphor Sansai Chiengmai Province

*Corresponding author E-mail: hemaraipe@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนาเพื่อศึกษา ประสิทธิผลของรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน กลุ่มตัวอย่างคือผู้สูงอายุที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*power version 3.1.2 ได้กลุ่มตัวอย่าง 62 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 31 คนเครื่องมือวิจัย รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.85 และมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.89; S.D. = 0.11) โดยใช้สถิติการทดสอบค่าที (Independent t-test) วิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สรุปได้ว่า การวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน มีประสิทธิผล

คำสำคัญ: การวางแผนเป้าหมายชีวิต คุณภาพชีวิต ผู้สูงอายุ

Abstract

This research and development study aimed to evaluate the effectiveness of a life goal planning model to enhance the quality of life among older adults in the Upper Northern Region of Thailand. The sample consisted of 62 elderly individuals aged 60 years and above, residing in the region. The sample size was determined using the G*power program version 3.1.2, with purposive sampling employed to divide participants into experimental and control groups, each comprising 31 individuals. The research instrument was the life goal planning model

designed to enhance the quality of life of older adults in the Upper Northern Region. The model had a content validity index (IOC) of 0.85 and was rated as highly appropriate ($\overline{X}$ = 4.89; S.D. = 0.11). The study employed Independent t-test statistics for data analysis. The results revealed that the experimental group had a significantly higher mean score in life goal planning to enhance their quality of life compared to the control group, at a significance level of 0.05.

In conclusion, the life goal planning model developed in this study is effective in improving the quality of life of older adults in the Upper Northern Region of Thailand.

Keywords: Life goal planning, Quality of life, Elderly

บทนำ

ประเทศไทยกำลังเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุอย่างเต็มรูปแบบ โดยในปี พ.ศ. 2562 มีจำนวนประชากรที่มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 17.50 ของประชากรทั้งหมด และคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2574 ประเทศไทยจะเข้าสู่สถานะ "สังคมผู้สูงอายุระดับสุดยอด" (Super-aged Society) ซึ่งประชากรผู้สูงอายุจะมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 28 ของจำนวนประชากรทั้งหมด (กรมกิจการผู้สูงอายุ, 2562) สถานการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดความท้าทายสำคัญต่อระบบสาธารณสุขและนโยบายด้านสวัสดิการ โดยเฉพาะการเตรียมพร้อมเพื่อรองรับความต้องการด้านสุขภาพ คุณภาพชีวิต และความมั่นคงในชีวิตของผู้สูงอายุ

คุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างมากในระดับสากล องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้กำหนดกรอบแนวคิดด้านคุณภาพชีวิตที่ครอบคลุมองค์ประกอบสำคัญ 4 ด้าน ได้แก่ สุขภาพกาย สุขภาพจิต สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม และความสัมพันธ์ในครอบครัว (Ferrans, 1996) การพัฒนาคุณภาพชีวิตในแต่ละมิติเหล่านี้ต้องอาศัยการวางแผนชีวิตที่เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงวัยสูงอายุที่ระบบร่างกายและจิตใจเริ่มเสื่อมสภาพ การวางแผนเป้าหมายชีวิตจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้ผู้สูงอายุสามารถกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลง และพัฒนาวิถีชีวิตที่สมดุลและยั่งยืน

การวิจัยก่อนหน้าได้ชี้ให้เห็นว่า การวางแผนเป้าหมายชีวิตมีผลสำคัญต่อการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ เช่น การศึกษาของ Damon et al. (2003) พบว่าการมีเป้าหมายชีวิตช่วยกระตุ้นให้ผู้สูงอายุมีแรงจูงใจในการดูแลสุขภาพและการใช้ชีวิตอย่างมีความหมาย ในบริบทของประเทศไทย การศึกษาของ กิตติพงศ์ สาสวด (2560) พบว่าปัจจัยครอบครัวและสุขภาพจิตมีบทบาทสำคัญต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ โดยเฉพาะในด้านความสัมพันธ์ภายในครอบครัวและความสามารถในการดำรงชีวิตด้วยตนเอง

ด้วยความสำคัญของประเด็นดังกล่าว การศึกษานี้มุ่งพัฒนารูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน โดยเน้นการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุในกระบวนการวางแผนชีวิตที่ครอบคลุมทุกมิติ ผลการวิจัยนี้คาดว่าจะเป็นต้นแบบสำคัญสำหรับการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในบริบทของชุมชนชนบทและพื้นที่อื่นๆ ในประเทศไทยอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน

สมมติฐานของการวิจัย

กลุ่มที่ใช้รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน มีค่าเฉลี่ยการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุม และสูงกว่าก่อนการใช้รูปแบบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development เพื่อศึกษา เพื่อศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบ น งานวิจัยดังกล่าวได้ผ่านการประเมินจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี นครลำปาง สถาบันพระบรมราชชนก สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงสาธารณสุข หมายเลข 031/2567

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ และอาศัยอยู่ใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน

กลุ่มตัวอย่างได้แก่ ผู้สูงอายุที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไปในพื้นที่ดังกล่าว สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้ตามปกติ กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป G*power version 3.1.2 โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 อำนาจการทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.95 ขนาดอิทธิพลค่าความแตกต่าง (Effect size) เท่ากับ 0.472 ซึ่งเป็นขนาดอิทธิพลในระดับสูง ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 62 คน ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัย คัดเลือกกลุ่มทดลองแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จากกลุ่มตัวอย่างที่มีผลการประเมินคุณภาพชีวิตอยู่ในระดับปานกลางลงมาและสมัครใจเข้าร่วมการวิจัยเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 31 คน โดยการเลือกเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยการจับคู่ (matching pair)

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม/และออกจากกลุ่มในการเข้าร่วมโครงการวิจัย

1. เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม (Inclusion Criteria) กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจและลงนามในเอกสารยินยอม โดยกำหนดเกณฑ์การคัดเลือกดังนี้

1.1 มีอายุระหว่าง 60 ปีขึ้นไปและมีความสามารถช่วยเหลือตนเองได้ดี

1.2 มีค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพชีวิตในระดับ 1.50 ขึ้นไป

1.3 สามารถปฏิบัติกิจวัตรประจำวันได้อย่างอิสระ

1.4 สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ไม่น้อยกว่า 80%

1.5 เป็นผู้ที่ให้ความร่วมมือในโครงการวิจัย

2. เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากกลุ่ม (Exclusion Criteria)

2.1 มีเหตุทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยได้

2.2 แจ้งความจำนงขอออกจากโครงการวิจัย

เครื่องมือวิจัย

1. รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน

2. แบบประเมินการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือ

1. รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน

1.1. การวิเคราะห์ การสังเคราะห์เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2. ศึกษาบริบทเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนวิชาพลศึกษา

1.3. ยกร่างรูปแบบการจัดการเรียนการสอนวิชาพลศึกษาด้วยกระบวนการสะท้อนคิด

1.4. ตรวจสอบความตรง (Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.85

1.5. ผลการประเมินคุณภาพรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนตามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้สูงอายุ พบว่า รูปแบบฯ มีมาตรฐานทุกด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ได้แก่ ด้านความเป็นไปได้ ด้านความเหมาะสม ด้านการใช้ประโยชน์ และด้านความถูกต้องแม่นยำ ($\bar{X}$=4.89; SD=0.11)

รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

1. วัตถุประสงค์รูปแบบ

เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

2. องค์ประกอบรูปแบบ

1. ด้านสุขภาพกายและจิตใจ: การดูแลสุขภาพ ป้องกันโรค และเสริมสร้างสุขภาวะ

2. ด้านครอบครัว: การสร้างความสัมพันธ์และการให้คำปรึกษาภายในครอบครัว

3. ด้านที่อยู่อาศัยและเศรษฐกิจ: การจัดการทรัพยากร การเงิน และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

4. ด้านสังคม: การมีส่วนร่วมในกิจกรรมชุมชน

5. ด้านการเรียนรู้เทคโนโลยี: การเรียนรู้และพัฒนาใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย

3. กิจกรรมของรูปแบบ

แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน:

1. ขั้นประสบการณ์ (Experience Phase): ประเมินความคิดเห็นและประสบการณ์เพื่อกำหนดเป้าหมายคุณภาพชีวิต

2. ขั้นสะท้อนคิด (Reflection & Discussion Phase): การระดมความคิดเห็นและวางแผนดำเนินกิจกรรม

3. ขั้นความคิดรวบยอด (Conceptualize Phase): การสรุปผลและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

4. ขั้นประยุกต์ใช้ (Application Phase): ปฏิบัติจริง พร้อมการสะท้อนคิดและการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

4. ระยะเวลา

รูปแบบดำเนินการเป็นเวลา 8 สัปดาห์ โดยมีการติดตาม ตรวจเยี่ยม และการกระตุ้นจากทีมวิจัย

5. การประเมินผล

ใช้แบบประเมินการวางแผนเป้าหมายชีวิตและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

2. แบบประเมินการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน

2.1 ตรวจสอบความตรง (Validity) นำแบบสอบถามไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา โดยการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Index of Congruence : IOC) เท่ากับ 0.82

2.2 การตรวจสอบความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำไปทดลองใช้ กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับประชากร และไม่ได้ถูกจัดให้เป็นกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟ่าของครอนบาช (Cronbach Alpha Coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ =.74

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการทดลองในการศึกษาวิจัย ได้ดำเนินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ผู้วิจัยแนะนำตัวและชี้แจงการพิทักษ์สิทธิของกลุ่มตัวอย่างและให้กลุ่มตัวอย่างเซ็นยินยอมในการเข้าร่วมวิจัย

2. แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้วิธีจับคู่ (Matching) ให้ผู้ร่วมกิจกรรมตอบแบบสอบถามการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน ก่อนการทดลองใช้รูปแบบและทดสอบความแตกต่างก่อนการทดลอง

3. กลุ่มทดลองเข้ารับการทดลองตามรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ และปฏิบัติตนหลังการใช้รูปแบบจำนวน 8 สัปดาห์

4. กลุ่มควบคุมปฏิบัติตนตามปกติ โดยการพบกลุ่มตัวอย่างครั้งที่ 1 (สัปดาห์ที่ 1) คณะผู้วิจัยเดินทางไปพบกลุ่มตัวอย่างที่บ้านของกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยพูดคุยซักถามความเป็นอยู่โดยทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง และนัดหมายในการพบครั้งต่อไปในสัปดาห์ที่ 8

5. ภายหลัง 8 สัปดาห์ ให้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ตอบแบบสอบถามการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบค่าเฉลี่ยการใช้รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ t - test (Independent)

ผลการวิจัย

ผลของรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการทดลองใช้รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน

รายการ	การเปรียบเทียบ	N	$\bar{X}$	SD	T	P-VALUE
ก่อนการทดลอง	กลุ่มทดลอง	31	3.93	0.58	-.228	.904
เป้าหมายชีวิต	กลุ่มควบคุม	31	3.90	.54		
คุณภาพชีวิต	กลุ่มทดลอง	31	3.37	.96	-1.973	.262
	กลุ่มควบคุม	31	2.80	1.24		
หลังการทดลอง	กลุ่มทดลอง	31	3.77	0.50	-2.137	.03*
เป้าหมายชีวิต	กลุ่มควบคุม	31	3.48	0.57		
คุณภาพชีวิต	กลุ่มทดลอง	31	4.85	0.66	-4.041	.01*
	กลุ่มควบคุม	31	4.13	0.48		

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ภายหลังการอบรมเชิงปฏิบัติการ กลุ่มทดลองมีการนำแผนเป้าหมายชีวิตไปปฏิบัติเพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตในทุกด้าน ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 3.77, S.D = .50) และมีความคาดหวังต่อคุณภาพชีวิตในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.58, S.D .66) ผลการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองมีการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการวิจัยจะให้เห็นว่ารูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบนมีประสิทธิผล โดยกระบวนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก:

1. การเรียนรู้จากประสบการณ์
2. การสะท้อนคิดและวางแผน
3. การทดลองใช้ในชีวิตประจำวัน
4. การประเมินผลและปรับปรุง

ผลลัพธ์ที่สำคัญ

1. กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยการวางแผนเป้าหมายชีวิตและคุณภาพชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. กลุ่มทดลองมีการพัฒนาด้านสุขภาพจิต ความสัมพันธ์ในครอบครัว สถานะทางเศรษฐกิจ และการมีส่วนร่วมในสังคมมากกว่ากลุ่มควบคุม

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยในครั้งนี้ชี้ให้เห็นถึงประสิทธิผลของรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบน โดยรูปแบบดังกล่าวถูกออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการและบริบทของผู้สูงอายุในพื้นที่ ทั้งนี้ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการทดลองมีคุณภาพชีวิตสูงขึ้นในทุกมิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ซึ่งผลลัพธ์เหล่านี้สอดคล้องกับกรอบแนวคิดขององค์การอนามัยโลก (WHO) ที่ชี้ว่าคุณภาพชีวิตประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพ จิตใจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่สมดุล (Ferrans, 1996)

การเรียนรู้จากประสบการณ์: กระบวนการแรกของรูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิต เน้นการเรียนรู้จากประสบการณ์ของผู้สูงอายุเพื่อกำหนดเป้าหมายที่เหมาะสมกับตนเอง พบว่าการนำประสบการณ์ส่วนตัวมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการตั้งเป้าหมายชีวิตช่วยให้ผู้สูงอายุมีความเข้าใจตนเองและจัดลำดับความสำคัญได้ชัดเจน ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ กิตติพงศ์ สาสวด (2560) ที่พบว่าปัจจัยด้านจิตลักษณะและครอบครัวมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในประเทศไทย การนำประสบการณ์มาประกอบการวางแผนชีวิตยังช่วยส่งเสริมความสามารถของผู้สูงอายุในการระบุปัญหาและความต้องการส่วนบุคคล ซึ่งสนับสนุนแนวคิด Active Ageing ที่มุ่งเน้นให้ผู้สูงอายุเป็นศูนย์กลางในการดูแลและปรับปรุงคุณภาพชีวิตของตนเองโดยไม่ต้องพึ่งพาผู้อื่น

การสะท้อนคิดและวางแผน: กระบวนการสะท้อนคิดและวางแผนที่ดำเนินการผ่านการระดมสมองในกลุ่มทดลอง แสดงให้เห็นว่าการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่มช่วยเสริมสร้างความสัมพันธ์ทางสังคมและสร้างแรงจูงใจในการดำเนินชีวิตให้สำเร็จตามเป้าหมาย การศึกษาโดย รัชกฤช สำมะเณร และ ธัชกร ธิติลักษณ์ (2566) ชี้ว่า การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมและการสนับสนุนจากครอบครัวช่วยเพิ่มความมั่นคงในด้านสุขภาพจิตและสร้างการยอมรับในชุมชน ซึ่งช่วยลดปัญหาความเหงาและความโดดเดี่ยวของผู้สูงอายุ

การทดลองใช้ในชีวิตประจำวัน: ผลการทดลองในกลุ่มตัวอย่างแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการลงมือปฏิบัติตามเป้าหมายที่กำหนด โดยมีการดำเนินกิจกรรมที่ครอบคลุมด้านสุขภาพกาย สุขภาพจิต ครอบครัว ที่อยู่อาศัย เศรษฐกิจ และการเรียนรู้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับการศึกษาของ ศรุติ กิตติมหาชัย (2561) ที่ระบุว่าการวางแผนการเงินและการเรียนรู้เทคโนโลยีช่วยเตรียมความพร้อมสำหรับวัยเกษียณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประสิทธิผลของการประยุกต์ใช้: หลังจากดำเนินการตามรูปแบบการวางแผน 8 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีคะแนนการวางแผนเป้าหมายชีวิตและคุณภาพชีวิตสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในด้านสุขภาพจิตและความสัมพันธ์ในครอบครัว ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ จงรัก สุวรรณรัตน์ และ กรฐณธัช ปัญญาใส (2562) ที่พบว่าการมีส่วนร่วมในการวางแผนกิจกรรมเพื่อส่งเสริมสุขภาพช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตในทุกมิติ

การประยุกต์ใช้รูปแบบนี้ยังช่วยเพิ่มการตระหนักรู้ในความสำคัญของการดูแลสุขภาพและการเตรียมความพร้อมสำหรับอนาคต โดยเฉพาะการปรับตัวให้เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงทางร่างกายและจิตใจเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ การค้นพบนี้ยืนยันว่าการจัดการที่เหมาะสมสามารถลดผลกระทบจากการเสื่อมถอยทางร่างกายและสร้างสมดุลในการดำเนินชีวิตได้อย่างยั่งยืน

สรุปผล

รูปแบบการวางแผนเป้าหมายชีวิตเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุในเขตภาคเหนือตอนบนสามารถเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุได้อย่างมีนัยสำคัญในด้านสุขภาพกายและจิตใจ ครอบครัว เศรษฐกิจ และสังคม การวิจัยนี้ยืนยันว่าการมีเป้าหมายที่ชัดเจนและการดำเนินชีวิตตามแผนที่กำหนดไว้สามารถนำไปสู่การมีชีวิตที่สมดุลและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุ

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงศ์ สาสวด. 2560. ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุ จังหวัดภาคตะวันออก. วารสารชุมชนวิจัย, 11(2), 1-15.

จงรัก สุวรรณรัตน์ และ กรฐณธัช ปัญญาใส. 2562. ประสิทธิผลของรูปแบบการมีส่วนร่วมการสร้างเสริมสุขภาพเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตผู้สูงอายุ. วารสารสาธารณสุข มหาวิทยาลัยบูรพา, 14(2), 45-60.

รัชกฤช สำมะเณร และ ธัชกร ธิติลักษณ์. 2023. การเตรียมความพร้อมเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุหลังเกษียณ: กรณีศึกษาเทศบาลนครพิษณุโลก. Journal of Digital Business and Social Sciences, 9(1), Article JDB0007.

ศรุติ กิตติมหาชัย. 2561. การศึกษาการวางแผนการใช้ชีวิต การวางแผนเรื่องการเงิน และการพัฒนาการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีที่มีผลต่อการเตรียมความพร้อมการเกษียณอายุของพนักงานระดับปฏิบัติการบริษัทเอกชนในเขตกรุงเทพมหานคร ปริญญานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

Brecht, G. 1996. Sorting out goals. Sydney: Prentice Hall.

Beadle-Brown, J., Mansell, J., & Kozma, A. 2008. Exploring the provision of active support: A preliminary study. Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities, 21(6), 477–494.

Damon, W., Menon, J., & Bronk, K. C. 2003. The development of purpose during adolescence. Applied Developmental Science, 7(3), 119–128.

Ferrans, C. E. 1996. Development of a conceptual model of quality of life. Scholarly Inquiry for Nursing Practice, 10(3), 293–304.

ผลของชนิดสารช่วยยึดเกาะต่อคุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดฟ้าทะลายโจร

The Effects of different binding agents on the physical properties of Adrographis paniculata tablets

ชานน สกุลอินทร์[1*] มนตรี จาตุรันต์ภิญโญ[1] และวารี ลิมป์วิกรานต์[1]

Chanon Sakulin[1*], Montree jaturanpinyo[1] and Waree Limwikrant[1]

[1] คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 447 ถนนศรีอยุธยา แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

[1] Faculty of Pharmacy, Mahidol University. 447 Sri-Ayuthaya Road, Rajathevi, Bangkok 10400

*Corresponding author E-mail: chanon.sak@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ฟ้าทะลายโจรเป็นสมุนไพรท้องถิ่น ใช้กันอย่างแพร่หลาย มีสรรพคุณในการบรรเทาอาการของโรคหวัดและอาการเจ็บคอ หนึ่งในรูปแบบที่นิยมรับประทานคือ ยาเม็ด ฟ้าทะลายโจรสามารถนำมาผลิตเป็นยาเม็ดได้ โดยผงยาที่สามารถตอกอัดเป็นเม็ดได้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ความสามารถในการไหล และความสามารถในการตอกอัดที่ดี แต่เนื่องจากผงยาฟ้าทะลายโจรมีความสามารถในการไหลและตอกอัดที่ไม่ดี ผู้วิจัยจึงสนใจการเตรียมยาเม็ดด้วยวิธีการทำแกรนูลเปียก ปัญหาที่พบคือ ยาเม็ดฟ้าทะลายโจรที่ผลิตได้นั้นมีความแข็งต่ำ ส่งผลให้มีความกร่อนสูง และเวลาในการแตกตัวที่เร็วเกินไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดสารช่วยยึดเกาะต่อคุณสมบัติยาเม็ดฟ้าทะลายโจร โดยสารยึดช่วยเกาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ Starch paste, Polyvinylpyrrolidone K-29/32, Polyvinylpyrrolidone K-90, Hydroxypropyl Methyl Cellulose E15 และ Pregelatinized starch เมื่อผลิตยาเม็ดฟ้าทะลายโจรได้แล้วจึงนำไปประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ 5 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความผันแปรของน้ำหนัก ความแข็ง ความหนา ความกร่อน และเวลาในการแตกตัว จากการประเมินพบว่า ยาเม็ดที่ผลิตได้มีน้ำหนักเฉลี่ยต่อเม็ดอยู่ในช่วง 352 – 356 มิลลิกรัม ความแข็ง 38 – 97 นิวตัน ความหนา 3.87 – 4.49 มิลลิเมตร ความกร่อนร้อยละ 0.11 – 0.67 และแตกตัวอย่างสมบูรณ์ภายใน 25 นาที โดยสูตรตำรับที่มีความเหมาะในการนำมาใช้งานมากที่สุดคือ สูตรตำรับที่ใช้ Starch paste เป็นสารช่วยยึดเกาะ

คำสำคัญ : ฟ้าทะลายโจร สารช่วยยึดเกาะ แกรนูล คุณสมบัติทางกายภาพ

Abstract

Andrographis paniculata is a traditional herbal medicine widely used for relieving cold symptoms and sore throats. It can be processed into tablets by using wet granulation method due to their poor flowability and compressibility. However, a significant challenge associated with these tablets is their low hardness, which results in high friability and rapid disintegration times. This study aimed to evaluate the impact of various binders on the physical properties of Andrographis paniculata tablets. The binders tested included starch paste, Polyvinylpyrrolidone (PVP) K-29/32, PVP K-90, Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) E15, and pregelatinized starch. After tablet production, the physical characteristics were evaluated using five parameters: weight variation, hardness, thickness, friability, and disintegration time. The results demonstrated that the tablets exhibited an average weight ranging from 352 to 356 milligrams, hardness between 38 and 97 Newtons, thickness from 3.87 to 4.49 millimeters, friability between 0.11% and 0.67%, and complete disintegration within 25 minutes. Among the formulations tested, starch paste was identified as the most effective binder, resulting in the most suitable tablet characteristics for practical use.

Keywords : Andrograhis paniculata, Binding agent, Granule, Physical properties

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร (Andrographis paniculata) เป็นสมุนไพรท้องถิ่นในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยนิยมนำส่วนของใบและลำต้นใต้ดินมาทำเป็นยารักษาโรค โดยเฉพาะโรคไข้หวัดใหญ่ ในประเทศไทยได้บรรจุฟ้าทะลายโจรอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ (บัญชียาจากสมุนไพร) ของกระทรวงสาธารณสุข ในหมวดหมู่ยารักษากลุ่มของระบบทางเดินอาหารและระบบทางเดินหายใจ มีสรรพคุณในการบรรเทาอาการของโรคหวัดและอาการเจ็บคอ ปัจจุบันมีการนำฟ้าทะลายโจรมาทำเป็นยาลูกกลอน ยาเม็ดหรือใส่แคปซูลเพื่อสะดวกในการรับประทาน (ธนโชติ ธรรมชาติ, ม.ป.ป.) โดยมีวัตถุดิบหลักคือ ผงจากส่วนเหนือดินหรือใบที่สกัดด้วยเอทานอล หรือ เอทานอล – น้ำที่มีการควบคุมปริมาณ andrographolide ซึ่งเป็นสารสำคัญที่ออกฤทธิ์ ขนาดและวิธีใช้จะรับประทานในขนาดที่มี andrographolide 60 – 120 มิลลิกรัมต่อวัน โดยแบ่งให้วันละ 3 – 4 ครั้ง หลังอาหาร รับประทานเป็นเวลา 5 – 7 วัน (กองผลิตภัณฑ์สมุนไพร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2566)

ยาฟ้าทะลายโจรในประเทศไทยนิยมผลิตในรูปแบบแคปซูล มีข้อดีคือ ต้นทุนการผลิตต่ำ มีการแตกตัวที่รวดเร็ว รสสัมผัสไม่ขม แต่มีข้อเสียคือ อายุการใช้งานสั้น ชื้นง่าย ทำให้ยาเสื่อมสภาพได้เร็ว อีกทั้งส่วนใหญ่มีน้ำหนักผงยาในแต่ละแคปซูลไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการควบคุมกระบวนการผลิตที่ไม่ดีพอ น้ำหนัก

ผงยาจึงไม่สม่ำเสมอและไม่เป็นไปตามที่กำหนดในตำรับยา เมื่อผู้บริโภคใช้ยาตามคำแนะนำบนฉลากอาจส่งผลให้ได้รับยาในขนาดที่ไม่ถูกต้อง ขาดประสิทธิผลในการรักษา หรือเกิดอาการไม่พึงประสงค์จากการได้รับยามากเกินไป (ไตรพร วัฒนนาถ และคณะ, 2562) นอกจากนี้ยารูปแบบแคปซูล ผู้ใช้จะไม่เห็นผงยาที่อยู่ภายใน ผู้ที่มีความประสงค์ร้ายอาจแกะแคปซูลออกเพื่อเปลี่ยนหรือปลอมปนตัวยาได้ง่าย

ยาสมุนไพรในรูปแบบยาเม็ดเป็นอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้รับความนิยมมาก มีข้อดีหลายประการ เช่น มีขนาดรับประทานที่แม่นยำ กระทำการปลอมปนหรือเปลี่ยนแปลงได้ยาก มีต้นทุนในการผลิตต่ำ สะดวกในการพกพา มีน้ำหนักเบา มีความคงตัวสูง เชื้อจุลชีพเจริญเติบโตได้ยาก อีกทั้งสามารถออกแบบให้มีการปลดปล่อยตัวยาในรูปแบบที่ต้องการได้ ซึ่งการเตรียมยาเม็ดจะแบ่งออกเป็น 3 วิธีหลัก ได้แก่ การทำแกรนูลเปียก การทำแกรนูลแห้ง และการตอกโดยตรง ถึงแม้ว่าการเตรียมยาเม็ดด้วยวิธีการตอกโดยตรงจะเป็นวิธีที่มีความคุ้มค่า ง่ายต่อการผลิต ใช้กระบวนการและเครื่องมือน้อยเมื่อเทียบกับวิธีอื่น (เชาวลิต มณฑล และคณะ, 2557) แต่ต้องใช้สูตรตำรับของยาสมุนไพรที่ประกอบด้วยคุณสมบัติสำคัญ 2 ประการ คือความสามารถในการไหลที่ดี เพื่อให้ยาแต่ละเม็ดมีขนาดรับประทานที่สม่ำเสมอ และความสามารถในการตอกอัดเป็นเม็ดได้ดี แต่จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ผงยาฟ้าทะลายโจรมีคุณสมบัติการไหลและการตอกอัดไม่ดี ผู้วิจัยจึงสนใจการเตรียมยาเม็ดด้วยวิธีการทำแกรนูลเปียก ซึ่งมีขั้นตอนหลักคือ การผสมผงสมุนไพรกับสารช่วยยึดเกาะเพื่อทำเป็นแกรนูล ซึ่งช่วยให้ผงสมุนไพรเกาะตัวได้ง่ายและสามารถตอกอัดเป็นเม็ดได้ โดยใช้เครื่องผสมและเครื่องแร่ง นำไปอบแห้ง แร่งให้มีขนาดเล็กสม่ำเสมอ จากนั้นจึงนำผงสมุนไพรในรูปแกรนูลผสมกับสารช่วยอื่น ๆ แล้วนำไปตอกอัดให้เป็นเม็ด (คณะอนุกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ, 2555) ปัญหาที่พบคือ ความแข็งของยาเม็ดฟ้าทะลายโจรที่ผลิตได้นั้นต่ำ ส่งผลให้มีความกร่อนของเม็ดยาสูง และเวลาในการแตกตัวที่เร็วเกินไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยในการการผลิตยาเม็ดฟ้าทะลายโจร มุ่งหวังให้สูตรตำรับสามารถตอกอัดเป็นยาเม็ดได้ความแข็งอยู่ในช่วง 80 – 110 นิวตัน โดยตั้งสมมติฐานอยู่ที่ความแตกต่างของชนิดสารช่วยยึดเกาะจะส่งผลต่อความแข็งของยาเม็ดฟ้าทะลายโจรที่ผลิตได้ สารช่วยยึดเกาะที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ Starch paste, Polyvinylpyrrolidone K- 29/ 32 (Plasdone K- 29/ 32) , Polyvinylpyrrolidone K90 (Kollidon 90 F), Hydroxypropyl Methyl Cellulose E15 (HPMC E15) และ Pregelatinized starch (Starch 1500) โดยจะใช้ในปริมาณที่เท่ากัน นอกเหนือจากชนิดของสารช่วยยึดเกาะแล้วสารอื่น ๆ ได้แก่ ตัวยาสำคัญ (ผงยาฟ้าทะลายโจร) สารช่วยแตกตัว สารหล่อลื่น และสารเติมเต็ม จะถูกควบคุมให้เป็นชนิดเดียวกันและปริมาณเท่ากันในทุกตำรับ

วิธีการดำเนินการ

1. วัตถุดิบและสารเคมี

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง วัตถุดิบในการผลิตยาเม็ดได้แก่ ผงยาฟ้าทะลายโจรจากบริษัท เวชพงศ์โอสถ (ฮกอันตึ๊ง) จำกัด ทำหน้าที่เป็นตัวยาสำคัญในสูตรตำรับ แป้งข้าวโพด (Corn starch) จากบริษัท เนชั่นแนล สตาร์ช แอนด์เคมีเคิล (ไทยแลนด์) จำกัด ทำหน้าที่เป็นสารช่วยยึดเกาะและสารช่วยแตกตัวในสูตรตำรับ แลคโตส (Lactose) จากบริษัท เลปริโนฟู้ดส์ ทำหน้าที่เป็นสารเติมเต็ม แมกนีเซียม สเตียเรต (Magnesium stearate) จากบริษัท แกล็กโซ เวลคัม วิทยาศรม จำกัด ทำหน้าที่เป็นสารช่วยลื่น ซึ่งแต่ละสูตรตำรับแตกต่างกันที่ชนิดของสารช่วยยึดเกาะคือ พลาสโดน เค 29/32 (Plasdone K-29/32) จากบริษัท แอชแลนด์ (ไทยแลนด์) จำกัด โคลลิดอน 90 เอฟ (Kollidon 90 F) จากบริษัท บีเอเอสเอฟ (ไทย) จำกัด ไฮโปรเมลโลส อี 15 (Hypromellose E15, (HPMC E15) และ พรีเจลาติไนซ์ สตาร์ช (Pregelatinized starch, Starch 1500) จากบริษัท คัลเลอร์คอน

2. การเตรียมยาเม็ดฟ้าทะลายโจรด้วยวิธีแกรนูลเปียก

ผสมผงยาฟ้าทะลายโจรเข้ากับ Lactose และ Corn starch ให้เข้ากันด้วยวิธีผสมแบบเรขาคณิต (geometric dilution) จากนั้นเตรียมสารละลายที่ใช้เป็นสารช่วยยึดเกาะ โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ซึ่งงานวิจัยนี้ควบคุมปริมาณสารช่วยยึดเกาะร้อยละ 5 ของน้ำหนักในสูตร ทำการชั่งสารช่วยยึดเกาะด้วยเครื่องชั่ง นำสารช่วยยึดเกาะไปละลายในน้ำในอัตราส่วนที่กำหนด แต่จะมีเพียง Starch 1500 ที่ใช้ในรูปผงแห้ง จากนั้นนำสารละลายยึดเกาะผสมกับส่วนของตัวยาสำคัญ สารเติมเต็ม และสารช่วยแตกตัวให้เข้ากัน ผสมให้เข้ากันจนเกิด damp mass นำมาผ่านแร่งขนาด 14-mesh แล้วนำแกรนูลเปียกที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แกรนูลแห้งที่ได้จะถูกแร่งโดยใช้แร่งขนาด 18-mesh และนำไปผสมกับ Magnesium stearate ผสมให้เข้ากันเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปตอกอัดให้เป็นเม็ดด้วยเครื่องตอกยาเม็ดชนาดสากเกี่ยว (single punch tableting machine) โดยใช้เบ้า (die) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และใช้สาก (punch) หน้าเรียบ (flat face) ควบคุมน้ำหนักของยาเม็ดให้มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่ 350 มิลลิกรัม ซึ่งอัตราส่วนของส่วนประกอบในตำรับยาเม็ดแสดงไว้ดังตารางที่ 1 โดยสูตรตำรับที่ 1-5 แทนด้วยสัญลักษณ์ F1-F5

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบและปริมาณในสูตรยาเม็ดฟ้าทะลายโจร

ส่วนประกอบ	หน้าที่	น้ำหนักต่อเม็ด (มิลลิกรัม)				
		F1	F2	F3	F4	F5
ผงยาฟ้าทะลายโจร	ตัวยาสำคัญ	250	250	250	250	250
Corn starch	สารช่วยแตกตัว	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
Lactose	สารเติมเต็ม	63.25	63.25	63.25	63.25	63.25
Corn starch (Starch paste)	สารช่วยยึดเกาะ	17.5	-	-	-	-
Plasdone K-29/32	สารช่วยยึดเกาะ	-	17.5	-	-	-
Kollidon 90 F	สารช่วยยึดเกาะ	-	-	17.5	-	-
HPMC E15	สารช่วยยึดเกาะ	-	-	-	17.5	-
Starch 1500	สารช่วยยึดเกาะ	-	-	-	-	17.5
Magnesium stearate	สารช่วยลื่น	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
น้ำหนักรวม		**350**	**350**	**350**	**350**	**350**

1. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

1.1 คุณสมบัติทางกายภาพของแกรงนูลแห้ง

1.1.1 ความชื้นที่หายไปเมื่ออบแห้ง (Loss on Drying, LOD)

ชั่งแกรนูลแห้งให้มีน้ำหนักประมาณ 1.0 กรัม ใส่จานอลูมิเนียม เกลี่ยให้แกรนูลแห้งกระจายอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นทำการวัดค่า LOD ด้วยเครื่องวัดความชื้นของผงยา (Moisture analyzer model MA45, Sartorius, Germany) ซึ่งเครื่องนี้ประกอบด้วยส่วนให้ความร้อน ระบบการชั่งน้ำหนัก และจอแสดงผล โดยใช้อุณหภูมิในการอบอยู่ที่ 105 องศาเซลเซียส ความร้อนนี้ทำให้น้ำหรือสารที่ระเหยได้ระเหยออกไปจนได้น้ำหนักคงที่ จากนั้นเครื่องจะคำนวณและแสดงผลค่า LOD หน่วยที่วัดได้เป็นร้อยละ

1.1.2 อัตราการไหลของแกรนูล (Flow rate)

ชั่งแกรนูลให้มีน้ำหนัก 50 กรัม จากนั้นนำไปวัดอัตราการไหลด้วยเครื่องวัดการไหลของผงยา (Automated Powder Flow Analyzer model PTGS-5, Pharma test, Germany) โดยใช้รูเปิดการไหลผ่าน (nozzle) 2 ขนาดคือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และ 15 มิลลิเมตร และการใช้ใบพัดช่วยในการไหลด้วยความเร็วของใบพัด (stirrer) 25 รอบต่อวินาที (rpm) อัตราการไหลที่วัดได้มีหน่วยเป็นกรัมต่อวินาที (g/s)

1.1.3 ความหนาแน่นของแกรนูล

ชั่งแกรนูลให้มีน้ำหนัก 20 กรัม ใส่กระบอกตวงขนาด 25 มิลลิลิตร อ่านค่าปริมาตรเป็น Bulk volume (V_0) แล้วทำการคำนวณค่า Bulk density (ρ_{bulk})มีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (g/mL) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเคาะผงยา (Tapped Density Tester model PT-TD300, Pharma test, Germany) เมื่อแกรนูลในกระบอกตวงผ่านการเคาะทั้งหมด 1,250 ครั้งแล้วให้ทำการอ่านปริมาตรเป็น Tapped volume (V_f) นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่า Tapped density (ρ_{taped})ซึ่งมีหน่วยเป็นกรัมต่อมิลลิลิตร (g/mL) ดังสมการ

$$\rho_{bulk} = \frac{m}{V_0}$$

$$\rho_{tapped} = \frac{m}{V_f}$$

การคำนวณค่า Compressibility index และ Hausner ratio เป็นการวัดความหนาแน่นขนาดและรูปร่าง พื้นที่ผิว ความชื้น และการยึดเกาะกันของผงยาในทางอ้อม โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Compressibility\ index = \frac{V_0 - V_f}{V_0} \times 100$$

หรือ

$$Compressibility\ index = \frac{\rho_{tapped} - \rho_{bulk}}{\rho_{tapped}} \times 100$$

$$Hausner\ ratio = \frac{V_0}{V_f}$$

หรือ

$$Hausner\ ratio = \frac{\rho_{tapped}}{\rho_{bulk}}$$

ค่า Compressibility index และ Hausner ratio สามารถบ่งบอกสมบัติการไหล (Flow ability) ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติการไหลของผงยากับค่า Compressibility index และ Hausner ratio

Compressibility index (%)	Flow ability	Hausner ratio
≤10	Excellent	1.00-1.11
11-15	Good	1.12-1.18
16-20	Fair	1.19-1.25
21-25	Passable	1.26-1.34
26-31	Poor	1.35-1.45
32-37	Very poor	1.46-1.59
>38	Very, Very poor	>1.60

1.2 คุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ด

การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดอ้างอิงตาม Thai Herbal Pharmacopoeia 2021 SUPPLEMENT 2023 (Department of Medical Sciences, 2023) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.2.1 ความผันแปรของน้ำหนักยาเม็ด (Weight variation)

สุ่มยาเม็ดจำนวน 20 เม็ด ชั่งน้ำหนักแต่ละเม็ด คำนวณหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักของยาเม็ด (average weight, $\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) โดยมีความคาดเคลื่อนของน้ำหนักยาเม็ดที่ยอมรับได้ไม่เกินร้อยละ 5.0

1.2.2 ความแข็งของยาเม็ด (Hardness)

สุ่มยาเม็ดจำนวน 10 เม็ด มาวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็งของยาเม็ด (Tablet Hardness Tester model TBH 125, ERWEKA GmbH, Germany) ความแข็งที่ได้มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

1.2.3 ความหนาของยาเม็ด (Thickness)

สุ่มเม็ดยาจำนวน 10 เม็ด มาวัดความหนา โดยใช้เครื่องมือเดียวกันกับการวัดความแข็งของยาเม็ด ความหนาที่เครื่องวัดได้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

1.2.4 ความกร่อนของยาเม็ด (Friability)

สุ่มยาเม็ดมาจำนวนหนึ่ง ทำความสะอาดด้วยแปรงขนนุ่มเพื่อกำจัดฝุ่นที่เกาะอยู่บนยาเม็ด จากนั้นชั่งน้ำหนักให้ได้น้ำหนักใกล้เคียง 6.5 กรัม (ชั่งโดยละเอียด) บันทึกค่าที่ได้เป็นน้ำหนักเริ่มต้น (m_0) นำไปทดสอบความกร่อนด้วยเครื่องทดสอบความกร่อน (Friabilator

model Roche, K.S.L. Engineering, Thailand) เปิดเครื่องหมุนทั้งสิ้น 100 รอบ เป็นเวลา 4 นาที (25 รอบต่อนาที) หลังจากนั้นนำยาเม็ดที่ผ่านการทดสอบแล้วออกมาปัดฝุ่นและชั่งน้ำหนักโดยละเอียดอีกครั้ง บันทึกค่าที่ได้เป็นน้ำหนักสุดท้าย (m_f) จากนั้นนำมาคำนวณหาร้อยละของความกร่อน ดังสมการ

$$\%Friability = \frac{m_0 - m_f}{m_0} \times 100$$

ถ้าค่าที่ได้ต่ำกว่าร้อยละ 1.0 ถือว่าผ่านเกณฑ์การทดสอบ หากพบการแตกหักของยาเม็ด ถือว่าไม่ผ่านการทดสอบ

3.2.5 เวลาในการแตกตัวของยาเม็ด (Disintegration time)

สุ่มยาเม็ดจำนวน 6 เม็ด มาทดสอบเวลาในการแตกตัวด้วยเครื่องทดสอบการแตกตัว Disintegration Tester model ZT324, ERWEKA GmbH, Germany) โดยใช้น้ำที่อุณหภูมิ 37±2 องศาเซลเซียส เป็นตัวกลางในการแตกตัว (disintegration medium) บันทึกเวลาที่ยาเม็ดแตกตัวอย่างสมบูรณ์ทุกเม็ด เวลาในการแตกตัวต้องไม่เกิน 30 นาที

ผลการวิจัย

คุณสมบัติทางกายภาพของแกรนูลฟ้าทะลายโจรที่เตรียมได้

แกรนูลที่เตรียมได้มีสีเขียวเข้ม เป็นเม็ดเล็กขนาดเท่า ๆ กัน มีผงละเอียดอยู่ปริมาณหนึ่ง มีกลิ่นฉุน และเมื่อเทออกจากภาชนะนั้นมีความฟุ้งเล็กน้อย ผลจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของแกรนูล แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติทางกายภาพของแกรนูลฟ้าทะลายโจร

สูตรตำรับ	LOD (%)	คุณสมบัติทางกายภาพของแกรนูลฟ้าทะลายโจร					
		Flow rate (g/s)				Bulk density (g/mL)	Tapped density (g/mL)
		Nozzle 10 mm		Nozzle 15 mm			
		ไม่ใช้ใบพัด	ใช้ใบพัด	ไม่ใช้ใบพัด	ใช้ใบพัด		
F1	4.56	4.44±0.02	4.55±0.02	13.24±0.06	13.69±0.05	0.31±0.01	0.39±0.00
F2	5.36	3.79±0.02	3.86±0.01	11.72±0.08	11.44±0.05	0.27±0.00	0.35±0.00
F3	4.74	4.45±0.02	4.52±0.02	13.40±0.07	13.48±0.30	0.30±0.01	0.38±0.01
F4	3.54	4.34±0.01	4.42±0.01	13.21±0.07	13.00±0.02	0.29±0.00	0.38±0.00
F5	4.55	3.92±0.02	3.98±0.02	11.73±0.04	11.76±0.12	0.28±0.00	0.36±0.00

*ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่า Average ± SD

ความชื้นที่หายไปเมื่ออบแห้ง

แกรนูลแห้งที่เตรียมขึ้น เมื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความชื้นที่หายไปเมื่ออบแห้งพบว่าสูตรตำรับ F2 มีร้อยละของความชื้นที่หายไปมากที่สุดนั่นคือ ร้อยละ 5.36 และสูตรที่มีร้อยละของความชื้นที่หายไปหลังอบแห้งน้อยที่สุดคือสูตรตำรับ F4 นั่นคือร้อยละ 3.54

อัตราการไหลของแกรนูล

เมื่อนำแกรนูลแห้งที่เตรียมขึ้นไปวิเคราะห์อัตราการไหลด้วยเครื่องวัดการไหล พบว่าที่ nozzle ขนาด 10 มม. และ 15 มม. หากไม่ใช้ใบพัดช่วยในการไหล สูตรตำรับ F3 มีอัตราการไหลสูงสุดนั่นคือ 4.45 g/s และ 13.40 g/s ตามลำดับ ในขณะที่ใช้ใบพัดช่วยในการไหล ขนาดของ nozzle 10 มม. และ 15 มม. สูตรตำรับ F1 จะมีอัตราการไหลสูงที่สุดนั่นคือ 4.55 g/s และ 13.69 g/s ตามลำดับ

ความหนาแน่นของแกรนูล

นำแกรนูลแห้งที่เตรียมขึ้นมาชั่งน้ำหนักให้ได้ 20 กรัม ใส่กระบอกตวงขนาด 25 มิลลิลิตร อ่านค่าปริมาตรเริ่มต้น คำนวณหาค่า Bulk density แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเคาะผงยาจำนวนการเคาะทั้งหมด 1,250 ครั้ง อ่านค่าปริมาตรสุดท้าย คำนวณหาค่า Tapped density พบว่าสูตรตำรับ F1 มีค่า Bulk density และ Tapped density สูงสุดคือ 0.31 g/mL และ 0.39 g/mL ตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาค่า Compressibility index และ Hausener ratio แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติการไหลกับค่า Compressibility index และ Hausner ratio

สูตรตำรับ	Compressibility index (%)	Hausner ratio	Flow ability
F1	22.45	1.29	Passable
F2	22.52	1.29	Passable
F3	20.90	1.26	Passable
F4	22.55	1.29	Passable
F5	22.54	1.29	Passable

จากการคำนวณค่า Compressibility index และ Hausner ratio พบว่า ทุกสูตรตำรับมีค่าดังกล่าวใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับค่าอัตราการไหลที่ทุกสูตรตำรับมีค่าใกล้เคียงกัน และเมื่อนำค่าทั้งสองมาแปรผลเป็นสมบัติการไหลของแกรนูล ผลที่ได้คือ แกรนูลมีความสามารถในการไหลระดับที่ผ่านได้บ้าง (Passable)

คุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดฟ้าทะลายโจร

ยาเม็ดที่เตรียมได้มีสีเขียวเข้ม ผิวเรียบ ผิวหน้าเรียบ และมีกลิ่นฉุนของฟ้าทะลายโจรซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของยาเม็ด จากผลการประเมินคุณสมบัติทางกายภาพทั้ง 5 พารามิเตอร์ของยาเม็ดทั้ง 5 สูตร ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดสมุนไพรฟ้าทะลายโจร

สูตรตำรับ	คุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดฟ้าทะลายโจร					
	Weight (mg)	CV (%)	Hardness (N)	Thickness (mm)	Friability (%)	Disintegration time (min)
F1	356±3.13	0.88	97±8.45	4.12±0.03	0.11	11.56±0.58
F2	352±4.58	1.30	38±4.33	4.49±0.02	0.67	4.34±1.87
F3	354±3.50	0.99	93±6.91	4.06±0.02	0.17	21.89±0.65
F4	352±1.66	0.47	95±4.91	3.92±0.02	0.17	22.51±092
F5	356±2.61	0.73	89±3.53	3.87±0.03	0.19	13.52±0.05

*ค่าที่แสดงในตารางเป็นค่า Average ± SD

ความผันแปรของน้ำหนัก

ตำรับยาเม็ดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่พัฒนาขึ้น สามารถตอกอัดให้เป็นยาเม็ดได้มีน้ำหนัก 350 มิลลิกรัมต่อเม็ด ส่วนประกอบหลักคือ ผงยาฟ้าทะลายโจร 250 มิลลิกรัม และสารช่วย 100 มิลลิกรัม ซึ่งจากการประเมินความผันแปรของน้ำหนักยาเม็ด โดยพิจารณาจากน้ำหนักเฉลี่ยของยาเม็ดซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้อยู่ที่ 350±17.5 มิลลิกรัม ผลได้คือ ทุกสูตรตำรับมีน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผัน (CV) พบว่าทุกสูตรตำรับมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 แสดงว่าข้อมูลมีความเที่ยงสูง

ความแข็งของยาเม็ด

ความแข็งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความกร่อนและระยะเวลาในการแตกตัวของยาเม็ด เนื่องจากปัญหาที่พบจากการตอกยาเม็ดฟ้าทะลายโจรคือ ความแข็งของเม็ดยาที่ตอกได้นั้นต่ำ ส่งผลให้ยาเม็ดมีความกร่อนสูง และระยะเวลาในการแตกตัวที่เร็วเกินไป เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงเตรียมยาเม็ดฟ้าทะลายโจรที่มีความแข็งอยู่ในช่วง 80 – 110 นิวตัน ในการศึกษานี้ยาเม็ดสูตรตำรับ F1, F3, F4 และ F5 สามารถตอกอัดให้มีความแข็งของยาเม็ดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ โดยสูตรตำรับ F1 มีความแข็งสูงที่สุดคือ 97±8.45 นิวตัน แต่สูตรตำรับ F2 ไม่สามารถตอกอัดให้มีความแข็งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดได้ โดยมีความแข็งของยาเม็ดอยู่ที่ 38±4.33 นิวตัน

ความหนาของยาเม็ด

แต่ละสูตรตำรับมีความหนาของยาเม็ดที่ตอกได้ใกล้เคียงกัน โดยมีความหนา 3.87 – 4.49 มิลลิเมตร

ความกร่อนของยาเม็ด

ความกร่อนของยาเม็ดบ่งชี้ถึงความสามารถในการทนต่อแรงกระแทกและเสียดสีโดยตรง ซึ่งอาจเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิตหรือกระบวนการขนส่ง โดยปกติยาเม็ดควรมีความกร่อนน้อยกว่าร้อยละ 1 จากผล

การประเมินพบว่า ทุกสูตรตำรับมีความกร่อนต่ำกว่าร้อยละ 1 โดยสูตรตำรับ F2 มีความกร่อนสูงสุดคือร้อยละ 0.67 เนื่องจากมีความแข็งของยาเม็ดน้อยที่สุด ในขณะที่สูตรตำรับ F1 มีความกร่อนต่ำที่สุดคือร้อยละ 0.11 เพราะความแข็งของยาเม็ดสูงที่สุด

เวลาในการแตกตัวของยาเม็ด

การแตกตัวของยาเม็ดเป็นสมบัติที่สำคัญ เม็ดยาที่แตกตัวตัวช้าย่อมปลดปล่อยตัวยาออกมาได้ช้า ส่งผลให้ร่างกายดูดซึมได้ช้าด้วย จากการพัฒนาสูตรตำรับทั้ง 5 สูตรนี้ มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของสารช่วยยึดเกาะได้แก่ *starch paste, Plasdone K-29/32, Kollidon 90 F, HPMC E15* และ *Starch 1500* โดยยังควบคุมสัดส่วนให้มีสัดส่วนเท่ากันในทุกสูตรตำรับ ผลการประเมินระยะเวลาในการแตกตัวของยาเม็ดพบว่าสูตรตำรับ *F4* ที่ใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น *HPMC E15* ใช้เวลาในการแตกตัวมากที่สุดที่ 22.51 นาที ในขณะที่สูตรตำรับ *F2* ใช้เวลาในการแตกตัวน้อยที่สุดคือ 4.34 วินาที เป็นผลมาจากยาเม็ดสูตรตำรับนี้มีความแข็งน้อยที่สุด

วิจารณ์ผล

จากการประเมินความผันแปรของยาเม็ดที่เตรียมได้ หากพิจารณาจากน้ำหนักเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละสูตรตำรับเท่ากับ 356±3.13, 352±4.58, 354±3.50, 352±1.66 และ 356±2.61 มิลลิกรัม ตามลำดับ และน้ำหนักของยาเม็ดแต่ละเม็ดอยู่ในช่วงความคลาดเคลื่อนไม่ได้เกินร้อยละ 5 นั่นคือน้ำหนักยาเม็ดแต่ละเม็ดอยู่ในช่วง 332.5 - 367.5 มิลลิกรัม ดังนั้นทุกสูตรตำรับมีความสม่ำเสมอของน้ำหนักเม็ดยาอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากแกรนูลที่เตรียมได้มีคุณสมบัติทางกายภาพใกล้เคียงกัน การวัดความหนาของยาเม็ดตามเภสัชตำรับไม่ได้กำหนดเกณฑ์ความหนาของยาเม็ด ทั้งนี้จากการประเมินโดยผู้วิจัยพบว่ายาเม็ดที่เตรียมได้มีความหนาที่เหมาะสม และแต่ละสูตรตำรับความหนาของยาเม็ดไม่ได้ต่างกันมาก นอกจากนี้ผลการประเมินความแข็งของยาเม็ดพบว่าสูตรตำรับ F1 ที่ใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น Starch paste มีความแข็งสูงที่สุด อันดับที่ 2 คือสูตรตำรับ F4 ที่ใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น HPMC E15 อันดับที่ 3 คือสูตรตำรับ F3 ที่ใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น Kollidon 90 F อันดับที่ 4 คือสูตรตำรับ F5 ที่ใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น Starch 1500 และสูตรตำรับ F2 ที่ใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น Plasdone K-29/32 มีความแข็งต่ำที่สุด ซึ่งไม่อยู่ในช่วงที่ผู้วิจัยยอมรับได้ ทำให้มีความกร่อนของยาเม็ดสูงที่สุด และยาเม็ดมีการแตกตัวที่เร็วเกินไป ซึ่งอาจเนื่องจากขนาดโมเลกุลของโพลิเมอร์ที่ใช้มีค่าต่ำทำให้ส่งผลต่อการยึดเกาะของเม็ดยา (Sheskey et. al., 2017) หากพิจารณาที่สูตรตำรับ F3 และ F4 พบว่า ความแข็งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ความกร่อนต่ำ แต่ยาเม็ดใช้เวลาในการแตกตัวมากเกินไปนั่นคือใช้เวลามากกว่า 15 นาที อาจทำให้ยาออกฤทธิ์ได้ช้า ดังนั้นสูตรตำรับที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในตำรับยาเม็ดฟ้าทะลายโจรคือสูตรตำรับ F1 และ F5

เนื่องจากมีความแข็งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด มีความกร่อนต่ำ และมีเวลาในการแตกตัวที่เหมาะสม ซึ่งใช้สารช่วยยึดเกาะเป็น Starch paste และ Starch 1500 ตามลำดับ

สรุปผล

การพัฒนายาเม็ดสมุนไพรฟ้าทะลายโจรที่เตรียมด้วยวิธีแกรนูลเปียก พบว่ายาเม็ดที่เตรียมได้ทุกสูตรมีความผันแปรของน้ำหนักต่ำ ความกร่อน ความหนาอยู่ในช่วง 3.8 - 4.4 มิลลิเมตร ความแข็งอยู่ในช่วง 80 – 110 นิวตัน ยกเว้นสูตรตำรับ F2 มีความแข็งเฉลี่ยอยู่ที่ 38 นิวตัน ส่งผลให้มีความกร่อนของยาเม็ดสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.67 แต่ยังผ่านเกณฑ์ที่กำหนด และจากความแข็งที่น้อย และความกร่อนที่มากแล้วส่งผลให้สูตรดังกล่าวใช้เวลาในการแตกตัวน้อยที่สุด คือ 4.34 นาที จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งาน ดังนั้นสูตรตำรับที่เหมาะสมกับการเตรียมยาเม็ดคือสูตรตำรับ F1, F3, F4 และ F5 แต่เนื่องจากสูตรตำรับ F3 และ F4 ใช้เวลาในการแตกตัวที่มากเกินไป จึงยังไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งาน ดังนั้นสูตรตำรับที่เหมาะสมในการนำมาใช้งานคือสูตรตำรับ F1 และ F5

กิตติกรรมประกาศ

ทางผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่สนับสนุนเครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี ตลอดจนงบประมานการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กองผลิตภัณฑ์สมุนไพร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. (2566). ยาฟ้าทะลายโจร.
ในกองผลิตภัณฑ์สมุนไพร สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (บ.ก.),
บัญชียาหลักแห่งชาติด้านสมุนไพร พ.ศ. 2566 ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ
เรื่อง บัญชียาหลักแห่งชาติด้านสมุนไร (พิมพ์ครั้งที่ 1). (น. 80-82). ปทุมธานี: บริษัท มินนี่ กรุ๊ป จำกัด.
https://herbal.fda.moph.go.th/media.php?id=56533753740565708 8&name=2023-11-15%20ebook%20D3.pdf

คณะอุนกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ. (2555). การผลิตยาลูกกลอนและยาเม็ด.
ในคณะอุนกรรมการพัฒนาบัญชียาหลักแห่งชาติ (บ.ก.), คู่มือการผลิตและประกันคุณภาพเภสัชตำรับ
โรงพยาบาลจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ พุทธศักราช 2555 (พิมพ์ครั้งที่ 1). (น. 57-59).
นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
https://ndi.fda.moph.go.th/uploads/original_file/คู่มือการผลิตเภสัชตำรับโรงพยาบาลสมุนไพร.pdf

เชาวลิต มณฑล, วรวรรณ สายงาม, จิระพรชัย สุขเสรี และ อภิรักษ์ สกุลปักษ์. (2557). คุณสมบัติทางกายภาพของยาเม็ดจากสมุนไพร (ตำรับจิตรารมณ์) ที่เตรียมด้วยวิธีแกรนูลเปียก. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 12(2), 159-166.

เชาวลิต มณฑล, กฤษณา ไกรสินธุ์, จิระพรชัย สุขเสรี และ ลักษณา เจริญใจ. (2557). การศึกษาสมบัติการไหลของผงยาสมุนไพร เพื่อการเตรียมยาในรูปแบบของแข็ง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 22(5), 743-754.

ไตรพร วัฒนนาถ, จันทนา พัฒนเภสัช และ สุรัชนี เศวตศิลา. (2562). การเปรียบเทียบวิธีทดสอบการผันแปรของน้ำหนักยาแคปซูลฟ้าทะลายโจรตามตำรายา 5 เล่ม. วารสารการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก, 17(3), 390-402.

ธนโชติ ธรรมชาติ. (ม.ป.ป.). ฟ้าทะลายโจร. ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. https://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/ฟ้าทะลายโจร.pdf

Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health. (2023). Dosage forms of Herbal Drug. In Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health (Eds.), Thai Herbal Pharmacopoeia 2021 SUPPLEMENT 2023. https://bdn.go.th/thp/ebook/qQEcA3tlpR9gC3q0GT5gMJq0qT5co3uw

The United States Pharmacopeial Convention. (2024), USP 47/NF 42, USP NF. Powder flow. In USP NF (Eds.), U.S. Pharmacopoeia National Formulary General Chapters Monograph https://online.uspnf.com/uspnf/document/1_GUID-D48AA926-0912-4F7D-8B2B-3A022A1196FE_1_en-US

Sheskey J. P., Cook G. W., & Cable G. C. (2017). Handbook of Pharmaceutical Excipients (8th ed.). LEGO S.p.A.

ความรอบรู้ด้านสุขภาพ 3อ ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

Health literacy 3A of students at Phranakhon Rajabhat University

พรไพลิน เปรมโคกสูง[1*] มัทนา อินวกูล[2] กัญญาณัฐ นาสนิท[3] ศศิวิมล พรมพิทักษ์[4] และโสภณา จิรวงศ์นุสรณ์[5]

Pornpirin Premkhoksung[1*] Mattana Oinwakul[2] Kanyanut Nasanit[3] Sasiwimon Phromphitak[4] Sopana jirawongnusorn[5]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เขตบางเขน กรุงเทพฯ

[1]Department of Health Management Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Rajabhat University, Bangkhen, Bangkok.

Corresponding author E-mail: Pornpirin.4467@gmailcom

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพ 3อ และศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ 3อ. ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา กลุ่มตัวอย่างจำนวน 202 คน ใช้การสุ่มแบบแบ่งชั้น เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดเท่ากับ .869 ผลการวิจัยพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 106 คน คิดเป็นร้อยละ 52.2 มีอายุอยู่ระหว่าง 20-21 ปี คิดเป็นร้อยละ 65.5 คณะที่ศึกษาส่วนใหญ่ คือ คณะวิทยาการจัดการ คิดเป็นร้อยละ 26.6 ศึกษาอยู่ชั้นปีที่ 3 จำนวน 105 คน ร้อยละ 51.7 นักศึกษาส่วนใหญ่มีการออกกำลังกายเป็นประจำ 102 คน ร้อยละ 50.5 ออกกำลังกายประเภทแอโรบิก โรคที่พบ คือ โรคกระเพาะ เบาหวาน ความดันโลหิตสูง ไขมันสูง ปวดศีรษะ โรคซึมเศร้า และเมื่อวิเคราะห์ความรอบรู้ทางด้านสุขภาพตามองค์ประกอบพบว่า นักศึกษามีความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$=3.93, S.D.=1.33) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ อายุ ชั้นปี จำนวนสมาชิกในครอบครัว ผลการวิจัยนี้สามารถนาไปเป็นข้อมูลในการจัดกิจกรรมและบริการที่ช่วยเสริมระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพเพื่อให้นักศึกษามีพฤติกรรมสุขภาพที่ดียิ่งขึ้น

คำสำคัญ ความรอบรู้ด้านสุขภาพ 3อ นักศึกษา

Abstract

The purpose was to know health literacy based on the 3A principles (Food, Exercise, and Emotion) and factors related to it among students at Phranakhon Rajabhat University. This was a descriptive research study with a sample group comprised 202 students selected through stratified sampling. Data was collected using a health literacy assessment tool based on the 3A principles. The reliability of the assessment tool was .869. Data was analyzed by descriptive statistics, Chi-square and Pearson's Product Moment Correlation Coefficient. The results found that, the majority of students were female (106 people, 52.2%), aged between 20-21 years old (65.5%). Most students were from the Faculty of Management Sciences (26.6%) and were in their 3rd year of study (105 people, 51.7%). Most students exercise (102 people, 50.5%), with aerobic exercise being the most common type. Common health issues include gastritis, diabetes, hypertension, high cholesterol, headaches, and depression. Analysis of health literacy based on the 3A components revealed that students had a good level of health literacy (=3.93, S.D.=1.33). The factors significantly related to health literacy and health behaviors including age ($p<0.05$), year of study, and number of family members. The results of this research can be used as information for organizing health activities and services that enhance the level of health literacy for students to have better health behaviors.

บทนำ

พฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม ได้แก่การรับประทานอาหารหวาน มัน เค็มเกินที่ร่างกายต้องการ การไม่ออกกำลังกาย การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ตลอดจนความเครียดสะสมในชีวิตประจำวันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะน้ำหนักเกิน และเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญทำให้เกิดสถานการณ์โรค NCDs (Noncommunicable diseases หรือโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง) เป็นปัญหาสุขภาพอันดับหนึ่งของโลก จากรายงานข้อมูลขององค์การอนามัยโลก พบประชากรทั่วโลกเสียชีวิต จากโรค NCDs มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากปี พ.ศ. 2557 ถึงปีพ.ศ. 2564 จากร้อยละ 68 เป็นร้อยละ 71 จากการรายงานข้อมูลของกองยุทธศาสตร์และแผนงานสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ระหว่างปี พ.ศ. 2559–2566 พบอัตราการเสียชีวิตอันมีสาเหตุมาจากโรคไม่ติดต่อที่สำคัญ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในประชากรไทย โรคไม่ติดต่อที่เป็นสาเหตุการตาย 3 อันดับแรกได้แก่ โรคมะเร็ง รองลงมา คือ โรคหลอดเลือด

สมอง และโรคหัวใจขาดเลือด คิดเป็นอัตราการเสียชีวิตเท่ากับ 123.3, 47.1 และ 31.8 ต่อประชากรแสนคน ตามลำดับ จากสถานการณ์ข้างต้นจะเห็นได้ว่ากลุ่มโรคไม่ติดต่อ มีจำนวนผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นและมีแนวโน้ม ทวีความรุนแรงมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความสูญเสียสุขภาพ และส่งผลกระทบโดยตรงต่อเศรษฐกิจและสังคม โดยปัจจัยเสี่ยงทางพฤติกรรมที่สำคัญที่ทำให้เกิดโรคประกอบด้วย การบริโภคยาสูบ การดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ การบริโภคอาหารที่ไม่เหมาะสม และการมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอซึ่งปัญหาเหล่านี้ เกิดจากการมีพฤติกรรมทางสุขภาพที่ไม่เหมาะสม

จากการสำรวจความรอบรู้ด้านสุขภาพของประชากรไทย ในปี พ.ศ. 2566 พบประเด็นด้าน การจัดการสุขภาพตนเองอยู่ในระดับไม่ดี ร้อยละ 72.1 และร้อยละ 75.7 ไม่มีความรู้เพียงพอต่อ การดูแลสุขภาพ ส่งผลทำให้ไม่สามารถจัดการตนเองและปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพให้มีสุขภาพดีได้ดังนั้น ในการแก้ไขปัญหาสุขภาพและปัญหาการเกิดโรคให้ลดลงนั้น ต้องส่งเสริมและปรับเปลี่ยนให้ประชาชนทุกกลุ่มวัยมีพฤติกรรมสุขภาพที่ถูกต้องและมีความรอบรู้ด้านสุขภาพในการดูแลตนเอง รวมถึงช่วยแนะนำสิ่งที่ถูกต้องให้กับบุคคลใกล้ชิด ครอบครัวชุมชน และสังคมได้ ความรอบรู้ด้านสุขภาพเป็นสิ่งที่จำเป็น จะต้องพัฒนาอยู่ตลอดเวลา เพราะสภาวะโรคภัยไข้เจ็บมีการเปลี่ยนแปลงไปกับตามกาลเวลา

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ผู้ประกอบวิชาชีพทางสุขภาพที่มีความฉลาดทางสุขภาพ จะสามารถสื่อสารข้อมูลในแนวทางที่ประชาชนสามารถนำไปใช้และปฏิบัติได้จริงด้วยตนเอง เพื่อป้องกันความเจ็บป่วยและได้รับการรักษาที่จำเป็น รวมทั้งสามารถเสริมสร้างพลังอำนาจให้ผู้ป่วยมีโอกาสซักถาม ข้อข้องใจจนเกิดความกระจ่างและสามารถนำไปปฏิบัติได้ โดยใช้กลยุทธ์การสื่อสารแบบยึดผู้รับบริการ เป็นศูนย์กลางและมีส่วนร่วม คำนึงถึงความแตกต่างทางภาษา วัฒนธรรม และการสร้างสิ่งแวดล้อม และระบบบริการที่เอื้อต่อการเข้าถึงข้อมูลและบริการด้านสุขภาพ ตลอดจนการขจัดอุปสรรคต่อความฉลาด ทางสุขภาพ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ ได้แก่ เพศ สถานภาพ และการศึกษา ชั้นปี และความรอบรู้ด้านสุขภาพโดยภาพรวมมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมสุขภาพตามหลัก 3อ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความรอบรู้ด้านสุขภาพ หมายถึง ความสามารถและทักษะในการเข้าถึงข้อมูล ความรู้ ความเข้าใจ เพื่อวิเคราะห์ ประเมินการปฏิบัติและการจัดการตนเอง รวมทั้งสามารถชี้แนะเรื่องสุขภาพส่วนบุคคล ครอบครัว และชุมชน เพื่อพฤติกรรมสุขภาพที่ถูกต้องตาม 3อ คือพฤติกรรมการบริโภคอาหาร การออกกาลังกาย การจัดการความเครียด การสูบบุหรี่ และการดื่มสุรา โดยความรอบรู้ด้านสุขภาพประกอบด้วย 6 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ 1) ความสามารถหรือทักษะการเข้าถึงข้อมูล 3อ 2) ความสามารถหรือทักษะความเข้าใจข้อมูล 3อ 3) ความสามารถหรือทักษะการโต้ตอบซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ 4) ความสามารถหรือทักษะการตัดสินใจ3อ 5) ความสามารถหรือทักษะการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตนเอง 3อ 6) ความสามารถหรือทักษะการบอกต่อ3อ จากงานวิจัย

เรื่องปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพ จาแนกตามหลัก PRECEDE Model ได้แก่ 1) ปัจจัยนำ ประกอบด้วย เพศ อายุ ภูมิลาเนา เกรดเฉลี่ย รายได้ เส้นรอบเอว ค่าดัชนีมวลกาย 2) ปัจจัยเอื้อ ประกอบด้วย สิทธิการรักษาพยาบาล การเข้าถึงสถานบริการสุขภาพ ระบบบริการสุขภาพเชิงรุก การใช้อินเทอร์เน็ต และ 3) ปัจจัยเสริม ประกอบด้วย สถานภาพของครอบครัว การได้รับข่าวสารความรู้ด้านสุขภาพจากครอบครัว อาจารย์ กลุ่มเพื่อนและสื่อมวลชน (อลงกรณ์ สุขเรืองกูล และคณะ, 2565)

สุขภาพถือเป็นสิ่งสำคัญที่สุดที่จะนำไปดูการมีชีวิตที่ดี พึงพาตนเองได้ ลดงบประมาณของรัฐหากมีสุขภาพดี ความรอบรู้ด้านสุขภาพเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกคนควรมีเพื่อนำไปสู่การมีสุขภาพดี ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพในการปฏิบัติตามหลัก 3อ เพราะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการส่งเสริม ความรอบรู้และการดูแลสุขภาพของตนเอง เพื่อนำมาสู่การพัฒนาส่งเสริมความรอบรู้ด้านสุขภาพของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพ 3อ ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ 3อ. ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research)มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรอบรู้ด้านสุขภาพ3อ ประชากร และกลุ่มตัวอย่างประชากร ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครชั้นปีที่ 1-4 ปีการศึกษา 2567 จำนวนทั้งหมด 7,195 คน กลุ่มตัวอย่างนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ชั้นปีที่ 1-4 ชั้นปีที่ 1 จำนวน 1,963 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 1,834 คนชั้นปีที่ 3 จำนวน 1,787 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 1,611 คน รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 7,195 คน ดำเนินการเก็บข้อมูล 1กรกฎาคม 2567 - 31 มกราคม 2568 โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามgoogle form จำนวน 202 คน

รูปแบบการวิจัย

รูปแบบวิจัยเป็นวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research)

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการวิจัย คือ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครชั้นปีที่ 1-4 ปีการศึกษา 2567 จำนวนทั้งหมด 7,195 คน

กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 202 คน โดยสุ่มแบบแบ่งชั้น แบ่งเป็นชั้นปี คือ ชั้นปีที่ 1 จำนวน 1,963 คน กลุ่มตัวอย่าง 55 คน ชั้นปีที่ 2 จำนวน 1,834 คน กลุ่มตัวอย่าง 51 คน ชั้นปีที่ 3 จำนวน 1,787 คน กลุ่มตัวอย่าง 50 คน และชั้นปีที่ 4 จำนวน 1,611คน กลุ่มตัวอย่าง 45 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการตรวจสอบ คุณภาพเครื่องมือวิจัย 1. แบบสอบถามความรอบรู้ทางด้านสุขภาพตามด้วย V-shape ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งแบบจำลอง V-Shape มี 6 องค์ประกอบ จำนวน 39 ข้อ ได้แก่ ความสามารถหรือทักษะการเข้าถึง จำนวน 9 ข้อ การเข้าใจ จำนวน 6 ข้อ การโต้ตอบซักถามและแลกเปลี่ยน จำนวน 6 ข้อ การตัดสินใจ จำนวน 6 ข้อ การเปลี่ยนพฤติกรรม จำนวน 6 ข้อ และการบอกต่อ จำนวน 6 ข้อ ผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามมาดัดแปลง ให้เหมาะสมกับบริบทของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครแล้วตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามโดย ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน และทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจากนักษาราชภัฏในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันทั้งชีวิต ความเป็นอยู่จำนวน 30 คน มีค่า IOC = 0.99, Reliability = .869 มีการใช้เกณฑ์ให้ คะแนนความรอบรู้ด้านสุขภาพตามแนวทางของของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำสร้างแบบสอบถามออนไลน์โดยใช้ Google Form แล้วส่งแบบสอบถามไปยังนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ชั้นปีที่1-4 ปีการศึกษา 2567 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล เพื่อนำไปวิเคราะห์ ข้อมูลต่อไป โดยผู้วิจัยได้กำหนดความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ใช้โปรแกรมวิเคราะห์สาเร็จรูปทางสถิติ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ สถิติไคสแควร์ (Chi-square) และสถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient)

ผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่านักศึกษาส่วนใหญ่ ร้อยละ 52.2 เป็นเพศหญิง มีอายุอยู่ระหว่าง 20-21 ปี ร้อยละ 65.5 คณะที่ศึกษามากสุด ร้อยละ 26.6 เป็นคณะวิทยาการจัดการ ศึกษาอยู่ระดับปริญญาตรีปีที่3 ร้อยละ 51.7

ส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิกในบอก 4-5 คน ร้อยละ44.3 แหล่งรายได้ส่วนใหญ่มาจากบิดา มารดา ร้อยละ 66 ส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 88.7 มีการออกกำลังกาย 102 คน ร้อยละ 50.5

ผลการวิเคราะห์ความรอบรู้ทางด้านสุขภาพตามหลัก 3อ ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ

1. ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการเข้าถึง

ตารางที่ 1 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการเข้าถึง

ข้อคำถาม การเข้าถึงข้อมูลเรื่อง 3อ	ค่าเฉลี่ย	SD.	แปลผล
การเข้าถึงข้อมูลเรื่องอาหาร			
1. ไลน์ (Line)	3.05	1.37	ปานกลาง
2. ยูทูป (YouTube)	4.32	0.79	มาก
3. หนังสือหรือนิตยสารด้านสุขภาพ	3.26	1.29	ปานกลาง
รวม	3.54	1.15	มาก
การเข้าถึงข้อมูลเรื่องการออกกำลังกาย			
1. ไลน์ (Line)	3.03	1.39	ปานกลาง
2. ยูทูป (YouTube)	4.41	0.74	มากที่สุด
3. หนังสือหรือนิตยสารด้านสุขภาพ	3.26	1.33	ปานกลาง
รวม	**3.56**	**1.15**	มาก
การเข้าถึงข้อมูลเรื่องอารมณ์			
1. ไลน์ (Line)	3.08	1.41	ปานกลาง
2. ยูทูป (YouTube)	4.22	3.37	มาก
3. หนังสือหรือนิตยสารด้านสุขภาพ	0.88	1.27	น้อยที่สุด
รวม	3.55	2.01	มาก

จากตารางที่ 1 พบว่านักศึกษา มีระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ ในองค์ประกอบการเข้าถึงข้อมูลเรื่องอาหาร มีระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.54, S.D=.1.15) การเข้าถึงข้อมูลเรื่องออกกำลังกาย มีระดับมาก ($\bar{x}$ =3.56, S.D=.1.15) และการเข้าถึงข้อมูลเรื่องการอารมณ์ มีระดับมาก ($\bar{x}$ =3.55, S.D=.2.01)

2. ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะความเข้าใจข้อมูล

ตารางที่ 2 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะความเข้าใจข้อมูล

ข้อคำถามเรื่องความเข้าใจข้อมูลเรื่อง 3อ ที่เพียงพอต่อการปฏิบัติ	ค่าเฉลี่ย	SD.	แปลผล
1.นักศึกษา รู้ถึงผลเสียของการกินอาหารประเภทหวาน มัน เค็ม	1.76	0.85	น้อย
2.นักศึกษา เข้าใจว่าใน 1 วัน ควรกินผักหลายสี	4.21	0.74	มาก
3.นักศึกษา รู้ว่าควรออกกำลังกายอย่างน้อยวันละ 25-30 นาที	4.23	0.81	มาก
4.นักศึกษา รู้ว่าในการออกกำลังกายแต่ละครั้งควรอบอุ่นร่างกาย ก่อนออกกำลังกายอย่างน้อย 5 นาที	4.27	0.86	มาก
5.นักศึกษา เข้าใจวิธีการฝึกลมหายใจหรือฝึกสมาธิ	4.10	0.88	มาก
6.นักศึกษา รู้ว่าควรทำกิจกรรมที่ชอบเพื่อผ่อนคลายความเครียด	4.35	0.72	มาก
รวม	3.82	0.66	มาก

จากตารางที่ 2 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะความเข้าใจข้อมูล มีระดับมาก ($\bar{x}$ =3.82 , S.D=.66)

3. ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการโต้ตอบซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ตารางที่ 3 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการโต้ตอบซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ข้อคำถามเรื่อง การโต้ตอบซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เรื่อง 3อ เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจ	ก่อนทดลอง		
	ค่าเฉลี่ย	SD.	แปลผล
1.นักศึกษา สามารถสนทนาแลกเปลี่ยนข้อมูลเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพ	3.90	0.92	มาก
2.นักศึกษา กล้าซักถามข้อมูลเรื่องอาหารเพื่อสุขภาพจากผู้รู้หรือผู้ให้บริการสุขภาพ	4.11	0.81	มาก
3.นักศึกษา สามารถสนทนาแลกเปลี่ยนข้อมูลเรื่องการออกกำลังกาย	3.97	0.92	มาก
4.นักศึกษา กล้าซักถามข้อมูลเรื่องการออกกำลังกาย จากผู้รู้หรือผู้ให้บริการสุขภาพ	3.95	0.92	มาก
5.นักศึกษาสามารถสนทนาแลกเปลี่ยนข้อมูลเรื่องการจัดการอารมณ์กับเพื่อนนักศึกษา	3.99	0.86	มาก
6.นักศึกษา กล้าซักถามข้อมูลเรื่องการจัดการอารมณ์กับเพื่อนนักศึกษาจากผู้รู้หรือผู้ให้บริการสุขภาพ	3.95	0.88	มาก
รวม	3.97	0.88	มาก

จากตารางที่ 3 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการโต้ตอบซักถามและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ เรื่องอาหาร มีระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ =3.97, S.D=.88)

4. ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการตัดสินใจ

ตารางที่ 4 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการตัดสินใจ ก่อนและหลังการทดลองใช้รูปแบบฯ

ข้อคำถามเรื่อง การตัดสินใจเรื่อง 3อ	**ค่าเฉลี่ย**	**SD.**	**แปลผล**
1.นักศึกษา ตัดสินใจซื้ออาหารและ ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่โฆษณาผ่าน สื่อต่าง ๆ โดยไม่ปรึกษาใคร	3.88	0.93	มาก
2.นักศึกษา ใช้เหตุผลในการพิจารณา ข้อดีข้อเสียเรื่องอาหารและผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับจากบุคคลหรือ สื่อต่าง ๆ ก่อนตัดสินใจเลือกใช้	4.01	0.83	มาก
3.นักศึกษา ตัดสินใจเลือกการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพที่เหมาะสมกับตนเอง โดยได้รับข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ โดยไม่ปรึกษาใคร	3.94	0.91	มาก
4.นักศึกษา ใช้เหตุผลในการพิจารณาข้อดีข้อเสียเรื่องการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพที่ได้รับจากบุคคลหรือสื่อต่างๆ ก่อนตัดสินใจออกกำลังกาย	4.05	0.85	มาก
5.นักศึกษาตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการอารมณ์หรือความเครียดที่นำเสนอผ่านสื่อต่าง ๆ โดยไม่ปรึกษาใคร	3.99	0.87	มาก
6.นักศึกษา ใช้เหตุผลในการพิจารณาข้อดีเรื่องวิธีการจัดการอารมณ์หรือความเครียดที่เหมาะสมกับตนเองที่ได้รับจากบุคคลหรือสื่อต่างๆ ก่อนนำไปปรับใช้	4.10	0.79	มาก
รวม	3.99	0.86	มาก

จากตารางที่ 4 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการตัดสินใจเรื่องอาหาร มีระดับมาก ($\bar{x}$ =3.99, S.D=.0.86)

5 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถ หรือทักษะการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตนเอง

ตารางที่ 5 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถ หรือทักษะการ ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตนเอง

การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตนเองเรื่อง 3อ	**ค่าเฉลี่ย**	**SD.**	**แปลผล**
1.นักศึกษา ลดการกินอาหารประเภทหวาน มัน เค็ม	3.86	.90	มาก
2.ฉันกินอาหาร 1 มื้อ ประกอบด้วย ผัก 2 ส่วน ข้าว 1 ส่วน เนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ 1ส่วน	4.00	.90	มาก
3.นักศึกษา ออกกำลังกายได้ 3 ครั้งต่อ 1 สัปดาห์	3.81	1.11	มาก
4.ฉันเลือกวิธีการออกกำลังกายที่เหมาะสมกับฉันได้	4.02	.94	มาก
5.นักศึกษา ฝึกลมหายใจหรือฝึกสมาธิ	3.80	.97	มาก
6.ฉันทำงานอดิเรกเพื่อผ่อนคลายความเครียด	4.00	.92	มาก
รวม	3.91	.68	มาก

จากตารางที่ 5 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถ หรือทักษะการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมสุขภาพตนเองเรื่องอาหาร มีระดับมาก ($\bar{x}$ =3.91, S.D=.68) ความสามารถ หรือทักษะการปรับเปลี่ยน

6 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถ หรือทักษะการบอกต่อ

ตารางที่ 6 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถ หรือทักษะการบอกต่อ

บอกต่อเรื่อง 3อ	**ค่าเฉลี่ย**	**SD.**	**แปลผล**
1.นักศึกษา ชักชวนให้ผู้อื่นกินอาหารเพื่อสุขภาพ	3.80	.95	มาก
2.นักศึกษา กล้าเตือนผู้อื่นให้ลดอาหาร หวาน มัน เค็ม	3.80	.99	มาก
3นักศึกษา แลกเปลี่ยนเรียนรู้เรื่องการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ	3.93	.94	มาก
4.นักศึกษา กล้าเตือนผู้อื่นให้ออกกำลังกายเพื่อสุขภาพ	3.87	.93	มาก
5.นักศึกษา ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้เรื่องการจัดการอารมณ์และความเครียดของตนเองกับผู้อื่น	3.91	.87	มาก
6.นักศึกษา กล้าตักเตือนให้ผู้อื่นรู้จักควบคุมอารมณ์	3.98	.91	มาก
รวม	3.88	.93	มาก

จากตารางที่ 6 ระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการบอกต่อเรื่องมีระดับมาก ($\bar{x}$ =3.88, S.D=.93)

สรุปผลการสำรวจความรอบรู้ทางด้านสุขภาพทางด้าน 3 อ.ทั้ง 6 องค์ประกอบ นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร มีระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3 อ. อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ =3.77 , S.D=1.04)

7. ความสัมพันธ์ระหว่าง เพศ อายุ คณะที่ท่านศึกษา ชั้นปี จำนวนสมาชิกในครอบครัว แหล่งรายได้ โรคประจำตัว กิจกรรมการออกกำลังกาย กับความรอบรู้ทางด้านสุขภาพตามหลัก 3อ

ตัวแปร	ความรอบรู้ทางด้านสุขภาพตามหลัก 3อ		แปลผล
	Pearson Correlation	**Sig.**	
เพศ	.150	.818	ไม่มีความสัมพันธ์
อายุ	.026	.712	ไม่มีความสัมพันธ์
คณะที่ท่านศึกษา	.797	.018	มีความสัมพันธ์
ชั้นปี	.805	.018	มีความสัมพันธ์
จำนวนสมาชิกในครอบครัว	.018	.803	ไม่มีความสัมพันธ์
แหล่งรายได้	.105	.136	ไม่มีความสัมพันธ์
รายได้ โรคประจำตัว	.818	.016	มีความสัมพันธ์
กิจกรรมการออกกำลังกาย	.509	.403	ไม่มีความสัมพันธ์

จากตารางที่ 7 พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ อายุ ชั้นปี จำนวนสมาชิกในครอบครัว

วิจารณ์ผลการวิจัย

พบว่า นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครมีความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการเข้าถึง อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.56,S.D.=1.17) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครมีระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการเข้าถึง อยู่ในระดับมาก($\bar{x}$=3.82,S.D.=0.81) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะความเข้าใจข้อมูล อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=3.98,S.D.=0.89) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะ

การตัดสินใจ อยู่ในระดับมาก($\bar{X}$=4.00,S.D.=0.87) นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ องค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการตัดสินใจ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=3.92,S.D.=0.96) และนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครระดับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อองค์ประกอบความสามารถหรือทักษะการบอกต่อ ($\bar{X}$=3.88,S.D.=0.94) และในภาพรวม นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครมีความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ อยู่ในระดับดี และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรอบรู้ด้านสุขภาพตามหลัก 3อ อย่างมีนัยสาคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ได้แก่ อายุ ชั้นปี จำนวนสมาชิกในครอบครัว

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยร่วมทำแบบสอบถาม google form ทำให้นักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครเพิ่มความรอบรู้หรือทักษะการ ตัดสินใจเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมสุขภาพ เรื่อง อ: ออกกำลังกาย อ: อาหาร อ: อารมณ์ที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร โดยใช้การให้ข้อมูล การเปรียบเทียบผลดีและผลเสียเรื่องเรื่อง 3อ สำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ฝึกการตัดสินใจเลือกวิธีการออกกำลังกาย การรับประทานอาหาร อารมณ์ที่เหมาะสมสำหรับนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร และสามารถนำผลการวิจัยมอบให้หน่วยงานที่เกี่ยวของของมหาวิทยาลัยเพื่อส่งเสริมสุขภาพตามหลัก 3อ นำไปสู่นักศึกษาที่มีสุขภาพดี

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนักศึกษาระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ให้ข้อมูล และขอขอบคุณอาจารย์มหามหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครที่ประสานช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กองสุขศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. (2561). แบบประเมินความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรม สุขภาพ ตาม 3อ2ส. ของประชาชนที่มีอายุ 15 ปีขึ้นไป ฉบับปรับปรุงปี 2561. (สืบค้นเมื่อวันที่ 17 มิถุนายน 2563), จาก: http://www.hed.go.th/linkHed/333

ชินตา เตชะวิจิตรจารุ, อัจฉราศรีสุภรกรกุล และสุทัตตา ช้างเทศ. (2561). ความรอบรู้ด้านสุขภาพ: กุญแจ สำคัญสู่พฤติกรรมสุขภาพและผลลัพธ์สุขภาพที่ดี. วารสารพยาบาลทหารบก, 19 (ฉบับพิเศษ), 1-11

โสภณา จิรวงศ์นุสรณ์ และณัฐวดีจิตรมานะศักดิ์. (2565). การพัฒนารูปแบบความรอบรู้ด้านสุขภาพเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมสุขภาพ ตามหลัก 3อ ของผู้สูงอายุ.Journal of Roi Kaensarn Academi. ปีที่ 7ฉบับที่ 4, 233-249.

พิทยา ไพบูลย์ศิริ. (2561). ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ 2ส ของผู้บริหารภาครัฐ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารสมาคมเวชศาสตร์ป้องกันแห่งประเทศไทย. 8(1): 97-107. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารีย์ แร่ทอง. (2562). ความรอบรู้ด้านสุขภาพและพฤติกรรมสุขภาพ 3อ 2ส ของอาสาสมัครสาธารณสุขประจ าหมู่บ้าน กรณีศึกษาตำบลหินตก อำเภอร่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช . วารสารวิชาการกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ ,15 ฉบับที่ 3, 61-70

ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567

FACTOR AFFECTING THE MOTIVATION OF SWIMMERS IN THE THAILAND AGE GROUP SWIMMING SHORT COURSE CHAMPIONSHIP (25 M) 2024

ชนกกมล ทองทาสี[1*] และ ธิติพงษ์ สุขดี[2]

Chanokkamon Tongtasee[1*] and Thitipong Sukdee [2]

[1]คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตชลบุรี 20000

[1] Faculty of Education. Thailand National Sports University, 20000

*Corresponding author E-mail: jutapond23@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 จำนวน 205 คน โดยกำหนดการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นแบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน

ผลการวิจัย 1) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 ปัจจัยด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ อยู่ในระดับมาก และปัจจัยอีกทั้ง 4 ด้านอยู่ในระดับมาก โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ได้ดังนี้ ด้านความมั่นใจในตัวเอง ด้านวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ ด้านความสัมพันธ์และการสนับสนุนของครอบครัว และด้านแรงสนับสนุนของสังคม ตามลำดับ 2) แรงจูงใจในการเข้าร่วมแข่งขันกีฬาว่ายน้ำ อยู่ในระดับมาก 3) การวิเคราะห์วิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า มีปัจจัยจำนวน 3 ปัจจัยที่มีผลต่อ แรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 4) ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 มี 3 ปัจจัย โดยเรียงลำดับจากปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ ด้านความมั่นใจในตัวเอง ด้านแรงสนับสนุนของสังคม สามารถร่วมกันทำนายปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำได้ร้อยละ 57.70 และได้นำค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์มาเขียนสมการในได้ดังนี้

สมการในรูปแบบคะแนนดิบ

$Y/= 0.412 + 0.381(X_4) + 0.294(X_1) + 0.248\ (X_3)$

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

$Z/Y= 0.327\ (ZX_4) + 0.309\ (ZX_1) + 0.260\ (ZX_3)$

คำสำคัญ : แรงจูงใจ การว่ายน้ำ สระ 25 เมตร

Abstract

This research aims to study the factors influencing the motivation of swimmers in the Thailand Age Group Swimming short course Championship (25m) 2024. The sample group consists of 205 swimmers competing in this championship, selected through simple random sampling. The research instrument used in this study is a questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, and stepwise multiple regression analysis.

Research Findings: The key factors influencing swimmers' motivation in the Thailand Age Group Swimming short course Championship (25m) 2024 were found to be at a high level. The highest-rated factor was the perception of the value and benefits of swimming, followed by four other factors ranked in descending order: self-confidence, equipment and facilities, family relationships and support, and social support. The motivation to participate in competitive swimming was also at a high level. The variance analysis revealed that three factors significantly influenced the motivation of swimmers in the Thailand Age Group Swimming short course Championship (25m) 2024 at a statistical significance level of .05 The three most influential factors, ranked from highest to lowest impact, were: Perception of the value and benefits of swimming, Self-confidence, Social support, These three factors together predicted 57.70% of the variance in motivation. The predictive coefficients were used to construct the following regression equation

Raw Score Equation

$Y/= 0.412 + 0.381(X_4) + 0.294(X_1) + 0.248\ (X_3)$

Standard Score Equation

$Z/Y= 0.327\ (ZX_4) + 0.309\ (ZX_1) + 0.260\ (ZX_3)$

Keywords: Motivation, Swimming, short course (25m)

บทนำ

แผนพัฒนาการกีฬาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2566 - 2570) ได้กำหนดวิสัยทัศน์ว่า “กีฬาพัฒนาคนสังคมและเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจไทย” โดยมีพันธกิจหลัก 2 ประการ คือ การกีฬาเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงทางสังคม และการกีฬาเป็นกลไกสำคัญในการเสริมสร้างความมั่งคั่งทางเศรษฐกิจ โดยมีประเด็นการพัฒนาการกีฬา 5 ประเด็น ประกอบด้วย 1) การส่งเสริมและพัฒนาการออกกำลังกายและกีฬาขั้นพื้นฐาน 2) การส่งเสริมและพัฒนาการออกกำลังกายและกีฬาเพื่อมวลชนให้เป็นวิถีชีวิต 3) การส่งเสริมและพัฒนาการกีฬาเพื่อความเป็นเลิศและกีฬาเพื่อการอาชีพ 4) การส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรด้านการกีฬา และ 5) การส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมการกีฬา

กีฬานับว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาบุคคล ครอบครัว ชุมชน สังคม และประเทศชาติเพราะกีฬาเป็นกิจกรรมทางกายที่เปรียบเสมือนยาวิเศษ ตามที่ สนั่น เทพหัสดิน ณ อยุธยา (เจ้าพระยาธรรมศักดิ์มนตรี) ได้ประพันธ์ไว้ในเพลงกราวกีฬา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2437 ส่วนหนึ่งในเนื้อเพลง กล่าวว่า “...กีฬา กีฬา เป็นยาวิเศษแก้กองกิเลสทำคนให้เป็นคน ผลของการฝึกตนเล่นกีฬาสากล...” โดยผลของการเล่นกีฬา มีหลายประการ เช่น ผลทางด้านร่างกาย ด้านจิตใจ ด้านอารมณ์ ด้านสังคม และด้านสติปัญญา การเล่นกีฬาจะช่วยส่งผลให้เยาวชนได้รับการพัฒนาในด้านร่างกาย ช่วยให้ร่างกายแข็งแรง หัวใจทำงานได้ดีขึ้น รูปร่าง ทรวดทรงดี การเคลื่อนไหวพื้นฐานเป็นไปอย่างคล่องแคล่ว และทำให้รู้จักนำทักษะในการเคลื่อนไหวไปใช้เล่นกีฬา ด้านจิตใจและอารมณ์ช่วยให้เกิดความสนุกสนาน ผ่อนคลายความเครียด ป้องกันความก้าวร้าว ชดเชยความผิดหวัง และความกระวนกระวายใจ ด้านสังคมเปิดโอกาสให้ผู้เล่นได้ฝึกคุณธรรม ปฏิบัติตามระเบียบข้อบังคับในการเล่น รู้จักหน้าที่ รู้แพ้รู้ชนะ รู้อภัย เคารพกลุ่ม รู้จักการแข่งขัน และเสียสละเพื่อประโยชน์ส่วนรวม ด้านสติปัญญา มีการพัฒนาการเรียนรู้ ทำให้มีความคิดสร้างสรรค์ รู้ถึงความสามารถและขีดจำกัดของตนเอง รู้จักใช้ไหวพริบในการตัดสินใจ รู้จักปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม และเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้อย่างชาญฉลาด ซึ่งความพร้อมด้านจิตใจนี้ตามแนวความคิดทางหลักจิตวิทยา ได้กล่าวถึง คำว่า“แรงจูงใจ” โดย ประดิษฐ์ เอกทัศน์ (2556) กล่าวว่า แรงจูงใจหมายถึง ภาวะใด ๆ ก็ตามที่กระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมออกมา การแสดงพฤติกรรมของมนุษย์นั้น ล้วนแล้วมีสาเหตุมาจากแรงจูงใจเป็นสำคัญ และแรงจูงใจอย่างเดียวกัน ยังทำให้มนุษย์แสดงพฤติกรรมแตกต่างกันอีกด้วย ดังนั้น แรงจูงใจนับว่ามีความสัมพันธ์กับการแสดงพฤติกรรม โดยเฉพาะการเล่นกีฬา หรือการแข่งขันกีฬา

การแข่งขันกีฬาว่ายน้ำจะประสบความสำเร็จในการแข่งขันได้นั้น นักกีฬาจะต้องได้รับการฝึกหนัก ทั้งทางด้านทักษะ เทคนิค พละกำลัง และจะต้องมีความอดทน ความรับผิดชอบ มีวินัย ขยันหมั่นเพียร และตรงต่อเวลา ถึงจะทำให้นักกีฬาประสบความสำเร็จได้ เพราะเป็นกีฬาที่จะต้องแข่งกับตัวเองเป็นหลัก อีกหนึ่งปัจจัยหลักที่มีความสำคัญคือ สภาพจิตใจหรือแรงจูงใจซึ่งสอดคล้องกับ ไพโรจน์ สายแก้ว (2553) กล่าวไว้ว่า ลักษณะของ

นักกีฬาที่จะประสบความสำเร็จนั้น นักกีฬาต้องมีความกังวลใจน้อย สมาธิดี เชื่อมั่นในตนเอง มองผลงานตนเองเป็นเรื่องใหญ่ที่สุดและมีแรงจูงใจมาก ดังนั้น พลังแรงจูงใจจึงเป็นสิ่งที่ผู้ฝึกสอนควรคำนึงถึงเป็นอย่างมาก และเป็นหน้าที่ของผู้ฝึกสอนที่จะต้องหาวิธีกระตุ้นหรือสร้างแรงจูงใจให้เกิดกับนักกีฬาของตน

จากที่กล่าวมาข้างต้นรายการแข่งขันกีฬาว่ายน้ำชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร นั้น มีนักกีฬาที่เข้าร่วมแข่งขันที่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย(สระ 50 เมตร) จึงมีความสนใจในการศึกษาแรงจูงใจในการแข่งขันกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศ สระ 25 เมตร เพื่อต้องการทราบว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่สนับสนับให้เกิดแรงจูงใจที่จะแข่งกีฬาว่ายน้ำต่อไปและมีจำนวนนักกีฬาเพิ่มขึ้นมากขึ้นทุกปีการศึกษาและทราบถึงแรงใจที่มีอิทธิพลในการแข่งขัน จะสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการจูงใจให้นักกีฬาว่ายน้ำผู้ที่มีความสนใจ มีความพร้อมและความสามารถเข้าแข่งขันได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับผู้สอนและผู้เกี่ยวข้องในการบริหารการจัดการ และพัฒนากีฬาว่ายน้ำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากร

นักกีฬาว่ายน้ำที่เข้าร่วมแข่งขันรายการกีฬาว่ายน้ำชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 จำนวน 205 คน

กลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างด้วยโปรแกรม G*Power 3.1 (Erdfeider et al., 2007) กำหนดการวิเคราะห์พหุคูณถดถอย ขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.15 ความคลาดเคลื่อนในการทดสอบ (α) เท่ากับ 0.05 ค่าอำนาจในการทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.80 ตัวแปรทำนาย 5 ตัวแปร ได้กลุ่มตัวอย่าง 92 คน โดยกำหนดการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม(Cluster Random Sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยของผู้วิจัย เรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 ดังนี้

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีลักษณะเป็นแบบสำรวจรายการ (Check list) ประกอบด้วย เพศ, สโมสร, รุ่นอายุ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับเรื่องปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 จำนวน 25 ข้อ ซึ่งลักษณะแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยใช้มาตราส่วนประเมินของลิเคิร์ท (Likert) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับแรงจูงใจในการเข้าร่วมแข่งขันกีฬาว่ายน้ำ มีจำนวน 15 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดดคล้อง (IOC) มีค่าความเชื่อมั่น ซึ่งมีลักษณะแบบมาตราส่วนค่าประเมินค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมาตราส่วนประเมินค่าของลิเคิร์ท (Likert) คือ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย น้อยที่สุด

การหาคุณภาพเครื่องมือ (แบบสอบถาม)

1. หาความเที่ยงตรง (Validity) โดยการนำแบบสอบถามปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ไปให้ผู้เชียวชาญ จำนวน 5 คนโดยคุณสมบัติของผู้เชียวชาญจบการศึกษาไม่น้อยกว่าระดับปริญญาโท สาขาพลศึกษาหรือสาขาอื่นที่เกี่ยวข้องกับการกีฬา และมีประสบการณ์สอนกีฬาว่ายน้ำ ไม่น้อยกว่า 5 ปี เพื่อหาค่าดัชนีสอดคล้อง (Index of item-Objective Congruence) คัดเลือกเฉพาะด้านที่ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.50 โดยแบบสอบถามที่ให้ในการวิจัยครั้งนี้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60 – 1.00

2. นำแบบสอบถามที่แก้ไขตามผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าความเชื่อมั่นโดยการทดลองใช้ (Try-Out) กับนักว่ายน้ำที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน ด้วยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) โดยมีค่า α = 0.89

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 โดยได้เก็บรวบรวมข้อมูลงดังนี้

1. แหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการตอบแบบสอยถามของนักกีฬาที่เข้าร่วมแข่งขันรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 จำนวน 92 คน
2. จัดเตรียมแบบสอบถามให้เพียงพอกับกลุ่มตัวอย่าง
3. นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นมาไปสอบถามกับกลุ่มตัวอย่าง
4. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามที่ได้รับ
5. นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติออกไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเฉพาะบุคคลของกลุ่มตัวอย่างและตัวแปร ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นการวิเคราะห์โดยใช้สถิติพื้นฐาน เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของตัวแปรแต่ละตัวที่ใช้ในการศึกษา โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติคำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และแปลผลค่าเฉลี่ย

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Momeant Corre;ation) เพื่อหาความสัมพันธ์กันระหว่างปัจจัย โดยกำหนดนัยยะสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 โดยวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression Analysis) เพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยกำหนดนัยยะสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของด้านความมั่นใจในตัวเองอยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.01, S.D. = 0.66) ด้านวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ อยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.97, S.D. = 0.63) ด้านแรงสนับสนุนของสังคม อยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.94, S.D. = 0.66) ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำอยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.38, S.D. = 0.54) และด้านความสัมพันธ์และการสนับสนุนของครอบครัว อยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 3.96, S.D. = 0.75)

3. ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงจูงใจในการเข้าร่วมแข่งขันกีฬาว่ายน้ำพบว่า อยู่ในระดับ มาก ($\overline{X}$ = 4.23, S.D. = 0.63)

4. ด้านความมั่นใจในตัวเอง ด้านวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ ด้านแรงสนับสนุนของสังคม ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ ด้านความสัมพันธ์และการสนับสนุนของครอบครัวมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

5. ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า มีปัจจัยจำนวน 3 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตาราง 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	P
Regression	21.129	3	7.043	42.350*	.000
Residual	14.635	88	0.166		
Total	35.764	91			

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า มีปัจจัยจำนวน 3 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงชนะเลิศแห่งประเทศไทย สระ 25 เมตร ประจำปี 2567 **(ชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567)** อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6.ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567

ตาราง 2 ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567

ตัวพยากรณ์	b	Std. Error	β	t	p
ค่าคงที่	0.412	0.365	-	1.129	0.262
1. ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ	0.381	0.102	0.327	3.744*	0.000
2. ด้านความมั่นใจในตัวเอง	0.294	0.103	0.309	2.850*	0.005
3. ด้านสนับสนุนทางสังคม	0.248	0.092	0.260	2.692*	0.009
Adjusted R^2 = .577					

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มี 3 ปัจจัย โดยเรียงลำดับจากปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ ด้านความมั่นใจในตัวเอง ด้านสนับสนุนทางสังคม ซึ่งปัจจัยทั้ง 3 นี้ สามารถร่วมกันทำนายปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567 ได้ร้อยละ 57.70 และได้นำค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์มาเขียนสมการในได้ดังนี้

สมการในรูปคะแนนดิบ

$$Y' = 0.412 + 0.381(X_4) + 0.294(X_1) + 0.248\ (X_3)$$

จากสมการถดถอยแสดงว่าค่าคงที่ของแรงจูงใจของนักกีฬามีค่าเท่ากับ 0.412 โดยหากด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น 1 คะแนน คาดว่าแรงจูงใจของนักกีฬา จะเพิ่มขึ้น 0.381 คะแนน หากด้านความมั่นใจในตัวเองเพิ่มขึ้น 1 คะแนน คาดว่าแรงจูงใจของนักกีฬาจะเพิ่มขึ้น 0.249 คะแนน หากด้านสนับสนุนทางสังคมเพิ่มขึ้น 1 คะแนน คาดว่าแรงจูงใจของนักกีฬาจะเพิ่มขึ้น 0.248 คะแนน

สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐาน

$$Z'_{Y=}\ 0.327\ (ZX_4) + 0.309\ (ZX_1) + 0.260\ (ZX_3)$$

จากสมการถดถอยมาตรฐานแสดงว่า โดยหากด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น 1 คะแนนมาตรฐาน คาดว่าแรงจูงใจของนักกีฬาจะเพิ่มขึ้น 0.327 คะแนนมาตรฐาน หากด้านความมั่นใจในตัวเองเพิ่มขึ้น 1 คะแนนมาตรฐาน คาดว่าแรงจูงใจของนักกีฬาจะเพิ่มขึ้น 0.309คะแนนมาตรฐาน หากด้านสนับสนุนทางสังคมเพิ่มขึ้น 1 คะแนนมาตรฐาน คาดว่าแรงจูงใจของนักกีฬาจะเพิ่มขึ้น 0.260 คะแนนมาตรฐาน

วิจารณ์ผล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำในการเข้าแข่งขันรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567 โดยศึกษากับ 5 ปัจจัยคือ 1) ปัจจัยด้านความมั่นใจในตัวเอง 2) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ 3) ปัจจัยด้านแรงสนับสนุนของสังคม 4) ปัจจัยด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ 5) ปัจจัยด้านความสัมพันธ์และการสนับสนุนของครอบครัว ผู้วิจัยขออภิปรายผลการวิจัยดังนี้

1. แรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำในการเข้าร่วมการแข่งขันรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567 อยู่ในระดับมาก เพราะนักกีฬามีความสัมพันธ์ทางบวกกับแรงจูงใจเข้าร่วมการแข่งขัน ว่าแรงจูงใจในการว่ายน้ำมีผลต่อการนักกีฬาที่สนใจเข้าร่วมการแข่งขันเป็นไปในทางที่ดี ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างแรงจูงใจมีบทบาทสำคัญในการผลักดันให้นักกีฬามุ่งมั่นฝึกซ้อม พัฒนาทักษะ และตั้งเป้าหมายในการแข่งขันเพื่อสร้างผลงานที่ดีขึ้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าแรงจูงใจ มีนัยสำคัญต่อความสนใจและความพร้อมของนักกีฬาในการเข้าร่วมการแข่งขัน ซึ่งปัจจัยล้วนส่งผลให้การเข้าร่วมการแข่งขันเป็นไปในทิศทางที่ดี ศิริวรรณ เสรีรัตน์ (2553) กล่าวว่า แรงจูงใจของบุคคลขึ้นอยู่กับการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของกิจกรรมนั้น ๆ หากบุคคลเห็นว่ากิจกรรมนั้นมีประโยชน์และตอบสนองความต้องการของตนเอง จะส่งผลให้เกิดความมุ่งมั่นและความพยายามในการทำกิจกรรมนั้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับ เจษฎา จันทรประดิษฐ์ (2563) ได้ระบุว่า แรงจูงใจของนักกีฬาเกิดจากปัจจัยภายใน เช่น ความเชื่อมั่นในตนเองและการรับรู้คุณค่าของกีฬา ซึ่งเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้นักกีฬามีความพยายามและความมุ่งมั่นในการพัฒนาตนเองและสร้างผลงานที่ดีในการแข่งขัน และควรมีการศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่อาจส่งผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬา เช่น บทบาทของโค้ช การสนับสนุนจากครอบครัว หรือสภาพแวดล้อมในการฝึกซ้อม เพื่อให้เข้าใจปัจจัยที่ส่งเสริมแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำได้อย่างครบถ้วนยิ่งขึ้น ทั้งนี้ Jalil Moradi Alireza Bahrami and Amir Dana (2020) ได้ศึกษา ปัจจัยแรงจูงใจที่มีอิทธิพลต่อการมีส่วนร่วมในกิจกรรมกีฬา เกี่ยวกับนักกีฬาทั้งในกีฬาแบบรวมและกีฬาเดี่ยว มีปัจจัยหลายประการที่ผลักดันให้บุคคลมีส่วนร่วมในกิจกรรมกีฬาเพื่ออำนวยความสะดวกในการมีส่วนร่วมของนักกีฬาและการยึดมั่นในระบบการออกกำลังกายจะช่วยส่งเสริมการมีส่วนร่วมของนักกีฬาและการยึดมั่นในระบบการฝึกซ้อมและการแข่งขันอย่างมีประสิทธิภาพ

2. ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจในการว่ายน้ำของประชาชนในอำเภอเมืองจังหวัดชลบุรี ได้แก่ ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ ด้านความมั่นใจในตัวเอง ด้านแรงสนับสนุนของสังคมผู้วิจัยขออภิปรายผลดังนี้

2.1 ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ ได้มากที่สุด นักกีฬาได้รับรู้ถึงประโยชน์ต่าง ๆ มากมายที่จะได้รับจากการว่ายน้ำ ทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิต การรับรู้ถึงคุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเสริมสร้างแรงจูงใจของนักกีฬา การตระหนักถึงการกระตุ้นให้นักกีฬามีความมุ่งมั่นในการฝึกซ้อมและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับ จุฑารัตน์ คำมี และคณะ (2565) ที่ได้ศึกษา ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ประโยชน์ของการออกกำลังกายและการรับรู้อุปสรรคของการออกกำลังกายกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ ผลการศึกษาพบว่า การรับรู้ถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้บุคคลมีพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ Sato, Jordan, and Funk (2014) ได้ระบุว่า การรับรู้ถึงคุณค่าและประโยชน์ของการเล่นกีฬามีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจในชีวิตและพฤติกรรมการออกกำลังกายอย่าง

ต่อเนื่อง ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้กับนักกีฬาว่ายน้ำได้ หากนักกีฬาตระหนักถึงประโยชน์ของการว่ายน้ำ จะช่วยสร้างแรงจูงใจในการฝึกซ้อมและพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง

2.2 ด้านความมั่นใจในตัวเอง ได้มากเป็นลำดับที่ 2 เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อพัฒนาการของนักกีฬาโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกีฬาว่ายน้ำ ซึ่งต้องอาศัยทั้งทักษะทางกายและจิตใจที่แข็งแกร่ง การว่ายน้ำช่วยเสริมสร้างความมั่นใจผ่านการฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง การตั้งเป้าหมายในการพัฒนาตนเอง และการเผชิญกับความท้าทาย นักกีฬาที่มีความมั่นใจในตนเองมักจะสามารถรับมือกับแรงกดดันได้ดี กล้าตัดสินใจ และมีความมุ่งมั่นในการแข่งขัน สอดคล้องกับ ชมพูนุท สิริพรหมภัทร (2539) ที่ระบุว่า นักกีฬาที่มีความมั่นใจในตนเองสูงมักมีแนวโน้มที่จะประสบความสำเร็จมากกว่า เนื่องจากความมั่นใจเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการตั้งเป้าหมาย ความอดทนในการฝึกซ้อม และความสามารถในการควบคุมอารมณ์เมื่อเผชิญกับสถานการณ์ที่กดดันในระหว่างการแข่งขัน สอดคล้องกับของ Bandura (1997) ที่กล่าวถึงแนวคิด Self-Efficacy Theory ซึ่งระบุว่า บุคคลที่มีความเชื่อมั่นในความสามารถของตนเองจะสามารถเผชิญกับความท้าทายได้ดียิ่งขึ้นและมีแนวโน้มที่จะบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้ การสนับสนุนจากโค้ช เพื่อนร่วมทีม และครอบครัวยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างความมั่นใจให้แก่นักกีฬา ดังนั้น การปลูกฝังความมั่นใจในตนเองผ่านการฝึกซ้อมอย่างมีระบบ การสร้างบรรยากาศที่สนับสนุน และการตั้งเป้าหมายที่ชัดเจน จะช่วยให้นักกีฬามีความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจในการแข่งขัน รวมถึงสามารถพัฒนาศักยภาพของตนเองได้อย่างเต็มที่

2.3 ด้านแรงสนับสนุนของสังคม ได้มากเป็นลำดับสุดท้าย การได้รับแรงสนับสนุนจากครอบครัว เพื่อน และคนรอบตัว เป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการออกกำลังกาย การได้รับการสนับสนุนจากคนใกล้ชิดช่วยเสริมสร้างความมั่นใจและกระตุ้นให้เกิดการฝึกฝน ส่งเสริมพัฒนาการของนักกีฬา โดยเฉพาะในการฝึกซ้อมและการแข่งขัน สอดคล้องกับ Shipherd et. al (2024) ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลของคุณภาพการบริการ การสนับสนุนครอบครัว และความใกล้ชิดระหว่างโค้ชและนักกีฬาที่มีต่อผลการปฏิบัติงานของนักเรียนนักกีฬา โดยมีปัจจัยแรงจูงใจ การสนับสนุนครอบครัว และความสัมพันธ์ระหว่างโค้ช-นักกีฬาที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จด้านประสิทธิภาพของนักเรียน นักกีฬาการได้รับแรงสนับสนุนจากสังคมสามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจ และเสริมสร้างความมั่นใจในการฝ่าฟันอุปสรรคต่าง ๆ ในเส้นทางการกีฬา สอดคล้องกับ คเชษฐ ปุรัษกาญจน์ และ ชนินท์นรา ใจดี (2566) ได้กล่าว แรงสนับสนุนทางสังคมมีผลโดยตรงต่อความพยายามและความต่อเนื่องในการฝึกซ้อมของนักกีฬา โดยเฉพาะแรงสนับสนุนจากครอบครัวมีบทบาทสำคัญในการสร้างเสถียรภาพทางอารมณ์และแรงจูงใจในการแข่งขัน ทั้งนี้ โค้ชและเพื่อนร่วมทีมก็เป็นปัจจัยเสริมที่ช่วยให้นักกีฬารู้สึกเป็นส่วนหนึ่งของทีม และมีความกระตือรือร้นในการฝึกซ้อมและแข่งขัน

สรุปผล

ปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มี 3 ปัจจัย โดยเรียงลำดับจากปัจจัยที่ส่งผลมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด ได้แก่ ด้านการรับรู้คุณค่าและประโยชน์ของการว่ายน้ำ ด้านความมั่นใจในตัวเอง ด้านสนับสนุนทางสังคม ซึ่งปัจจัยทั้ง 3 นี้ สามารถร่วมกันทำนายปัจจัยที่มีผลต่อแรงจูงใจของนักกีฬาว่ายน้ำรายการชิงแชมป์สระ 25 เมตร ปี 2567 ได้ร้อยละ 57.70

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะศึกษาศาสตร์ สาขาพลศึกษาและกีฬา มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตชลบุรี อาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้ให้ความกรุณาให้แนะนำและถ่ายทอดความรู้ทางวิชาการในการทำวิทยานิพนธ์ จนงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความกรุณษเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2566). ร่างแผนพัฒนาการกีฬาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2566-2570). กรุงเทพฯ: กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.

กับ คเชษฐ ปุรัษกาญจน์ และ ชนินท์นรา ใจดี. (2566). ผลของโปรแกรมส่งเสริมการรับรู้ความสามารถของตนร่วมกับแรงสนับสนุนทางสังคมที่มีต่อความรู้ พฤติกรรมสุขภาพและการลดน้ำหนักของนักศึกษามหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ วิทยาเขตยะลา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 34(1), 113–126.

จุฑารัตน์ คำมี, วันวิษา ชัยสิทธิ์ และธนัมพร ทองลอง. (2565). ความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ประโยชน์ของการออกกำลังกายและการรับรู้อุปสรรคของการออกกำลังกายกับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ. วารสารวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ

เจษฎา จันทรประดิษฐ์. (2563). แรงจูงใจของนักกีฬาในการเข้าร่วมการแข่งขันกีฬา. วารสารวิจัยการพลศึกษา,

ชมพูนุท สิริพรหมภัทร. (2539). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อมั่นในตนเองกับพฤติกรรมการตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ. มหาวิทยาลัยอัสสัมชัญ.

ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2553). แรงจูงใจของบุคคลในการทำงาน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประดิษฐ์ เอกทัศน์. (2556). จิตวิทยาสำหรับครู. มหาสารคาม: คณะคุรุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ไพโรจน์ สายแก้ว. (2553). แรงจูงใจในการเลือกเรียนโรงเรียนกีฬาของนักเรียนโรงเรียนกีฬาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่1. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต (พลศึกษา).บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

Sato, T., Jordan, J., & Funk, D. C. (2014). The relationship between sport involvement and life satisfaction: A comparison of active and inactive individuals. Leisure Studies

Shipherd, A. M., Wakefield, J. C., Stokowski, S. E., & Filho, E. (2018). The influence of coach turnover on athletes' affective states and team dynamics: An exploratory study in collegiate sports. International Journal of Sports Science & Coaching. In Press.

Moradi, J., Bahrami, A., & Dana, A. (2020). Motivation for participation in sports based on athletes in team and individual sports. Physical Culture and Sport. Studies and Research

ศึกษาการนำแอปพลิเคชันสำหรับสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

A Study on the Implementation of a Learning Enhancement Application for Fourth-Grade Students with Special Educational Needs on the Topic of Numbers Greater than 100,000

นุชนารถ ศรีษะโหน่[1*] วิภาวรรณ บัวทอง[2]

Nutchanart Srisano[1*] Wipawan Buathong[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

21 หมู่ 6 ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University

21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: s6381423103@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการนำแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และเสนอทางเลือกสำหรับจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน โดยใช้แอปพลิเคชันที่พัฒนาจากโปรแกรมสำเร็จรูป Zappar ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ เมนูหลัก เนื้อหา เกม และแบบทดสอบ เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินได้แก่ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนเป็นแบบทดสอบปรนัย แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ ที่ได้เรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันแบบไลเคร์ท 5 ระดับ ผลการวิจัยพบว่า หลังการใช้แอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ นักเรียนมีคะแนนทดสอบเฉลี่ยหลังใช้แอปพลิเคชันสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.4 คิดเป็นร้อยละ 84 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานรวม 0.37 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด

คำสำคัญ : นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ แอปพลิเคชัน

Abstract

This study aims to A Study on the Implementation of a Learning Enhancement Application for Fourth-Grade Students with Special Educational Needs on the Topic of Numbers Greater than 100,000. Additionally, it proposes an alternative instructional approach that aligns with students' capabilities. The application was developed using the Zappar software and consists of four components: the main menu, content, games, and assessments. The evaluation tools included pre-test and post-test multiple-choice achievement assessments, as well as a five-point Likert scale questionnaire to measure the satisfaction of fourth-grade students with special educational needs who utilized the application. The research findings indicate that, following the use of the learning enhancement application, students with special educational needs demonstrated a statistically significant improvement in their test scores. The average post-test score was 8.4, equivalent to 84%, which is classified as a very high level of achievement. Furthermore, the satisfaction evaluation of the application yielded an average score of 4.84, with an overall standard deviation of 0.37, indicating the highest level of satisfaction.

Keywords : Students with special educational, Application

บทนำ

เทคโนโลยีดิจิทัลมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตและการศึกษาในปัจจุบัน กระทรวงศึกษาธิการ (2562) มุ่งมั่นพัฒนาการศึกษาและศักยภาพของคนไทยทุกช่วงวัย เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนทุกคนได้รับการพัฒนาในทุกด้าน และพร้อมที่จะขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 โดย สำนักนายกรัฐมนตรี (2542) ที่ให้ความหมายของการศึกษาว่า เป็นกระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญงอกงามของบุคคลและสังคม ผ่านการถ่ายทอดความรู้ การฝึกอบรม การสืบสานวัฒนธรรม การสร้างสรรค์ความก้าวหน้าทางวิชาการ การสร้างองค์ความรู้ และการจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต

เด็กที่มีความต้องการพิเศษมีความแตกต่างจากเด็กทั่วไป ดังนั้นการจัดการศึกษาสำหรับเด็กกลุ่มนี้จึงควรมีความแตกต่างในด้านเนื้อหา วิธีการ และการประเมินผล ทุกโรงเรียนมีนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษที่เรียนร่วมกับนักเรียนทั่วไป ซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้อาจไม่สามารถเรียนรู้ได้ตามระดับชั้น หรือขาดทักษะการทำงานด้วยตนเอง การจัดการศึกษาจึงต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่า "ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาได้ ถ้าได้รับโอกาสในการ

เรียนรู้ที่เหมาะสมกับความสามารถของตน" แนวทางการจัดการศึกษาคือ การให้โอกาสทุกคนได้เรียนในโรงเรียนปกติ และดำรงชีวิตอยู่ในชุมชนร่วมกับผู้อื่นได้

เด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการคำนวณมักมีปัญหาในการนับเลข การเข้าใจความหมายของจำนวน การคำนวณพื้นฐาน และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ทำให้มีปัญหาในการเรียนคณิตศาสตร์ในทุกเนื้อหา การจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษจะต้องใช้เวลาในการสอนเพิ่มเติม และโรงเรียนต้องมีบุคลากรครูที่เพียงพอในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียนแต่ละคน ปัจจุบันมีแนวคิดและวิธีการใช้สื่อและนวัตกรรมมาช่วยในการจัดการเรียนการสอนมากมาย สื่อมัลติมีเดียเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากผู้เรียนจะได้ศึกษาภาพและตัวหนังสือที่สวยงาม พร้อมทั้งเสียงโต้ตอบที่ดึงดูดความสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจง่ายขึ้น และยังมีแบบฝึกหัดให้ทบทวนความรู้ การจัดการเรียนรู้แบบปรับเหมาะโดยใช้เว็บเทคโนโลยีสามารถลดเวลาเรียนได้ถึง 75% เมื่อเทียบกับการเรียนแบบเดิม ศิวพร (2560) สื่อการสอนในยุคดิจิทัลที่อยู่ในรูปแบบแอปพลิเคชันจึงตอบโจทย์ความต้องการของทั้งครูผู้สอนและนักเรียน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดและวัตถุประสงค์ ในการนำแอปพลิเคชันมาสร้างเป็นบทเรียน สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และเพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ และส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเรียนรู้ได้อย่างเต็มศักยภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัย “ศึกษาการนำแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4” ดำเนินการวิจัยโดย แบ่งเป็นขั้นตอนไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ โรงเรียนหงษ์หยกบำรุง จังหวัดภูเก็ต

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหงษ์หยกบำรุง จังหวัดภูเก็ต จำนวน 5 คน

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยมีการทำงานแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.1 สร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ

2.2 การนำแอปพลิเคชันมาพัฒนาเป็นบทเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานในการออกแบบและการพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมีการวิเคราะห์เนื้อหาที่ใช้ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือ คือเนื้อหาในกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และทำการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันนำ Storyboard มาสร้างและพัฒนาบทเรียนจากแอปพลิเคชันบนแอนดรอยด์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการสร้างสื่อมัลติมีเดีย

2.3 แบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ สร้างแบบประเมินคุณภาพ การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทำการประเมินด้านเนื้อหา และประเมินความเหมาะสมทางด้านการสร้างแอปพลิเคชัน นำไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา และความเหมาะสมด้านการสร้างแอปพลิเคชัน โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน หาค่าดัชนีความสอดคล้องเลือกเฉพาะข้อที่มีค่า IOC ระหว่าง 0.60-1.00 ปรับปรุงและนำไปใช้

2.4 การประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยแสดงค่าเฉลี่ย $\overline{x}$ และค่าระดับความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหงษ์หยกบำรุง จำนวน 5 คน

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดยดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ใช้เกณฑ์การประเมินแบบ Rubric โดยผ่านผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีการศึกษา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาพิเศษ 1 ท่าน และ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาการการศึกษา 1 ท่าน ในการประเมินแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 คน ใช้แบบทดสอบชุดเดียวกับก่อนการทดสอบ ได้แก่

(1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบปรนัยชนิด 3 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ

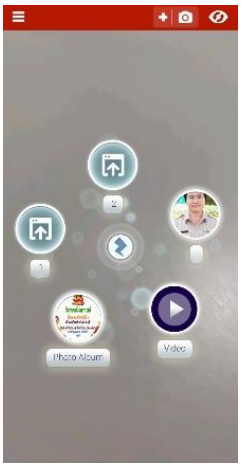
(2) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ ที่ได้เรียนรู้ผ่านแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้นักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 วัดความพึงพอใจโดยการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจ

ผลการวิจัย

งานวิจัย ศึกษาการนำแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 แอปพลิเคชันส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และเป็นทางเลือกสำหรับจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน โดยมีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ มีส่วนประกอบ 4 ส่วนดังนี้

1.1 ส่วนเมนูหลัก ประกอบไปด้วย 5 เมนูย่อย ได้แก่ คลิปวีดีโอการสอน เกมจำนวนนับ ภาพใบความรู้ แบบทดสอบ และผู้จัดทำ เมื่อสแกนโล้โก้จะเข้าสู่เมนูหลักจะหมุนเป็นวงกลมไปเรื่อย ๆ สามารถเลือกเมนูโดยการสัมผัสบนหน้าจอสมาร์ทโฟน ดังภาพที่ 1

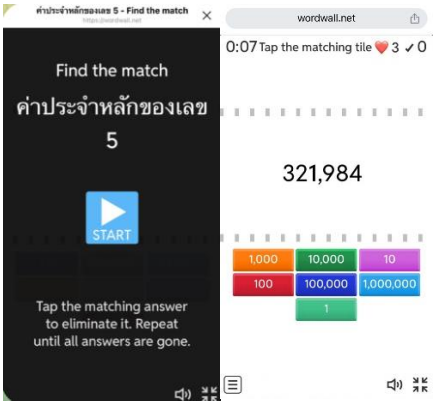


ภาพที่ 1 เมนูหลัก

1.2 ส่วนเนื้อหา การนำเสนอเนื้อโดยใช้คลิปวีดีโอที่มีครูผู้สอน มีเนื้อหาและยกตัวอย่างประการสอน ประกอบด้วยภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ส่วนเนื้อหาที่ใช้ในการสอน

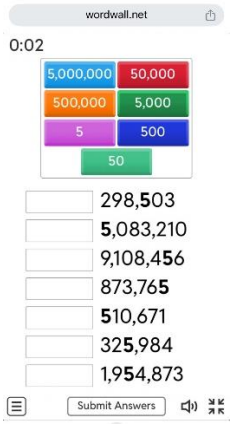
1.3 ส่วนของเกม มีเกมจับคู่ และเกมตอบคำถาม โดยรูปภาพที่ใช้ในเกมจะมีรูปแบบเดียวกันกับเนื้อทั้งหมด เพื่อความเข้าใจที่ต้องกัน และไม่สับสนในการเล่นเกม เมนูเกมจะประกอบไปด้วย หน้าลงชื่อ หน้าเล่นเกม และหน้าสรุปผลการเล่นเกม ดังภาพที่ 3



เกมจับคู่ เกมตอบคำถาม

ภาพที่ 3 หน้าจอเพื่อเข้าสู่การเล่นเกมจับคู่และเกมตอบคำถาม

1.4 ส่วนของแบบทดสอบ ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 หน้าจอแบบทดสอบ

2. การนำแอปพลิเคชันมาพัฒนาบทเรียน สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.1 การศึกษาผลการทดสอบหลังใช้แอปพลิเคชัน สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนระหว่าง 8-9 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 8.4 คิดเป็นร้อยละ 84 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก

2.2 การสอบถามความคิดเห็นด้านเนื้อหาของ แอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ ประเมินผ่านการหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน ผลตรวจสอบมีค่า 0.60-1.00 ทุกรายการข้อคำถาม โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาที่ค่าระดับความเชื่อมั่นของแบบสอบถามเท่ากับ 0.72

2.3 การประเมินความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชัน สำหรับส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โดยนักเรียน มีคะแนนระหว่าง 4-5 คะแนน โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.84 ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานรวม 0.37 ซึ่งอยู่ในระดับ มากที่สุด

วิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้พยายามแก้ไขปัญหาที่นักเรียนที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านการคำนวณมักพบเจอ เช่น ปัญหาในการนับเลขและความเข้าใจสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้สอดคล้องกับแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อช่วยเหลือนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ สอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่ส่งเสริมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และการจัดการศึกษาที่เหมาะสมกับความแตกต่างของผู้เรียน มีการแก้ปัญหาการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการพิเศษ โดยใช้สื่อมัลติมีเดีย เช่น ภาพและเสียง เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียนและช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่น่าสนใจ สำหรับประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน ผลการวิจัยพบว่าแอปพลิเคชันนี้มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน และนักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันในระดับมากที่สุด นอกจากนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหายังประเมินว่าแอปพลิเคชันมีความสอดคล้องและเหมาะสม ในส่วนของการออกแบบแอปพลิเคชันประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ เมนูหลัก เนื้อหา เกม และแบบทดสอบ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาและกิจกรรมที่หลากหลาย เนื้อหาใช้คลิปวิดีโอการสอนที่มีภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง เกมมีเกมจับคู่และเกมตอบคำถามที่ใช้รูปภาพรูปแบบเดียวกับเนื้อหานอกจากนี้ งานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบว่าการใช้เทคโนโลยี AR และแอปพลิเคชันสามารถเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ของนักเรียนได้ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ วิลดา และคณะ (2564) พบว่าการใช้วิธีสอนตรงร่วมกับเทคโนโลยีความจริงเสมือน (AR) ช่วยพัฒนาความสามารถเรื่องจำนวนนับของนักเรียนชั้น ป.3 ที่มีปัญหาทางคณิตศาสตร์

มีข้อสังเกตเพิ่มเติมในงานวิจัยนี้ ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้มีขนาดเล็ก (นักเรียน **5** คน) ซึ่งอาจมีผลต่อความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย การวิจัยในอนาคตควรเพิ่มขนาดกลุ่มตัวอย่างให้มากขึ้น สำหรับการวัดผลในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบและแบบสอบถามความพึงพอใจ ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการวัดผลการเรียนรู้ที่แท้จริง การวิจัยในอนาคตควรใช้เครื่องมือวัดผลที่หลากหลายมากขึ้น เช่น การสังเกตพฤติกรรมและการสัมภาษณ์ และงานวิจัยนี้ดำเนินการในโรงเรียนหงส์หยกบำรุง จังหวัดภูเก็ต ซึ่งอาจมีบริบทที่แตกต่างจากโรงเรียนอื่น ๆ การวิจัยในอนาคตควรดำเนินการในโรงเรียนที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้ผลการวิจัยสามารถนำไปใช้ได้ในวงกว้าง แต่ในภาพรวมแล้ว งานวิจัยนี้มีคุณค่าในการพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนที่มีความต้องการ

พิเศษ อย่างไรก็ตาม การวิจัยในอนาคตควรแก้ไขข้อสังเกตข้างต้นเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความสามารถในการนำไปใช้ของผลการวิจัย

สรุปผล

จากการวิจัยเรื่อง ศึกษาการนำแอปพลิเคชันสำหรับส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่องจำนวนนับที่มากกว่า 100,000 ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่า เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ซึ่งบทเรียนที่ถูกสร้างจากแอปพลิเคชันนี้สามารถส่งเสริมการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ และเป็นทางเลือกสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับศักยภาพของผู้เรียน ผลการพัฒนาบทเรียนจากแอปพลิเคชัน มี 4 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เมนูหลัก เนื้อหา เกม และแบบทดสอบ ส่วนเนื้อหาใช้คลิปวิดีโอการสอนที่มีภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว และเสียง ส่วนเกมมีเกมจับคู่และเกมตอบคำถามที่ใช้รูปภาพรูปแบบเดียวกับเนื้อหา จากการทดสอบพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังใช้แอปพลิเคชันสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาประเมินว่าแอปพลิเคชันมีความสอดคล้องและเหมาะสม นักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้แอปพลิเคชันในระดับมากที่สุด แอปพลิเคชันนี้เป็นสื่อการเรียนรู้ที่น่าสนใจและมีประสิทธิภาพสำหรับนักเรียนที่มีความต้องการจำเป็นพิเศษ การใช้สื่อมัลติมีเดียช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น เกมและแบบทดสอบช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และทบทวนความรู้ของผู้เรียน แอปพลิเคชันนี้เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่ตอบสนองความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน สอดคล้องกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่พบว่าการใช้เทคโนโลยี AR และแอปพลิเคชันสามารถเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ของนักเรียนได้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). นโยบายและจุดเน้น ของกระทรวงศึกษาธิการ ปีงบประมาณ 2564. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงศึกษาธิการ.

วิลดา หอมจันทร์, สุธาวัลย์ หาญขจรสุข และ ชนิดา มิตรานันท์. (2564). การพัฒนาความสามารถเรื่องจำนวนนับสำหรับนักเรียนที่มีปัญหาทางคณิตศาสตร์. วารสารวิจัยและพัฒนาการศึกษาพิเศษ, 63-78.

ศิวพร กลับผดุง. (2560). การเรียนรู้แบบปรับเหมาะผ่านเว็บเพื่อพัฒนาความสามารถด้านการคำนวณและความคงทนในการเรียนรู้ ของเด็กที่มีความบกพร่องทางการเรียนรู้. การประชุมทางวิชาการระดับชาติ ด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 11 (หน้า 462-468). กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. (19 สิงหาคม 2542). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 116 (ตอนที่ 74 ก), หน้า 2. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542. กรุงเทพมหานคร, กรุงเทพมหานคร, ไทย: พริกหวานกราฟฟิก จำกัด.

การใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

Use of TPACK to Develop a Project-based Learning Model Coupled with Micro:bit Devices to Enhance Learning Performance of High School Students

สุรีย์รัตน์ เหลืองศิริ[1*] ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2] และเสรี ปานซาง[3]

Sureerat Luangsiri[1*] Panupat Chaiworn[2] Seri Pansang[3]

[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 202 ถ.ช้างเผือก ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[1] Graduate School, Chiang Mai Rajabhat University 202 Chang Puak Rd., Chang Puak Sub-district, Muang District, Chiang Mai Province, 50300

*Corresponding author E-mail: 63866810@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกรอบแนวคิด TPACK ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะของครูในด้านการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสม รูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการคิด การลงมือปฏิบัติ และการแก้ปัญหา โดยมีอุปกรณ์ไมโครบิตเป็นสื่อสนับสนุนการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 45 คน วิธีดำเนินการวิจัยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสมรรถนะด้านความรู้เนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของครู โดยการสอบถามครูโรงเรียนดาราวิทยาลัย รวมถึงการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเกี่ยวกับการสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ผลการประเมินระดับ TPACK ของครูจะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาแผนการสอนที่มุ่งเน้นการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน โดยเน้นการประยุกต์ใช้วิทยาการคำนวณร่วมกับอุปกรณ์ไมโครบิต จากนั้นผู้วิจัยนำแผนการสอนไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง มีการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนในหัวข้อเรื่องการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ และศึกษาผลการเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียน

จากผลการศึกษาพบว่าความคิดเห็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูคือปัจจัยด้านประสบการณ์ในการสอน และระดับ TPACK ของครูอยู่ในระดับมากแสดงให้เห็นว่าครูมีความรู้ความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาวิชา (TPACK) ซึ่งนำไปพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการได้ ทางด้านผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ก่อนและหลังเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ($\overline{x}$=16.69, S.D=1.28) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{x}$=11.22, S.D.=1.24) และผลการประเมินสมรรถนะการเรียนรู้หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับ

อุปกรณ์ไมโครบิต ($\overline{x}$=16.16, S.D.=1.73) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{x}$=9.13, S.D.=1.83) จากข้อมูลจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต สามารถเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

คำสำคัญ : TPACK รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ไมโครบิต สมรรถนะการเรียนรู้

Abstract

This research aimed to use TPACK to Develop a Project-based Learning Model Coupled with Micro:bit devices to enhance learning performance of upper secondary students. The TPACK framework was applied to improve teachers' knowledge and skills in effectively integrating technology, pedagogy, and content. The developed learning model emphasized learning through thinking processes, hands-on activities, and problem-solving, with Micro:bit devices serving as tools to support creative learning. The sample group consisted of 45 grade ten students from Dara Academy in Chiang Mai Province. The research process began by collecting data on teachers' TPACK competencies through surveys administered to Dara Academy teachers and questionnaires regarding the development of the project-based learning model integrated with Micro:bit devices. The TPACK assessment results were used to create instructional plans focusing on project-based learning and computational thinking applications using Micro:bit. These plans were then implemented with the sample group, and students' learning achievements were compared in computer problem-solving before and after instruction was given. Additionally, the effects on students' learning competencies were evaluated.

The findings revealed that teaching experience was a key factor influencing teachers' TPACK levels, which were found to be high. This demonstrated teachers' ability to integrate technology, pedagogy, and content effectively, leading to the development of integrated learning models. It was found, after comparing the learning achievements of grade ten students before and after the use of the project-based learning model integrated with Micro:bit, that the post-test achievement ($\overline{x}$=16.69, S.D=1.28) was significantly higher than the pre-test achievement ($\overline{x}$=11.22, S.D.=1.24) at the 0.05 significance level. Similarly, the learning competency evaluation results showed that the post-test competency ($\overline{x}$= 16.16, S.D. = 1.73) was significantly higher than the pre-test competency ($\overline{x}$= 9.13, S.D. = 1.83) at the 0.05 significance level.

Based on the findings, it can be concluded that utilizing TPACK to develop a project-based learning model integrated with Micro:bit devices effectively enhances the learning competencies of upper secondary students.

Keywords : TPACK, Project-Based Learning Model, Micro:bit, Enhance Learning Performance

บทนำ

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันและการศึกษาของมนุษย์ การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จำเป็นต้องพัฒนาผู้เรียนให้มีสมรรถนะสำคัญ เช่น ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะช่วยให้ผู้เรียนพร้อมต่อการเผชิญกับความท้าทายในอนาคต

ประเทศไทยได้มีการปรับปรุงหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2560 โดยให้ความสำคัญกับการเรียนวิชาเทคโนโลยี เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เป็นทั้งผู้ใช้งานและผู้สร้างเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ผลการเรียนการสอนในปัจจุบันยังพบปัญหาว่านักเรียนจำนวนมากขาดความรู้พื้นฐานและทักษะที่เพียงพอในการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ โดยนักเรียนมักมีบทบาทเพียงผู้ใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ ออกแบบ หรืออธิบายการทำงานของเทคโนโลยีที่ใช้งานได้อย่างชัดเจนหนึ่งในแนวทางสำคัญที่ช่วยพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนคือการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) ซึ่งส่งเสริมการลงมือปฏิบัติและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง นอกจากนี้ การใช้อุปกรณ์ไมโครบิต (Micro:bit) ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็ก สามารถช่วยให้นักเรียนเรียนรู้การเขียนโปรแกรม การออกแบบ และการแก้ปัญหาด้วยเทคโนโลยีได้อย่างง่ายดาย โดยไมโครบิตมีคุณสมบัติที่หลากหลาย เช่น เซ็นเซอร์ ปุ่มควบคุม ระบบส่งสัญญาณวิทยุ และการเขียนโค้ดแบบบล็อก ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ตอบโจทย์การเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ได้

ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ แนวคิด TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) ถือเป็นกรอบสำคัญที่ช่วยให้ครูสามารถบูรณาการความรู้เนื้อหา วิธีการสอน และเทคโนโลยีเข้าด้วยกันอย่างเหมาะสม โดยการสำรวจและประเมินสมรรถนะ TPACK ของครูสามารถนำมาสังเคราะห์และพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานที่เน้นการใช้วิทยาการคำนวณและอุปกรณ์ไมโครบิต

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เสริมสร้างสมรรถนะของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายผ่านการบูรณาการ TPACK และการใช้อุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อตอบโจทย์เป้าหมายของการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ซึ่งคาดหวังว่าจะช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหาและสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีคุณค่าได้อย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต โดยการใช้ความรู้เนื้อหาผนวกเทคโนโลยี (TAPCK) ของครู สำหรับเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนดาราวิทยาลัย ประกอบไปด้วยเครื่องมือที่เป็นนวัตกรรมคือ แผนจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่อุปกรณ์ไมโครบิต จำนวน 6 แผน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แก่ 1.แผนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 แผน 2.เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ โดยในการออกแบบเครื่องมือผู้วิจัยทำการศึกษาเพื่อให้เหมาะสมกับการเรียนในเวลา 50 นาที โดยศึกษาแผนการจัดการเรียนรู้และชุดคำถามของ สสวท. ในราบวิชาเทคโนโลยี ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 และใช้อุปกรณ์ไมโครบิตเป็นสื่อการสอนประกอบขั้นตอนการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานทั้ง 6 ขั้นตอน อันได้แก่ (1)การเตรียมความพร้อม (2)การกำหนดและเลือกหัวข้อ (3)การเขียนเค้าโครงของโครงงาน (4)การปฏิบัติโครงงาน (5)การนำเสนอผลงาน (6)การประเมินโครงงาน

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ จำนวนทั้งหมด 12 ห้อง รวมทั้งสิ้น 536 คน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนที่มีความหลากหลายด้านความสามารถในการเรียนรู้และการใช้เทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 โรงเรียนดาราวิทยาลัย จำนวน 45 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แผนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ จำนวน 6 แผน

1. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เทคโนโลยีกับการแก้ปัญหา
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์
3. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การเขียนเค้าโครงของโครงงาน
4. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ปฏิบัติการสร้างสรรค์โครงงาน
5. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การนำเสนอ
6. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ร่วมกันสรุปและประเมินโครงงาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้

1. แบบสำรวจสมรรถนะด้านความรู้เนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของครู
2. แบบสอบถามการสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต

3. แบบทดสอบเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

4. แบบประเมินสมรรถนะการเรียนรู้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

1. ศึกษาตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) สาระที่ 4 เทคโนโลยี

2. ศึกษาเอกสารการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน และศึกษาอุปกรณ์บอร์ดไมโครบิต

3. นำสิ่งที่ได้ศึกษามาออกแบบแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และออกแบบแผนการสอนรายวิชาเทคโนโลยีเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน ตามการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน รายละเอียดดังนี้

3.1 แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ เพื่อวัดผลก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ประกอบด้วย 1. แบบฝึกทักษะระหว่างเรียน 2.แบบประเมินสมรรถนะ 3. แบบประเมินใบงาน “การแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์” และใบกิจกรรม “โครงงานกับการแก้ปัญหา”

3.2 แผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน เพื่อนำไปเสริมสร้างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์ และเสริมสร้างสมรรถนะการคิดของนักเรียน

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 “เทคโนโลยีกับการแก้ปัญหา ”

3.2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 “การแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์”

3.2.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 “การเขียนเค้าโครงของโครงงาน”

3.2.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 “ปฏิบัติการสร้างสรรค์โครงงาน”

3.2.5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 “การนำเสนอ”

3.2.6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 “ร่วมกันสรุปและประเมินโครงงาน”

จากนั้นนำแบบทดสอบและแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินและปรับแก้ต่อไป

4. นำเครื่องมือไปใช้กับกลุ่มทดลอง

5. นำผลที่ได้จากกลุ่มทดลองมาหาค่าความเชื่อมั่น ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาความสอดคล้อง ความถูกต้องของหลักการ โครงสร้างนวัตกรรม เนื้อหา และรูปแบบของแผนการสอนแบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต

6. ผู้วิจัยนำเครื่องมืออันได้แก่แบบทดสอบก่อนเรียนและแผนการจัดการเรียนรู้ไปจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มตัวอย่าง อันได้แก่นักเรียนโรงเรียนดาราวิทยาลัย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/10 จำนวน 45 คน พร้อมเก็บรวบรวมข้อมูลในห้องเรียน

7. ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคอมพิวเตอร์

8. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์และประเมินผลข้อมูล

ผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้ผลตามรายละเอียดดังนี้

1. ผลแบบสำรวจสมรรถนะด้านความรู้เนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของครู และ ผลแบบสอบถามการสร้างรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานด้วยวิทยาการคำนวณควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต

ตารางที่ 1 ผลแบบสำรวจสมรรถนะด้านความรู้เนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของครู

ปัจจัยที่ส่งผลต่อ TPACK	$\overline{x}$	S.D.	ระดับ
ปัจจัยด้านเพศ	1.33	1.23	น้อยที่สุด
ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการสอน	4.48	0.28	มาก
ปัจจัยด้านความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคล	4.04	0.27	มาก
ปัจจัยส่วนตัวและปัจจัยในองค์กร	4.47	0.27	มาก

หมายเหตุ ระดับมากที่สุด $\overline{x}$ = *4.51 - 5.00,* ระดับมาก $\overline{x}$ = 3.51 - 4.50, ระดับปานกลาง $\overline{x}$ = 2.51-3.50, ระดับน้อย $\overline{x}$ = *1.51-2.50,* ระดับน้อยที่สุด $\overline{x}$ = *1.00 -1.50*

ตารางที่ 2 ความคิดเห็นเกี่ยวกับระดับความรู้ในการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาวิชา (TPACK)

เรื่อง	$\overline{x}$	S.D.	ระดับ
1) ความรู้ด้านเทคโนโลยี (TK)	4.34	0.28	มาก
2) ความรู้ด้านการสอน (PK)	4.43	0.27	มาก
3) ความรู้ด้านเนื้อหาวิชา (CK)	3.96	0.30	มาก
4) ความรู้ด้านศาสตร์การสอนผนวกเทคโนโลยี (TPK)	4.26	0.15	มาก
5) ความรู้ด้านเนื้อหาวิชาผนวกเทคโนโลยี (TCK)	4.30	0.22	มาก
6) ความรู้ด้านศาสตร์การสอนผนวกเนื้อหาวิชา (PCK)	3.93	0.17	มาก
7) การบูรณาการความรู้ด้านเนื้อหา การสอน และเทคโนโลยี (TPACK)	4.61	0.21	มาก

หมายเหตุ ระดับมากที่สุด $\overline{x}$ = *4.51 - 5.00,* ระดับมาก $\overline{x}$ = 3.51 - 4.50, ระดับปานกลาง $\overline{x}$ = 2.51-3.50, ระดับน้อย $\overline{x}$ = *1.51-2.50,* ระดับน้อยที่สุด $\overline{x}$ = *1.00 -1.50*

สรุปปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูคือประสบการณ์ในการสอน โดยระดับ TPACK ของครูอยู่ในระดับมาก ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ จากแบบสอบถามพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะสำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งยังเพิ่มแรงจูงใจและทำให้การเรียนรู้สนุกยิ่งขึ้น

2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต

การทดสอบ	**n**	$\overline{x}$	**S.D.**	t	Sig
ก่อนเรียน	45	11.22	1.24	20.59	.000*
หลังเรียน	45	16.69	1.28		

สรุปผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 45 คน ที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ก่อนและหลังเรียน พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ($\overline{x}$=16.69, S.D.=1.28) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{x}$=11.22, S.D.=1.24)

3. ผลการศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การทดสอบ	**n**	$\overline{x}$	**S.D.**	t	Sig
ก่อนเรียน	45	9.13	1.83	18.73	.000*
หลังเรียน	45	16.16	1.73		

สรุปผลการประเมินสมรรถนะการเรียนรู้หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ($\overline{x}$=16.16, S.D.=1.73) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{x}$=9.13, S.D.=1.83) จากข้อมูลจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต สามารถเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยในประเด็นสมรรถนะด้านความรู้เนื้อหาผนวกวิธีการสอนและเทคโนโลยี (TPACK) ของครู แสดงให้เห็นว่าครูมีระดับ TPACK อยู่ในระดับสูง สะท้อนให้เห็นว่าครูมีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีร่วมกับการสอนและเนื้อหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้จากแบบสอบถามพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะสำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งยังเพิ่มแรงจูงใจและทำให้การเรียนรู้สนุกยิ่งขึ้น จากผลนี้ทำให้วัตถุประสงค์การวิจัยที่ว่าด้วยการใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิตมีความเหมาะสมเนื่องจากครูมีความพร้อมในการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้เทคโนโลยีร่วมกับการสอนและเนื้อหา ซึ่งสอดคล้องตามที่จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2559) กล่าวว่า ปัจจัยที่มีผลต่อ ความสำเร็จในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใน การสอนของครู ซึ่งไม่ได้ขึ้นอยู่เฉพาะความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยีของครูเท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับความรู้ด้านเนื้อหาและความรู้ด้านการสอนอีกด้วย

ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์และผลการศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต พบว่าทั้งผลสัมฤทธิ์และสมรรถนะหลังเรียนมีสูงกว่าก่อนเรียน จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครสามารถเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้จริง ซึ่งเป็นไปตามที่อัญชลี ทองเอม (2561) กล่าวว่า การเรียนรู้โดยใช้โครงงาน เป็นรูปแบบหนึ่งของการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียน เป็นสาคัญ เป็นการเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติจริง จากการหาความรู้ และการลงมือกระทำ มีความสามารถในการใช้ความรู้นั้น ๆ เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุด สอดคล้องกับวิจารณ์ พานิช (2556) กล่าวไว้ว่าการที่จะได้มาซึ่งทักษะสำคัญแห่งสตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจะต้องคิดและลงมือทาด้วยตนเองเท่านั้น (Learning by Doing and Thinking) การจัดการเรียนรู้จึงต้องเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และค้นหาคำตอบด้วยตนเอง มากกว่าการนั่งฟังการบรรยายและการท่องจำเหมือนในอดีตที่ผ่านมา การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning: PBL) เป็นการเรียนโดยการปฏิบัติวิธีหนึ่งที่เน้นการเรียนเชิงรุก (Active Learning) เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกในหัวข้อที่ต้องการศึกษาตามความสนใจ โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกหัวข้อ การค้นคว้าหาความรู้ การคิดวิเคราะห์ การสรุปผล และการนาเสนอผลงาน นอกจากนี้ผู้เรียนยังได้ฝึกการทางานเป็นทีม ประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริง โดยมีผู้สอนทาหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ (Coach) หรือผู้อานวยความสะดวก (Facilitator) จัดรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน เพื่อกระตุ้นและผลักดันเพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ตามศักยภาพ และทาให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ครบทุกด้าน เมื่อการทำโครงงานรวมกับไมโครบิตที่มีจุดเด่นที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ในหลายด้าน เช่น การใช้งานที่ง่าย มีปุ่มควบคุมและเซ็นเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์อุณหภูมิ และเซ็นเซอร์เข็มทิศ รวมถึงระบบรับส่งสัญญาณวิทยุที่ช่วยให้การทำงานของอุปกรณ์มีความหลากหลายมากขึ้น นอกจากนี้ ระบบการเขียนโค้ดแบบบล็อค (Block-based Coding) และระบบจำลองการทำงาน (Simulation) ยังช่วยให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้แนวคิดและขั้นตอนการทำงานได้โดยไม่

ต้องใช้ทรัพยากรมาก ทำให้ลดปัญหาอุปกรณ์ไม่เพียงพอ ผู้เรียนสามารถสร้างความเข้าใจในกระบวนการทำงานของระบบได้ก่อนการปฏิบัติจริง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalelioglu และ Sentance (2020) ยังสนับสนุนว่าไมโครบิตมีส่วนช่วยพัฒนาทักษะสำคัญ เช่น การเขียนโปรแกรม การแก้ปัญหา และการทำงานร่วมกันในกลุ่ม โดยผู้เรียนจะได้รับการกระตุ้นให้คิดและแก้ปัญหาด้วยตนเองก่อน หากไม่สามารถแก้ไขได้จึงได้รับคำแนะนำจากครูผู้สอน การเรียนรู้ในลักษณะนี้ช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนยังได้รับความสะดวกในการสอน เนื่องจากกระบวนการเรียนเน้นไปที่การออกแบบและการแก้ปัญหาโดยผู้เรียนเป็นหลัก

สรุปผล

จากการวิจัยเรื่องการใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับ TPACK ของครูคือประสบการณ์ในการสอน, ปัจจัยส่วนตัวและปัจจัยในองค์กร และ ปัจจัยด้านประสบการณ์ในการสอน ซึ่งอยู่ในระดับมาก ส่วนปัจจัยที่ส่งผลน้อยที่สุดคือปัจจัยด้านเพศ และผลการศึกษาระดับ TPACK ของครูโดยรวมอยู่ในระดับมากซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบูรณาการเทคโนโลยี วิธีการสอน และเนื้อหาในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้จากแบบสอบถามพบว่าผู้เรียนส่วนใหญ่เห็นด้วยกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เนื่องจากช่วยพัฒนาทักษะสำคัญ เช่น การคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม และการใช้เทคโนโลยี อีกทั้งยังเพิ่มแรงจูงใจและทำให้การเรียนรู้สนุกยิ่งขึ้น
2. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียนเรื่องการแก้ปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต ($\overline{x}$ =16.69, S.D.=1.28) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{x}$ =11.22, S.D.=1.24)
3. ผลการศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าสมรรถนะการเรียนรู้หลังการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต($\overline{x}$ =16.16, S.D.=1.73) สูงกว่าก่อนเรียน ($\overline{x}$ =9.13, S.D.=1.83) จากข้อมูลจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ TPACK ในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐานควบคู่กับอุปกรณ์ไมโครบิต สามารถเสริมสร้างสมรรถนะการเรียนรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพัฒน์ ชัยวร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรี ปานซาง อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่และกรุณาเป็นอย่างสูง ขอขอบคุณ โรงเรียนดาราวิทยาลัย รวมถึง คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และ นักเรียน ที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยด้วยดีตลอดมา อีกทั้งขอขอบคุณบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องที่มีส่วนสนับสนุนให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. 2559. การพัฒนาความรู้ในเนื้อหาผนวกวิธีสอนและเทคโนโลยีในการสอนวิทยาศาสตร์. วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร. 6(2): 1-13.

วิจารณ์ พานิช. 2555. การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21. ส. เจริญการพิมพ์, กรุงเทพฯ

หน่วยศึกษานิเทศก์สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. 2559. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning: PBL). สินทวีกิจ พริ้นติ้ง, นครปฐม.

อัญชลี ทองเอม. 2561. การเรียนรู้โดยใช้โครงงานเพื่อพัฒนาผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. วารสารวไลยอลงกรณ์ริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) 8: 185-199.

Kalelioglu, F., & Sentence, S .2020 .Teaching with physical computing in school:the case of the microbit .Education and Information Technologies, 25: 2577–2603 .

การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานการณ์ทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

Development of a Wireless Access Point Status Monitoring System Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla

กนกพล เมืองรักษ์[1]

Kanokpon Meangrak[1]

[1]**สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย**

ถนนราชดำเนินนอก ตำบลบ่อยาง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา รหัสไปรษณีย์ 90000

[1]Office of Library and Information Technology Rajamangala University of Technology Srivijaya

Ratchadamnoen Nok Road, Bo Yang, Muang District, Songkhla, Thailand 90000

*Corresponding author E-mail: kanokpon.m@rmutsv.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนา ประเมินประสิทธิภาพและประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา โดยมุ่งหวังให้เจ้าหน้าที่สารสนเทศสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ ระบบยังช่วยให้ผู้ใช้งานทั่วไปได้รับข้อมูลข่าวสารที่สำคัญ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกจุดบริการที่เหมาะสม เช่น สถานที่ของจุดบริการ จำนวนผู้ใช้งาน และรายละเอียดประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ข้อมูลเหล่านี้จะถูกแสดงบนบนกูเกิลแมปผ่านเว็บไซต์ในรูปแบบเรียลไทม์ ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น มีวิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 กระบวนการดังนี้ 1) กระบวนการศึกษาปัญหาและความต้อง 2) กระบวนการพัฒนาระบบตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ 3) กระบวนการประเมินระบบ ผลการพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา เมื่อติดตั้งใช้งานจริง ผู้เชี่ยวชาญได้ประเมินประสิทธิภาพความถูกต้องในการแสดงผลของระบบพบว่า หัวข้อการประเมินมีความถูกต้องทุกหัวข้อ 100 เปอร์เซ็นต์ และการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบทั้ง 2 ประเภท โดยผู้ใช้งานทั่วไปมีความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.85, S.D. = 0.30) และผู้ใช้งานดูแลระบบมีความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.87, S.D. = 0.29) งานวิจัยนี้เมื่อนำไปใช้จริงได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายให้กับเจ้าหน้าที่สารสนเทศ ช่วยแก้ปัญหาการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายให้มีความรวดเร็วและทันต่อความต้องการในการใช้งาน พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลใช้ประกอบการวางแผนติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายในอนาคตได้ ทำให้มหาวิทยาลัยมีความคล่องตัวในการบริหารจัดการดูแลอุปกรณ์ให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา จึงส่งผลให้ระบบเครือข่ายไร้สายมีคุณภาพและประสิทธิผลสูงสุด

คำสำคัญ : ระบบตรวจสอบสถานะ ระบบเครือข่ายไร้สาย สถานะของอุปกรณ์

Abstract

This research aims to design, develop, evaluate the performance, and assess user satisfaction with a system for monitoring the operational status of wireless network distribution devices at Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla. The goal is to enable information technology staff to quickly and accurately check the status of the devices. Additionally, the system helps general users access important information to make informed decisions about choosing the most suitable service points, such as the locations of service points, the number of users, and the performance details of the devices. This information will be displayed on Google Maps through a real-time website, making it easier and more convenient for users to access the data. The research methodology is divided into three processes: 1) the process of studying the problems and needs, 2) the process of system development based on the system development life cycle theory, and 3) the process of system evaluation. The results of the developed monitoring system, once implemented, showed that experts evaluated the accuracy of the system's output, finding that all assessment categories achieved 100% accuracy. User satisfaction evaluations revealed that general users rated their satisfaction at a very high level (mean = 4.85, S.D. = 0.30), while system administrators also rated their satisfaction at a very high level (mean = 4.87, S.D. = 0.29). When applied in practice, this research facilitates the monitoring of wireless network distribution devices for IT staff, addressing issues of wireless network usage with speed and responsiveness to user needs. It also allows for informed planning regarding future installations of wireless distribution devices. Consequently, the university enhances its agility in managing and maintaining equipment, ensuring that it remains functional at all times, which ultimately leads to a higher quality and effectiveness of the wireless network system.

Keywords: Status Monitoring System, Wireless Network System, Device Status

บทนำ

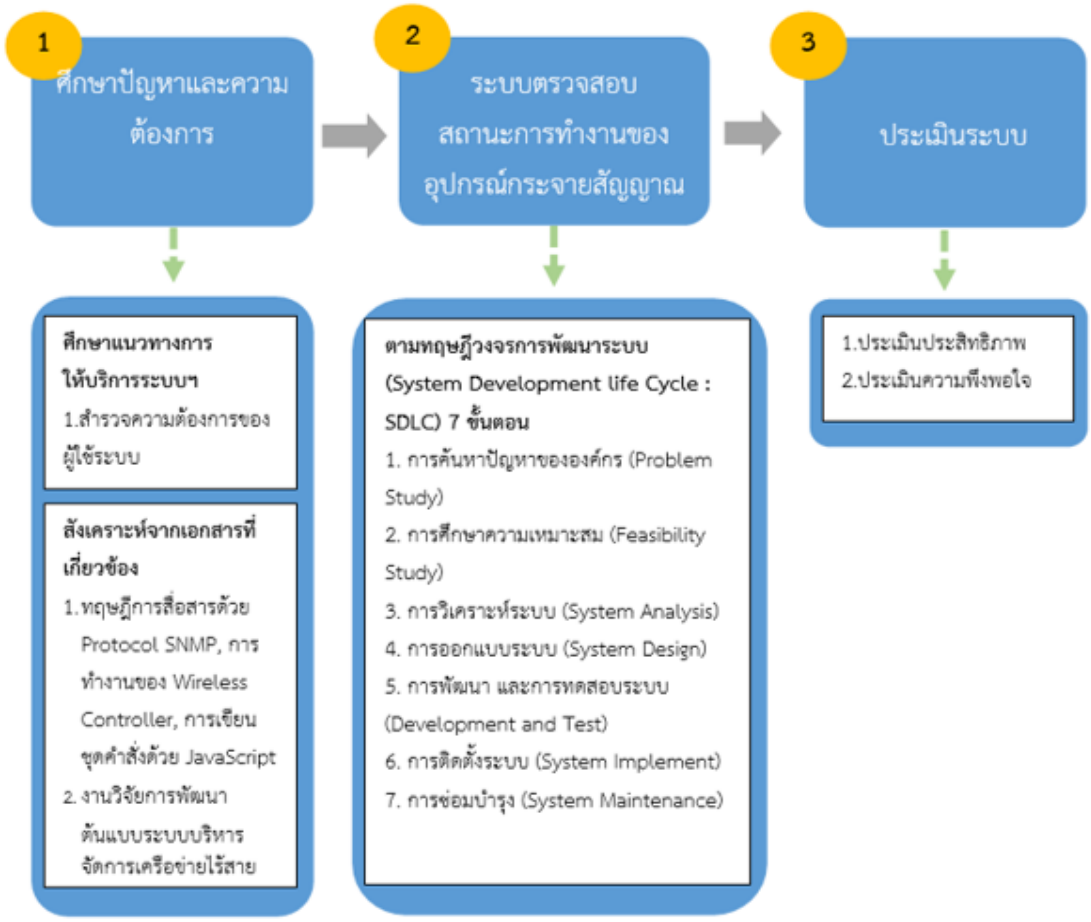
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ได้ติดตั้งระบบเครือข่ายไร้สาย เพื่อให้บริการแก่บุคลากร อาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษาและบุคคลทั่วไปที่มาติดต่อราชการ เพื่อสนับสนุนงานด้านบริหาร งานวิชาการ และการบริการสังคม เป็นต้น ให้บุคลากรทุกภาคส่วนสามารถเข้าถึงระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยผ่านระบบเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย(Access Point) ตามจุดบริการต่าง ๆ ทั้งภายในห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ ห้องสำนักงาน หรือจุดบริการที่กำหนด ทุกพื้นที่ ได้แก่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา, วิทยาลัยรัตภูมิ, วิทยาเขตตรัง, วิทยาเขตนครศรีธรรมราช พื้นที่ไสใหญ่, วิทยาเขตนครศรีธรรมราช พื้นที่ทุ่งใหญ่, วิทยาเขตนครศรีธรรมราช พื้นที่ขนอม โดยมอบหมายให้สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศวางแผนดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย ปัจจุบันปี พ.ศ. 2567 มีอุปกรณ์ทั้งสิ้น 1,300 ตัว พร้อมทั้งดูแลอุปกรณ์ดังกล่าวให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา หากมีปัญหาต้องรีบดำเนินการแก้ไขให้กลับมาใช้งานได้เร็วที่สุด โดยแบ่งหน้าที่รับผิดชอบกับเจ้าหน้าที่สารสนเทศที่ดูแลระบบสารสนเทศประจำแต่ละพื้นที่ผ่านอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายด้วย(Wireless Controller) ทำให้การบริหารจัดการสามารถดำเนินการได้ตามวัตถุประสงค์ แต่การเข้าใช้งานอุปกรณ์ควบคุมนั้นใช้ได้เฉพาะบุคคลที่กำหนดเท่านั้น ประกอบกับการใช้งานมีความยุ่งยาก เจ้าหน้าที่สารสนเทศต้องมีความรู้ความสามารถสูงจึงใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เจ้าหน้าที่สารสนเทศที่ไม่ได้รับสิทธิการเข้าถึงและผู้ใช้งานทั่วไปไม่สามารถเข้าใช้งานได้ ทำให้ไม่ทราบจุดบริการหรือรายละเอียดอื่น ๆ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกจุดบริการที่ต้องการและแก้ปัญหาการใช้งาน

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำเสนอการพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบสำหรับให้เจ้าหน้าที่สารสนเทศที่ทำหน้าที่ดูแลระบบเครือข่ายไร้สายทั้งหมดได้ใช้ระบบในการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและผู้ใช้งานทั่วไป ได้แก่อาจารย์ เจ้าหน้าที่ นักศึกษาและบุคคลทั่วไปที่มาติดต่อราชการได้รับทราบข้อมูลข่าวสารที่จำเป็น เช่น สถานที่ของจุดบริการ จำนวนผู้ใช้งาน รายละเอียดประสิทธิภาพของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดสามารถแสดงบนกูเกิลแมป (Google Map) ผ่านเว็บไซต์แบบเรียลไทม์ และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้จากอุปกรณ์เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก มือถือได้ ระบบนี้สามารถอำนวยความสะดวกด้านการบริหารจัดการในการตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายให้มีความรวดเร็วทันต่อความต้องการในการใช้งานและด้านการบริการวิชาการแก่บุคคลากรได้ทราบถึงจุดบริการระบบเครือข่ายไร้สาย พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลเพื่อประกอบการวางแผนติดตั้งอุปกรณ์กระจายสัญญาณ

เครือข่ายไร้สายของมหาวิทยาลัยในอนาคตได้ ทำให้มหาวิทยาลัยมีความคล่องตัวในการบริหารจัดการดูแลอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายให้สามารถใช้งานได้ตลอดเวลาส่งผลให้ระบบเครือข่ายไร้สายมีคุณภาพและประสิทธิผลสูงสุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งเป็น 3 กระบวนการ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผังงานกระบวนการดำเนินการวิจัย

กระบวนการที่ 1 ศึกษาปัญหาและความต้อง กระบวนการนี้มีการศึกษาแนวทางการให้บริการ รวบรวมปัญหาและความต้องการของระบบจากที่มา 2 แหล่งหลัก ๆ คือ

1.1 ศึกษาแนวทางการให้บริการ จากการรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามของผู้ใช้งาน พบว่าผู้ใช้งานต้องการให้ระบบสามารถแสดงข้อมูลจุดบริการบนกูเกิลแมป โดยใช้สัญลักษณ์หมุดสีในการแสดงสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย สีแดง แทน อุปกรณ์ใช้งานไม่ได้, สีเขียวแทนอุปกรณ์ใช้งาน

ได้, สีขาวแทนไม่มีผู้ใช้งาน, สีส้มแทนมีผู้ใช้งานจำนวนมาก นอกจากนี้ยังต้องการให้ระบบสามารถดูรายละเอียดข้อมูลเพิ่มเติมเมื่อคลิกหมุด เช่น ชื่ออุปกรณ์, สถานที่จุดบริการ,สถานะการใช้งาน, จำนวนผู้ใช้งาน, ประสิทธิภาพการใช้งานและให้ผู้ใช้งานดูแลระบบสามารถจัดการรายละเอียดข้อมูลจุดให้บริการ เช่น เพิ่ม ลบ แก้ไข ข้อมูลของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและสถานที่ต่าง ๆ

1.2 สังเคราะห์จากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เป็นการรวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเรื่อง ระบบตรวจสอบสถานภาพการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายของ นายประชา ลักษมีวณิชย์ สารนิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2548 และเรื่องการพัฒนาต้นแบบระบบบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายท้องถิ่นของนายประสิทธิ์ จิยะพานิชกุล และ นายสรายุทธ ฮันตระกูล มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ ปี 2552 จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบพบว่า ระบบที่พัฒนาเป็นเว็บแอพพลิเคชันมีส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ โดยแสดงข้อมูลบนแผนที่ในลักษณะหมุดสามารถแสดงสถานะการให้บริการและรายละเอียดต่าง ๆ ได้ ซึ่งตรงกับแนวทางที่ผู้วิจัยจะพัฒนา

กระบวนการที่ 2 การพัฒนาระบบ

การวิจัยในครั้งนี้มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับหน่วยงานภายในหลาย ๆ หน่วยงาน เพื่อให้การวิจัยสามารถนำไปติดตั้งใช้งานได้จริง การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา จึงใช้วิธีการพัฒนาระบบตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development life Cycle : SDLC) 7 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การค้นหาปัญหาขององค์กร (Problem Study) พบว่า ผู้ใช้งานทั่วไปและเจ้าหน้าที่สารสนเทศทั่วไปไม่ทราบข่าวสารจุดบริการ สถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกจุดบริการหรือแก้ปัญหาการใช้งาน เป็นเหตุทำให้การบริการระบบเครือข่ายไร้สายขาดประสิทธิภาพ

2.2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) พบว่า เมื่อพิจารณาโอกาสในการพัฒนาและนำระบบมาใช้งาน ซึ่งสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มีทรัพยากรในการพัฒนาระบบอยู่แล้ว เมื่อพัฒนาและนำระบบมาใช้งานระบบนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ การบริหารจัดการระบบเครือข่ายไร้สายของมหาวิยาลัย โดยเฉพาะช่วยในการแก้ปัญหาการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายให้มีความรวดเร็วทันต่อความต้องการในการใช้งาน ทำให้ระบบเครือข่ายไร้สายมีคุณภาพและประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.3 การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลและความต้องการ โดยศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรวบรวมความต้องการในการพัฒนาระบบจากแบบสอบถามผู้ใช้งาน สามารถสรุปความต้องการ ได้ดังนี้

ผู้ใช้งานทั่วไป

- ระบบสามารถแสดงข้อมูล สถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายบนกูเกิลแมปในลักษณะหมุดแทนจุดบริการ ตามอาคารที่ติดตั้ง

- ระบบสามารถแสดงข้อมูลจำนวนผู้ใช้งาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ พื้นที่รัศมีคลื่นสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายประกอบเพื่อแสดงบนรายละเอียด

ผู้ใช้งานดูแลระบบ

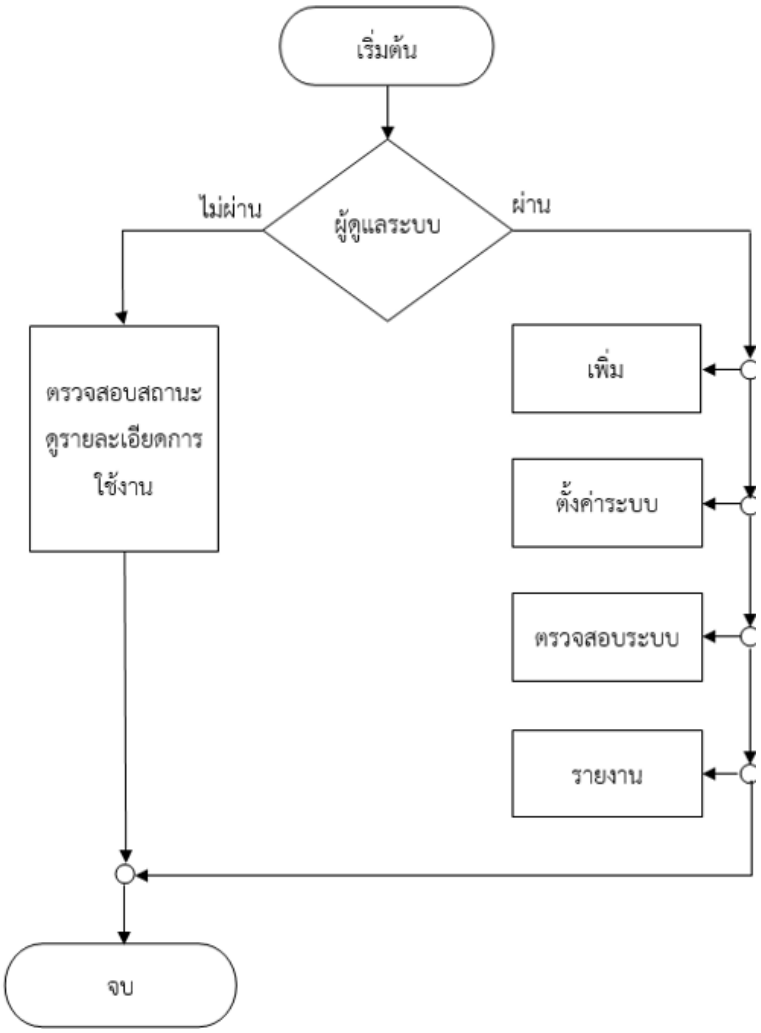
- มีการตรวจสอบผู้ใช้งานขณะเข้าสู่ระบบ
- ระบบสามารถ เพิ่มผู้ใช้งาน
- ระบบสามารถ เพิ่มจุดบริการและกำหนดตำแหน่งจุดบริการ
- ระบบสามารถ กำหนดรายละเอียดของจุดบริการ เช่น ชื่อจุดบริการ สถานที่ติดตั้ง

2.4 การออกแบบระบบ (System Design) จากปัญหาความต้องการของผู้ใช้งาน สิ่งที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา คือการออกแบบให้สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาและเอกสารข้อกำหนดความต้องการ สามารถนำมาออกแบบฟังก์ชันการทำงาน โดยแบ่งเป็นขั้นตอน 5 ข้อ ดังนี้

2.4.1 การออกแบบขั้นตอนการดำเนินงาน มี 2 ประเภทตามผู้ใช้งาน ดังภาพที่ 2 คือ

- ประเภทผู้ใช้งานทั่วไปเข้าระบบเพื่อตรวจสอบจุดบริการและตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย เพื่อเลือกสถานที่ที่เหมาะสมในการใช้งาน

- ประเภทผู้ใช้งานดูแลระบบเข้าระบบเพื่อบริหารจัดการจุดบริการเพื่อกำหนดจุดบริการรายละเอียดของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย เพื่อช่วยในการแก้ปัญหาการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สายให้มีความรวดเร็วทันต่อความต้องการในการใช้งาน



ภาพที่ 2 ผังงานการใช้งานระบบของผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ใช้งานดูแลระบบ

2.4.2 การออกแบบกระบวนการโดยใช้ภาพกระแสข้อมูล เพื่อแสดงกระบวนการนำเข้าข้อมูล (Input Data) และส่งออกข้อมูล (Output Data)

2.4.3 การออกแบบจำลองความสัมพันธ์เอนทิตี้ (Entity Relationship Model: ER Model)

การออกแบบแบบจำลองข้อมูลเป็นการออกแบบโครงสร้างของข้อมูล โดยใช้แผนภาพอีอาร์ ไดอะแกรม (Entity Relationship Diagram: ER Diagram) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลภายในระบบ โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการ การออกแบบฟังก์ชันการทำงานของระบบมาแสดงเป็นโครงสร้าง เพื่อให้เห็นส่วนประกอบต่าง ๆ และความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนประกอบ รวมทั้งฐานข้อมูลว่าควรมีโครงสร้างอย่างไร แบบจำลองความสัมพันธ์เอนทิตี้ของระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย

2.4.4 การออกแบบข้อมูลเชิงกายภาพ (Data Dictionary)

การออกแบบข้อมูลเชิงกายภาพ เป็นการนำโครงสร้างของฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนของการออกแบบข้อมูลเชิงตรรกะมากำหนดรูปแบบต่าง ๆ ทางกายภาพ โดยแสดงเป็น ตารางข้อมูล หรือที่เรียกว่า พจนานุกรมข้อมูล

2.4.5 การออกแบบหน้าตาระบบ ส่วนหน้าตาทั้งหมดที่ผู้ใช้งานจะได้เห็นหรือสัมผัสในเว็บไซต์ การเข้าใจการออกแบบ GUI จะทำให้เรารู้ว่า GUI ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเรื่องความสวยงามอย่างเดียว แต่คือหลักการออกแบบเพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย ตอบสนองได้ตามต้องการ

2.5 การพัฒนาและการทดสอบระบบ (Development and Test) ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบด้วยโปรแกรมมีหลายส่วนด้วยกันแต่ละส่วนจะมีการเลือกใช้ภาษาในการพัฒนาให้เหมาะสมกับการสื่อสารในแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

2.5.1 Visual Studio Code (VSCode) เป็นโปรแกรมแก้ไขโค้ดที่พัฒนาโดย Microsoft ซึ่งเป็น editor ที่มีความยืดหยุ่นสูงและสามารถขยายความสามารถได้ด้วย Extensions ที่รองรับการพัฒนาโปรแกรมหลายภาษา เช่น C#, VB.NET, C++, JavaScript, Python และอื่น ๆ

2.5.2 HTML/Angular ซึ่ง Angular เป็นเฟรมเวิร์กสำหรับการสร้างแอปพลิเคชันเว็บที่ใช้ JavaScript/TypeScript ช่วยในการพัฒนา SPA (Single Page Applications) ผู้วิจัยใช้พัฒนาระบบในส่วนโค้ดของเมนูการจัดการอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายสำหรับผู้ใช้งานดูแลระบบใช้ในการเพิ่มและแก้ไขข้อมูลของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย

2.5.3 C# (C-Sharp) เพื่อเรียกใช้งาน API ในภาษา C# การส่งคำขอไปยังเว็บ API มักใช้คลาส HttpClient การเรียกใช้งาน API จำเป็นต้องเข้าใจหลักการทำงานของ HTTP request เช่น GET, POST, PUT, DELETE ฯลฯ และการจัดการกับ HTTP response ที่ได้รับกลับมา โดยเฉพาะการกำหนด interface ผู้วิจัยใช้ C# เพื่อการถ่ายทอดข้อมูลจากหลายแหล่ง (Multiple Inheritance) โดยประยุกต์ใช้งานใช้ "Interface" และ "Composition" เพื่อแสดงผลจุดบริการบนกูเกิลแมป

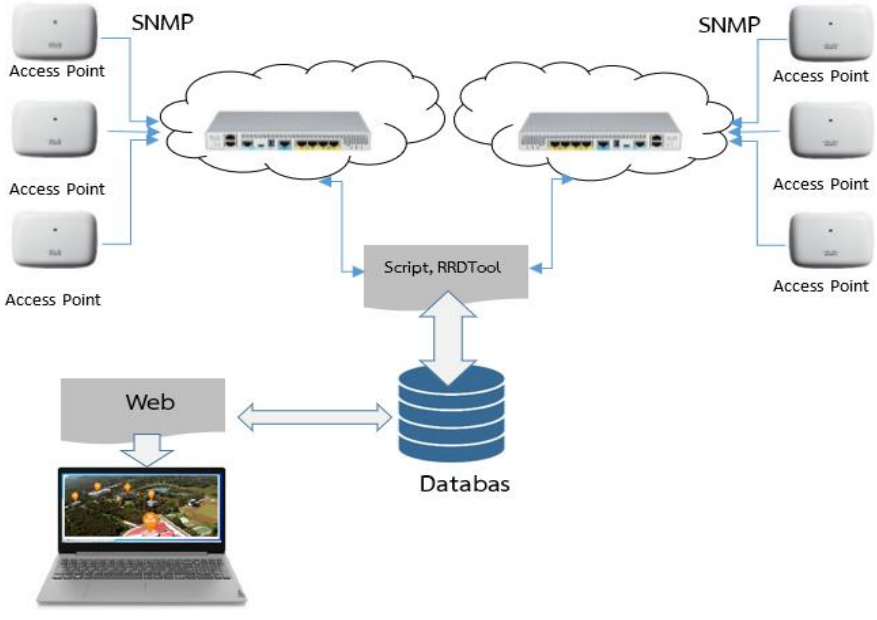
2.5.4 C# และ SQL ใช้เพื่อเชื่อมต่อ Database ซึ่งผู้วิจัยได้นำ C# มาใช้งานกับ SQL เพราะความสามารถในการเรียกใช้งานที่รวดเร็ว โดยใช้ ADO.NET หรือ Entity Framework ในการจัดการกับ SQL Database

2.5.5 TypeScript เป็นส่วนหนึ่งของ Component Angular ซึ่งภาษา TypeScript ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นส่วนขยายของภาษาจาวาสคริปต์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเขียนโปรแกรมให้ดี

ยิ่งขึ้น เช่น การกำหนด service ซึ่ง service เป็น function / object ที่ใช้สำหรับในการแชร์ข้อมูลภายในแต่ละส่วนของ AngularJS เช่น ใน Directive, ใน Controller

2.5.6 PHP ผู้วิจัยได้นำ PHP มาใช้ในส่วนต่าง ๆ ของระบบ เนื่องจาก PHP ถูกออกแบบมาเพื่อสร้างเอกสาร HTML โดยสามารถสอดแทรกหรือแก้ไขเนื้อหาได้อัตโนมัติ ดังนั้น PHP จึงเป็นภาษาที่ทำงานฝั่งเซิร์ฟเวอร์สามารถประมวลผลคำสั่งและแสดงผลลัพธ์เป็นเว็บเพจที่มีการโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีลูกเล่นมากมาย

2.6 การติดตั้งระบบ (System Implement) ระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา มีขั้นตอนการติดตั้งและดำเนินการอันดับแรกเขียนคำสั่งดึงข้อมูลจากอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายมาแสดงผลบนเว็บไซต์ โดยตั้งค่าโปรโตคอล SNMP (Simple Network Management Protocol) เพื่อให้สามารถสื่อสารและจัดเก็บข้อมูลผ่านอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายด้วยวิธีการเขียนชุดคำสั่งใน JavaScript Framework เพื่อกำหนดให้สามารถดึงข้อมูลสถานะการทำงานของอุปกรณ์ได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้งาน RRDTool (Round Robin Database Tool) เพื่อดึงข้อมูลจากอุปกรณ์ควบคุมและบันทึกไว้ในฐานข้อมูล MySQL เพื่อใช้ประโยชน์ตามความต้องการ เช่น การติดตามจำนวนผู้ใช้งานและประสิทธิภาพการใช้งานของจุดบริการต่าง ๆ ขั้นตอนถัดมาคือการพัฒนาเว็บอินเตอร์เฟสเพื่อแสดงข้อมูลในรูปแบบหมุดที่มีสีต่าง ๆ แทนสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สาย โดยสามารถแสดงข้อมูลเหล่านี้บนกูเกิลแมป จากนั้นติดตั้งระบบบนเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเพื่อทดสอบการใช้งาน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเชื่อมโยงการทำงานของระบบตรวจสอบอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย

2.7 การซ่อมบำรุง (System Maintenance) การซ่อมบำรุงเป็นเรื่องที่เน้นการปรับปรุงโปรแกรมและปรับเปลี่ยน เพิ่มทรัพยากรที่ใช้สำหรับจัดทำเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายที่ให้บริการ จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนตามปริมาณการใช้งานของระบบเพื่อให้สามารถทำงานได้ดีในสภาพแวดล้อมหรือเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม

กระบวนการที่ 3 การประเมินระบบ

3.1 ประเมินประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาเสร็จสิ้นแล้วจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านเปรียบเทียบกับผลการทดสอบการใช้งานอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย ณ สถานที่จริง

3.2 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจาสัญญาณเครือข่ายไร้สายมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา โดยใช้แบบสอบถาม ที่ผ่านการนำเสนอจากผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมและแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะพร้อมทั้ง เก็บผลจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรการคำนวณกลุ่มตัวอย่างของ Yamane

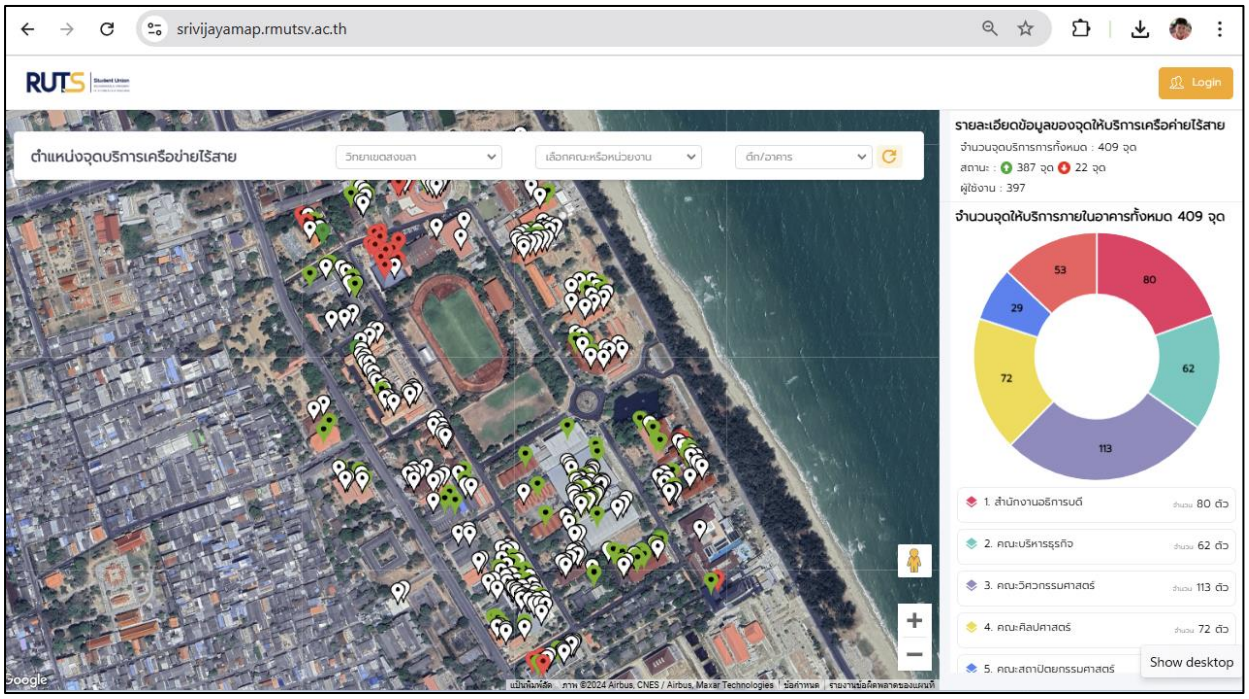
ผลการวิจัย

ผลการดำเนินการวิจัยการพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ประกอบด้วยผู้ใช้งาน 2 กลุ่ม คือ ผู้ใช้งานทั่วไป และผู้ใช้งานดูแลระบบ โดยความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้งานแต่ละกลุ่มมีดังนี้

1. ผลจากการพัฒนาระบบที่ตอบสนองผู้ใช้งานทั่วไป มี 2 ประเด็นดังนี้

1.1 ระบบสามารถแสดงข้อมูล สถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย บนกูเกิลแมปในลักษณะหมุดแทนจุดบริการ ตามอาคารที่ติดตั้งได้โดย

(1) ผู้ใช้งานทั่วไปเมื่อเข้าสู่เว็บไซต์ ระบบจะแสดงข้อมูลจุดบริการเครือข่ายไร้สายในลักษณะหมุดบนกูเกิลแมป หมุดจะมีหลายสี แต่ละสีแทนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ดังนี้ หมุดสีแดง แสดงสถานะอุปกรณ์ทำงานผิดปกติ หมุดสีเขียวอ่อน แสดงสถานะอุปกรณ์ทำงานปกติมีผู้ใช้งานน้อย หมุดสีเขียวเข้ม แสดงสถานะอุปกรณ์ทำงานปกติมีผู้ใช้งานปานกลาง หมุดสีส้ม แสดงสถานะอุปกรณ์ทำงานปกติมีผู้ใช้งานมาก หมุดสีขาว แสดงสถานะอุปกรณ์ทำงานปกติไม่มีผู้ใช้งาน และผู้ใช้งานทั่วไปยังสามารถดูรายละเอียดข้อมูลทางด้านขวามือ ที่แสดงรายละเอียดจุดบริการในภาพรวมทั้งหมดและข้อมูลจะเปลี่ยนตามการเลือกข้อมูล พื้นที่ / คณะ / อาคาร ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 จุดบริการอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายบนระบบ

(2) เมื่อเลือกคณะ/หน่วยงาน ข้อมูลจุดบริการทั้งหมดของของคณะหรือหน่วยงานที่เลือกก็จะปรากฏตามตำแหน่งรูปอาคารต่าง ๆ ที่อยู่ภายใต้คณะ/หน่วยงาน พร้อมรายละเอียดทางด้านขวามือ

ภาพที่ 5 การแสดงจุดบริการอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายเมื่อเลือกคณะ/หน่วยงาน

(3) เลือกอาคาร ข้อมูลจุดบริการของอาคารที่เลือกก็จะปรากฏพร้อมรายละเอียดทางด้านขวามือ

(4) ถ้าต้องการดูรายละเอียดของจุดบริการนั้น ๆ ให้คลิกที่หมุดที่ต้องการ รายละเอียดบนแผนที่และทางด้านขวามือ

1.2 ระบบสามารถแสดงข้อมูลจำนวนผู้ใช้งาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ คลื่นสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายประกอบแสดงบนแปลนอาคาร เมื่อคลิกที่ “คลื่น” ภาพคลื่นสัญญาณของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายตัวนั้นปรากฏ ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 รายละเอียดของจุดบริการเมื่อคลิกที่สัญลักษณ์หมุด

2. ผลจากการพัฒนาระบบที่ตอบสนองผู้ใช้งานดูแลระบบ มีดังนี้

ผู้ใช้งานดูแลระบบสามารถล็อคอิน (Login) เข้าระบบเพื่อจัดการข้อมูลระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย เพิ่ม แก้ไข และลบ ข้อมูลของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและสถานที่ต่าง ๆ ได้โดยคลิกที่ปุ่ม Login

ภาพที่ 7 ช่องทางในการเข้าสู่ระบบสำหรับผู้ใช้งานดูแลระบบ

2.1 มีการตรวจสอบผู้ใช้งานขณะเข้าสู่ระบบ ในการเข้าสู่ระบบผู้ที่สามารถเข้าใช้งานคือผู้ที่มีสิทธิเท่านั้น

2.2 ระบบสามารถจัดการข้อมูลพื้นฐานของระบบ

(1) จัดการข้อมูลแผนที่ , (2) จัดการข้อมูลวิทยาเขต

ภาพที่ 8 หน้าระบบในการจัดการแผนที่

ภาพที่ 9 หน้าระบบจัดการข้อมูลวิทยาเขต

(3) จัดการข้อมูลคณะ, (4) จัดการข้อมูลอาคาร

ภาพที่ 10 หน้าระบบในการจัดการข้อมูลคณะ

ภาพที่ 11 หน้าระบบในการจัดการข้อมูลอาคาร

2.3 ระบบสามารถจัดการผู้ใช้งาน

ภาพที่ 12 หน้าระบบในการจัดการผู้ใช้งาน

2.4 ระบบสามารถจัดการจุดบริการ

(1) ระบบสามารถ เพิ่มจุดบริการและกำหนดตำแหน่งจุดบริการ

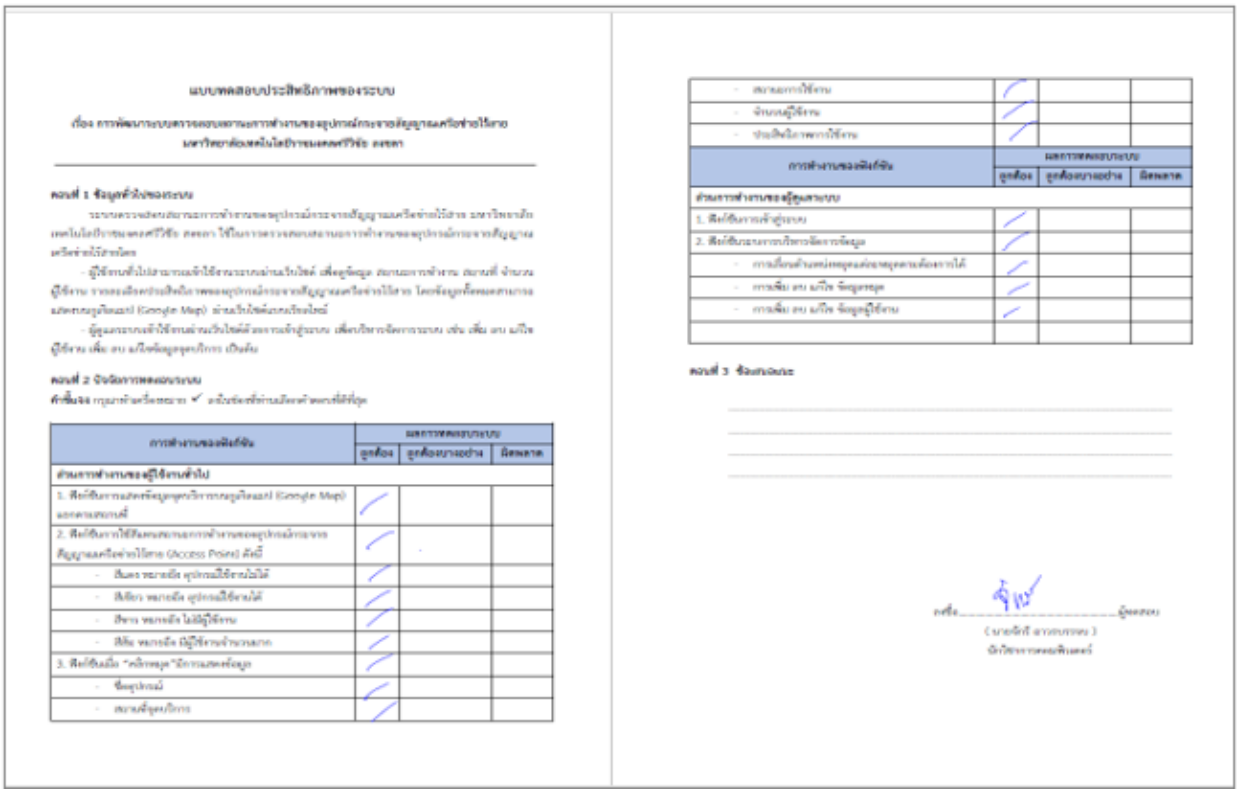
(2) ระบบสามารถ กำหนดรายละเอียดของจุดบริการ เช่น ชื่อจุดบริการ สถานที่ติดตั้ง

ภาพที่ 13 หน้าระบบในการเพิ่มจุดบริการ

ภาพที่ 14 หน้าระบบรายละเอียดจุดบริการ

3. ผลการวิจัยในการทดสอบระบบ

3.1 ผลดังกล่าวได้ผ่านการทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ทำการทดสอบระบบ และระบบสามารถแสดงผลได้ตามขอบเขตที่เขียนไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงตามความเป็นจริง ทุกหัวข้อการประเมินมีความถูกต้องทั้งหมด 100 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจากผู้เชี่ยวชาญ

3.2 ผลการวิจัยในการทดสอบระบบเทียบกับการใช้งานจริง

ในการทดสอบระบบที่พัฒนานั้นผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบผลจากอุปกรณ์ไวเลสคอนโทรลเลอร์ ผลปรากฏว่าข้อมูลตรงกันทุกอย่าง ไม่ว่าจะเป็นชื่ออุปกรณ์ ค่าประจำเครื่องของอุปกรณ์ จำนวนผู้ใช้งานที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ สถานะการทำงานของอุปกรณ์ เป็นต้น นอกจากนั้นผู้วิจัยได้เทียบผลการทดสอบ ณ สถานที่จริงที่มีการติดตั้งอุปกรณ์ในแต่ละอาคาร ผลที่ได้จากการทดสอบอุปกรณ์ เช่น สถานะการทำงานของอุปกรณ์ เมื่อตรวจสอบแล้วอุปกรณ์ตัวนั้นสามารถใช้งานได้จริงตรงกับผลที่ปรากฏบนระบบทุกจุด

ภาพที่ 16 ข้อมูลอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย

จากการทดสอบจึงสรุปได้ว่าระบบที่พัฒนานี้สามารถนำไปใช้บริการแก่ผู้ใช้งานในการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ได้จริง

4. ผลการวิเคราะห์จากแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ

ผลการประเมินแบ่งเป็น 2 ประเภทตามผู้ใช้งานแต่ละประเภท คือ ผลจากผู้ใช้งานดูแลระบบ จำนวน 22 คน และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 640 คน โดยผลประเมินแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านประสิทธิภาพของระบบ ด้านประโยชน์ที่ได้รับ ด้านเนื้อหาและการออกแบบระบบ โดยมี

ผลจากผู้ใช้งานดูแลระบบ

1) ด้านประสิทธิภาพของระบบ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.85,S.D. =0.31)

2) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.86,S.D. =0.30)

3) ด้านเนื้อหาและการออกแบบระบบ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.86, S.D. = 0.30)

ผลจากผู้ใช้งานทั่วไป

1) ด้านประสิทธิภาพของระบบ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.83, S.D. = 0.30)

2) ด้านประโยชน์ที่ได้รับ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.83, S.D. = 0.29)

3) ด้านเนื้อหาและการออกแบบระบบ โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย = 4.90, S.D. = 0.29)

5.ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย ที่ตอบสนองความต้องการของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา สำหรับให้เจ้าหน้าที่สารสนเทศที่ทำหน้าที่ดูแลระบบและผู้ใช้งานทั่วไปได้รับข้อมูลข่าวสารที่จำเป็น สามารถเข้าถึงระบบผ่านเว็บไซต์ได้หลากหลายอุปกรณ์ เช่น คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก หรือมือถือ มีข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบ ดังนี้

5.1 มีการประเมินการใช้งานและกำหนดคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายให้รองรับการใช้งานที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ผู้ดูแลระบบจำเป็นต้องเฝ้าระวังและประเมินผลการใช้งาน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอดเวลา มีการประมวลผลที่รวดเร็ว สามารถแจ้งข้อมูลข่าวสารแบบเรียลไทม์ได้ดียิ่งขึ้น

5.2 การเพิ่มความสะดวกสะบายโดยพัฒนาฟีเจอร์ให้สามารถจัดการและแก้ไขข้อมูลอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ เช่น รายงานสถานะการทำงานที่มีกราฟและชาร์ต มีรายงานปริมาณการใช้งาน รายงานจำนวนจุดบริการ เป็นต้น

5.3 การแจ้งเตือนและการอำนวยความสะดวกโดยสร้างระบบแจ้งเตือนผ่านข้อความ หรือผ่านช่องทางไลน์ เมื่อเกิดปัญหาหรือเกิดเหตุการณ์ที่สำคัญ เพื่อให้ผู้ดูแลระบบสามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

5.4 ระบบที่พัฒนาเมื่อนำไปใช้งานแล้วการอัปเดทปรับปรุงข้อมูลข่าวสารของจุดบริการจึงเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่ง หากวันหนึ่งมีการโยกย้ายจุดบริการมีการปรับเปลี่ยนจุดบริการใหม่ หากเจ้าหน้าที่สารสนเทศที่ปฏิบัติหน้าที่ไม่ได้ปรับปรุงข้อมูลให้เป็นจริงก็จะส่งผลให้ระบบขาดความน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่แสดงบนระบบไม่ตรงตามความเป็นจริงเมื่อไหร่นั้น นั่นหมายความว่าการใช้งานระบบในการตรวจสอบสถานะการทำงานอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายจะขาดประสิทธิภาพ ขาดความน่าเชื่อถือ สุดท้ายเมื่อเชื่อถือไม่ได้ระบบก็ไร้ความหมายไปด้วย การปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันตรงตามความเป็นจริงจึงเป็นเรื่องสำคัญอย่างยิ่ง

หากได้ดำเนินการตามขั้นตอนข้างต้น มหาวิทยาลัยจะมีระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่มีประสิทธิภาพและสามารถบริหารจัดการได้ตลอดเวลา ทำให้ระบบเครือข่ายไร้สายมีคุณภาพและประสิทธิผลสูงสุดตามที่ต้องการของมหาวิทยาลัยได้เป็นอย่างดี

วิจารณ์ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา จากการทดสอบใช้งานระบบพบว่างานวิจัยนี้มีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ใช้งานดูแลระบบอย่างมาก โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ความเสถียรของระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย ช่วยให้ทราบถึงความเสถียรของระบบเครือข่ายไร้สาย ว่าการให้บริการของจุดบริการระบบเครือข่ายไร้สายมีปัญหาขัดข้องอย่างไรและเมื่อไหร่ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดูแลรักษาแก้ปัญหาการให้บริการระบบเครือข่ายให้มีประสิทธิภาพตลอดเวลา

2) ประสิทธิภาพของการใช้งานการตรวจสอบสถานะช่วยให้ผู้ใช้งานดูแลระบบเห็นภาพรวมเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบเครือข่ายไร้สาย ว่ามีการใช้งานแต่ละจุดบริการมากน้อยเพียงใดจากจำนวนผู้ใช้งานและช่วยในการวางแผนปรับปรุงขยายระบบเครือข่ายไร้สายให้เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน

3) การวิเคราะห์ปัญหาเมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นกับระบบเครือข่ายไร้สาย การตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายด้วยระบบที่พัฒนาช่วยให้ทราบถึงสาเหตุของปัญหาได้เร็วขึ้นช่วยในการแก้ไขและซ่อมบำรุงระบบเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4) การแสดงผลของระบบหากถูกต้องและเรียลไทม์ส่งผลต่อการตอบสนองต่อผู้ใช้งาน การทราบถึงสถานะของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายช่วยให้ผู้ใช้งานดูแลระบบสามารถตอบสนองต่อปัญหาหรือคำถามจากผู้ใช้ได้โดยทันที การพัฒนาและนำระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ไปใช้งานจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ออกแบบและพัฒนาระบบนี้ โดยใช้โปรโตคอล SNMP เพื่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กระจายสัญญาณไร้สายและอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายโดยเขียนชุดคำสั่งด้วย JavaScript Framework เพื่อติดต่อกับอุปกรณ์ควบคุมอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายและจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูล MySQL ได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นพัฒนาเว็บอินเตอร์เฟสด้วยภาษา AngularJS ซึ่งสามารถดึงข้อมูลและแสดงผลบนแผนที่กูเกิลแมปในรูปแบบเรียลไทม์ โดยใช้สัญลักษณ์รูปหมุดที่มีสีต่าง ๆ แทนสถานะการทำงานของอุปกรณ์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานรับทราบข้อมูลข่าวสารได้ง่ายและรวดเร็ว

จากการทดสอบระบบพบว่า ระบบสามารถแสดงผลได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยมีการทดสอบจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านซึ่งให้คะแนน 100% ในทุกหัวข้อการประเมิน นอกจากนี้ การเปรียบเทียบผลจากการใช้งานจริงก็แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์มีสถานะการทำงานตรงตามข้อมูลที่แสดงในระบบ

ในการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแบ่งเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบและผู้ใช้งานทั่วไป โดยผลการประเมินพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจในระดับมากที่สุดในทุกด้าน ทั้งด้านประสิทธิภาพของระบบ ประโยชน์ที่ได้รับ และเนื้อหาและการออกแบบระบบ โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด ค่าเฉลี่ย = 4.83 ถึง 4.90

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย สรุปได้ว่าระบบที่พัฒนามีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้บริการแก่ผู้ใช้งานในการตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สายได้อย่างมีประสิทธิผล

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับทุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2567 ซึ่งผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ ระบบตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา ได้ติดตั้งทดสอบการใช้งานจริงบนระบบเครือข่ายไร้สายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พื้นที่สงขลา ภายใต้การดูแลโดยสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้รับการสนับสนุนจากผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิโชค อุ่นแก้ว ผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่เล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์ที่เกิดจากงานวิจัย พร้อมทั้งอนุญาตและอำนวยความสะดวกในการใช้ทรัพยากรในการติดตั้งระบบจริง รวมถึงเจ้าหน้าที่สารสนเทศสังกัดสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ เจ้าหน้าที่สารสนเทศประจำคณะ เจ้าหน้าที่สารสนเทศประจำแต่ละพื้นที่ และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกกระบวนการในการวิจัย หากไม่ได้รับการสนับสนุนดังกล่าวงานวิจัยไม่สามารถบูรณาการนำมาประยุกต์ใช้งานได้จริง ๆ ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ และที่ขาดไม่ได้ต้องขอบขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ด็อกเตอร์ศักดิ์ชัย ตันติวิวัทน์ ที่ปรึกษาโครงการ ที่ให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินการ ให้คำปรึกษาและแก้ปัญหาทุกเรื่องจนงานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

จิยะพานิชกุล, ป., ฮันตระกูล, ส. (2552). *การพัฒนาต้นแบบระบบบริหารจัดการเครือข่ายไร้สายท้องถิ่น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ธรรมเจริญ, พงศ์พรหม. (2565). การใช้ Google Maps ในการตรวจสอบและจัดการเครือข่ายไร้สาย. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 30(2), 123-134. https://doi.org/10.1234/jit.2022.567890

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. (2566). ระบบเครือข่ายไร้สายของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย [Website]. สืบค้นจาก https://srivijayawifi.rmutsv.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. (2566). แผนพัฒนาความเป็นเลิศของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย พ.ศ. 2566-2570 (หน้า 55).

ลิขิตวรสันต์, สุรพล. (2564). การเพิ่มประสิทธิภาพระบบเครือข่ายไร้สายด้วยเครื่องมือการตรวจสอบแบบเรียลไทม์. วารสารการศึกษาและเทคโนโลยี, 25(3), 98-112.

ลักษมีวณิชย์, ป. (2548). ระบบตรวจสอบสถานภาพการทำงานของอุปกรณ์กระจายสัญญาณเครือข่ายไร้สาย. (สารนิพนธ์ปริญญาโท). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). การวิเคราะห์และการออกแบบระบบ (System Analysis and Design). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น

AuthorLastName, AuthorInitials. (2023). Real time electrocardiogram web application implemented by Angular2. Publisher.

EDUCBA. (2567). JavaScript framework. สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2567, จาก https://www.educba.com

Oetiker, T. (2567). RRDTool. สืบค้นเมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2567, จาก http://oss.oetiker.ch/rrdtool/

การพัฒนาระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์งานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการโดยใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด กรณีศึกษา วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่

Development of Asset Management System for Information Technology and Academic Resources Using Low Code Platform, Case Study: Boromarajonani College of Nursing Chiang Mai

เอกชัย เสาว์เอ้ย[1*] และเสมอแข สมหอม[2]

Ealachai Soweay[1*]And Samerkae Somhom[2]

[1]สาขาเทคโนโลยีและสหวิทยาการจัดการ คณะวิทยาลัยพหุวิทยาการและสหวิทยาการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[1]Technology and Interdisciplinary Management Major, Multidisciplinary and Interdisciplinary School, Chiangmai University

[2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

[2]Department Computer Science Faculty of Science Chiangmai University

[*]Corresponding author E-mail: samerkae.s@cmu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบการจัดการครุภัณฑ์โดยใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ดสำหรับวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดความซับซ้อนในการจัดการข้อมูลครุภัณฑ์และการซ่อมบำรุง ระบบนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ AppSheet ในการสร้างแอปพลิเคชันสำหรับการยืมคืนครุภัณฑ์ การแจ้งซ่อม และ Looker Studio เพื่อสร้างแดชบอร์ดที่ช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถติดตามสถานะการซ่อมบำรุงและการใช้งานครุภัณฑ์แบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ ระบบยังรองรับการบันทึกและการตรวจสอบประวัติการยืมคืนและซ่อมแซมอย่างเป็นระบบ ซึ่งช่วยให้กระบวนการทำงานมีความสะดวกมากขึ้น การประเมินผลระบบทำโดยการใช้แบบสอบถามกับผู้ใช้งานสองกลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่งานเทคโนโลยีสารสนเทศและผู้ใช้งานทั่วไป รวมทั้งหมด 45 คน โดยอิงตามโมเดล TAM2 ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับสูงในด้านการรับรู้ประโยชน์ ความง่ายในการใช้งาน และการสนับสนุนการทำงาน โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับ "ดีมาก" นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาต่อยอดระบบ เช่น การพัฒนาแบบไฮบริดโดยผสมผสานการใช้โลว์โค้ดกับการเขียนโค้ดเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นและความซับซ้อนให้กับระบบ ข้อเสนอแนะเหล่านี้คาดว่าจะช่วยให้ระบบการจัดการครุภัณฑ์สามารถตอบสนองความต้องการขององค์กรได้ดียิ่งขึ้นและมีประสิทธิภาพในระยะยาว

คำสำคัญ : การจัดการครุภัณฑ์ ระบบโลว์โค้ด AppSheet, Looker Studio, TAM2

Abstract

This research aims to develop an asset management system using a low-code platform for Boromarajonani College of Nursing, Chiang Mai, to enhance efficiency and simplify asset management and maintenance processes. The system was developed using AppSheet for creating applications to manage asset check-out, returns, and maintenance requests, and Looker Studio to provide real-time dashboards that allow administrators to monitor the status of assets and maintenance activities. Additionally, the system facilitates logging and tracking of asset usage history, enhancing operational convenience. The system's effectiveness was evaluated through a survey based on the TAM2 and involved two user groups: IT staff and general users, totaling 45 participants. Evaluation results showed high user satisfaction in perceived usefulness, ease of use, and support for daily tasks, with an overall rating of "very good." Further recommendations for system improvement include adopting a hybrid development approach, combining low-code and custom code solutions to increase system flexibility and handle more complex operations. These recommendations are expected to enhance the system's ability to meet organizational needs and improve long-term effectiveness.

Keywords: Asset Management, Low-Code System, AppSheet, Looker Studio, TAM2

บทนำ

วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่ เป็นหนึ่งใน 39 วิทยาลัยในสังกัดคณะพยาบาลศาสตร์ สถาบันพระบรมราชชนนก กระทรวงสาธารณสุข โดยมีบทบาทสำคัญในการผลิตบุคลากรทางการพยาบาลและสนับสนุนงานบริการด้านสุขภาพ การบริหารงานภายในวิทยาลัยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มงานหลัก โดยกลุ่มงานอำนวยการมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนการดำเนินงานต่าง ๆ ซึ่งหนึ่งในนั้นคืองานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการการศึกษางานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการการศึกษา มีหน้าที่หลักในการจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การบริหารจัดการครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่าย การให้บริการอุปกรณ์โสตทัศนูปกรณ์ การจัดการข้อมูลการแจ้งซ่อม และการยืมคืนอุปกรณ์ อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันข้อมูลเหล่านี้ยังคงถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ Excel และเอกสารที่เป็นกระดาษ ทำให้ขาดมาตรฐานในการจัดการและเกิดข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

เพื่อการจัดการข้อมูลให้เป็นระบบที่มีมาตรฐาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคโนโลยีโลว์โค้ดอย่าง AppSheet ร่วมกับ Google Sheets ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างรวดเร็วและยืดหยุ่น ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ออกแบบมาเพื่อจัดเก็บและบริหารข้อมูลครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ เช่น หมายเลขครุภัณฑ์ ตำแหน่งการใช้งาน และสถานะการใช้งาน (ใช้งานอยู่, ซ่อมบำรุง, หรือเลิกใช้งาน) นอกจากนี้ยังรองรับการแจ้งซ่อม การติดตามสถานะการแจ้งซ่อม และการออกรายงานผ่านแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ที่สร้างขึ้นด้วย Looker Studio การนำเทคโนโลยีโลว์โค้ดมาใช้มอบประโยชน์ในหลายมิติ ไม่เพียงแค่ลดเวลาการพัฒนาระบบ แต่ยังช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการประมวลผลข้อมูลแบบเดิม และเพิ่มประสิทธิภาพในการเข้าถึงและใช้งานข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่สามารถติดตามข้อมูลที่อัปเดตได้ทันทีผ่านแดชบอร์ด ช่วยให้การวางแผนและตัดสินใจในงานต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยรวบรวมและจัดการข้อมูลครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ที่เคยกระจัดกระจาย หรือจัดเก็บในรูปแบบที่ไม่มีมาตรฐาน ให้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นก้าวสำคัญในการยกระดับการบริหารจัดการข้อมูลจากวิธีการแบบเดิมไปสู่การจัดการที่ทันสมัย รองรับการดำเนินงานของวิทยาลัยในยุคดิจิทัลที่ต้องการความรวดเร็วและความแม่นยำในการเข้าถึงข้อมูลและระบบจัดการข้อมูลครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นช่วยให้การบันทึกข้อมูล มีความสะดวกและแม่นยำ ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการทำงานด้วยมือ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนบำรุงรักษาและการใช้ทรัพยากร เช่น การตรวจสอบสถานะการใช้งานอุปกรณ์ที่ต้องการการซ่อมแซมหรือการปรับปรุง ส่งผลให้กลุ่มงานเทคโนโลยีสารสนเทศฯ สามารถสนับสนุนการทำงานของวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน ช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการบริหารจัดการงานต่างๆ

วัตถุประสงค์การวิจัย

พัฒนาระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์งานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการการศึกษาโดยใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านการพัฒนาระบบ

- การออกแบบระบบ ศึกษาและออกแบบระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับความต้องการของวิทยาลัย โดยเน้นที่ความง่ายในการใช้งาน ประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล และการเข้าถึงข้อมูล
- การพัฒนาระบบ พัฒนาระบบโดยใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด (low-code platform) เช่น Google Appsheet เพื่อให้ได้ระบบที่ใช้งานได้จริงและสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่าย
- การทดสอบระบบ ทดสอบระบบกับผู้ใช้งานจริงเพื่อประเมินประสิทธิภาพ ความถูกต้อง และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

2. ขอบเขตด้านการวิเคราะห์ข้อมูล
   - วิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานครุภัณฑ์ วิเคราะห์ข้อมูลการยืม-คืนครุภัณฑ์ การแจ้งซ่อม เพื่อนำมาปรับปรุงการบริหารจัดการครุภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
   - วิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน สำรวจความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อระบบที่พัฒนาขึ้น เพื่อนำมาปรับปรุงระบบให้ดียิ่งขึ้น
3. ขอบเขตด้านการเปรียบเทียบ
   - เปรียบเทียบกับระบบอื่น เปรียบเทียบระบบที่พัฒนาขึ้นกับระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ของหน่วยงานอื่น เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงระบบให้ดียิ่งขึ้น

การทบทวนวรรณกรรม

ทบทวนวรรณกรรมนี้ มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาและวิเคราะห์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในการจัดการครุภัณฑ์ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีโลว์โค้ด (Low-Code Technology) เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การพัฒนาระบบสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็ว โดยไม่ต้องมีทักษะการเขียนโปรแกรมที่ลึกซึ้ง เนื่องจากสามารถใช้เครื่องมือในการลากและวาง (drag-and-drop) หรือการตั้งค่าด้วยภาพ ซึ่งช่วยลดความซับซ้อนในการสร้างแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถพัฒนาระบบที่เชื่อมต่อกับฐานข้อมูลอย่าง Google Sheets หรือ Microsoft SQL Server ได้อย่างรวดเร็วและมีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยน นอกจากนี้ การใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ดยังช่วยลดเวลาในการพัฒนา ลดต้นทุน และช่วยให้องค์กรสามารถปรับปรุงระบบได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดหรือความต้องการใหม่

การใช้ Data Visualization หรือการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำความเข้าใจข้อมูลที่มีความซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในการจัดการครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ เช่น การแสดงข้อมูลสถานะการใช้งานครุภัณฑ์ เช่น จำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่กำลังใช้งานอยู่ จำนวนที่ต้องการการซ่อมแซม หรือสถานะการยืมคืนอุปกรณ์ โดยใช้เครื่องมืออย่าง Looker Studio ที่สามารถนำเสนอข้อมูลในรูปแบบกราฟหรือแผนภูมิที่เข้าใจง่าย ซึ่งช่วยให้ผู้บริหารสามารถติดตามสถานะการใช้งานและการบำรุงรักษาครุภัณฑ์ได้อย่างเรียลไทม์ นอกจากนี้ การนำเสนอข้อมูลในลักษณะนี้ยังช่วยให้การตัดสินใจและการวางแผนการใช้งานทรัพยากรเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำยิ่งขึ้น

แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี 2 (TAM2) เป็นการขยายและพัฒนาจากแบบจำลอง TAM ดั้งเดิมที่ถูกพัฒนาโดย Davis (1989) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ โดย TAM2 ได้เพิ่มปัจจัยเชิงสังคมและเชิงความคิดที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการยอมรับเทคโนโลยี ซึ่งปัจจัยสำคัญใน TAM2 ได้แก่

ปัจจัยทางสังคม เช่น บรรทัดฐานที่ผู้อื่นคาดหวังและภาพลักษณ์ที่ได้รับจากการใช้เทคโนโลยี รวมถึงปัจจัยเชิงความคิด เช่น ความเกี่ยวข้องกับงาน คุณภาพของผลลัพธ์ และการแสดงผลลัพธ์ที่ชัดเจน ซึ่งมีผลกระทบต่อความตั้งใจใช้งานและพฤติกรรมการใช้งานจริง โดยปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี ได้แก่ การรับรู้ว่าเทคโนโลยีมีประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ว่าใช้งานง่าย (Perceived Ease of Use) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการศึกษาด้านการยอมรับเทคโนโลยีในหลายระบบ เช่น ระบบ ERP, e-learning และระบบสารสนเทศอื่น ๆ TAM2 จึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการวิเคราะห์และทำความเข้าใจปัจจัยที่กระตุ้นการยอมรับและการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ

เปรมรัตน์ และคณะ (2023) นำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้เครื่องมือ No Code Development เช่น Google AppSheet สำหรับออกแบบการทำงานและส่วนติดต่อผู้ใช้ และ Google Sheet สำหรับจัดเก็บข้อมูล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกในการบันทึกข้อมูลสุขภาพและให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว แอปพลิเคชันนี้พัฒนาให้สามารถใช้งานได้ทั้งบนระบบ Android และ iOS เพื่อรองรับการใช้งานในพื้นที่ต่างๆ โดยเฉพาะในชุมชนที่ไม่มีอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีฟีเจอร์การแสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งเพื่อความถูกต้องของข้อมูล การทดสอบระบบผ่านขั้นตอน Alpha และ Beta ใช้เครื่องมือทางสถิติเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าแอปพลิเคชันได้รับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจ 4.81 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.40 ผลการประเมินนี้ยืนยันว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริงและตรงตามความต้องการในการบันทึกข้อมูลและแสดงผลข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

สิทธิศักดิ์ และคณะ (2566) เกี่ยวกับการพัฒนาระบบการจองผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด พบว่าในยุคดิจิทัลที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งในด้านสังคมและเทคโนโลยี การจัดการข้อมูลเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อความสะดวกและประสิทธิภาพในการดำเนินงาน โดยเฉพาะในองค์กรธุรกิจที่มีข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้กระดาษในการบันทึกข้อมูลในบริษัทผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ที่ทำให้เกิดข้อผิดพลาดและความล่าช้าในการดำเนินงาน

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้ Microsoft Power Platform (รวมถึง Power Apps, SharePoint และ Power BI) เพื่อพัฒนาระบบการจองผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลและการสื่อสารในองค์กร โดยสามารถเชื่อมโยงข้อมูลและนำเสนอในรูปแบบ Visualization ที่ช่วยให้การวางแผนการผลิตเป็นไปอย่างมีระบบ

ผลการประเมินจากผู้ใช้งานจำนวน 31 คนพบว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูง โดยผู้ใช้งานพึงพอใจในหลายด้าน เช่น

1. ประโยชน์ที่ได้รับจากแอปพลิเคชัน: ผู้ใช้งานรู้สึกว่าแอปพลิเคชันมีประโยชน์และตอบสนองความต้องการ
2. การออกแบบแอปพลิเคชัน: ผู้ใช้งานพึงพอใจกับการออกแบบที่ใช้งานง่าย
3. ฟังก์ชันการทำงานของระบบ: ระบบทำงานได้ดีและมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล

โดยสรุป การพัฒนาระบบการจองผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดทำให้การวางแผนการผลิตสามารถดำเนินการได้อย่างรวดเร็วและมีระบบมากยิ่งขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานในองค์กรและตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องนี้แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาระบบบริหารจัดการครุภัณฑ์โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจและมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายองค์กร การใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด เช่น AppSheet , Google Workspace ช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ การนำเสนอข้อมูลผ่าน Looker Studio ก็เป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจข้อมูลและนำข้อมูลไปใช้ในการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและตัวอย่าง

ประชากรของการวิจัยนี้ประกอบด้วยบุคลากรในวิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี เชียงใหม่ แบ่งเป็น เจ้าหน้าที่งานเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 5 คน บุคลากรทั่วไปและคณาจารย์ จำนวน 40 คน ขนาดตัวอย่างใช้วิธีเลือกกลุ่มเป้าหมายแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยรวมผู้ใช้งานที่มีบทบาทในการใช้งานระบบจัดการครุภัณฑ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ระบบจัดการครุภัณฑ์ พัฒนาด้วย AppSheet, Google Sheets, Google Forms และ Looker Studio
- แบบสอบถามความพึงพอใจ ครอบคลุมหัวข้อการประเมิน เช่น ความสะดวกในการใช้งาน ประโยชน์จากการใช้ระบบ และอิทธิพลทางสังคม
- โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี TAM2 ใช้เป็นกรอบในการประเมิน

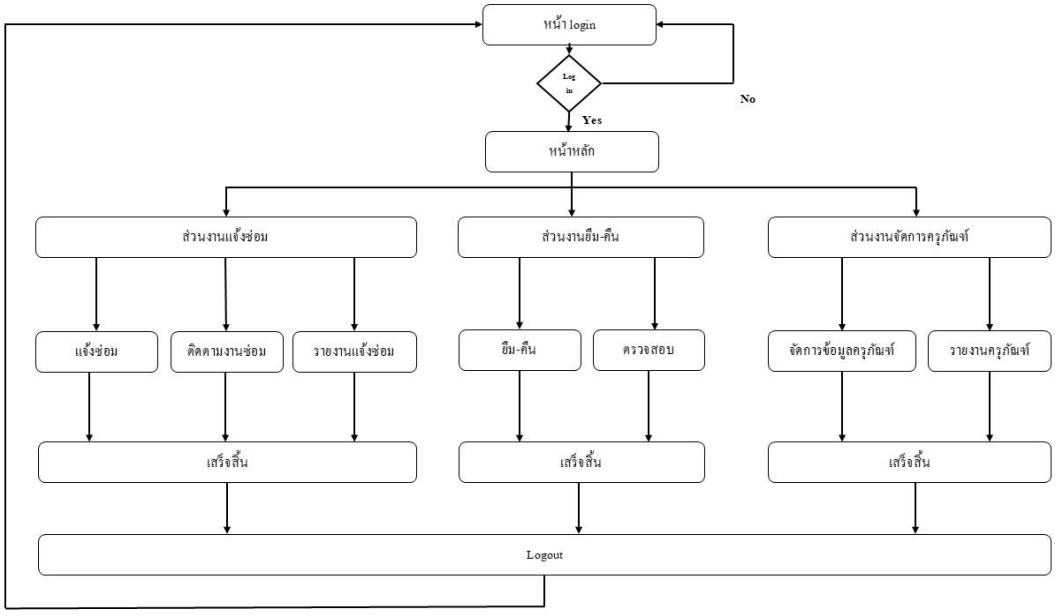
3. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

- สถิติเชิงพรรณนา ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- การแปลความหมายค่าเฉลี่ย ใช้เกณฑ์ 5 ระดับจาก 1 (น้อยที่สุด) ถึง 5 (มากที่สุด)

ขั้นตอนการพัฒนา

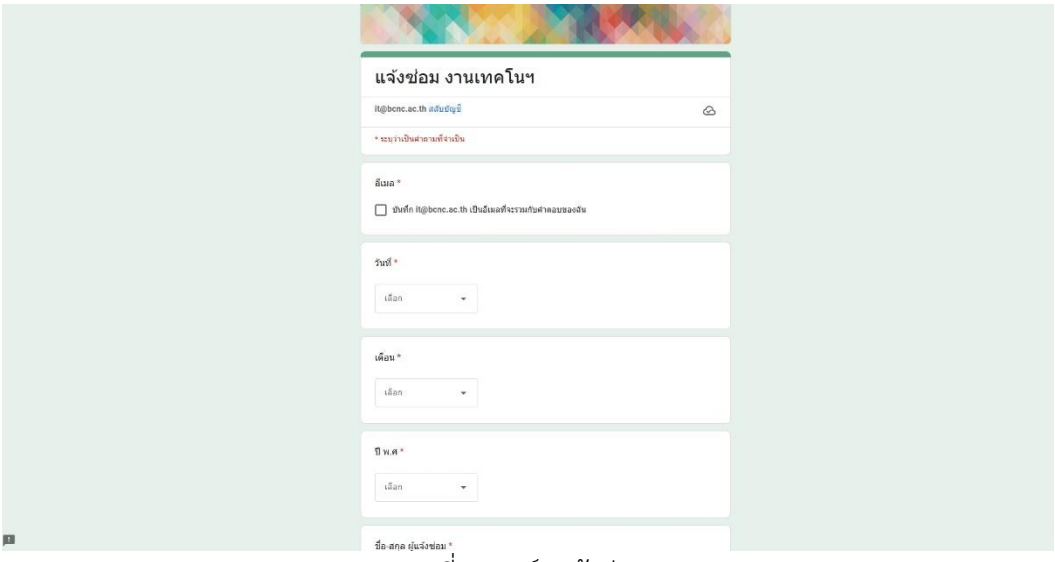
การกำหนดความต้องการของระบบ

- ศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานในกลุ่มเจ้าหน้าที่ IT และบุคลากรทั่วไป โดยมุ่งเน้นไปที่รูปแบบการแจ้งซ่อมที่มีความสะดวกและรวดเร็ว รวมถึงการอัปเดตสถานะงานซ่อมที่สามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจนและทันสมัย เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามสถานะปัจจุบันของงานซ่อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ระบุฟังก์ชันหลักของระบบ เช่น การแจ้งซ่อม การยืมคืนครุภัณฑ์ การจัดการข้อมูลครุภัณฑ์คอมพิวเตอร์ และการรายงานสถานะการแจ้งซ่อม เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน
- ศึกษาและวิเคราะห์การใช้งาน AppSheet สำหรับการพัฒนาระบบ และ Looker Studio สำหรับการสร้างรายงานแบบเรียลไทม์ โดยมุ่งเน้นการออกแบบระบบให้ครอบคลุมการทำงานในทุกด้าน เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้
- จัดทำโครงสร้างระบบการจัดการ เพื่อกำหนดองค์ประกอบและระบบย่อยที่จำเป็น โดยแสดงรายละเอียดของระบบต่าง ๆ ที่ควรรวมอยู่ในโครงสร้าง เช่น ระบบจัดการครุภัณฑ์งานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการ พร้อมทั้งนำเสนอในรูปแบบแผนภาพ (ดังตัวอย่างใน รูปที่ 1 โครงสร้างระบบจัดการครุภัณฑ์งานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการ) เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจความสัมพันธ์และหน้าที่ของระบบแต่ละส่วนได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบจัดการครุภัณฑ์งานเทคโนโลยีสารสนเทศและวิทยบริการ

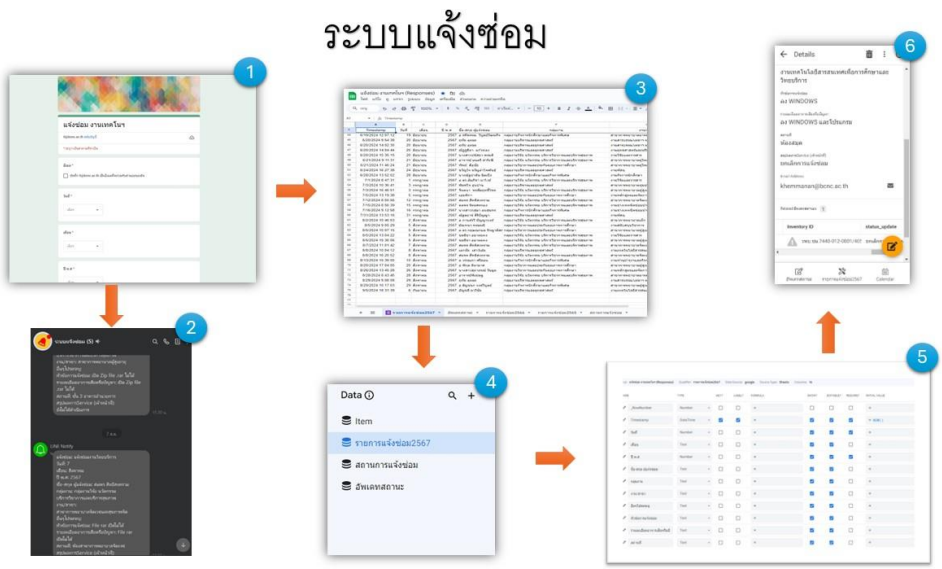
- ออกแบบและจัดทำโครงสร้างข้อมูลใน Google Sheets เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลหลักของระบบ โดยกำหนดตารางข้อมูลที่มีความสัมพันธ์และรองรับการเชื่อมต่อกับ AppSheet ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การสร้างตารางสำหรับจัดเก็บข้อมูลครุภัณฑ์ ข้อมูลการแจ้งซ่อม ข้อมูลการยืมคืน และข้อมูลสถานะการดำเนินงาน เพื่อให้สามารถจัดการและเรียกใช้งานข้อมูลได้อย่างสะดวกและเป็นระบบ
- ออกแบบฟอร์มสำหรับการกรอกข้อมูล เช่น ฟอร์มแจ้งซ่อม โดยใช้ Google Form เป็นเครื่องมือในการรับข้อมูลจากผู้ใช้งาน ซึ่งข้อมูลที่กรอกในฟอร์มจะถูกส่งต่อไปยัง Google Sheets เพื่อจัดเก็บและเชื่อมโยงกับระบบจัดการในขั้นตอนถัดไป (ดังตัวอย่างใน รูปที่ 2 ฟอร์มแจ้งซ่อม) ที่ออกแบบให้มีช่องกรอกข้อมูลสำคัญ เช่น รายละเอียดอุปกรณ์ที่ต้องการซ่อม ปัญหาที่พบ และข้อมูลผู้แจ้งซ่อม เพื่อให้ระบบสามารถประมวลผลและติดตามสถานะงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2 ฟอร์มแจ้งซ่อม

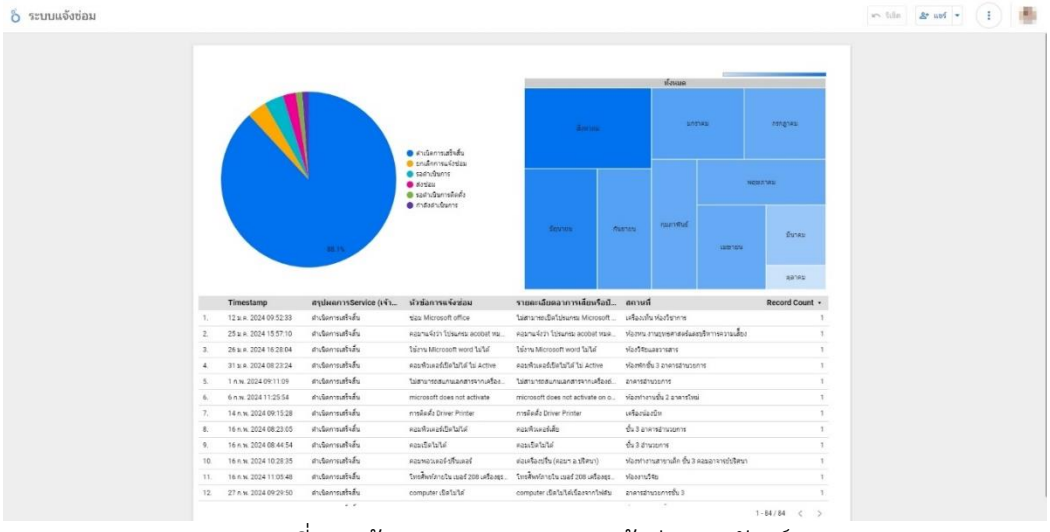
- **วางแผนการเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง Google Sheets และ AppSheet** เพื่อสนับสนุนการแสดงผลและการพัฒนาระบบด้วยแพลตฟอร์มโลว์โค้ดอย่างมีประสิทธิภาพ โดยออกแบบให้ **Google Form** เป็นช่องทางรับข้อมูลเบื้องต้น เช่น การแจ้งซ่อม จากนั้นข้อมูลจะถูกจัดเก็บใน **Google Sheets** ซึ่งทำหน้าที่เป็นฐานข้อมูลหลัก และเชื่อมต่อกับ **AppSheet** เพื่อการแสดงผลและจัดการข้อมูลได้อย่างสะดวก

นอกจากนี้ยังเพิ่มการแจ้งเตือนผ่าน **LINE** เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถรับข้อมูลการแจ้งซ่อมหรือสถานะงานได้แบบเรียลไทม์ ดังเช่น (**รูปที่ 3 ระบบแจ้งซ่อม)** ซึ่งแสดงการทำงานร่วมกันของ Google Form, Google Sheets, AppSheet และการแจ้งเตือนผ่าน LINE เพื่อให้ระบบทำงานได้ครบวงจรและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 3 ระบบแจ้งซ่อม

- สร้างและปรับแต่งฟังก์ชันใน AppSheet โดยออกแบบให้มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ระบบค้นหาครุภัณฑ์,ฟังก์ชันการอัปเดตสถานะงานซ่อมแบบเรียลไทม์ และการแจ้งเตือนสถานะการแจ้งซ่อมผ่านอีเมลโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถติดตามการดำเนินงานได้อย่างสะดวก
- ใช้ Looker Studio เชื่อมต่อข้อมูลจาก Google Sheets สำหรับสร้างแดชบอร์ดแบบเรียลไทม์ เพื่อการติดตามและรายงานสถานะข้อมูล เช่น จำนวนครุภัณฑ์ที่สามารถใช้งานได้ในปัจจุบัน,สถานการณ์ซ่อมบำรุงและสถานะการแจ้งซ่อม (ดังรูปที่ 4 หน้ารายงานสถานการณ์แจ้งซ่อมครุภัณฑ์) ที่แสดงข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่าย พร้อมด้วยตัวชี้วัดสำคัญเพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจและการบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 4 หน้ารายงานสถานะการแจ้งซ่อมครุภัณฑ์

การทดสอบระบบ

- **ทดสอบการทำงานของระบบในกลุ่มผู้ใช้งานจริง** โดยเชิญผู้ใช้งานจากกลุ่มเป้าหมาย เช่น เจ้าหน้าที่ IT และบุคลากรทั่วไป ให้ทดลองใช้งานระบบในสถานการณ์จริง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและประสิทธิภาพของฟังก์ชันต่าง ๆ
- **ตรวจสอบประสิทธิภาพ ความถูกต้องของข้อมูล และความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ** โดยรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานผ่านแบบสอบถามหรือการสัมภาษณ์ เพื่อประเมินว่า ระบบสามารถตอบสนองความต้องการได้ในระดับใด
- **วิเคราะห์ผลการทดสอบเพื่อปรับปรุงฟังก์ชันและแก้ไขปัญหา** โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองใช้งานมาวิเคราะห์ เพื่อระบุจุดบกพร่องหรือส่วนที่สามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้ จากนั้นดำเนินการปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้โมเดล TAM2 และใช้สูตรหาค่าเฉลี่ยเพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานในกลุ่มต่าง ๆ มีผลดังนี้

- กลุ่มเจ้าหน้าที่ IT
    - ความพึงพอใจโดยรวม 4.92 (ดีมาก)
    - ข้อเสนอแนะ: ระบบช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ลดข้อผิดพลาด และสามารถเรียนรู้การใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การดำเนินงานสะดวกขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น
- กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป
    - ความพึงพอใจโดยรวม 4.86 (ดีมาก)
    - ข้อเสนอแนะ: ผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับความสะดวกในการแจ้งซ่อม การติดตามสถานะงาน และความชัดเจนในการจัดการข้อมูล ซึ่งช่วยให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีระเบียบและโปร่งใส

โดยสรุปจากการประเมินทั้งสองกลุ่ม ผู้ใช้งานทั้งสองกลุ่มมีความพึงพอใจในระบบที่พัฒนาขึ้นในระดับสูง และระบบสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดี

การวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบจัดการครุภัณฑ์ที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งาน โดย

- ระบบสามารถลดข้อผิดพลาด เพิ่มประสิทธิภาพ และให้การสนับสนุนที่เหมาะสม
- ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจสูงในด้านความง่ายและความเหมาะสม
- การใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ดช่วยลดเวลาในการพัฒนา

การอภิปรายผล

1. ความสำเร็จของระบบตามโมเดล TAM2

ระบบที่พัฒนาด้วยแพลตฟอร์มโลว์โค้ดสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้ใช้งานมีการรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness) และการรับรู้ความง่ายในการใช้ (Perceived Ease of Use) อยู่ในระดับสูง สอดคล้องกับแนวคิดของโมเดล TAM2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถของโลว์โค้ดในการช่วยให้ระบบสามารถเข้าถึงและใช้งานได้ง่าย ขณะเดียวกันยังสนับสนุนการทำงานในรูปแบบที่ช่วยลดความซับซ้อนและเพิ่มความรวดเร็ว

2. ประโยชน์ของการใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด

การใช้แพลตฟอร์มโลว์โค้ด เช่น AppSheet , Google Workspace และ Looker Studio ช่วยให้การพัฒนาระบบเป็นไปอย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา และลดต้นทุนการพัฒนา ระบบที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถในการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ ลดข้อผิดพลาดที่เกิดจากการประมวลผลแบบเดิม และเพิ่มความสะดวกในการติดตามสถานะการใช้งานและงานซ่อม ด้วยฟังก์ชันการทำงานที่ใช้การตั้งค่าด้วยภาพ (visual configuration) ทำให้ทั้งผู้พัฒนาและผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้และปรับแต่งระบบได้ง่าย

3. ข้อจำกัดและแนวทางพัฒนาในอนาคต

แม้ว่าโลว์โค้ดจะมีข้อดีมากมาย แต่ยังมีข้อจำกัดด้านการปรับแต่งสำหรับความต้องการที่ซับซ้อนและการรองรับจำนวนผู้ใช้งานพร้อมกัน แนวทางการพัฒนาในอนาคตควรเพิ่มศักยภาพของระบบผ่านการพัฒนาแบบไฮบริด ซึ่งผสมผสานโลว์โค้ดกับการเขียนโค้ดเฉพาะทาง นอกจากนี้ การบูรณาการเทคโนโลยีใหม่ เช่น AI สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล และ IoT สำหรับติดตามสถานะอุปกรณ์ จะช่วยให้ระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพได้อย่างสูงสุด พร้อมทั้งเตรียมองค์กรให้พร้อมรับมือกับความเปลี่ยนแปลงในยุคดิจิทัลอย่างยั่งยืน

สรุปผลการวิจัย

การใช้โลว์โค้ดในระบบบริหารจัดการไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความเร็วและลดต้นทุน แต่ยังช่วยยกระดับประสิทธิภาพการทำงานและลดความซับซ้อนในกระบวนการต่าง ๆ ทั้งนี้ โลว์โค้ดยังมีศักยภาพในการต่อยอดเพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้นและรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

จรัสชัย สิทธิศักดิ์, พรทิพย์ ใจแก้วที, ปริญญาพร สิงหเดช และธิดารัตน์ วุฒิศรีเสถียรกุล. 2566. การพัฒนาระบบการจองผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเพื่อวางแผนการผลิต. วารสารวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 5(1), 32-45.

ธีรยุทธ ทรัพย์สันติสุข, สมชาย เล็กเจริญ. 2562. การพัฒนาระบบเฮลป์เดสก์แจ้งซ่อมฮาร์ดแวร์ซอฟต์แวร์ด้วยเทคนิคการจับคู่ของโรงพยาบาลแพทย์รังสิต. รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10: Global Goals, Local Actions: Looking Back and Moving Forward,1261-1271.

สุไพลิน พิชัย, ทอแสง พิมพ์เบ้าธรรม, ดุลชาติ ศิริวัลลภ และสุวนิดา ท่าน้ำ. 2566. ระบบครุภัณฑ์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 9(2), 31-43.

วรวัฒน์ จันทร์ตัน, เปรมรัตน์ พลสวัสดิ์, ยุวธิดา ชิวปรีชา และจิรานันท์ เข็มกลัด. 2566. แอปพลิเคชันสำหรับการบันทึกข้อมูลการตรวจสุขภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, 3(1), 77-87.

เทพชัย มณีบรรณทัด 2552. การใช้แบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) เพื่อวิเคราะห์ความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยี. วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศ, 19(2), 1-10.

Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. 1989. User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. Management Science, 35(8), 982-1003.

Venkatesh, V., & Davis, F. D. 2000. A theoretical extension of the Technology Acceptance Model: Four longitudinal field studies. Management Science, 46(2), 186-204.

การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชน สู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

The Development of a Book Rental System to Enhance Community Reading Accessibility Toward a Learning Community in the Digital Era

ฉัตรธิดา รุ่งแจ้ง[1*] นิรุตต์ จรเจริญ[2] มาลินี คำเครือ[3] และ วิยะดา พลชัย[4]

Chattida Rungchaeng[1*], Nirut Jorncharoen[2], Malinee Kumkrua[3] and Wiyada Pollachai[4]

[1] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี 70 หมู่ 4 ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71000

[1] Bachelor of Business Administration Program in Digital Technology for Business, Faculty of Management Science, Kanchanaburi Rajabhat University, 70 M. 4, Nong Bua Subdistrict, Mueang District, Kanchanaburi Province 71000

***Corresponding author E-mail: 65124590105@kru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล 2) ประเมินคุณภาพของระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ผู้วิจัยออกแบบระบบใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle :SDLC) ประเมินคุณภาพและความพึงพอใจด้วยทฤษฎีกล่องดำ (Black Box Testing) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรม Visual Studio Code, Firebase และภาษา jue.js ผู้วิจัยใช้แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และแบบประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบเช่าหนังสือสามารถลงทะเบียนสมัครใหม่หรือข้าสู่ระบบสำหรับผู้ใช้งาน สามารถลงทะเบียนเช่าหนังสือต่าง ๆ แสดงสถานะรายการเช่าหนังสือ แสดงรายการข้อมูลหนังสือ ข้อมูลของผู้ใช้งาน ชื่อ- นามสกุล อีเมล รหัสผ่าน และเบอร์โทรศัพท์ 2) ผลการประเมินคุณภาพ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.56, S.D.=0.50) และ 3) ผลการประเมินความมพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.63, S.D.=0.58)

คำสำคัญ : ระบบเช่าหนังสือ ชุมชนแห่งการเรียนรู้ ยุคดิจิทัล

Abstract

The objectives of this research were; 1) to developing of a Book Rental System to Enhance Community Reading Accessibility Toward a Learning Community in the Digital Era 2) to assess the quality of a Book Rental System to Enhance Community Reading Accessibility Toward a Learning Community in the Digital Era and 3) to assess the satisfaction for users of a Book Rental System to Enhance Community Reading Accessibility Toward a Learning Community in the Digital Era. The researcher developed and designed by using the Information Systems Development Cycle (SDLC) principle. To assess the quality and satisfaction with Black Box theory (Black Box Testing). The research data consisted of: Visual Studio Code, Firebase and the Vue.js programming language. The researcher used a quality assessment form from 3 experts and a satisfaction assessment form from 30 users by purposive sampling method. The data were analyzed by descriptive statistics such as percentage, mean and standard deviation. The results showed that 1) The book rental system allows users to register as new members or log in. Users can register to rent various books, view the status of their rental transactions, and access book information. The system also displays user information, including first and last name, email, password, and phone number. 2) As for the quality assessment results of the system, it was found that the average in all aspects was at a high level ($\overline{X}$= 4.56, S.D.=0.50) and 3) As for user satisfaction assessment results of the system, it was found that the overall average in all aspects was at the highest level ($\overline{X}$=4.63, S.D.=0.58).

Keywords: Book Rental System, Learning Community, Digital Era

บทนำ

ปัจจุบันนี้เป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านเทคโนโลยี ด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ ด้านการเมืองการปกครอง และด้านการศึกษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและยากที่จะคาดเดาได้ว่าจะเกิดอะไรขึ้นต่อไปในอนาคตโดยเฉพาะในด้านการศึกษา ที่ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะในกลุ่มนักเรียนนักศึกษาที่จะต้องมีการปรับตัวในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นแหล่งข้อมูลในการค้นหาความรู้หลัก ๆ ในปัจจุบันคือ อินเทอร์เน็ต และยังมีแหล่งข้อมูลที่สำคัญอีกแห่งหนึ่ง คือ ห้องสมุดซึ่งสามารถเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับ การศึกษาหาความรู้ในด้านต่าง ๆ ให้กับนักศึกษา บุคลากร หรือกลุ่มวัยทำงานได้เป็นอย่างดี เช่น หนังสือ วารสาร หนังสือพิมพ์ และบริการต่าง ๆ เป็นต้น ในปัจจุบันห้องสมุดมีหน้าที่ในการบริหารจัดการและจัดเก็บรวบรวมข้อมูลการยืม-คืนหนังสือของผู้ที่มาใช้บริการ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้

ในการค้นหาและดำเนินการให้บริการแก่ผู้มาใช้บริการห้องสมุดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยังเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมการเรียนการสอนของสถาบันการศึกษาในปัจจุบันโดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถศึกษาและค้นคว้าหาความรู้ต่าง ๆ ด้วยตัวเอง (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2557) นอกจากส่งเสริมการเรียนการสอนแล้วยังเป็นการช่วยสนับสนุนให้คนไทยมีโอกาสได้เข้าถึงความรู้ได้อย่างทั่วถึง สนับสนุนการเข้าถึงการอ่านได้มากขึ้น เมื่อคนไทยได้อ่านเพิ่มมากขึ้นจะช่วยให้เกิดเป็นสังคมที่เรียกว่าชุมชนแห่งการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล ความรู้จึงมีความจำเป็นต่อการเอาตัวรอดและความรู้สามารถแสวงหาได้อย่างไม่มีขีดจัดได้เช่นกันในยุคดิจิทัลนี้ ชุมชนแห่งการเรียนรู้มีลักษณะที่คล้ายกับองค์การแห่งการเรียนรู้ กล่าวคือ การที่สมาชิกในชุมชนถูกกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้เพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะการปฏิบัติอยู่ตลอดเวลา และทำให้ความรู้และทักษะนั้นถูกกระจายไปอย่างทั่วถึงด้วยวิธีการแบ่งปันความรู้กันและกัน ก่อให้เกิดแนวคิดใหม่ที่ได้รับการกระตุ้นให้แสดงออก ทำให้ชุมชนมีโอกาสขยายศักยภาพสร้างสรรค์นวัตกรรมชุมชนได้อย่างต่อเนื่อง (นิรุตต์ จรเจริญ, 2564, น.196)

ชุมชนแห่งหนึ่งในอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี มีบริการให้เช่าหนังสือจากบริการตู้หนังสือสาธารณะของชุมชน ภายในตู้จะเป็นหนังสือที่ได้รับการบริจาคเพื่อนำมาให้คนในชุมชนได้เช่าหนังสืออ่าน คนในชุมชนได้เช่าหนังสือไปอ่านกันจำนวนมาก บางรายก็มีการยืมไปไม่คืน หนังสือในตู้เกิดการสูญหายเป็นจำนวนมาก และอีกทั้งไม่มีแต่งตั้งผู้ดูแลตู้เช่าหนังสือแต่อย่างใด จากการใช้บริการเช่าหนังสือจากตู้หนังสือชุมชน พบว่าผู้ใช้บริการสามารถหยิบหนังสือจากตู้ได้โดยตรง แต่ไม่มีการบันทึกข้อมูลการยืมที่ชัดเจน มีปัญหาผู้ใช้ไม่นำหนังสือมาคืน หรือคืนล่าช้า และ ไม่มีระบบจัดเก็บข้อมูลหรือการติดตามการยืม-คืนหนังสืออย่างเป็นระเบียบ

จากความสำคัญและสภาพปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้เสนอแนะวิธีการแก้ไขปัญหาที่จะพัฒนาระบบเช่าหนังสือจากตู้ในชุมชนโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code (VSCode) ในการสร้างใช้ภาษา Vue.js และใช้การเก็บข้อมูลด้วย Firebase เพื่อให้ผู้ใช้งานระบบสามารถให้บริการเช่า-คืนหนังสือ ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนการยืม-คืนหนังสือผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ดหรือแจ้งเจ้าหน้าที่ด้วยตนเอง และรองรับการใช้งานของคนในชุมชนเพื่อแก้ปัญหาไม่ให้เกิดการสูญหาย ชำรุด ไม่คืนหนังสือตรงต่อเวลา และมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล สามารถตอบสนองความต้องการได้ครบถ้วน โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1) เพื่อพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

2) เพื่อประเมินคุณภาพของระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ผู้วิจัยพัฒนาและออกแบบโดยใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Souvik, 2019)

ขั้นตอนที่ 1 การค้นหาปัญหาขององค์กร (Problem Recognition) พบว่าในปัจจุบันกระบวนการให้บริการมีปัญหาหลัก คือ ผู้ใช้บริการสามารถหยิบหนังสือจากตู้ได้โดยตรง แต่ไม่มีการบันทึกข้อมูลการยืมที่ชัดเจน มีปัญหาผู้ใช้ไม่นำหนังสือมาคืน หรือคืนล่าช้า และ ไม่มีระบบจัดเก็บข้อมูลหรือการติดตามการยืม-คืนหนังสืออย่างเป็นระเบียบ

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ความเป็นไปได้ทาง เศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งทั้ง 3 ประเด็น พบว่า

2.1) สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคขององค์กร พบว่า 1) ผู้วิจัยสามรถมีความรู้ในการพัฒนาระบบงานใหม่และสามารถใช้โปรแกรม Visual Studio Code, Vue.js และ Firebase ได้ 2) ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์รองรับการใช้โปรแกรมและภาษาได้อย่างดี และรวมไปถึงฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์นั้นมีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพในการทำงาน

2.2) ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์การพัฒนาระบบใช้โปรแกรมและภาษา ได้แก่ Visual Studio Code, Vue.js และ Firebase ในระบบปฏิบัติการ Windows 10 มาใช้ จึงไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาโปรแกรม เมื่อพัฒนาเสร็จสิ้นมีความเป็นได้ว่าโปรแกรมนี้จะใช้ต้นทุนที่น้อย ช่วยเพิ่มผลกำไรหรือรายได้ให้สำหรับหน่วยงานที่จะนำไปใช้เชิงพาณิชย์

2.3) ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงาน ระบบเช่าหนังสือเมื่อเสร็จสมบูรณ์เรียบร้อยแล้วจะสามารถช่วยแก้ไข ปัญหา ในเรื่องหนังสือชำรุด ป้องการหนังสือหายและมีการจัดการข้อมูลผู้ใช้บริการให้มีความเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่3 การวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งาน ส่วนต่าง ๆ ในระบบกับสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเหตุการณ์หรือกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ สามารถแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ส่วนของผู้ดูแลระบบ 2) ส่วนของผู้ใช้งานระบบ โดยมีบทบาทหน้าที่ดังนี้

1) ผู้ดูแลระบบ

ผู้ดูแลระบบหรือแอดมินจะมีรหัสเข้าระบบและรับผิดชอบเป็นของตนเอง โดยมีการทำงานในระบบหลังบ้าน ทั้งเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูล ตรวจสอบการเช่ายืมหนังสือ และสามารถตรวจสอบข้อมูลของผู้ใช้บริการได้

2) ผู้ใช้งาน

เป็นการสมัครสมาชิกเพื่อล็อคอินเข้าใช้งานระบบการเช่าหนังสือ กรอกข้อมูลของผู้ใช้บริการ และลงทะเบียนรายละเอียดข้อมูลการเช่าหนังสือ

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบ (Design) พบว่ากระบวนการออกแบบ Logical Design เพื่อแก้ไขปัญหาเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการพัฒนาระบบ เพื่อกำหนดโครงสร้างและแนวทางการทำงานของระบบเบื้องต้น โดยในขั้นตอนนี้ยังไม่เจาะลึกถึงรายละเอียดทางเทคนิคหรืออุปกรณ์เฉพาะ แต่เน้นไปที่การสร้างโครงร่างที่ชัดเจนและครอบคลุมทุกองค์ประกอบสำคัญเฉพาะเจาะจงในขั้นตอนนี้

ภาพที่ 1 การออกแบบหน้าจอ Login

ภาพที่ 2 การออกแบบหน้าจอสมัครสมาชิก

ภาพที่ 3 การออกแบบหน้าจอรายการเช่าหนังสือ

ภาพที่ 4 การออกแบบหน้าจอเพิ่ม / ลบ / แก้ไข สถานการเช่าหนังสือ

การกำหนดสิทธิการใช้งานระบบ เพื่อจำแนกผู้ใช้ระบบตามบทบาทหน้าที่จึงมีการแบ่งระดับผู้ใช้งานและการกำหนดสิทธิ์สำหรับผู้ใช้ โดยแบ่งระดับผู้ใช้งานออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มผู้ดูแลระบบ

2) กลุ่มผู้ใช้งานระบบ

ตารางที่ 1 สรุปฟังก์ชั่นการทำงานระบบเช่าหนังสือ

ฟังก์ชั่นการทำงานของระบบเช่าหนังสือ	กลุ่มผู้มีสิทธิ์ใช้งานระบบ	
	ผู้ดูแลระบบ	ผู้ใช้บริการ
1.ระบบเช่าหนังสือ	✓	✓
2.เพิ่ม/ลบ /แก้ไข/รายการเช่าหนังสือ	✓	✓
3.เพิ่ม/ลบ /แก้ไข/สถานะการเช่าหนังสือ	✓	

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) ผู้วิจัยพัฒนาระบบด้วย Visual Studio Code, Firebase และภาษา Vue.js จากนั้นทำการทดสอบหาข้อผิดพลาด (Testing) มีกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความถูกต้องด้วยเทคนิคการทดสอบด้วยกล่องดำ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้เป็นหลักในการวิเคราะห์ระบบและนำมาออกแบบเป็น Test case เพื่อให้ครอบคลุมกับ Requirement หากพบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทำงานของระบบต้องปรับแก้ไขให้เรียบร้อยพร้อมใช้งานก่อนนำไปติดตั้งใช้จริง และผู้วิจัยจัดทำคู่มือการใช้งานและนำระบบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้เข้าใช้งานระบบจำนวนผู้ตอบแบบสอบประเมิน อย่างน้อย 30 คน

ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้ง (Implementation) ผู้วิจัยระบบที่ได้ผ่านการประเมินทดสอบและแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ บันทึกลงเครื่องคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์เพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่เข้าใช้งาน และประเมินความพึงพอใจตามระยะเวลาที่กำหนด นำคะแนนผลการประเมินจากการตอบแบบประเมินของผู้เข้าใช้งานมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำไปสรุปผลที่ได้รับจากการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น

ของผู้เข้าใช้งานมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อนำไปสรุปผลที่ได้รับจากการใช้งานระบบที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 7 การซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance) ระบบที่ผ่านการทดสอบแล้วไปใช้งานจริงอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ภายหลังจึงวางแผนเตรียมการรองรับแก้ไขปัญหาในการใช้งาน โดยผู้วิจัยได้ทำหน้าที่ดูแลระบบด้วยตนเองบางส่วน และส่งต่อให้ผู้เชี่ยวชาญกับผู้ที่ดูแลระบบโดยตรง

เครื่องมือที่ใช้

1) การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล พัฒนาด้วย Visual Studio Code (VSCode), Firebase และภาษา Vue.js

2) แบบประเมิน ประกอบด้วย 2 ชุด ได้แก่

2.1) แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะของแบบสอบถามแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ซึ่งแบบประเมินนี้สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการทดสอบระบบกล่องดำ (Black Box Testing) มีเนื้อหาครอบคลุมประเด็น 1) ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test) 2) ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) 3) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน Usability Test) 4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)

2.2) แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน มีลักษณะของแบบสอบถามแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ซึ่งแบบประเมินนี้สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการทดสอบระบบกล่องดำ (Black Box Testing) มีเนื้อหาครอบคลุมประเด็น 1) ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test) 2) ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) 3) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน Usability Test) 4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)

โดยแบบประเมินทั้ง 2 ชุด ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยข้อคำถามมีค่า IOC มากกว่า 0.50 ทุกข้อ และการหาค่าความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.94

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ประชาชนในชุมชนแห่งหนึ่ง อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี

2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ ประชาชนที่เป็นผู้ใช้งานใช้บริการเช่าหนังสือจากตู้หนังสือในชุมชน ระหว่างเดือนสิงหาคม-พฤศจิกายน 2567 จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)

สถิติที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานด้วยเทคนิคกล่องดำ (Black Box Testing) (Mustafa K. และ Khan, R.A., 2007) วิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน โดยแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้เป็นแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ และผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละ

ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีการแปลความหมายใช้เกณฑ์ประเมินผลโดยอิงเกณฑ์หาค่าเฉลี่ยเมื่อทำการวิเคราะห์แปลผลและกำหนดระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ซึ่งมีช่วงกว้างเท่า ๆ กัน และ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (Fisher, 1998)

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}}$$

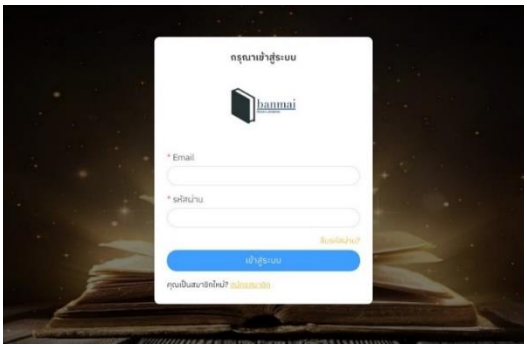
$$0.8 = \frac{5-1}{5}$$

ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 = มากที่สุด, ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 = มาก, ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40= ปานกลาง, ค่าเฉลี่ย1.81–2.60= น้อย, ค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 = น้อยที่สุด

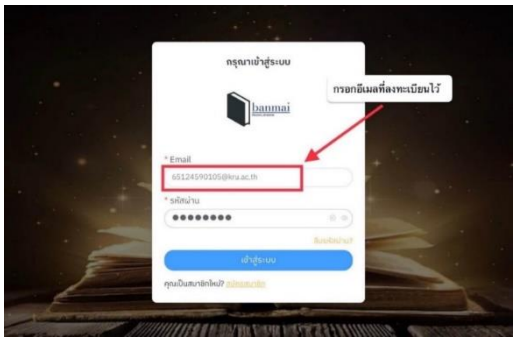
ผลการวิจัย

1) การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

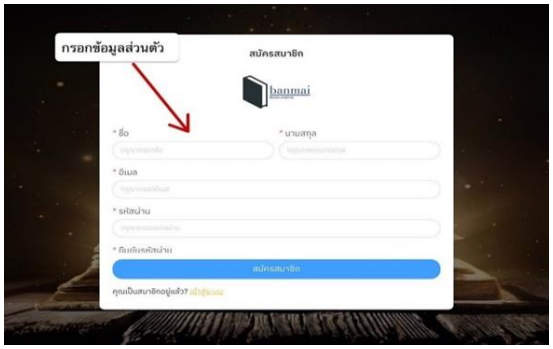
ระบบเช่าหนังสือสามารถเข้าได้ที่ https://chattida.addicttoy.com/login/ พัฒนาด้วย Visual Studio Code (VSCode) ภาษา Vue.js เก็บข้อมูลที่ Firebase ระบบประกอบด้วยข้อมูลข้อมูลของผู้ใช้งาน ได้แก่ ชื่อ- นามสกุล อีเมล รหัสผ่าน เบอร์โทรศัพท์ สามารถลงทะเบียนเสมัครใหม่หรือข้าสู่ระบบสำหรับผู้ใช้งาน ลงทะเบียนเช่าหนังสือต่าง ๆ แสดงสถานะรายการเช่า-คืนหนังสือ และแสดงรายการข้อมูลหนังสือ ตัวอย่างระบบเช่าหนังสือ แสดงดังภาพที่ 5 – 13



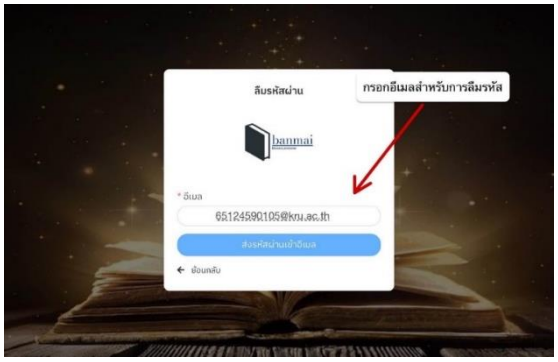
ภาพที่ 5 แสดงหน้าจอหน้าแรกของการเข้าสู่ระบบ สมัครสมาชิก ลืมรหัส



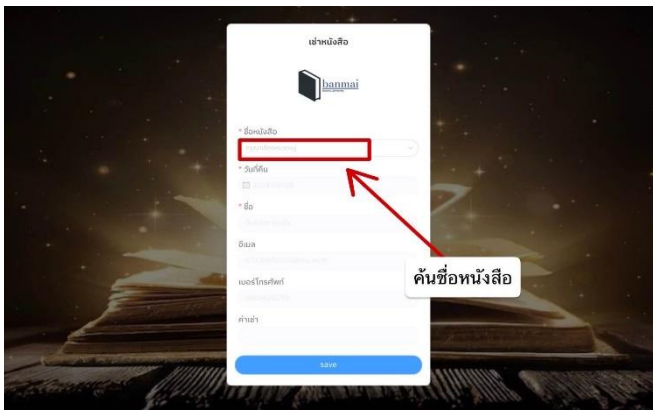
ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอสมัครสมาชิก



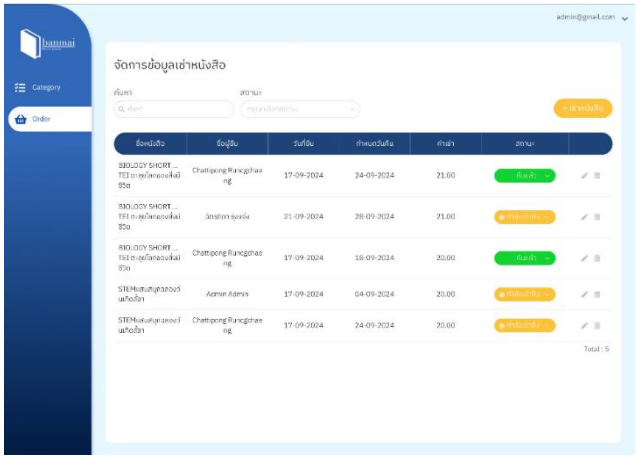
ภาพที่ 7 แสดงหน้าจอกรอกข้อมูลส่วนตัว



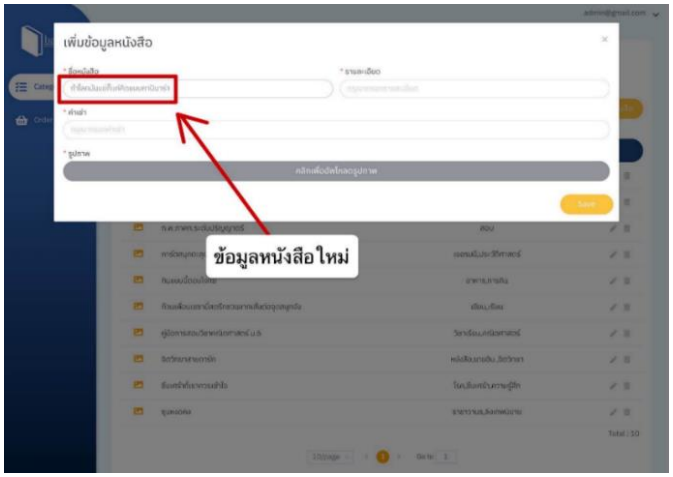
ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอการลืมรหัสผ่าน



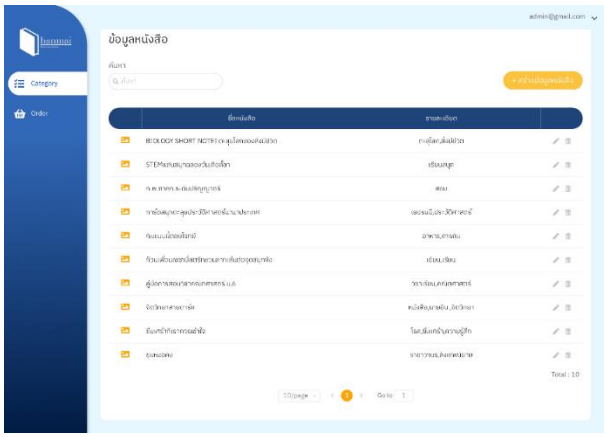
ภาพที่ 9 แสดงหน้าจอการค้นหาหนังสือ



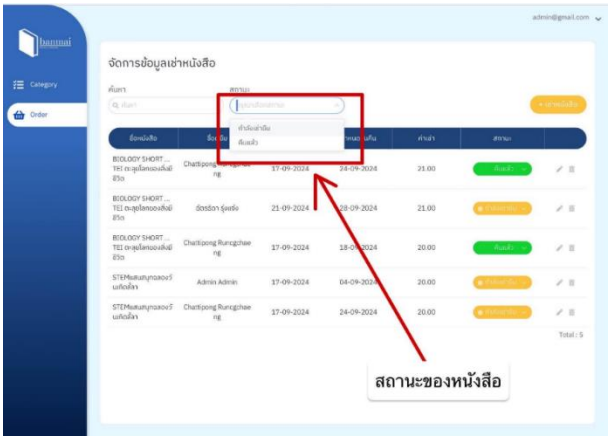
ภาพที่ 10 แสดงหน้าจอจัดการข้อมูลเช่าหนังสือ



ภาพที่ 11 แสดงหน้าจอเพิ่มข้อมูลหนังสือ



ภาพที่ 12 แสดงหน้าจอหนังสือ



ภาพที่ 13 แสดงหน้าจอสถานะการเช่า – คืนหนังสือ

2) การประเมินคุณภาพของระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=3)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test)	4.58	0.44	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test)	4.58	0.44	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.59	0.58	มากที่สุด
4. ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)	4.67	0.41	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน	**4.56**	**0.50**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.56, S.D.=0.41) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.67, S.D.=0.41) รองลงมา ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.59,

S.D.=0.58) และ ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test) กับด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) มีค่าเฉลี่ยในจำนวนที่เท่ากัน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.58, S.D.=0.44) ตามลำดับ

3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล

ผู้ใช้งานส่วนใหญ่เป็นเพศชาย จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.30 และเพศหญิง จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 46.70 อายุ 41– 55 ปี จำนวน 13 คน ร้อยละ 43.70 รองลงมา อายุ 20– 30 ปี และ 31– 40 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20 การศึกษาระดับ ป.6 จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50 รองลงมา ระดับ ม.3 จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.70 และระดับ ม.6 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.30 ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (n=30)

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test)	4.69	0.53	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test)	4.64	0.56	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.58	0.65	มากที่สุด
4. ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)	4.60	0.61	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน	**4.63**	**0.58**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพของระบบ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.63, S.D.=0.58) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Functional Requirement Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.69, S.D.=0.53) รองลงมา ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.64, S.D.=0.56) ด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ (Security Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.60, S.D.=0.61) และด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.58, S.D.=0.65) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

1) การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ผู้วิจัยดำเนินการสร้างระบบขึ้นมา เพื่ออำนวยความสะดวกในการเช่าหนังสือสำหรับชาวบ้านในชุมชน และลดปัญหาการสูญหายหรือชำรุดของหนังสือ ระบบนี้ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม Visual Studio Code และภาษา Vue.js ซึ่งเป็นเครื่องมือและภาษาโปรแกรมที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบและที่ใช้งานง่าย ซึ่งใช้ทฤษฎีมารองรับเพื่อพัฒนาระบบที่เรียกว่า SDLC: System Development Life Cycle) จำนวน 7 ขั้นตอน (Souvik, 2019) ประกอบด้วยการศึกษาปัญหาทำความเข้าใจสถานการณ์และปัญหาที่เกิดขึ้น การเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้และเงื่อนไขต่าง ๆ การวิเคราะห์ปัญหาและระบุจุดอ่อนของปัญหาที่ต้องการการแก้ไข การออกแบบระบบ ซึ่งรวมถึงการออกแบบฟังก์ชันการเช่าและการจัดการหนังสือ

การติดตามสถานะหนังสือ และการป้องกันการสูญหายหรือชำรุด จากนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการออกแบบมาสร้างเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้จริงในการพัฒนาระบบเช่าหนังสือ โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ทำการประเมินและตรวจสอบความสมบูรณ์ของระบบ หลังจากที่ได้ทำการทดสอบและปรับปรุงตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ระบบได้ถูกนำไปทดลองใช้งานในกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วยชาวบ้าน จำนวน 30 คน โดยมีการแจกแบบสอบถามเพื่อวัดความพึงพอใจในการใช้งานระบบ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นนี้มุ่งหวังที่จะลดปัญหาการสูญหายของหนังสือ การชำรุดของหนังสือ และการไม่มีหลักฐานของผู้ยืม ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่เคยเกิดขึ้นในส่วนของแอดมินของระบบ ซึ่งเป็นผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้าน ทำหน้าที่ในการดูแลและจัดการฐานข้อมูล ทั้งในส่วนของการเพิ่มหนังสือใหม่ การอับเดตข้อมูลหนังสือ และการตรวจสอบสถานะการยืม-คืนหนังสือ อีกทั้งยังมีการจัดเก็บประวัติการยืมคืนของผู้ใช้แต่ละคน ซึ่งช่วยให้การติดตามหนังสือเป็นไปอย่างเป็นระเบียบ ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศการเช่า – คืนหนังสือ กรณีศึกษา ร้าน DNA Book (มาลาตี สะนี, นริศรา ยงมณี, นงเยาว์ สอนจะโปะ และ จิราภรณ์ ชมยิ้ม, 2560) งานวิจัยนี้นำกระบวนการวงจรพัฒนาระบบ SDLC มาใช้รวมทั้งการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยผู้ใช้สามารถใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ระบบสารสนเทศการเช่า – คืนหนังสือ กรณีศึกษา ร้าน DNA Book มีการดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ และเหมาะสมกับ กระบวนการทำงาน โดยระบบดังกล่าวได้นำไปใช้และแก้ปัญหาทางธุรกิจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) การประเมินคุณภาพของระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ดำเนินการโดยใช้วิธีการทดสอบแบบกล่องดำ (Black Box Testing) ซึ่งเป็นการทดสอบที่เน้นตรวจสอบการทำงานของระบบจากภายนอก โดยไม่พิจารณารายละเอียดภายในของโค้ดหรือการทำงานเชิงลึก ข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าสถิติโดยใช้การหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) เพื่อวัดการกระจายตัวของผลลัพธ์ที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านผลการประเมินประสิทธิภาพระบบมีค่าเฉลี่ยรวมทุกด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด จากผลการประเมินทำให้เห็นได้ว่าผู้วิจัยพัฒนาระบบเช่าหนังสือได้ดำเนินการพัฒนาและทดสอบการทำงานของระบบ โดยมีผู้เชียวชาญที่ได้ใช้งานจริงเพื่อการทำงานระบบเช่าหนังสือให้มีประสิทธิภาพเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งสอดคล้องงานวิจัยเรื่องระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์ (สมพร กระออมแก้ว, กิตติ์ดนัย สกุลวรเกียรติ์ และ ณปภัช วรรณตรง, 2564) ที่ได้ใช้แบบประเมินและผู้วิจัยได้นำกระบวนการ SDLC 7 ขั้นตอนมาใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบ แล้วนำไปพัฒนาระบบบ เมื่อเสร็จสมบูรณ์ และนำระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์ไปทำการสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบจองยานพาหนะออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย (นิมิต ตาน้อย, เอกภูมิ อิ่มอก และ กรรัก พร้อมจะบก, 2559) พบว่า 1) ระบบจองยานพาหนะออนไลน์ จะแบ่งการทำงานของระบบเป็น 4 กระบวนการได้แก่ จัดการข้อมูลผู้ใช้ จัดการข้อมูลรถ จองขอใช้รถ และรายงานผลการทำงาน และที่ได้พัฒนาระบบอ้างอิงตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) เช่นกัน โดยพบว่ามีกระบวนการและขั้นตอนในการทำอยู่ 7 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดปัญหา 2) การศึกษาความเป็นไปได้ 3) การวิเคราะห์ระบบ 4)

การออกแบบระบบ 5) การสร้างและพัฒนาระบบ 6) การทดสอบและติดตั้งระบบ 7) การประเมินและการบำรุงรักษาระบบและการนำระบบไปใช้ และพบว่าผู้ใช้ สามารถใช้งานได้ง่ายและทำการจองห้องประชุมได้รวดเร็วยิ่งขึ้น

3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล จากกลุ่มผู้ใช้งานจำนวน 30 คน แสดงให้เห็นว่าความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบบริหารจัดการรถเช่า (สุทธินันท์ บุญกาวิน, วัชรพล กันใจ และ ศิริกรณ์ กันขัติ, 2566) ที่ใช้กระบวนการ SDLC (Software Development Life Cycle) ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการรถเช่า ครอบคลุมทั้ง 7 ขั้นตอนของกระบวนการ SDLC โดยมีการทดลองใช้งานจริง การแก้ไขปัญหา และการสรุปผลในแต่ละขั้นตอน งานวิจัยนี้ยังได้ใช้ระบบบริหารจัดการรถเช่าเป็นเครื่องมือสำคัญในการเก็บข้อมูลและประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งผลการประเมินพบว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นเพื่อให้ผู้ใช้ได้รับประโยชน์จากการเช่ารถผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งสะดวกสบาย ไม่จำเป็นต้องเดินทางมาเช่าที่ร้าน และยังช่วยเพิ่มช่องทางในการสร้างรายได้ให้กับธุรกิจ

การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล เป็นก้าวสำคัญในการส่งเสริมการอ่านและการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทที่การเข้าถึงทรัพยากรการเรียนรู้อาจมีข้อจำกัด ระบบนี้ไม่เพียงแค่ช่วยให้การจัดการหนังสือเป็นไปอย่างมีระเบียบ แต่ยังช่วยลดปัญหาการสูญหายและชำรุดของหนังสือ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญในการให้บริการยืม-คืนแบบดั้งเดิม การใช้กระบวนการ SDLC (System Development Life Cycle) ในการพัฒนาระบบ ทำให้มั่นใจได้ว่าแต่ละขั้นตอนมีความรอบคอบ ตั้งแต่การวิเคราะห์ความต้องการ ออกแบบ ไปจนถึงการทดสอบและประเมินผล นอกจากนี้ การใช้เครื่องมือที่ทันสมัยอย่าง Vue.js ยังทำให้ระบบใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสให้ผู้คนในชุมชนสามารถเข้าถึงเทคโนโลยีได้มากขึ้น การทดสอบระบบผ่าน Black Box Testing โดยผู้เชี่ยวชาญ และการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้จริง ช่วยยืนยันถึงคุณภาพและความเหมาะสมของระบบในการใช้งาน ผลการทดสอบที่ได้คะแนนในระดับสูงสุดสะท้อนให้เห็นว่าระบบตอบสนองความต้องการได้ดี และช่วยให้การเช่าหนังสือเป็นไปอย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของระบบนี้ยังขึ้นอยู่กับการใช้งานอย่างต่อเนื่องและการดูแลรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ โดยผู้ดูแลควรได้รับการฝึกอบรมอย่างเหมาะสม และควรมีการพัฒนาระบบเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะของผู้ใช้เพื่อให้ระบบมีความยั่งยืนและทันสมัยอยู่เสมอ ในภาพรวมระบบเช่าหนังสือนี้เป็นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้อย่างแท้จริง ช่วยกระตุ้นให้คนในชุมชนรักการอ่านและเข้าถึงความรู้ได้ง่ายขึ้น ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการศึกษาในยุคดิจิทัล

สรุปผล

การพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล สร้างด้วย Visual Studio Code (VSCode) ภาษา Vue.js เก็บข้อมูลที่ Firebase ระบบประกอบด้วยข้อมูลข้อมูลของผู้ใช้งาน ได้แก่ ชื่อ- นามสกุล อีเมล รหัสผ่าน เบอร์โทรศัพท์ สามารถลงทะเบียนเสมัครใหม่หรือข้าสู่ระบบสำหรับผู้ใช้งาน ลงทะเบียนเช่าหนังสือต่าง ๆ แสดงสถานะรายการเช่า-คืนหนังสือ และ

แสดงรายการข้อมูลหนังสือ ผลการประเมินคุณภาพ และความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน ระบบสามารถให้บริการเช่า-คืนหนังสือ ผู้ใช้สามารถลงทะเบียนการยืม-คืนหนังสือผ่านการสแกนคิวอาร์โค้ดหรือแจ้งเจ้าหน้าที่ด้วยตนเอง และรองรับการใช้งานของคนในชุมชนเพื่อแก้ปัญหาไม่ให้เกิดการสูญหาย ชำรุด ไม่คืนหนังสือตรงต่อเวลา และมีการรักษาความปลอดภัยของข้อมูล สามารถตอบสนองความต้องการได้ครบถ้วน นอกจากนั้นยังเป็นการสนับสนุนการอ่านของคนในชุมชนมีโอกาสได้เข้าถึงความรู้ได้อย่างทั่วถึง สนับสนุนการเข้าถึงการอ่านได้มากขึ้น เกิดเป็นสังคมที่เรียกว่าชุมชนแห่งการเรียนรู้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนผ่านสู่ยุคดิจิทัล ความรู้จึงมีความจำเป็นต่อการเอาตัวรอดและความรู้สามารถแสวงหาได้อย่างไม่มีขีดจัดได้เช่นกันในยุคดิจิทัล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบเช่าหนังสือเพื่อสนับสนุนการเข้าถึงการอ่านของคนในชุมชนสู่การเป็นชุมชนแห่งการเรียนรู้ในยุคดิจิทัล ประสบความสำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงสุดต่อทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ความรู้ และคำปรึกษาอันมีค่า ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรุตต์ จรเจริญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์มาลินี คำเครือ อาจารย์วิยะดา พลชัย อาจารย์ในสาขาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อธุรกิจ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาตรวจสอบ แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนางานวิจัยนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ขอขอบคุณชาวบ้านในชุมชนแห่งหนึ่งในอำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และบุคลากรในชุมชนที่ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการลงพื้นที่ศึกษาปัญหา และสนับสนุนการพัฒนาระบบเช่าหนังสือ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

นิมิต ตาน้อย, เอกภูมิ อิ่มอก และ กรรัก พร้อมจะบก. 2559. การพัฒนาระบบจองยานพาหนะออนไลน์ กรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏเลย. น. 158-165. ใน: ประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 2 การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม 30-31 มีนาคม 2559. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

นิรุตต์ จรเจริญ. 2564. การจัดการธุรกิจด้วยเทคโนโลยีดิจิทัล. โรงพิมพ์ โอ. เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. 2557. รวมบทความเกี่ยวกับหลักคิดและกิจกรรมทางการอุดมศึกษา. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มาลาตี สะนี, นริศรา ยงมณี, นงเยาว์ สอนจะโปะ และ จิราภรณ์ ชมยิ้ม. 2560. การพัฒนาระบบสารสนเทศการเช่า – คืนหนังสือ. วารสารคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ศูนย์นวัตกรรมและเทคโนโลยีการเรียนรู้ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 5(1): 121-136.

สมพร กระออมแก้ว, กิตติ์ดนัย สกุลวรเกียรติ์ และ ณปภัช วรรณตรง. (2564). ระบบจองรถเพื่อการเกษตรออนไลน์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5(1): 25-35.

สุทธินันท์ บุญกาวิน, วัชรพล กันใจ และ ศิริกรณ์ กันขัติ์. 2566. การพัฒนาระบบบริหารจัดการรถเช่า. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่ชุมชน. 1(4): 19-30.

Fisher, J. M. 1998. First Grader's Perception of Their Learning: A Qualitative Study of Motivation for Literacy. Dissertation Abstract International. 59(06): 1903-A: December.

Mustafa, K. & Khan, R. A. 2007. Software Testing: Concepts and Practices. English: Alpha Science.

Souvik. 2019. 7 Stages/Phases of the Software Development Life Cycle (SDLC). Available: https://www.rswebsols.com/tutorials/programming/stages-phases- software-development-life-cycle-sdlc. Accessed Jul. 19, 2024.

การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

The Development of a Queue Reservation and Calling Application to Support Digital Services for Sub-district Health Promoting Hospitals

กิตติมา หอมหวล[1*] นิรุตต์ จรเจริญ[2] ณรงค์ พันธุ์คง[3] และ พิศาล คงเอียด[4]

Kittima Homhual[1*], Nirut Jorncharoen[2], Narong Punkong[3] and Pisan Khongaed[4]

[1] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี 70 หมู่ 4 ตำบลหนองบัว อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี 71000

[1] Bachelor of Business Administration Program in Digital Technology for Business, Faculty of Management Science, Kanchanaburi Rajabhat University, 70 M. 4, Nong Bua Subdistrict, Mueang District, Kanchanaburi Province 71000

***Corresponding author E-mail: 65124590104@kru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล 2) ประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัลสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ผู้วิจัยพัฒนาและออกแบบแอปพลิเคชัน โดยใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle :SDLC) ประเมินคุณภาพและความพึงพอใจด้วยทฤษฎีกล่องดำ (Black Box Testing) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรม Glide app, Google sheet, Google App scrip, Google form และ Application line ผู้วิจัยใช้แบบประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน และแบบประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) แอปพลิเคชันสามารถเรียกคิวได้ และกรณีเจ้าหน้าที่เรียกคิวจะแจ้งเตือนลำดับคิวไปที่แอปพลิเคชันไลน์ของผู้ป่วย ซึ่งช่วยแจ้งให้ผู้ป่วยได้ทราบว่าถึงลำดับคิวของตนเองเพื่อทำการเข้ารับบริการการตรวจ สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลญาติและประวัติผู้ป่วยได้ จัดลำดับคิวและประเภทการจองคิวได้ 2) ผลการประเมินคุณภาพ มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.37, S.D.=0.54) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.85, S.D.=0.34)

คำสำคัญ : การจองคิว การเรียกคิว บริการแบบดิจิทัล โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

Abstract

The objectives of this research were; 1) to developing of a Queue Reservation and Calling Application to Support Digital Services for Sub-district Health Promoting Hospital 2) to assess the quality of a Queue Reservation and Calling Application to Support Digital Services for Sub-district Health Promoting Hospital and 3) to assess the satisfaction for users of a Queue Reservation and Calling Application to Support Digital Services for Sub-district Health Promoting Hospital. The researcher developed and designed by using the Information Systems Development Cycle (SDLC) principle. To assess the quality and satisfaction with Black Box theory (Black Box Testing). The research data consisted of: Glide app, Google sheet, Google App script, Google form, and Line application. The researcher used a quality assessment form from 3 experts and a satisfaction assessment form from 30 users by purposive sampling method. The data were analyzed by descriptive statistics such as percentage, mean and standard deviation. The results showed that 1) The application allows for queue calling, and when staff call a queue number, a notification is sent to the patient's Line application. This helps patients know when it is their turn to receive services. The system supports adding, deleting, and editing patient information, patient history and relative information are recorded. Additionally, it facilitates queue management by allowing the organization of queue order and types of reservations. 2) As for the quality assessment results of the application, it was found that the average in all aspects was at a high level ($\overline{X}$= 4.37, S.D.=0.54) and 3) As for user satisfaction assessment results of the application, it was found that the overall average in all aspects was at the highest level ($\overline{X}$=4.85, S.D.=0.34).

Keywords : Queue Reservation, Queue calling, Digital Services, Sub-District Health Promoting Hospital

บทนำ

สภาพปัญหาปัจจุบันที่พบเห็นได้จากการเข้ารับบริการในสถานพยาบาลต่าง ๆ ของรัฐ คือ ความแออัดที่เกิดจากการสะสมปริมาณของผู้ป่วยที่มารอรับบริการ จึงส่งผลให้เกิดปัญหาการให้บริการที่ล่าช้า จากปัญหาดังกล่าวกระทรวงสาธารณสุขได้ให้ความสำคัญและเล็งเห็นความจำเป็นที่จะต้องเร่งแก้ไขปัญหาด้านการให้บริการอย่างเร่งด่วน เพื่อเพิ่มพื้นที่การให้บริการ ลดความแออัด ลดความล่าช้า ลดจุดเสี่ยงที่จะเกิดความไม่พึงพอใจของผู้รับบริการ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีและความพึงพอใจของผู้รับบริการให้มากที่สุด ระยะเวลารอคอยถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้รับบริการ และยังเป็นปัจจัยสำคัญที่สะท้อนคุณภาพการให้บริการของสถานพยาบาล ระยะเวลาการรอคอยที่เหมาะสมมีผลช่วยเพิ่มระดับความพึงพอใจของผู้รับบริการและเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงคุณภาพและประสิทธิภาพการให้บริการ (วิทยา พลาอาด, 2567, น. 23) ผู้ป่วยที่เข้ารับ

บริการทางการแพทย์ในสถานพยาบาลไม่ว่าจะเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่หรือโรงพยาบาลส่วนตำบลได้เพิ่มปริมาณเป็นจำนวนที่สูงขึ้น จึงส่งผลให้สถานพยาบาลต้องปฏิบัติหน้าที่การดูแลรักษาตั้งแต่กระบวนการการเข้าถึงและเข้ารับบริการในการมาตามนัดหรือมารับยา โดยกระบวนการให้การรับบริการของผู้ป่วยเพื่อเข้ารับการรักษาในแต่ละครั้ง อาจต้องใช้เวลาในการรอหลายชั่วโมง เนื่องจากผู้ป่วยมีปริมาณจำนวนมากและเกิดการสะสม ทำให้เกิดปัญหาเรื่องความสับสน ไม่เข้าใจ มีความยุ่งยากในการเรียกคิวซักประวัติ เรียกคิวรับบริการตรวจ และเรียกคิวรับยา (รุ่งทิวา พิมพ์สักกะ, 2564, น. 65) การรอคอยเพื่อเข้ารับการรักษาเป็นเวลานานส่งผลเสียต่อทั้งตัวผู้ป่วยและสถานพยาบาลเอง ทำให้ผู้ป่วยเสียสุขภาพกายจากความล่าช้าในการตรวจรักษาและเสียสุขภาพจิต อันเกิดจากความเครียด เนื่องจากไม่ได้รับความสะดวกสบายในการเข้ารับบริการและในทางกลับกันการที่คนไข้ต้องรอคอยเป็นเวลานาน ยังส่งผลเสียต่อภาพลักษณ์และคุณภาพการให้บริการของสถานพยาบาลด้วย

โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ผู้วิจัยได้มีโอกาสเข้ารับบริการจึงประสบปัญหาด้วยตนเอง คือ ความสับสน ไม่เข้าใจ มีความยุ่งยากในการเรียกคิวซักประวัติ เรียกคิวรับบริการตรวจและเรียกคิวรับยา ใช้เวลาในการรอหลายชั่วโมง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไม่มีระบบการจองคิวรับบริการ การแจ้งคิวหรือเรียกคิว การจองคิวเป็นกระดาษสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ เขียนเลขด้วยปากกาและเรียกคิวตามหมายเลขที่อยู่ในกระดาษ เนื่องจากผู้รับบริการที่เดินทางมาที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลลาดหญ้านั้นเป็นชาวบ้านในหมู่บ้านทั้งหมด และรวมไปถึงหมู่บ้านใกล้เคียง รวมแล้วปริมาณผู้ป่วยไม่ต่ำกว่า 150 คน ซึ่งสถานที่พยาบาลแห่งนี้มีพื้นที่ที่ไม่ได้กว้างมากนักทำให้ผู้ป่วยจำนวนมากนั่งรวมกัน นี่คือสาเหตุที่ทำให้เกิดความสับสนสร้างความไม่เข้าใจ ยุ่งยาก สับสนให้กับผู้รับบริการ

จากปัญหาดังกล่าวของหน่วยงานที่เกิดขึ้นผู้วิจัยจึงได้เสนอแนะวิธีแก้ไขปัญหาด้วยการนำเทคโนโลยีดิจิทัลสมัยใหม่เข้ามาเปลี่ยนแปลงรูปแบบการให้บริการให้อยู่ในรูปแบบบริการดิจิทัล เพื่อให้เกิดการให้บริการแบบดิจิทัลมากขึ้น จึงนำมาสู่แนวคิดการพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัลสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล เพื่อจะแก้ไขปัญหาการให้บริการให้มีความรวดเร็ว แก้ไขปัญหาเรื่องความสับสน ไม่เข้าใจ ความยุ่งยากในการเรียกคิวซักประวัติ เรียกคิวรับบริการตรวจ และเรียกคิวรับยา ทำให้ช่วยจัดการแบ่งประเภทการจองคิวและเรียกคิวให้มีความสะดวกมากกว่าเดิม ลดความวุ่นวายและสับสนให้แก่ผู้รับบริการและเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

1) เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

2) เพื่อประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัลสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ผู้วิจัยพัฒนาและออกแบบโดยใช้ทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ (System Development Life Cycle: SDLC) ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้ (Souvik, 2019)

ขั้นตอนที่ 1 การค้นหาปัญหาขององค์กร (Problem Recognition) พบว่าปัจจุบันหน่วยงานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไม่มีระบบการจองคิวรับบริการ การแจ้งคิวหรือเรียกคิว การจองคิวเป็นกระดาษสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ เขียนเลขด้วยปากกาและเรียกคิวตามหมายเลขที่อยู่ในกระดาษ เนื่องจากผู้รับบริการที่เดินทางมาที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลลาดหญ้านั้นเป็นชาวบ้านในหมู่บ้านทั้งหมด และรวมไปถึงหมู่บ้านใกล้เคียง รวมแล้วปริมาณผู้ป่วยไม่ต่ำกว่า 150 คน ซึ่งสถานที่พยาบาลแห่งนี้มีพื้นที่ที่ไม่ได้กว้างมากนักทำให้ผู้ป่วยจำนวนมากนั่งรวมกัน

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาความเหมาะสม (Feasibility Study) ผู้วิจัยศึกษาความเป็นไปได้ทั้งในส่วนของความเป็นไปได้ทางเทคนิค ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ และความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงาน ซึ่งทั้ง 3 ประเด็น พบว่า

2.1 ความเป็นไปได้ทางเทคนิค สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคขององค์กร พบว่า 1) มีบุคลากรที่สามารถให้คำแนะนำและมีความรู้ความสามารถในการพัฒนาระบบงานใหม่ด้วยโปรแกรม Glide App 2) มีผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญในด้านโปรแกรมที่จะนำมาพัฒนาระบบงานใหม่ และ 3) ผู้วิจัยมีความสามารถในการใช้โปรแกรม Glide App ได้ และด้านเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในระบบใหม่ พบว่า 1) ผู้วิจัยมีฮาร์ดแวร์ที่รองรับกับซอฟต์แวร์ใหม่ที่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจาก Glide App เป็นแพลตฟอร์มที่สามารถทำได้ง่ายโดยไม่ต้องเขียนโค้ด ช่วยจัดการในด้านการแสดงผลข้อมูลต่าง ๆ จาก Google Sheet สามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลได้หลากหลายแบบตามต้องการ เปลี่ยนเป็น Mobile app ได้ง่าย ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งระบบ iOS และ Android 2) ด้านอุปกรณ์ต่าง ๆ และรวมไปถึงฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ นั้นมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพในการทำงานเป็นอย่างดี และ 3) ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่นำมาใช้งานนั้น ไม่มีอุปสรรค หรือปัญหาที่จะก่อให้เกิดการทำงานที่ไม่สามารถเข้ากันได้

2.2 ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล ใช้โปรแกรมและภาษา ได้แก่ Glide app, Google sheet, Google App scrip, Google form และ Line Application ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้บริการออนไลน์ได้ฟรี ไม่เสียค่าใช้จ่ายทำให้สามารถลดต้นทุนในการหาซอฟต์แวร์

2.3 ความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงาน การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สามารถพัฒนาและใช้งานได้จริง ด้วยความพร้อมของทางด้าน อุปกรณ์ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ รวมถึงวัสดุต่าง ๆ เพียงพอ ซึ่งเมื่อแอปพลิเคชันเสร็จแล้วจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติงานให้กับหน่วยงาน แก้ไขปัญหาการให้บริการให้มีความรวดเร็ว แก้ไขปัญหาเรื่องความสับสน ไม่เข้าใจ ความยุ่งยากในการเรียกคิวซักประวัติ เรียกคิวรับบริการตรวจ และเรียกคิวรับยา ทำให้ช่วยจัดการแบ่งประเภทการจองคิวและเรียกคิวให้มีความสะดวกมากกว่าเดิม ลดความวุ่นวายและสับสนให้แก่ผู้รับบริการและเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ (Analysis) ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลปัญหาและความต้องการ โดยทำการวิเคราะห์ระบบการทำงานเดิม และทำการรวบรวมความต้องการในการพัฒนาแอปพลิเคชันจากการสอบถามผู้ใช้งาน สรุปรายละเอียดได้ดังนี้

3.1 ระบบจองคิวและเรียกคิว ทำหน้าที่จัดการการจองคิว การเรียกคิว และเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูลผู้ป่วยและแอปพลิเคชันไลน์

3.2 ระบบฐานข้อมูลผู้รับบริการ เก็บข้อมูลส่วนบุคคล ประวัติการเจ็บป่วย และข้อมูลติดต่อของผู้ป่วย

3.3 แอปพลิเคชันไลน์ ใช้ในการแจ้งเตือนผู้ป่วยเมื่อถึงคิว

3.4 เจ้าหน้าที่ มีปฏิสัมพันธ์กับระบบเพื่อเพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้รับบริการ จัดการการจองคิวและเรียกคิว

3.5 ผู้รับบริการ ใช้ระบบเพื่อจองคิวและได้รับการแจ้งเตือนเมื่อถึงคิว

3.6 ญาติผู้รับบริการ อาจมีปฏิสัมพันธ์กับระบบเพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับผู้รับบริการ

ขั้นตอนที่ 4 การออกแบบ (Design) นำผลการวิเคราะห์มาออกแบบแอปพลิเคชัน ออกแบบการทำงาน กำหนดคุณลักษณะการทำงาน ทราบถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา รวบรวมข้อมูลสภาพปัญหาและความต้องการ ขั้นตอนนี้จะเริ่มมีการระบุลักษณะการทำงานของระบบทางเทคนิค รายละเอียดคุณลักษณะอุปกรณ์ที่ใช้ เทคโนโลยีที่ใช้ ลักษณะของการนำข้อมูลเข้า ลักษณะรูปแบบรายงานที่เกิด และผลลัพธ์ที่ได้ โดยมีรายละเอียดการออกแบบดังนี้

4.1 การออกแบบส่วนนำเข้าข้อมูล

การออกแบบที่เน้นความสะดวกต่อการใช้งาน และรายละเอียดต่าง ๆ ที่แสดงจะต้องมีความถูกต้องและสมบูรณ์ โดยออกแบบหน้าจอการทำงาน ออกเป็นส่วน ๆ คือ 1) หน้าจอเข้าใช้งาน และ 2) หน้าจอการกรอกข้อมูลคนไข้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

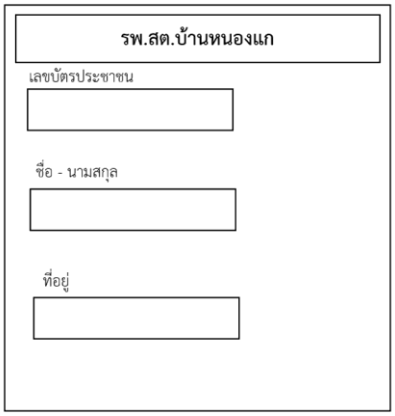
1) หน้าจอเข้าใช้งาน

หน้าจอเข้าใช้งาน เป็นหน้าจอที่ป้อนข้อมูล เพื่อที่จะเข□าไปใช□งานแอปพลิเคชัน

ภาพที่ 1 หน้าจอเข้าใช้งาน

2) หน้าจอการกรอกข้อมูลผู้ป่วย

หน้าจอหลักของแอปพลิเคชัน เป็นหน้าจอแสดงการกรอกข้อมูลผู้ป่วย



ภาพที่ 2 หน้าจอการกรอกข้อมูลผู้ป่วย

4.2 ส่วนนำเสนอข้อมูล

การออกแบบหน้าจอการแสดงผลต่าง ๆ ของระบบรวมถึงรายงานสรุปสำหรับผู้ใช้งาน โดยมีแนวทางการออกแบบที่เน้นความสะดวกในการเข้าดูข้อมูล สะดวกในการเลือกใช้ ไม่ซับซ้อนและสามารถสื่อเข้าใจได้ง่าย ประกอบด้วยหน้าจอและรายงานทั้งหมด โดยออกแบบหน้าจอการทำงานออกเป็นส่วน ๆ 2 ส่วน คือ 1) หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ป่วย และ 2) หน้าจอการเรียกคิวผู้ป่วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ป่วย

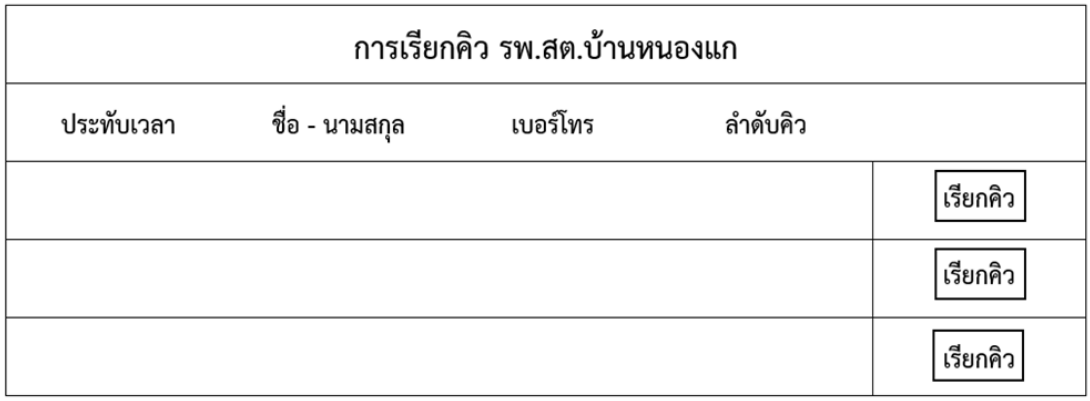
หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ป่วย เป็นหน้าจอแสดงข้อมูลที่ผู้ป่วยได้กรอกข้อมูลไว้

เลขบัตรประชาชน	ชื่อ - นามสกุล	ที่อยู่	เบอร์โทรศัพท์คนไข้	เบอร์โทรศัพท์ญาติคนไข้

ภาพที่ 3 หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ป่วย

2) หน้าจอแสดงการเรียกคิวผู้ป่วย

หน้าจอแสดงข้อมูลผู้ป่วย เป็นหน้าจอแสดงการเรียกคิวผู้ป่วย



ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงการเรียกคิวผู้ป่วย

4.3 การกำหนดสิทธิการใช้งานระบบ

การกำหนดสิทธิการใช้งานแอปพลิเคชันจองคิวและเรียกคิวของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ เพื่อจำแนกผู้ใช้ระบบตามบทบาทหน้าที่ จึงมีการแบ่งระดับผู้ใช้งานและการกำหนดสิทธิ์สำหรับผู้ใช้งาน โดยแบ่งระดับผู้ใช้งานออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) กลุ่มผู้ดูแลระบบ

2) กลุ่มผู้ใช้งานระบบ

ตารางที่ 1 สรุปฟังก์ชันการทำงานของแอปพลิเคชันจอง และเรียกคิว

ฟังก์ชันการทำงานของระบบแอปพลิเคชัน	กลุ่มผู้มีสิทธิ์ใช้งานระบบ	
	ผู้ดูแลระบบ	ผู้ใช้งาน
1. จองคิวและเรียกคิว	✓	✓
2. การกรอกข้อมูลผู้ป่วย	-	✓
3. ลบ เพิ่ม แก้ไข ตรวจสอบข้อมูล	✓	-
4. รับการเรียกคิวโดยแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line)	✓	-

ขั้นตอนที่ 5 การพัฒนาและทดสอบ (Development & Test) ผู้วิจัยพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Glide app, Google sheet, Google App script, Google form, and Line application จากนั้นทำการทดสอบหาข้อผิดพลาด (Testing) ด้วยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบ ความถูกต้อง และตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานจริง หากพบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจากการทำงาน จะต้องปรับแก้ไขให้เรียบร้อยพร้อมใช้งานก่อนนำไปติดตั้งใช้จริง และผู้วิจัยจัดทำคู่มือการใช้งานและนำแอปพลิคชันที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นผู้เข้าใช้งานจริง จำนวน 30 คน

ขั้นตอนที่ 6 การติดตั้ง (Implementation) ผู้วิจัยเผยแพร่แอปพลิเคชันที่ผ่านการทดสอบและแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยผู้ใช้งานสามารถเข้าใช้งานได้ที่ QR CODE โดยต้องทำการเพิ่มเพื่อนเข้าไลน์กลุ่ม เรียกคิวเข้าตรวจ และประเมินความพึงพอใจตามระยะเวลาที่กำหนด นำคะแนนผลการประเมินจากการตอบแบบประเมินของผู้เข้าใช้งานมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปสรุปผลที่ได้รับจากการใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 7 การซ่อมบำรุงระบบ (System Maintenance) โดยผู้วิจัยมอบบัญชีผู้ดูแล ระบบให้กับเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานเพื่อทำหน้าที่ดูแลระบบและควบคู่กับการให้คำปรึกษาหากหน่วยงานมีข้อสงสัย หรือปัญหาเกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้

1) การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล พัฒนาด้วย Glide app, Google sheet, Google App script, Google form, and Line application

2) แบบประเมิน ประกอบด้วย 2 ชุด ได้แก่

2.1) แบบประเมินคุณภาพสำหรับผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะของแบบสอบถามแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ซึ่งแบบประเมินนี้สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการทดสอบระบบกล่องดำ (Black Box Testing) มีเนื้อหาครอบคลุมประเด็น 1) ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test) 2) ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) 3) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน Usability Test) 4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)

2.2) แบบประเมินความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน มีลักษณะของแบบสอบถามแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ ซึ่งแบบประเมินนี้สร้างขึ้นด้วยเทคนิคการทดสอบระบบกล่องดำ (Black Box Testing) มีเนื้อหาครอบคลุมประเด็น 1) ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test) 2) ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) 3) ด้านความง่ายต่อการใช้งาน Usability Test) 4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)

โดยแบบประเมินทั้ง 2 ชุด ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน โดยข้อคำถามมีค่า IOC มากกว่า 0.50 ทุกข้อ และการหาค่าความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.84

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ผู้ป่วยมารับบริการตรวจและเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี

2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ผู้ป่วยที่มารับบริการตรวจและเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)

สถิติที่ใช้และการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยวิธี Black Box Testing (Mustafa K. และ Khan, R.A., 2007) วิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน และการประเมินความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน โดยแบบประเมินที่สร้างขึ้นนี้เป็นแบบมาตรประเมินค่า (Rating Scale) ของ Likert ซึ่งมี 5 ระดับ และผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยมีการแปลความหมายใช้เกณฑ์ประเมินผลโดยอิงเกณฑ์หาค่าเฉลี่ยเมื่อทำการวิเคราะห์แปลผลและกำหนดระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ซึ่งมีช่วงกว้างเท่า ๆ กัน และ สามารถคำนวณได้ดังนี้ (Fisher, 1998)

$$\text{ความกว้างของอันตรภาคชั้น} = \frac{(\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด})}{\text{จำนวนชั้น}}$$

$$0.8 = \frac{5-1}{5}$$

ค่าเฉลี่ย 4.21–5.00 = มากที่สุด, ค่าเฉลี่ย 3.41–4.20 = มาก, ค่าเฉลี่ย 2.61–3.40= ปานกลาง, ค่าเฉลี่ย1.81–2.60= น้อย, ค่าเฉลี่ย 1.00–1.80 = น้อยที่สุด

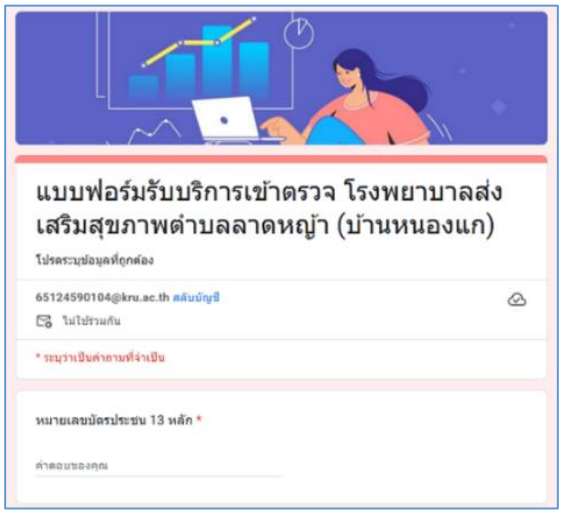
ผลการวิจัย

1) การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

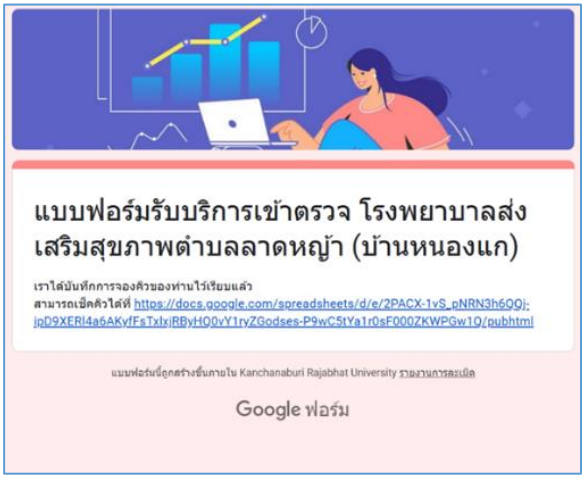
แอปพลิเคชันสามารถเรียกคิวได้ที่ https://65124590104.glide.page และกรณีเจ้าหน้าที่เรียกคิวจะแจ้งเตือนลำดับคิวไปที่แอปพลิเคชันไลน์ของผู้ป่วย ซึ่งช่วยแจ้งให้ผู้ป่วยได้ทราบว่าถึงลำดับคิวของตนเองเพื่อทำการเข้ารับบริการการตรวจ สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลญาติและประวัติผู้ป่วยได้ จัดลำดับคิวและประเภทการจองคิวได้ โดยแสดงดังภาพที่ 5-14

ภาพที่ 5 QR CODE เพิ่มเพื่อนเข้าไลน์กลุ่ม เรียกคิวเข้าตรวจ รพ.สต.

ภาพที่ 6 กลุ่มไลน์เรียกคิวเข้าตรวจ รพ.สต.



ภาพที่ 7 แบบฟอร์มสำหรับการจองคิว

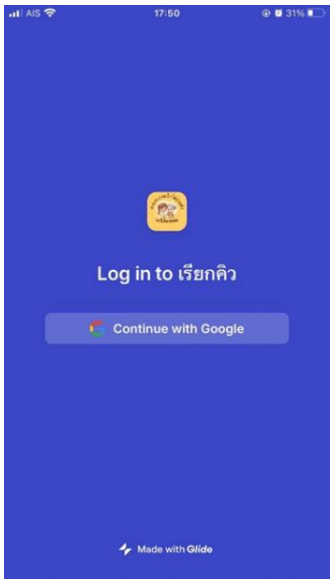


ภาพที่ 8 หน้าบันทึกข้อมูลการจองคิว

ฟอร์มรับบริการเข้าตรวจ (การตอบกลับ) : ข้อมูลคนไข้2

ประทับเวลา	ชื่อ-สกุล (พร้อมคำนำหน้า)	เบอร์โทรศัพท์ (คนไข้)	เบอร์โทรศัพท์ (ญาติ)	ลำดับคิว
25/9/2024, 9:30:48	นายปฏิภาณ บุญอ่อน	0988808468	0988863917	Q001
25/9/2024, 13:11:07	นางสาวกิตติมา หอมหวล	0988864917	0929580633	Q002
5/10/2024, 18:03:22	นางม่วย หอมหวล	0988864917	0929580633	Q003

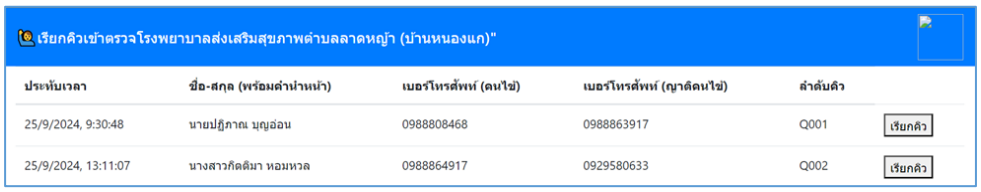
ภาพที่ 9 หน้าแสดงลำดับคิว



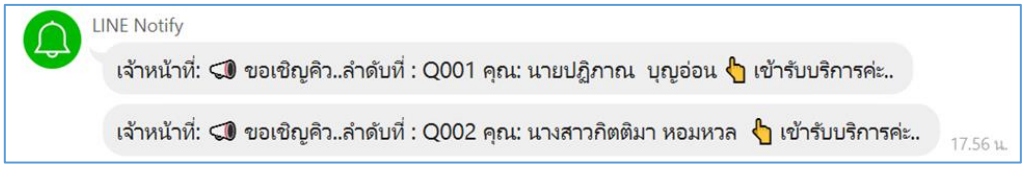
ภาพที่ 10 Login เข้าสู่ระบบโดย Login ผ่านบัญชี Google

ภาพที่ 11 หน้าแอปพลิเคชันระบบจองและเรียกคิว

ภาพที่ 12 หน้าแสดงข้อมูลของผู้ป่วย



ภาพที่ 13 หน้าเรียกคิวเข้าตรวจ



ภาพที่ 14 หน้าแจ้งลำดับคิวให้กับผู้ป่วย

2) การประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=3)

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test)	4.33	0.47	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test)	4.33	0.47	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.56	0.56	มากที่สุด
4. ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)	4.25	0.68	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน	**4.37**	**0.54**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 2 พบว่า คุณภาพของแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.37, S.D.=0.54) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) อยู่ในระดับ

มากที่สุด ($\overline{X}$=4.56, S.D.=0.56) รองลงมา ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test) และด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) มีค่าเฉลี่ยในจำนวนที่เท่ากัน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.33, S.D.=0.47) และด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test) อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$=4.25, S.D.=0.68) ตามลำดับ

3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล

ผู้ใช้งานส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 76.70 และเพศชาย จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.30 การศึกษาระดับต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 66.70 และระดับปริญญาตรี จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 33.30 อายุ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.30 รองลงมา มีอายุ 31-40 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 23.30 ต่อมา มีอายุ 41-50 ปี จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 16.70 และมีอายุ 20-30 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.70 โดยผู้ใช้งานเป็นผู้รับบริการ/เป็นผู้ป่วย จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 80.00 และเป็นเจ้าพนักงานสาธารณสุข จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 ตามลำดับ สำหรับผลการประเมินความพึงพอใจแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (n=30)

รายการ	$\overline{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1. ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Function Requirements Test)	4.93	0.25	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test)	4.88	0.33	มากที่สุด
3. ด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test)	4.80	0.40	มากที่สุด
4. ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security Test)	4.80	0.40	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน	**4.85**	**0.34**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 3 พบว่า คุณภาพของแอปพลิเคชัน มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 4 ด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.85, S.D.=0.34) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน (Functional Requirement Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.93, S.D.=0.25) รองลงมา ด้านความถูกต้องในการทำงาน (Functional Test) อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.88, S.D.=0.33) และด้านความง่ายต่อการใช้งาน (Usability Test) กับด้านการรักษาความปลอดภัยของระบบ (Security Test) มีค่าเฉลี่ยในจำนวนที่เท่ากัน อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$=4.80, S.D.=0.40) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

1) การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแอปพลิเคชันจองและเรียกคิว โดยมีเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการให้บริการที่ล่าช้าให้มีความรวดเร็ว แก้ไขปัญหาเรื่องความสับสน ไม่เข้าใจความยุ่งยากในการเรียกคิวซักประวัติ เรียกคิวรับบริการตรวจ และเรียกคิวรับยา ทำให้ช่วยจัดการแบ่งประเภทการจองคิวและเรียกคิวให้มีความสะดวกมากกว่าเดิม ลดความวุ่นวายและสับสนให้แก่ผู้รับบริการและเจ้าหน้าที่ผู้ให้บริการ เพิ่มประสิทธิภาพจากระบบงานเดิมสู่ระบบงานใหม่ ลดความเสี่ยงที่จะเกิด ข้อผิดพลาด และง่ายต่อ

การใช้งาน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการจองคิวตรวจล่วงหน้าของผู้รับบริการผ่านแอปพลิเคชันหมอพร้อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ๊ะบิลัง อำเภอเมืองสตูล จังหวัดสตูล (วิทยา พลาอาด, 2567) โดยประเด็นความสอดคล้องกันคือการเปลี่ยนรูปแบบการแจกบัตรคิว ระบบบริการเดิมเป็นการนัดหมายใช้แบบแจกบัตรคิว ไม่ได้กำหนดเวลาและจำนวนการนัดหมายที่ชัดเจน ไม่มีระบบจองคิวล่วงหน้า ผู้รับบริการมาพร้อม ๆ กัน เกิดความแออัดหน้าห้องตรวจ การพัฒนาระบบการจองคิวตรวจล่วงหน้าผ่านแอปพลิเคชันหมอพร้อมผู้รับบริการมารับบริการตามเวลาที่ตนเองสามารถกำหนดได้ ทำให้ระยะเวลารอคอยหลังใช้ระบบจองคิวตรวจล่วงหน้าลดลงจากก่อนพัฒนาระบบจากเดิม นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบจองคิวออนไลน์สำหรับการเข้ารับบริการดูแลรักษารถยนต์ บริการคาร์แคร์ (ธนกฤต ตินพ, สุธารัตน์ ชาวนาฟาง และ อุษณีย์ ภักดีตระกูลวงศ์, 2564) ที่ช่วยยืนยันได้ว่าระบบการจองคิวเป็นระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ที่จะเข้ารับบริการได้สำหรับธุรกิจที่ให้บริการได้ทั้งภาครัฐและเอกชนอย่างธุรกิจให้บริการคาร์แคร์ ซึ่งการจองคิวและเรียกคิวช่วยลดระยะเวลาการรอรับบริการนานในทุกบริการ

2) การประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัลสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ดำเนินการโดยใช้เทคนิค Black Box Testing (Mustafa K. & Khan, R.A., 2007) ร่วมกับการใช้แบบวัดมาตรค่า Likert Scale ระดับ 5 คะแนน จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าคุณภาพของแอปพลิเคชันอยู่ในระดับมากที่สุด ผลการประเมินสะท้อนให้เห็นว่าผู้วิจัยได้ใช้วิธีการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ตามขั้นตอนของวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศ SDLC (System Development Life Cycle) ทั้ง 7 ขั้นตอน (Souvik, 2019) ได้แก่ การระบุปัญหาและความต้องการเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาแอปพลิเคชัน วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และการปฏิบัติงาน เพื่อตัดสินใจในการพัฒนาระบบ ศึกษาความต้องการและเขียนแผนผังการทำงานของระบบใหม่ ออกแบบฟังก์ชันการทำงานและกำหนดคุณลักษณะของแอปพลิเคชัน พัฒนาแอปพลิเคชันและทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ก่อนนำไปใช้งานจริงกับเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลและผู้ป่วยจำนวน 30 คน จัดทำเอกสารคู่มือและติดตั้งแอปพลิเคชัน เก็บรวบรวมข้อบกพร่องเพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันในอนาคต การพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ส่งผลให้ได้ระบบที่ตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแอปพลิเคชันจองคิวร้านเสริมสวย (อภิสิทธิ์ โยลัย, กาญจนา คำสมบัติ, ทินกร คุณาสิทธ์ และ อนุวัต ขัยเกียรติธรรม, 2565) ที่มีฟังก์ชันการทำงาน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของเจ้าของร้านและผู้ใช้บริการ โดยมีการทำงาน เช่น การบันทึกข้อมูล การยืนยันคิว การยกเลิก และการแก้ไขข้อมูลการจองคิว แอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถติดตั้งได้ง่ายผ่านการสแกน QR Code หรือกดลิงก์สำหรับติดตั้งบนสมาร์ทโฟนที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ซึ่งช่วยให้การควบคุมการใช้งานเป็นไปตามความต้องการของเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล มีค่าเฉลี่ยโดยรวมทุกด้าน อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบการจองคิวตรวจล่วงหน้าของผู้รับบริการผ่านแอปพลิเคชันหมอพร้อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ๊ะบิลัง อำเภอเมืองสตูล จังหวัดสตูล (วิทยา พลาอาด, 2567, น. 23) ความพึงพอใจจาก

การรับบริการที่สูงถือได้ว่าเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่สะท้อนการให้บริการของหน่วยงาน การรอคอยที่ใช้ระยะเวลานานย่อมไม่ส่งผลดีต่อความพึงพอใจอย่างแน่นอน การทำให้ผู้รับบริการใช้ระยะเวลารอคอยที่น้อยลงเป็นเป้าหมายสำคัญของหน่วยงานบริการหรือธุรกิจบริการ การบริการที่ดีเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดี ระยะเวลารอคอยถือได้ว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความพึงพอใจของผู้รับบริการ และยังเป็นปัจจัยสำคัญที่สะท้อนคุณภาพการให้บริการ ระยะเวลาการรอคอยที่เหมาะสมมีผลช่วยเพิ่มระดับความพึงพอใจของผู้รับบริการและเป็นตัวชี้วัดที่แสดงถึงคุณภาพและประสิทธิภาพการให้บริการ

แอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัล สำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล แอปพลิเคชันนี้ช่วยแก้ไขปัญหาการให้บริการล่าช้าและความสับสนในการจัดการคิวในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล โดยทำให้การจองและเรียกคิวเป็นไปอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ลดความวุ่นวายและความสับสนทั้งสำหรับผู้รับบริการและเจ้าหน้าที่ เพิ่มความรวดเร็วในการเรียกคิวซักประวัติ ตรวจรักษา และรับยา ซึ่งช่วยให้การบริการมีความสะดวกมากขึ้น สามารถช่วยยกระดับการให้บริการจากระบบเดิมที่ใช้การแจกบัตรคิวแบบไม่เป็นระบบ ไปสู่ระบบบริการแบบดิจิทัลที่มีการจัดการคิวอย่างชัดเจน สะดวก และรวดเร็ว ช่วยลดความแออัดและความสับสน ซึ่งตอบโจทย์การบริการสาธารณสุขในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผล

แอปพลิเคชันสามารถเรียกคิวได้ และกรณีเจ้าหน้าที่เรียกคิวจะแจ้งเตือนลำดับคิวไปที่แอปพลิเคชันไลน์ของผู้ป่วย ซึ่งช่วยแจ้งให้ผู้ป่วยได้ทราบว่าถึงลำดับคิวของตนเองเพื่อทำการเข้ารับบริการ การตรวจ สามารถ เพิ่ม ลบ แก้ไขข้อมูลผู้ป่วย ข้อมูลญาติและประวัติผู้ป่วยได้ จัดลำดับคิวและประเภทการจองคิวได้ ผลการประเมินคุณภาพและความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุดเช่นเดียวกัน แอปพลิเคชันสามารถช่วยยกระดับการให้บริการจากระบบเดิมที่ใช้การแจกบัตรคิวไปสู่บริการแบบดิจิทัลที่มีการจัดการคิวอย่างชัดเจน สะดวก และรวดเร็ว ช่วยลดความแออัดและความสับสน ซึ่งตอบโจทย์การบริการสาธารณสุขในยุคดิจิทัลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การพัฒนาแอปพลิเคชันจองและเรียกคิวเพื่อสนับสนุนการให้บริการแบบดิจิทัลสำหรับโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ครั้งนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจากบุคคลหลายท่านที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ อย่างไรก็ตามผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความกรุณามา โดยตลอด ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรุตต์ จรเจริญ อาจารย์ ดร.ณรงค์ พันธุ์คง และ อาจารย์ ดร.พิศาล คงเอียด อาจารย์ในสาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อธุรกิจ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ความรู้ ตรวจสอบแก้ไข ปรับปรุงในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ให้มีความสมบูรณ์ ตลอดจนหน่วยงานโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรีที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษา ขอขอบคุณ คุณอัจจิมา ยอดเปลี่ยน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการแปลเอกสารบทคัดย่องานวิจัย คุณมนัสนันท์ ผดุงญาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัย ขอขอบคุณกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้บริการที่เสียสละเวลาอันมีค่ามาประเมินความพึงพอใจความเหมาะสมของ

แอปพลิเคชัน และชี้แนะให้คำแนะนำเกี่ยวกับแอปพลิเคชัน และขอขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการให้ข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้เป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

ธนกฤต ตินพ, สุธารัตน์ ชาวนาฟาง และ อุษณีย์ ภักดีตระกูลวงศ์. 2564. การพัฒนาระบบจองคิวออนไลน์สำหรับการเข้ารับบริการดูแลรักษารถยนต์ บริการคาร์แคร์. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 2(2): 1-37.

รุ่งทิวา พิมพ์สักกะ. 2564. การจัดการทางการพยาบาลในช่วงวิกฤตการระบาดใหญ่ทั่วโลกของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019. วารสารพยาบาล 70(3): 64-71.

วิทยา พลาอาด. 2567. การพัฒนาระบบการจองคิวตรวจล่วงหน้าของผู้รับบริการผ่านแอปพลิเคชันหมอพร้อมในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลเจ๊ะบิลัง อำเภอเมืองสตูล จังหวัดสตูล. วารสารสภาการสาธารณสุขชุมชน 6(3): 21-37.

อภิสิทธิ์ โยลัย, กาญจนา คำสมบัติ, ทินกร คุณาสิทธ์ และ อนุวัต ขัยเกียรติธรรม. 2565. แอปพลิเคชันการจองคิวร้านเสริมสวย. วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ. 8(1): 1-65.

Fisher, J. M. 1998. First Grader’s Perception of Their Learning: A Qualitative Study of Motivation for Literacy. Dissertation Abstract International. 59(06): 1903-A: December.

Mustafa, K. and Khan, R. A. 2007. Software Testing: Concepts and Practices. English: Alpha Science.

Souvik. 2019. 7 Stages/Phases of the Software Development Life Cycle (SDLC). Available: https://www.rswebsols.com/tutorials/programming/stages-phases-software-development-life-cycle-sdlc. Accessed Jul. 19, 2024.

การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน นักศึกษา กรณีศึกษาแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

Analysis of Factors Affecting Employment of Students: A Case Study of Business Computer Department, Nong Bua Lam Phu Technical College, Using Data Mining Techniques

วรุฒ เนื่องชมภู[1*] และกริช สมกันธา[1]

Warut Nueangchomphu [1*] and Krit Somkantha[1]

[1] สาขาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อ.เมือง จ.อุดรธานี 41000

[1] Department of Data Science and Information Technology UdonThani Rajabhat University Mueang District, UdonThani 41000

*Corresponding author E-mail: warut.nueang@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของผู้สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู โดยใช้ข้อมูลจากระบบติดตามภาวการณ์มีงานทำของผู้สำเร็จการศึกษา จำนวน 280 ราย ในช่วงปีการศึกษา 2564-2566 ซึ่งประกอบด้วย 9 แอททริบิวต์ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยส่วนบุคคล ประสบการณ์การทำงาน และปัจจัยภายนอก วิธีการวิจัยประกอบด้วยการรวบรวมข้อมูล การเตรียมข้อมูล และการนำเทคนิคการเรียนรู้ 4 วิธีมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละเทคนิคเพื่อค้นหาปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองงานวิจัยในการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน นักศึกษา กรณีศึกษาแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ในการหาค่าความถูกต้องจากเทคนิคการเรียนรู้ 4 วิธี ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes, Random Forest, K-Nearest Neighbors ผลจากการวิจัยสามารถทำให้นำข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน นักศึกษา กรณีศึกษาแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู ผู้วิจัยสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการแนะนำการประกอบอาชีพสำหรับผู้สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ปวส.) เพื่อวางแผนในการเลือกประกอบอาชีพหลังจากสำเร็จการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : ภาวการณ์มีงานทำ เทคนิคเหมืองข้อมูล

Abstract

This research aims to investigate the factors influencing employment among graduates of the Computer Business program at Nong Bua Lamphu Technical College, holding either a Vocational Certificate (Vocational Certificate) or an Advanced Vocational Certificate (Advanced Vocational Certificate). The study utilizes data from the employment tracking system of 280 graduates from the academic years 2021-2023. The dataset comprises 9 attributes related to personal factors, work experience, and external factors. The research methodology involves data collection, preparation, and the application of four machine learning techniques for data analysis. Subsequently, a comparison of the performance of each technique is conducted to identify the most influential factors affecting employment. The results of the experimental research on data analysis of factors influencing employment among students in the Computer Business program at Nong Bua Lamphu Technical College, utilizing data mining techniques to determine the accuracy of four machine learning techniques (Decision Tree, Naïve Bayes, Random Forest, K-Nearest Neighbors), are presented. The findings can be applied to provide career guidance for graduates at both the Vocational Certificate and Advanced Vocational Certificate levels, enabling them to make effective career planning decisions upon graduation.

Keywords : Employment Situation, Data Mining Techniques

บทนำ

การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสังคมและเศรษฐกิจของโลกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ ทำให้ทักษะเดิมอาจไม่เพียงพออีกต่อไป นี่คือเหตุผลที่การเรียนรู้ในยุคนี้เน้นที่การพัฒนาทักษะต่างๆ ที่จำเป็นต่อการปรับตัวและประสบความสำเร็จในอนาคต ซึ่งทักษะทีมีความจำเป็นที่ต้องพัฒนาและให้ความสำคัญในการพัฒนา ทักษะการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสารและทำงานร่วมกัน ทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการรู้จักใช้ข้อมูล การเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะด้านอารมณ์และสังคมซึ่งที่กล่าวมาเป็นทักษะที่ต้องพัฒนาการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จึงไม่ใช่แค่การเรียนรู้เนื้อหาวิชาการ แต่ยังต้องเน้นการพัฒนาทักษะที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงและการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มีหน้าที่ผลิตและพัฒนากำลังคนระดับกลางและนักเทคโนโลยีสอดคล้องกับนโยบายและจุดเน้นของกระทรวงศึกษาธิการมุ่งเน้นทักษะอาชีพและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันไม่ว่าจะเป็นด้านการขับเคลื่อนการผลิต การพัฒนาทักษะอาชีพกำลังคนตามกรอบคุณวุฒิแห่งชาติและยกระดับสมรรถนะทางวิชาชีพของกำลังคนตามกรอบคุณวุฒิโดยการอ้างอิงอาเซียนและมาตรฐานสากล รวมทั้ง

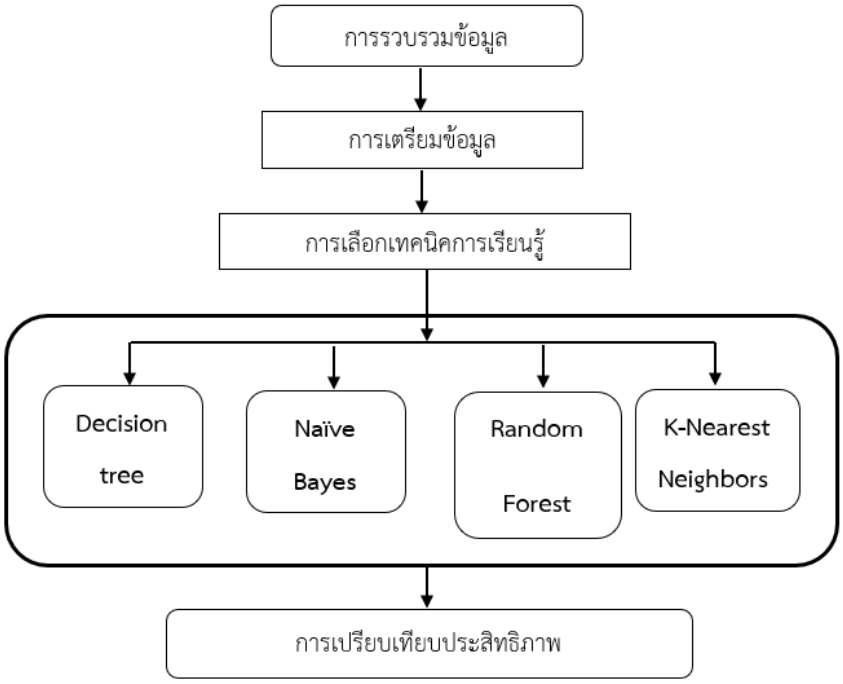
ขับเคลื่อนความเป็นเลิศทางการอาชีวศึกษา (Excellent Center) โดยสถานศึกษาต้องทำข้อตกลงความร่วมมือกับเอกชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นสถานประกอบการ เพื่อผลิตกำลังคนที่ตอบโจทย์การพัฒนาประเทศ สถานศึกษาจึงเป็นองค์กรที่ต้องรับผิดชอบอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การจัดการศึกษาในระบบปกติเป็นการจัดการศึกษามุ่งเน้นสมรรถนะทางวิชาชีพที่เน้นการจัดการศึกษาในสถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันอื่นเป็นหลัก โดยมีการกำหนดจุดมุ่งหมาย แนวทางปฏิบัติ วิธีการศึกษา ปรับปรุงหลักสูตร ระบุระยะเวลา ดำเนินการวัดและการประเมินผลที่มุ่งเน้นความสำเร็จของการศึกษาที่แน่นอน ดังนั้นถ้ามีเครื่องมือช่วยครูในการวิเคราะห์ความรู้ความสามารถของนักเรียนรายบุคคลว่านักเรียนมีพัฒนาการทางการเรียนอยู่ในระดับใดและทำให้ครูผู้สอนสามารถให้คำแนะนำให้กับนักเรียนนักศึกษาได้อย่างดีมีประโยชน์ ดังนั้นการที่มีเครื่องมือช่วยทำ นายหรือวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นประโยชน์และให้ครูได้สามารถวิเคราะห์ข้อมูลนักเรียน นักศึกษา อีกทั้งสามารถแนะนำขั้นตอนหรือกระบวนการพัฒนาคุณภาพการศึกษาได้ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัจจุบันการทำเหมืองข้อมูลได้นำมาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลด้านการศึกษา เพื่อการวางแผนดูแลนักเรียนนักศึกษา โดยนำข้อมูลเกี่ยวกับประวัตินักเรียนนักศึกษา การมาเรียนของนักเรียน นักศึกษา นำมาใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นำมาวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียนนักศึกษา การทำเหมืองข้อมูลจึงเป็นเครื่องมือหรือรูปแบบหนึ่งที่นำมาวิเคราะห์ข้อมูล ที่ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยแบบจำลองอย่างอัตโนมัติ ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เครื่องมือสามารถนำข้อมูลมาเรียง หรือแยกประเภทชุดข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์กับชุดข้อมูลรายการที่นำมาวิเคราะห์ รวมถึงสามารถบอกหรือรูปแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นและนำไปสู่การตัดสินใจได้เอง จะเห็นได้ว่าการทำเหมืองข้อมูลมีประโยชน์อย่างกว้างขวางหลากหลายหน่วยงานไม่ว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับการศึกษาที่สามารถนำมาช่วยในการตัดสินใจการนำข้อมูลมารวบรวมจากข้อมูลในอดีตมาสร้างเป็นตัวแบบ แล้วนำเอาตัวแบบที่สร้างนั้นมาใช้ทำนายหรือพยากรณ์เพื่อสามารถช่วยเหลือหรือให้คำแนะนำแก่นักเรียนนักศึกษาได้รวดเร็วขึ้นสามารถนำไปใช้ช่วยในการตัดสินใจ

จากที่มาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะใช้ข้อมูลรายบุคคล ข้อมูลการตอบกลับของผู้สำเร็จการศึกษาที่มีงานทำหลังจากสำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภูนำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลในการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน - นักศึกษา โดยใช้ข้อมูลในอดีตซึ่งใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) คือ วิธี Correlation-based Feature Selection(CFS) และวิธี Information Gain (IG) ร่วมกับเทคนิคเหมืองข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย 4 เทคนิค ได้แก่ 1) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) 2) เทคนิคการเรียนรู้เบย์ (Naïve-Bayes) 3) เทคนิคป่าแห่งการทำนาย (Random Forest) และ 4. เทคนิคเพื่อนบ้านใกล้สุด (K-nearest Neighbors) แล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อให้ได้ตัวแบบการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน - นักศึกษา ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียนนักศึกษา กรณีศึกษาวิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู ที่สำเร็จการศึกษาและให้ข้อมูลในระบบติดตามภาวะการมีงานทำของผู้สำเร็จการศึกษางานแนะแนวอาชีพในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ตั้งแต่ปีการศึกษา 2564 – 2566 ซึ่งมีข้อมูล 280 รายการ 9 แอททริบิวต์ มีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้
1) การรวบรวมข้อมูล 2) การเตรียมข้อมูล 3) การเลือกเทคนิคการเรียนรู้ จำนวน 4 วิธี 4) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังภาพ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ ข้อมูลนักเรียน-นักศึกษา ที่สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู

2.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ข้อมูลนักเรียน-นักศึกษา ที่สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภูตั้งแต่ปีการศึกษา 2564 – 2566 ซึ่งมีข้อมูล 280 รายการ 9 แอททริบิวต์

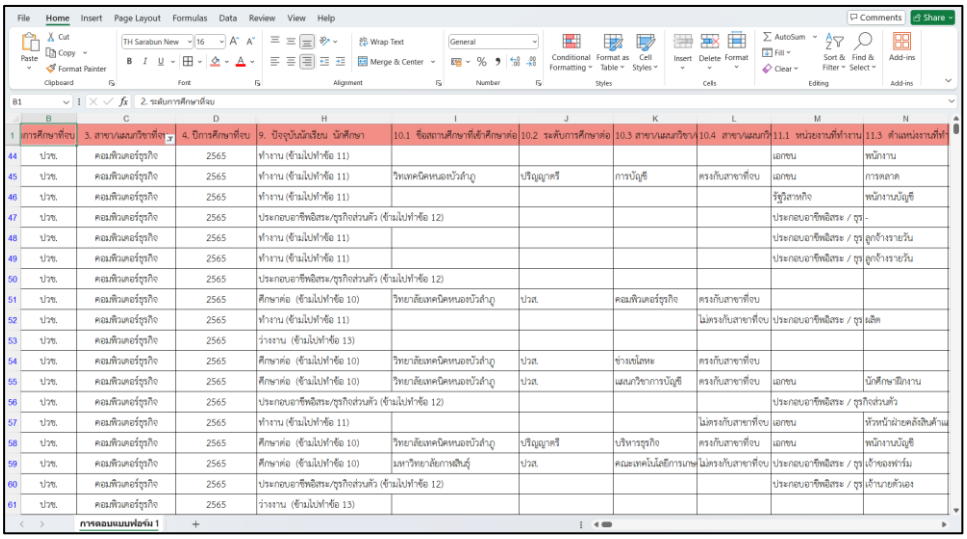
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการสร้างแบบจำลองงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล คือโปรแกรม RapidMiner Studio

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นรวบรวมข้อมูล (Data Compilation)

การเก็บและรวบรวมข้อมูลนักเรียนผู้วิจัยได้เลือกทำการศึกษาข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งเป็นข้อมูลคะแนนรวมที่ได้ในปีสุดท้ายของระดับการศึกษา เป็นภาคเรียนสุดท้ายของการเข้าเรียนในแต่ละระดับ ก่อนการเข้าทดสอบคะแนนสะสม หน่วยกิตสะสมของนักเรียนนักศึกษา วิทยาลัยการอาชีพหนองคาย ตั้งแต่ปีการศึกษา 2564 – 2566 ซึ่งมีข้อมูล 280 รายการ 9 แอตทริบิวต์ ประกอบด้วยข้อมูล คือ ระดับชั้น, เพศ, ประเภทนักเรียน, เกรดเฉลี่ยสะสม, สถานะปัจจุบัน, หน่วยงานที่ทำ,งานที่ทำตรงกับสาขาที่จบ, ได้ใช้ความรู้ที่เรียน, ความต้องการให้สถานศึกษาจัดหางานให้ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ข้อมูลนักเรียนรูปแบบไฟล์ Excel

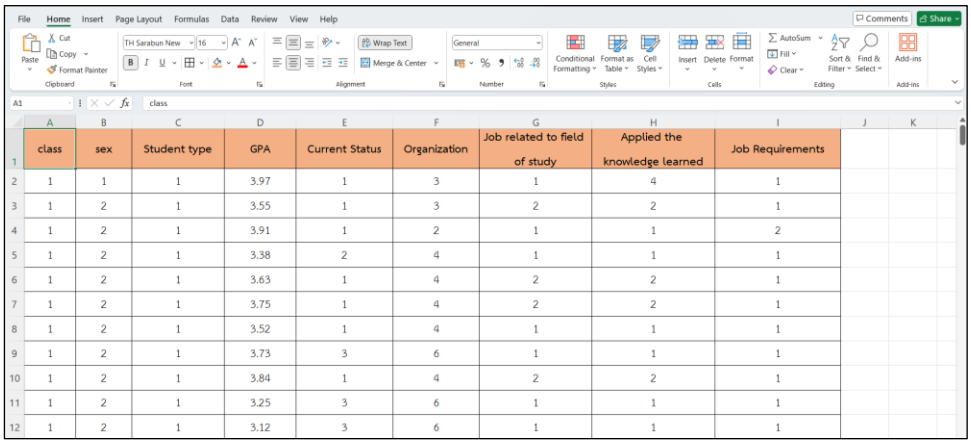
ตารางที่ 1 คุณลักษณะและรายละเอียดของข้อมูลนักเรียนนักศึกษา

ที่	คุณลักษณะ	คำอธิบาย
1	class	ระดับชั้น 1 = ปวช. , 2 = ปวส.
2	sex	เพศ 1 = ชาย , 2 = หญิง
3	Student type	ประเภทนักเรียน 1 = ปกติ, 2 = ทวิภาคี
4	GPA	เกรดเฉลี่ยสะสม
5	Current Status	สถานะปัจจุบัน 1 = ทำงาน , 2 = ว่างงาน , 3 = ศึกษาต่อ
6	Organization	หน่วยงานที่ทำ

		1 = หน่วยงานของรัฐบาล, 2 = รัฐวิสาหกิจ, 3 = เอกชน, 4 = อาชีพอิสระ/ธุรกิจส่วนตัว, 5 = ทำงานต่างประเทศ ,6 = อื่นๆ
7	Job related to field of study	งานที่ทำตรงกับสาขาที่จบ 1 = ตรง, 2 = ไม่ตรง
8	Applied the knowledge learned	ได้ใช้ความรู้ที่เรียน 1 = 25% , 2 = 50% , 3 = 75% , 4 = 100%
9	Job Requirements	ความต้องการให้สถานศึกษาจัดหางานให้ 1 = ต้องการ, 2 = ไม่ต้องการ

ขั้นการเปลี่ยนแปลงข้อมูล (Data Transform)

นำข้อมูลจากงานแนะแนวอาชีพ ที่ได้มาจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์ .CSV จากนั้นนำมา Data Transform และการแทนค่าข้อมูลจากรูปแบบตัวอักษรให้เป็นรูปแบบตัวเลข จากข้อมูลทั้งหมด 280 ระเบียน 9 แอทริบิวต์ ตามภาพที่ 3 เพื่อสะดวกในการนำมาใช้ในการทดสอบและวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสมบูรณ์พร้อมใช้งาน

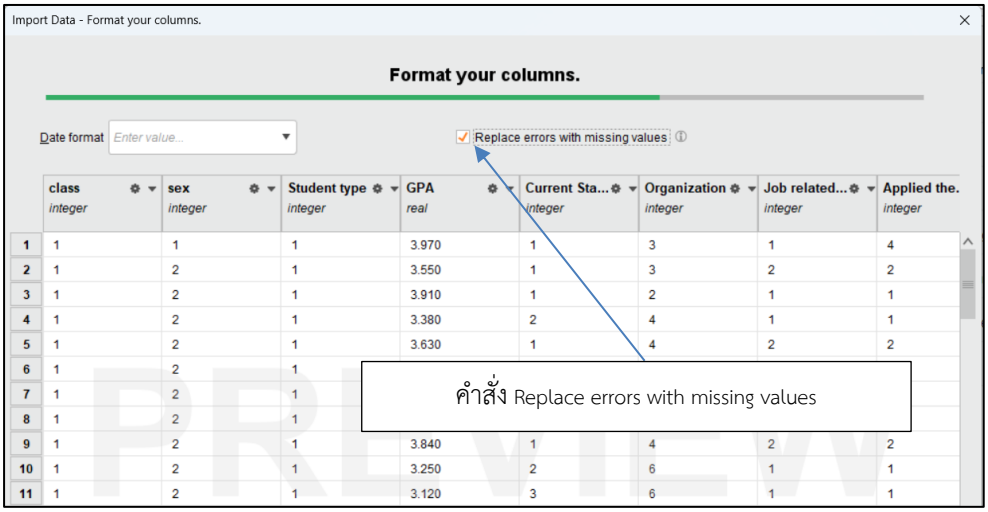


class	sex	Student type	GPA	Current Status	Organization	Job related to field of study	Applied the knowledge learned	Job Requirements
1	1	1	3.97	1	3	1	4	1
1	2	1	3.55	1	3	2	2	1
1	2	1	3.91	1	2	1	1	2
1	2	1	3.38	2	4	1	1	1
1	2	1	3.63	1	4	2	2	1
1	2	1	3.75	1	4	2	2	1
1	2	1	3.52	1	4	1	1	1
1	2	1	3.73	3	6	1	1	1
1	2	1	3.84	1	4	2	2	1
1	2	1	3.25	3	6	1	1	1
1	2	1	3.12	3	6	1	1	1

ภาพที่ 3 ข้อมูลนักเรียนรูปแบบไฟล์ .CSV

การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing)

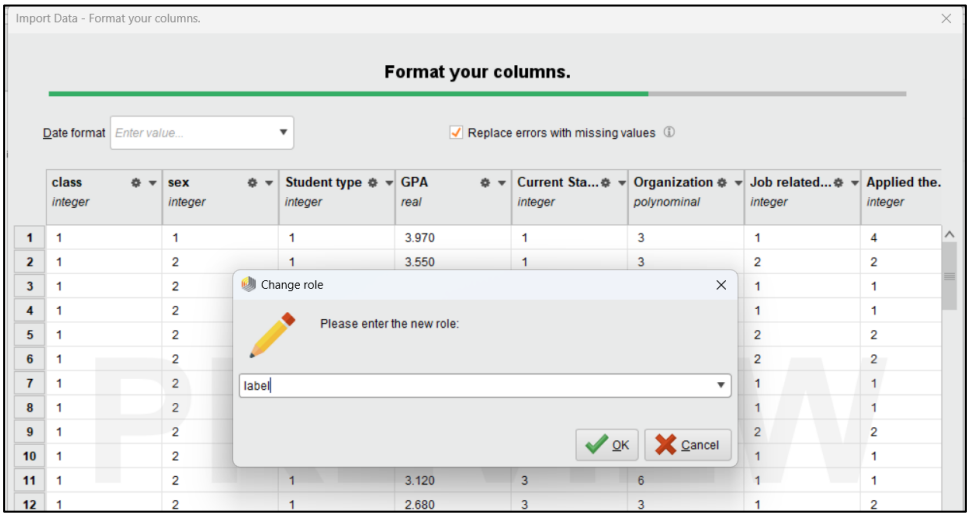
ใช้โปรแกรม Rapid Miner คำสั่ง "Replace errors with missing values" เพื่อการแทนค่าข้อมูลที่มีข้อผิดพลาด (Errors) ด้วยค่าที่เป็น Missing Values (ค่าที่หายไป), ใช้ในกรณีที่ข้อมูลบางส่วนมีค่าที่ไม่ถูกต้องหรือเป็นข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์, การใช้คำสั่งนี้จะแทนค่าเหล่านั้นด้วยค่า Missing Values แทน เพื่อให้ระบบสามารถจัดการกับข้อมูลเหล่านี้ได้ดีขึ้น จะช่วยให้ขั้นตอนต่อไปในการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างแบบจำลอง สามารถดำเนินการได้อย่างถูกต้อง



ภาพที่ 4 คำสั่ง Replace errors with missing values

เลือกกำหนด Class

การกำหนด Class ด้วย Change Role เป็นขั้นตอนสำคัญในการเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ในโปรแกรม Rapid Miner เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การกำหนดบทบาทที่ถูกต้องจะช่วยให้โปรแกรมเข้าใจว่าคอลัมน์ใดควรใช้เป็นคุณลักษณะในการวิเคราะห์ ใช้เป็น (label)

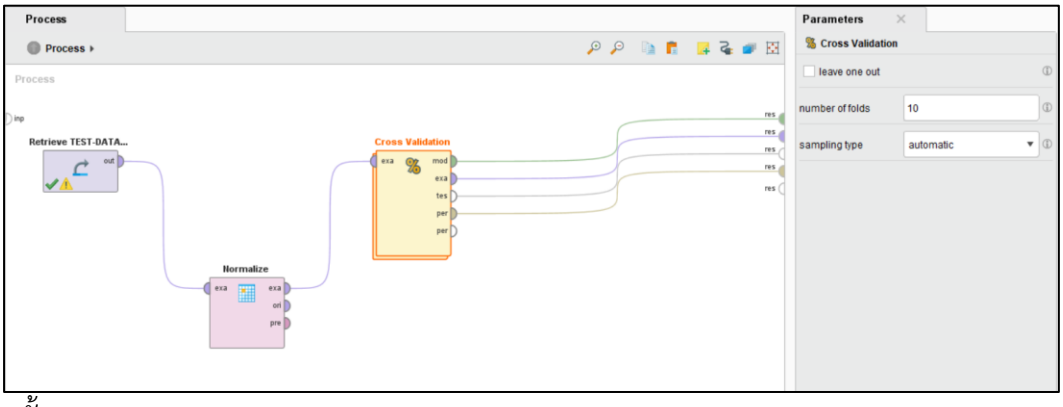


ภาพที่ 5 ขั้นตอน Change Role

วิเคราะห์โดย K-Fold Cross Validation

การใช้ K-Fold Cross Validation เป็นเทคนิคที่สำคัญในการประเมินและปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลในโปรแกรม RapidMiner เพื่อให้ได้โมเดลที่มีความแม่นยำสูงสุด โดยการแบ่งข้อมูลออกเป็น k กลุ่ม และทดสอบโมเดลกับข้อมูลทั้ง k กลุ่ม การประเมินผลจากหลายกลุ่มช่วยให้ได้ประมาณการประสิทธิภาพของโมเดลที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้เพียงชุดข้อมูลเดียว และยังช่วยป้องกันปัญหา Overfitting โดยไม่ให้โมเดล

เรียนรู้เฉพาะชุดข้อมูลฝึกสอน ช่วยให้สามารถค้นหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโมเดลและช่วยให้สามารถใช้ข้อมูลทั้งหมดในการฝึกสอนและประเมินผลโมเดลซึ่งเป็นการใช้ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ เพราะไม่ต้องแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ



ภาพที่ 6 ขั้นตอน 10-Fold Cross Validation

10-Fold Cross Validation:

1) การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลอย่างแม่นยำ
   - แบ่งข้อมูลออกเป็น 10 กลุ่ม แล้วทดสอบโมเดลกับข้อมูลทั้ง 10 กลุ่ม
   - ช่วยให้ได้ประมาณการประสิทธิภาพของโมเดลที่แม่นยำกว่าการใช้เพียงชุดข้อมูลเดียว
2) การป้องกันปัญหา Overfitting
   - โมเดลจะไม่ได้เรียนรู้เฉพาะชุดข้อมูลฝึกสอน เนื่องจากมีการทดสอบกับข้อมูลหลายกลุ่ม
   - ช่วยให้โมเดลมีความสามารถในการพยากรณ์ที่ดีเมื่อนำไปใช้กับข้อมูลใหม่
3) การเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม
   - สามารถทดสอบและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดลที่มีพารามิเตอร์แตกต่างกัน
   - สามารถเลือกโมเดลที่ให้ผลลัพธ์ดีที่สุด
4) การใช้ข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ
   - สามารถใช้ข้อมูลทั้งหมดในการฝึกสอนและประเมินผลโมเดล
   - ไม่ต้องแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึกสอนและชุดทดสอบ

การใช้ 10-Fold Cross Validation

1) นำเข้าข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ในโปรแกรม RapidMiner
2) ในแท็บ "Modeling" เลือกใช้ตัวดำเนินการ "Cross Validation"
3) ในตัวดำเนินการ Cross Validation ให้กำหนดค่า "Number of Folds" เป็น 10
4) เลือกตัวดำเนินการสำหรับการสร้างโมเดล (เช่น Decision Tree, Random Forest, Naïve Bayes, K-Nearest Neighbors) และเชื่อมต่อเข้ากับตัวดำเนินการ Cross Validation
5) ประมวลผลการวิเคราะห์

หาค่าความถูกต้อง (Accuracy)

หาค่าความถูกต้องจากเทคนิคการเรียนรู้ 4 วิธี ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes,Random Forest, K-Nearest Neighbors และค่า Accuracy จะแสดงในส่วนของ "Performance" ในลักษณะของค่าระหว่าง 0 ถึง 1 หรือร้อยละ ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างจำนวนการทำนายที่ถูกต้องต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมด

ผลการวิจัย

ผลการทดลองงานวิจัยโดยใช้โปรแกรม Rapid Miner Studio ในการวิเคราะห์ข้อมูล หาค่าความถูกต้องจากเทคนิคการเรียนรู้ 4 วิธี ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes, Random Forest, K-Nearest Neighbors และค่า Accuracy ซึ่งได้ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดล Random Forest ได้ค่า Accuracy = 97.50, Decision Tree ได้ค่า Accuracy = 93.21, K-Nearest Neighbors ได้ค่า Accuracy = 80 และ Naïve Bayes ได้ค่า Accuracy = 43.93 ซึ่งจะแสดงข้อมูลการวัดประสิทธิภาพของโมเดลตามภาพดังต่อไปนี้

accuracy: 97.50% +/- 2.94% (micro average: 97.50%)

	true 3	true 2	true 4	true 6	true 5	true 1	class precision
pred. 3	70	0	2	0	0	0	97.22%
pred. 2	0	3	0	0	0	0	100.00%
pred. 4	0	0	51	0	0	0	100.00%
pred. 6	0	0	2	140	0	3	96.55%
pred. 5	0	0	0	0	6	0	100.00%
pred. 1	0	0	0	0	0	3	100.00%
class recall	100.00%	100.00%	92.73%	100.00%	100.00%	50.00%	

ภาพที่ 7 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล Random Forest ได้ค่า Accuracy = 97.50

accuracy: 93.21% +/- 4.89% (micro average: 93.21%)

	true 3	true 2	true 4	true 6	true 5	true 1	class precision
pred. 3	65	0	3	0	0	0	95.59%
pred. 2	0	3	0	0	0	0	100.00%
pred. 4	3	0	48	2	0	0	90.57%
pred. 6	2	0	4	136	0	3	93.79%
pred. 5	0	0	0	2	6	0	75.00%
pred. 1	0	0	0	0	0	3	100.00%
class recall	92.86%	100.00%	87.27%	97.14%	100.00%	50.00%	

ภาพที่ 8 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล Decision Tree ได้ค่า Accuracy = 93.21

accuracy: 80.00% +/- 6.34% (micro average: 80.00%)							
	true 3	true 2	true 4	true 6	true 5	true 1	class precision
pred. 3	62	0	22	4	3	0	68.13%
pred. 2	0	3	1	0	0	0	75.00%
pred. 4	4	0	21	0	0	2	77.78%
pred. 6	4	0	9	136	2	3	88.31%
pred. 5	0	0	0	0	1	0	100.00%
pred. 1	0	0	2	0	0	1	33.33%
class recall	88.57%	100.00%	38.18%	97.14%	16.67%	16.67%	

ภาพที่ 9 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล K-Nearest Neighbors ได้ค่า Accuracy = 80

accuracy: 43.93% +/- 6.74% (micro average: 43.93%)							
	true 3	true 2	true 4	true 6	true 5	true 1	class precision
pred. 3	29	0	13	0	0	0	69.05%
pred. 2	0	3	0	0	0	0	100.00%
pred. 4	20	0	27	0	0	0	57.45%
pred. 6	9	0	0	55	0	0	85.94%
pred. 5	9	0	7	0	3	0	15.79%
pred. 1	3	0	8	85	3	6	5.71%
class recall	41.43%	100.00%	49.09%	39.29%	50.00%	100.00%	

ภาพที่ 10 การวัดประสิทธิภาพของโมเดล Naïve Bayes ได้ค่า Accuracy = 43.93

สรุปผลการวิจัย

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองงานวิจัยในการวิเคราะห์ข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน นักศึกษา กรณีศึกษาแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู โดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล ในการหาค่าความถูกต้องจากเทคนิคการเรียนรู้ 4 วิธี ได้แก่ Decision Tree, Naïve Bayes, Random Forest, K-Nearest Neighbors และค่า Accuracy ซึ่งได้ผลการวัดประสิทธิภาพของโมเดล Random Forest ได้ค่า Accuracy = 97.50, Decision Tree ได้ค่า Accuracy = 93.21, K-Nearest Neighbors ได้ค่า Accuracy = 80 และ Naïve Bayes ได้ค่า Accuracy = 43.93

จากผลจากการวิจัยสามารถทำให้นำข้อมูลปัจจัยที่มีผลต่อการมีงานทำของนักเรียน นักศึกษา กรณีศึกษาแผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู ผู้วิจัยสามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการแนะนำการประกอบอาชีพสำหรับผู้สำเร็จการศึกษาในระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) เพื่อวางแผนในการเลือกประกอบอาชีพหลังจากสำเร็จการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง จากวิทยาลัยเทคนิคหนองบัวลำภู สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา และอาจารย์สาขาวิทยาการข้อมูลและเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่านที่ให้ข้อมูลและคำแนะนำเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

จามรกุล เหล่าเกียรติกุล. (2558). เหมืองข้อมูลเบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ ปอเรชัน.

ธีระดา ภิญโญ. (2561). เทคนิคการแปลผลการวิเคราะห์องค์ประกอบสำหรับงานวิจัย. วารสาร ปัญญาภิวัฒน์, 10(พิเศษ), 292-304

เอกรัตน์ นงนวล และ กริช สมกันธา. (2565). การพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษา ด้วยเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ. ใน การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 15 ของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, หน้า 1266-1273. อุดรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี.

อัจฉราภรณ์ จุฑาผาด. (2559). การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการพยากรณ์จำนวนนักศึกษาใหม่โดยใช้กฎการจำแนกต้นไม้ตัดสินใจ. เอกสารประการประชุมวิชาการระดับชาติ. Paper presented at the นเรศวรวิจัย ครั้งที่12 : วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ, พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

Natratanon Kanraweekultana. (2562). Confusion Matrix เทคนิคในการสรุปประสิทธิภาพของ Classification Algorithm. สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2567

Osiris Villacampa. (2015). Feature Selection and Classification Methods for Decision Making: A Comparative Analysis. Ph.D. dissertation, Information Systems, College of Engineering and Computing, Nova Southeastern University.

ระบบตรวจจับหมวกนิรภัยด้วยการประมวลผลภาพ

Helmet Detection With Image Processing

คฑาวุธ สาครการะเกด[1*] พุธทินันต์ พรมเนตร[2] และ จตุรงค์ ธงชัย[3]

Khthawuth Sakornkaraked[1*], Phutthinan Phomnet[2] and Jaturong Thongchai[3]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 69 หมู่ 1 ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร 62000

[1]Kamphaeng Phet Rajabhat University, 69 Moo 1, Nakhon Chum Subdistrict, Mueang Kamphaeng Phet District, Kamphaeng Phet Province, 62000, Thailand.

***Corresponding author E-mail: Khthawuth.leo@gmail.com**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และสร้างโมเดลการตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยด้วยการประมวลผลภาพ (Image Processing) ดำเนินการในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้ภาพจากกล้อง CCTV ในการถ่ายภาพผู้ขับขี่ เพื่อจำแนกคลาสของโมเดลเป็น 2 คลาส ดังนี้ 1.คลาสผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัย 2. คลาสผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัย โดยมีการเตรียมชุดข้อมูลจำนวนรูปทั้งหมด 1,500 รูป สำหรับการเทรนโมเดล โดยการนำภาพมาวิเคราะห์สร้างโมเดลจำแนกคลาสโดยใช้เทคโนโลยีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการสร้างโมเดล ผลการศึกษาพบว่า โมเดลที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงสามารถจำแนกระหว่างคลาสของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัย และไม่สวมหมวกนิรภัยได้ดี ความถูกต้องเท่ากับ 98 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: ระบบปัญญาประดิษฐ์ การประมวลผลภาพ การตรวจจับหมวกนิรภัย หมวกนิรภัย

Abstract

This research aims to study and develop a model for detecting motorcyclists not wearing helmets using image processing. The study was conducted within the area of Kamphaeng Phet Rajabhat University, utilizing images captured from CCTV cameras to classify motorcyclists into two categories: (1) motorcyclists wearing helmets and (2) motorcyclists not wearing helmets. A dataset of 1,500 images was prepared for training the model. Machine learning technology was employed to analyze the images and develop the classification model. The results showed that the developed model achieved high efficiency, with an accuracy rate of 98 in distinguishing between the two classes.

Keywords: Artificial Intelligence System, Image Processing, Helmet Detection, YOLOv8

บทนำ

ปัจจุบันมีการใช้รถจักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทางเป็นจำนวนมาก เนื่องจากมีความคล่องตัวในการเดินทาง แต่เนื่องจากอุบัติเหตุจากการขับขี่รถจักรยานยนต์อาจเกิดการบาดเจ็บรุนแรงโดยเฉพาะศีรษะอาจร้ายแรงถึงขั้นพิการหรือเสียชีวิตได้ จึงจำเป็นที่ผู้ขับขี่จะต้องสวมใส่หมวกนิรภัยทุกครั้งเมื่อขับขี่รถจักรยานยนต์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรเป็นสถาบันการศึกษาที่มีบุคลากรและนักศึกษาใช้จักรยานยนต์เป็นพาหนะในการเดินทางเข้ามาภายในมหาวิทยาลัยเป็นจำนวนมาก และมีบุคลากรและนักศึกษาที่ไม่สวมหมวกนิรภัย

ปัญหาดังกล่าวมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรได้ดำเนินการรณรงค์ให้ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์สวมหมวกนิรภัยขณะเดินทางภายในมหาวิทยาลัย และมีการเก็บสถิติจำนวนของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยและไม่สวมหมวกนิรภัย เพื่อวางมาตรการอย่างเหมาะสม โดยการเก็บสถิติทำโดยการสังเกตการณ์และจดบันทึกด้วยมนุษย์ ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องของประสิทธิภาพและความแม่นยำ

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาใช้ร่วมกันเพื่อตรวจจับ และจำแนกวัตถุต่างๆ และมีประสิทธิภาพ จึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ YOLO ในการตรวจจับจึงสอดคล้องกับงานวิจัย ธวัชชัย แซ่ลี้ และวราภรณ์ วิยานนท์ (2566) ใช้ YOLOv8 ในการตรวจจับการสวมหมวกนิรภัยในพื้นที่โรงพยาบาลศิริราช ซึ่งเน้นพื้นที่ที่มีการสัญจรจำกัดและควบคุมได้ง่าย ในขณะที่งานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาระบบที่รองรับพื้นที่เปิดกว้าง มีความซับซ้อน และการสัญจรหนาแน่น เช่น ในพื้นที่มหาวิทยาลัย วัฒนพงศ์ เหมือนมี (2565) พัฒนาระบบกล้อง AI เพื่อตรวจสอบการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคล (PPE) ในโรงงานอุตสาหกรรม โดยใช้ YOLO เพื่อตรวจจับหมวกนิรภัยและชุดสะท้อนแสงในบริบทพื้นที่เสี่ยงเฉพาะเจาะจง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่เน้นบริบทพื้นที่สาธารณะภายในมหาวิทยาลัย ที่ต้องรองรับพฤติกรรมการสัญจรของกลุ่มผู้ใช้งานที่หลากหลาย ทิชากร พิมพา และธนพล บุดดาดวง (2566) ได้พัฒนาระบบตรวจจับหมวกนิรภัย โดยใช้อัลกอลิทึม YOLO ในการพัฒนาระบบ และมีการเทรนชุดข้อมูลที่เป็นไฟล์รูปภาพเหมือนกันแล้วทดสอบโมเดลด้วยใช้รูปภาพในการทดสอบ ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่ทดสอบด้วยรูปภาพนิ่งแล้วยังทดสอบภาพจากกล้อง CCTV

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจจับการสวมใส่หมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ด้วยการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาใช้งานร่วมกันในการตรวจจับหมวกนิรภัยในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบันมาใช้ในการพัฒนาระบบตรวจจับหมวกนิรภัย ชุดข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกโมเดลประกอบด้วยภาพจากกล้องวงจรปิด (CCTV) บริเวณทางเข้ามหาวิทยาลัย และภาพที่รวบรวมจากอินเทอร์เน็ต จำนวน 1,500 ภาพ ในการพัฒนาระบบนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับหมวกนิรภัย เพื่อสนับสนุนการบังคับใช้กฎจราจรและเพื่อช่วยลดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการไม่สวมหมวกนิรภัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา การศึกษานี้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยในมหาวิทยาลัย โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างตรงประตูหลังทางเข้ามหาวิทยาลัย เวลา 7:30 น. – 9:00 น.ซึ่งประกอบด้วยนักศึกษาและบุคลากรที่เข้ามาในมหาวิทยาลัย โดยใช้วิธีการนับจำนวนผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์และรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถาม พบว่ามีผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์เข้ามาจำนวน 260 คัน มีผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยจำนวน 220 คันและมีผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยจำนวน 40 คัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ จึงสอดคล้องกับงานวิจัยของกุลญาดา เนื่องจำนงค์ และคำนึง พลานนท์ (2563) ที่ศึกษาพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนิสิต โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาและเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัย

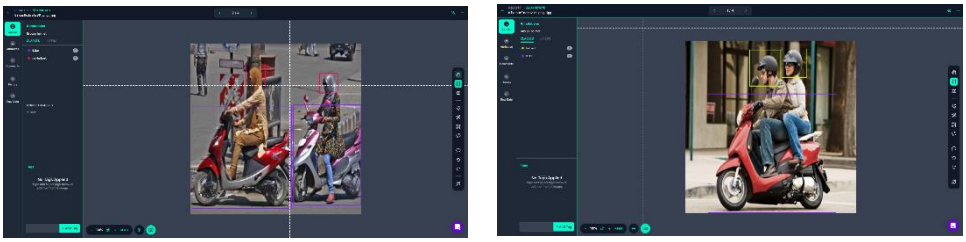
2. การรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกโมเดล โดยคัดเลือกภาพจากเว็บไซต์ Roboflow ร่วมกับข้อมูลภาพจริงที่ทางเข้ามหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ถ่ายโดยผู้วิจัย รวมกันจำนวน 1,500 รูป ดังภาพที่ 1

(ก) (ข) (ค) (ง)

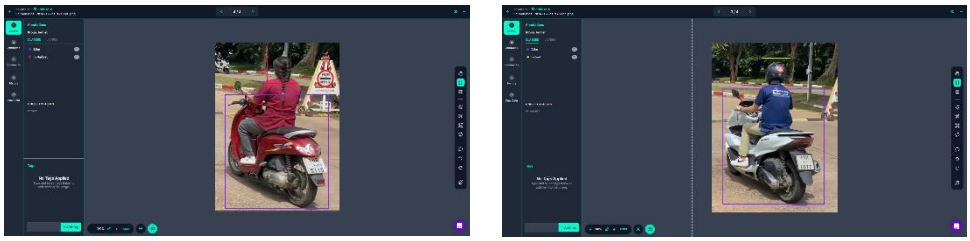
ภาพที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกโมเดล

(ก) ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากอินเตอร์เน็ต (ข) ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากอินเตอร์เน็ต (ค) ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากภาพจริง (ง) ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากภาพจริง

3. การเตรียมข้อมูลภาพ และ Labeling โดยเมื่อได้ไฟล์ข้อมูลรูปภาพที่ผ่านการคัดกรองแล้ว ทำการสร้าง Labeling ผ่านเว็บไซต์ Roboflow เพื่อกำหนดชื่อคลาสทั้งหมด 2 คลาส ดังนี้ 1. คลาส Helmet (ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัย) 2. คลาส No-helmet(ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัย)ดังภาพที่ 2



(ก) (ข)

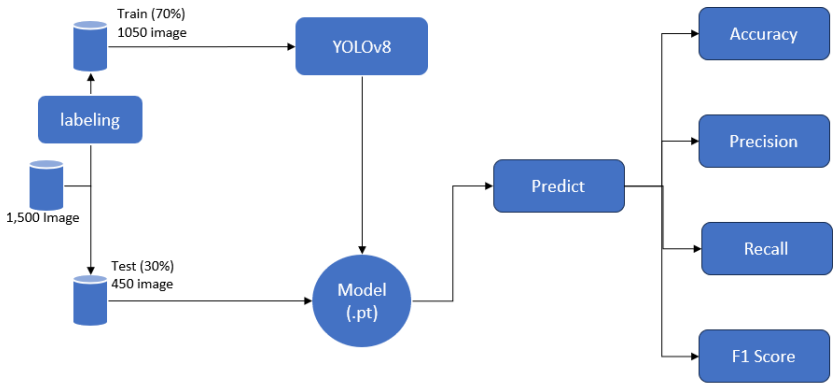


(ค) (ง)

ภาพที่ 2 ภาพตัวอย่างการเตรียมชุดข้อมูล Labeling

(ก) ภาพแสดง Labeling ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากอินเตอร์เน็ต (ข) ภาพแสดง Labeling ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากอินเตอร์เน็ต (ค) ภาพแสดง Labeling ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากภาพจริง (ง) ภาพแสดง Labeling ภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยที่ได้จากภาพจริง

4. การสร้างโมเดลการตรวจจับหมวกนิรภัย และขั้นตอนการทดลอง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน 1. การเทรนโมเดลใช้ YOLOv8 จำนวน 1,000 epoch 2. การทดสอบ โดยเมื่อกำหนดคลาสของการตรวจจับเสร็จแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดฝึกสอน (Training Set) และชุดทดสอบ (Test Set) ตามอัตราส่วน 70:30 สำหรับการทดสอบโมเดล ดังภาพ ที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทดลองโมเดล

5. การทดสอบผลโมเดล โดยการวัดความสามารถในการตรวจจับของโมเดลและการประเมินผลลัพธ์การทำนาย (Confusion Matrix) และหลักการประเมิน Machine Learning Model และการประเมิน Precision, Recall, F1 Score จึงสอดคล้องกับงานวิจัย นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ และกฤษณา แสวดี (2567) ได้มีการประเมินผลโมเดลโดยใช้การประเมินผลลัพธ์การทำนาย Confusion Matrix เหมือนกันเพื่อตรวจสอบว่าโมเดลที่ได้มีความแม่นยำ และความถูกต้อง ตามข้อมูลการประเมินผลลัพธ์ โดยที่

True Positive (TP) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายใส่หมวกนิรภัย “จริง” และมีค่าใส่หมวกนิรภัย “จริง”

True Negative (TN) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายใส่หมวกนิรภัย “ไม่จริง” และมีค่าใส่หมวกนิรภัย “ไม่จริง”

False Positive (FP) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายใส่หมวกนิรภัย “จริง” แต่มีค่าใส่หมวกนิรภัย “ไม่จริง”

False Negative (FN) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายใส่หมวกนิรภัย “ไม่จริง” แต่มีค่าใส่หมวกนิรภัย “จริง”

Confusion Matrix

	Actually Positive	Actually Negative
Predicted Positive	(TP)	(FP)
Predicted Negative	(FN)	(TN)

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)\times 100}{(TP+TN+FP+FN)}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

$$\text{F1 Score} = \frac{2\times(Precision\times Recall)}{(Precision+Recall)}$$

ผลการวิจัย

1. การประเมินผลโมเดลระบบตรวจจับหมวกนิรภัย โดยนำรูปภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยจำนวน 50 รูป รูปภาพผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัยจำนวน 50 รูป เพื่อหาประสิทธิภาพของโมเดลระบบตรวจจับหมวกนิรภัย ดังตารางที่ 1

	Helmet	No-helmet
Predicted Helmet	50 (TP)	0 (FP)
Predicted No-helmet	2 (FN)	48 (TN)

ตารางที่ 1 แสดงการประเมินการทำนาย (Confusion Matrix)

จากผลลัพธ์ในการจำแนกคลาสผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยและไม่สวมหมวกนิรภัยในการประเมิน (Confusion Matrix) พบว่ามีค่าAccuracy,Precision,Recall,F1 Score ดังนี้

Accuracy = 98

Precision = 1

Recall = 0.96

F1 Score = 0.98

2. ผลลัพธ์รูปภาพจากการทดสอบโมเดลในการใช้งานจริง เป็นรูปภาพที่ได้จากผลลัพธ์ของการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของโมเดล ในการตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัยและไม่สวมหมวกนิรภัย ดังภาพที่ 4

(ก) (ข)

ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์รูปภาพจากการทดสอบโมเดล

(ก) แสดงตัวอย่างการตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัย, (ข) แสดงตัวอย่างการตรวจจับผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัย

จากค่าความถูกต้องของค่า Accuracy ของโมเดลระบบตรวจจับหมวกนิรภัยเท่ากับ 98 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ามีประสิทธิภาพความถูกต้องอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำโมเดลที่ได้ไปใช้ในงานวิจัยระบบตรวจจับหมวกนิรภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์ผลการวิจัย

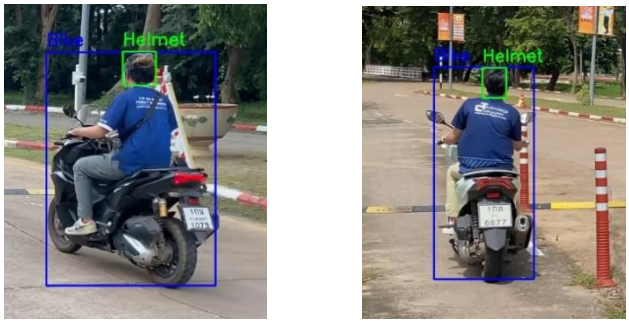
จากผลการวิจัยพบว่า โมเดลตรวจจับหมวกนิรภัย ที่พัฒนาขึ้นสามารถจำแนกผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัย และไม่สวมหมวกนิรภัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยค่าความแม่นยำ (Accuracy) 98 เปอร์เซ็นต์ ค่า (Precision) 1 ค่า (F1 Score) 0.98 และ ค่า (Recall) ที่ 0.96 แสดงให้เห็นถึงความสามารถของโมเดลในการประมาลผลและการตรวจจับวัตถุได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ

การประเมินผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าค่า True Positive และ True Negative อยู่ในระดับที่ดี ซึ่งบ่งชี้ว่าระบบสามารถตรวจจับผู้ขับขี่ทั้งสองคลาส 1. คลาสผู้ขับรถจักรยานยนต์ที่สวมหมวกนิรภัย 2. คลาสผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ที่ไม่สวมหมวกนิรภัย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีข้อผิดพลาดต่ำ เพราะค่า False Positive

และ False Negative น้อยมาก โดยเฉพาะในกรณีของการจำแนกผู้ขับขี่ที่สวมหมวกนิรภัยที่มีค่า Precision สูงถึง 1 แต่ก็มี False Negative บางส่วนที่เกิดจากการที่โมเดลไม่สามารถตรวจจับการไม่สวมหมวกนิรภัยได้บางภาพ สาเหตุที่อาจเกิดขึ้นอาจมาจากคุณภาพของภาพที่นำมาทดสอบเป็นภาพที่ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขับเร็วเกินไปจึงจับภาพไม่ชัด และทรงผมของนักศึกษามีความคล้ายคลึงกับหมวกนิรภัยจึงทำให้ตรวจจับผิดพลาดได้

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบตรวจจับหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning) ด้วยอัลกอริธึม YOLOv8 เทรนโมเดลด้วยรูปภาพจำนวน 1,500 รูป 1000 epochs แต่ระบบหยุดเทรนโมเดลที่จำนวนรอบ 600 epochs เนื่องจากรอบที่ 600 epochs เป็นรอบที่ได้ผลดีที่สุดของการเทรนโมเดล จึงเลือกใช้โมเดลรอบที่ 600 epochs จึงสอดคล้องกับงานวิจัย จตุพร ศรีสอาดรักษ์ (2566) ที่ได้มีการทำระบบตรวจจับการพกปืนสั้นด้วย YOLOv8 และมีการเก็บรวบรวมข้อมูลรูปภาพจำนวน 2,100 รูป และดำเนินการเทรนโมเดล (Machine Learning) จำนวน 50 epochs จันธิรัก น้ำใส ศรศักดิ์ ทาวงษ์ ภาณุ ดงทอง ธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา และศรุติ อัศวเรืองสุข (2565) ได้พัฒนาระบบตรวจจับงูด้วยวิธีการ YOLO ได้มีการรวบรวมรูปภาพงูทั้งหมด 1,000 รูป โดยแบ่งออกเป็น5 ชนิดได้แก่ งูเหลือม งูเห่า งูจงอาง งูเขียวพระอินทร์ และงูทางมะพร้าวเพื่อนำไปเทรนโมเดลจำนวน 100 epochs และผลการวิจัยของระบบตรวจจับหมวกนิรภัยที่เทรนโมเดล 600 epochs พบว่า ผลลัพธ์ทั้งหมดที่ได้ยังแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการนำเทคโนโลยี YOLOv8 มาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับหมวกนิรภัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่งและมีความหลากหลายของพฤติกรรมการขับขี่ และโมเดลนี้มีประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบตรวจจับหมวกนิรภัยในการบังคับใช้กฎจราจรและส่งเสริมความปลอดภัยในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร โดยช่วยลดพฤติกรรมการไม่สวมหมวกนิรภัย สร้างจิตสำนึกด้านความปลอดภัยทางถนน และช่วยป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต แต่โมเดลยังมีการตรวจจับที่ผิดพลาดโดยที่โมเดลไม่สามารถตรวจจับการไม่สวมหมวกนิรภัยได้2ภาพ ในการทดสอบโมเดล สาเหตุที่อาจเกิดขึ้นอาจมาจากคุณภาพของภาพที่นำมาทดสอบเป็นภาพที่ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขับเร็วเกินไปจึงจับภาพไม่ชัด และทรงผมของนักศึกษามีความคล้ายคลึงกับหมวกนิรภัยจึงทำให้ตรวจจับผิดพลาดได้ ดังภาพที่ 5



(ก) (ข)

รูปที่ 5 แสดงภาพการตรวจจับผิดพลาดของโมเดล

(ก) แสดงภาพการตรวจจับผิดพลาดของเดล, (ข) แสดงภาพการตรวจจับผิดพลาดของเดล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของอาจารย์จตุรงค์ ธงชัย ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้ช่วยให้คำแนะนำ แสดงความคิดเห็นต่องานวิจัย ตรวจสอบ และแก้ไขงานวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในสาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ที่ให้ข้อเสนอแนะ ปรับแก้งานวิจัยเพื่อให้ปรับปรุงแก้ไขจนสำเร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

กุลญาดา เนื่องจำนงค์ และคำนึง พลานนท์. (2563). การศึกษาพฤติกรรมการสวมหมวกนิรภัยของนิสิตมหาวิทยาลัยบูรพา. [วิทยานิพนธ์ปริญญารัฐประศาสนศาสตรบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยบูรพา. buuir.buu.ac.th. https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/4390/1/2565_087.pdf

จตุพร ศรีสอาดรักษ์. (2566). ระบบตรวจจับการพกอาวุธปืนสั้นด้วย YOLOv8. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์. libdoc.dpu.ac.th. https://libdoc.dpu.ac.th/thesis/Jatuporn.Sris.pdf.

จันธิรัก น้ำใส, ศรศักดิ์ ทาวงษ์, ภาณุ ดงทอง, ธนะพัฒน์ เชี่ยวชาญวัฒนา และศรุติ อัศวเรืองสุข. (2565). ระบบตรวจจับงูด้วยวิธีการ YOLO ในกรณีตัวอย่างงูเข้าที่พักอาศัย. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 1(1). 59-72.

ทิชากร พิมพา และธนพล บุดดาดวง. (2566). การตรวจจับหมวกนิรภัย. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. digital.csmsu.net. http://digital.csmsu.net:8080/library/handle/123456789/208.

ธวัชชัย แซ่ลี้ และวราภรณ์ วิยานนท์. (2566). การตรวจจับการสวมหมวกนิรภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ภายใน พื้นที่โรงพยาบาลศิริราชด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ir-ithesis.swu.ac.th. http://ir-ithesis.swu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/2760/1/gs651160182.pdf

นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ และกฤษณา แสงดี. (2567). การคัดแยกสีเปลือกผลสับปะรดด้วยโครงข่ายประสาทเทียม. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 3 ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2567 วันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2567. (หน้า 236-245). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

วัฒนพงศ์ เหมือนมี (2565). ระบบกล้อง AI ตรวจสอบพนักงานสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันภัยส่วนบุคคลก่อนเข้าทำงานในพื้นที่เสี่ยง. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. ethesisarchive.library.tu.ac.th. https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2022/TU_2022_6410037144_17187_25511.pdf.

ระบบแจ้งเตือนการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ

Prohibited Paring Areas System with Image Processing

กัมปนาท เข็มทอง[1*] จตุรงค์ ธงชัย[2]

Kampanat Khemthong[1], * Jaturong Thongchai[2]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 69 หมู่ 1 ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร 62000

[1]Kamphaeng Phet Rajabhat University, 69 Moo 1, Nakhon Chum Subdistrict, Mueang Kamphaeng Phet District, Kamphaeng Phet Province, 62000, Thailand.

***Corresponding author E-mail: kampanatpai@gmail.com**

บทคัดย่อ

การจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรยังคงเป็นปัญหาที่พบได้บ่อย ทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย สูญเสียพื้นที่ใช้สอยและเดินทางเข้าออกอาคารได้ไม่สะดวก ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจจับการจอดรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ห้ามจอดโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลการจอดรถภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งระบบที่พัฒนา YoLov8 ในการตรวจจับและจำแนก โดยกำหนดคลาสที่ต้องการตรวจจับคือ รถจักรยานยนต์ จากนั้นนำภาพที่ได้มาประมวลผลเพื่อตรวจสอบรถพื้นที่ห้ามจอด โดยสามารถบันทึกภาพของรถที่จอดในพื้นที่ห้ามจอดเพื่อแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลอาคาร และมีเสียงไซเรน เพื่อเตือนผู้ที่จอดรถว่าพื้นที่นั้นเป็นพื้นที่ห้ามจอด พบว่าระบบมีความถูกต้องในการตรวจจับ 98%

คำสำคัญ : การประมวลผลภาพ ระบบตรวจจับ การตรวจจับการจอดรถในพื้นที่

Abstract

Illegal parking of motorcycles in restricted areas at Kamphaeng Phet Rajabhat University remains a frequent issue, causing disorder, loss of usable space, and inconvenience in accessing buildings. To address this problem, the researchers proposed developing a motorcycle parking detection system using image processing techniques to enhance parking management efficiency within the University. The system employs YOLOv8 to detect and classify motorcycles, the primary target class for detection. Images captured by the system are processed to identify vehicles parked in prohibited zones. The system can save images of illegally parked motorcycles to notify building managers and activates a siren to alert violators that they are parking in a restricted area. The system demonstrated an impressive 98% accuracy in detection

Keywords : Image processing, Parking system, Restricted parking area prevention

บทนำ

การจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ทำให้เกิดความไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย อีกทั้งยังกีดขวางการสัญจร ไม่สามารถใช้งานพื้นที่บริเวณนั้นๆได้ มหาวิทยาลัยจึงได้ออกระเบียบข้อบังคับต่างๆ เพื่อป้องปรามไม่ให้นักศึกษาจอดรถผิดระเบียบในที่ห้ามจอด แต่ทั้งนี้ยังพบผู้กระทำผิดโดยการฝ่าฝืนจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดอยู่หลายครั้ง แม้จะให้เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัยมาเตือนแต่นักศึกษายังฝ่าฝืน จึงเป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข ศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ หนึ่งในสถานที่ที่พบการจอดรถในที่ห้ามจอดบริเวณหน้าอาคาร ซึ่งเว้นไว้สำหรับจอดส่งของหรือส่งผู้โดยสารชั่วคราว แต่นักศึกษามักนำรถจักรยานยนต์มาจอดเป็นประจำ ทำให้ผู้ที่จะเข้าใช้งานอาคารไม่มีทางเดินและไม่สามารถจอดส่งของหรือผู้โดยสารได้ ดังภาพที่ 1

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอด

(ก) ภาพการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดจากภาพจริง (ข) ป้ายห้ามจอดรถในบริเวณหน้าอาคาร

ปัญหาดังกล่าวการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรส่งผลให้เกิดความไม่เป็นระเบียบและขัดขวางการใช้พื้นที่ แม้จะมีกฎระเบียบและป้ายห้ามจอด แต่ยังพบการฝ่าฝืนอยู่บ่อยครั้ง การนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ รวมถึงแจ้งเตือนการฝ่าฝืน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับและแจ้งเตือนการจอดรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ห้ามจอดแบบเรียลไทม์ โดยมุ่งเน้นการลดปัญหาการจอดรถในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม และเสริมสร้างความเป็นระเบียบเรียบร้อยในมหาวิทยาลัย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กัลยาและคณะ (2563) ได้ศึกษาและพัฒนา ระบบตรวจสอบที่ว่างของช่องจอดรถยนต์ในโมเดลลานจอดผ่านแอพพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์บนสมาร์ทโฟน โดยใช้เซนเซอร์อินฟราเรด (IR Sensor) และไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ร่วมกับ NodeMCU เพื่อตรวจจับสถานะของช่องจอดรถในลานจอดที่มีการจัดการช่องจอดอย่างชัดเจน พร้อมส่งข้อมูลสถานะ 'ว่าง' หรือ 'ไม่ว่าง' ผ่านแอพพลิเคชันสมาร์ทโฟน ระบบดังกล่าวเหมาะสำหรับการจัดการพื้นที่จอดรถในลานจอดที่มีการแบ่งช่องจอดที่ชัดเจนและต้องการการบริหารจัดการที่เป็นระบบ แต่ระบบดังกล่าวใช้เซนเซอร์อินฟราเรดในการตรวจจับวัตถุจึงไม่สามารถจำแนกวัตถุที่

เข้ามาได้ ซึ่งหากมีวัตถุใดๆ มาบดบังเซนเซอร์ก็จะตรวจจับว่าเป็นรถเข้ามาจอด และไม่สามารถเลี่ยงการตรวจจับยานพาหนะที่เข้ามาจอดชั่วคราวเพื่อส่งผู้โดยสารได้

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ **(Artificial Intelligence : AI)** ร่วมกับการประมวลผลภาพ (**Image Processing)** เข้ามาใช้ในการตรวจจับและจำแนกว่าวัตถุที่เข้ามาในพื้นที่ห้ามจอดนั้นใช้รถจักรยานยนต์หรือไม่ ถ้าหากเป็นรถจักรยานยนต์จะเริ่มทำการจับเวลาหากเข้ามาอยู่ในพื้นที่ห้ามจอดเกิน 5 วินาทีระบบจะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียงจากไซเรนและแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลอาคารผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ระบบนี้มีส่วนช่วยสร้างความเป็นระเบียบเรียบร้อย และส่งเสริมให้นักศึกษาปฏิบัติตามกฎระเบียบอย่างเคร่งครัดมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

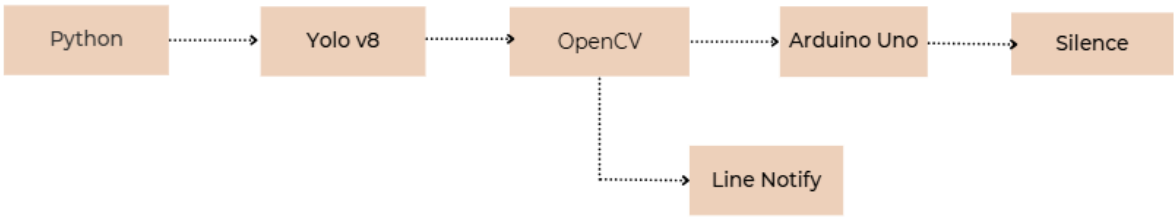
1. **การศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ปัญหา** จากการศึกษาพฤติกรรมการจอดรถในพื้นที่ของนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร พบว่ามีปัญหาการจอดรถผิดกฎเป็นจำนวนมาก ซึ่งส่งผลกระทบต่อการจัดระเบียบพื้นที่และความปลอดภัย จึงทำให้มีความจำเป็นต้องใช้ระบบที่สามารถแจ้งเตือนข้อมูลการกระทำผิดได้อย่างมีประสิทธิภาพแบบเรียลไทม์ จึงสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาระบบ ศันศนีย์ หิรัญจันทร์ และฏิยาภรณ์ ปั้นดี (2563) ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนข้อมูลทะเบียนรถ สำหรับกล้องวงจรปิดบนทางเท้า ระบบแจ้งเตือนที่พัฒนาขึ้นนั้นทำงานโดยการส่งการแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหรือเจ้าหน้าที่ทันทีเมื่อพบการขับขี่ผิดกฎหมายบนทางเท้า ซึ่งการแจ้งเตือนในระบบดังกล่าวใช้ช่องทางต่างๆ เช่น การส่งข้อความผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อเหตุการณ์ได้อย่างรวดเร็ว แนวคิดการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ในงานวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวทางของระบบที่พัฒนาขึ้นในงานนี้ โดยระบบของงานวิจัยที่ทำจะเน้นการตรวจจับการละเมิดพื้นที่ห้ามจอดผ่านเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ จากนั้นระบบจะจัดเก็บข้อมูลภาพและแจ้งเตือนผู้ดูแลด้วยการบันทึกและส่งข้อมูลไปยังผู้ดูแล ซึ่งช่วยเพิ่มความแม่นยำและความสามารถในการจัดการปัญหาได้อย่างเป็นระบบ
2. **การรวบรวมข้อมูล** ทำการเก็บข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกโมเดล Machine Learning โดยนำภาพจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ และภาพที่ผู้วิจัยถ่ายบริเวณด้านหน้าอาคารศูนย์ภาษาและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ภาพที่ใช้ในการฝึกความแม่นยำในการตรวจจับของระบบเป็นภาพที่แสดงประเภทของยานพาหนะจักรยานยนต์ได้อย่างชัดเจน โดยจะเลือกเฉพาะภาพที่มีวัตถุที่ต้องการตรวจจับชัดเจน โดยนำภาพของจักรยานยนต์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของระบบ การรวบรวมข้อมูลจะใช้ภาพทั้งหมดจำนวน 800 รูป เพื่อให้ได้ชุดข้อมูลที่เหมาะสมในการฝึกโมเดลการตรวจจับยานพาหนะที่มีประสิทธิภาพ ดังภาพที่ 2

(ก) (ข)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพที่ใช้ในการฝึกโมเดล

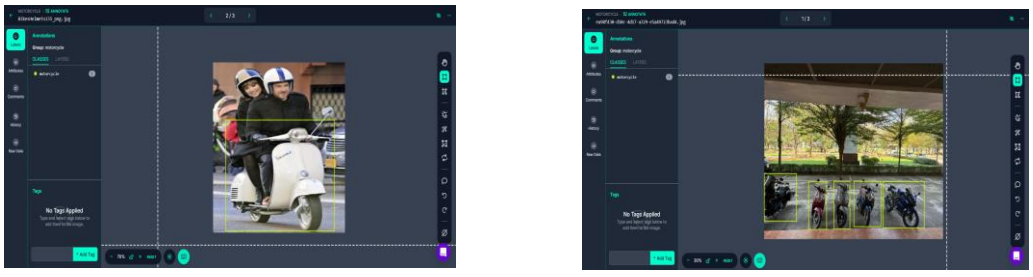
(ก) ภาพของรถจักรยานยนต์จากอินเทอร์เน็ต, (ข) ภาพของจักรยานยนต์จากอินเทอร์เน็ต

3. **การออกแบบระบบ** การออกแบบระบบสำหรับตรวจจับรถในพื้นที่ห้ามจอด ใช้ Python, YOLOv8, และ OpenCV ในการประมวลผล พร้อมส่งข้อมูลไปยัง Arduino Uno เพื่อควบคุมอุปกรณ์และแจ้งเตือนผ่าน Line Notify ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนทำงานของระบบ

4. **การจัดเตรียมข้อมูลภาพ และ Labelling** จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศิริขวัญ กองสิน (2565) ได้มีการพัฒนาการตรวจสอบฉลากผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Labelling ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่มีการกำหนดขอบเขต (Labelling) ผ่านเว็บไซต์ Roboflow และกำหนดชื่อคลาส Motorcycle ที่ใช้งาน ดังภาพที่ 4

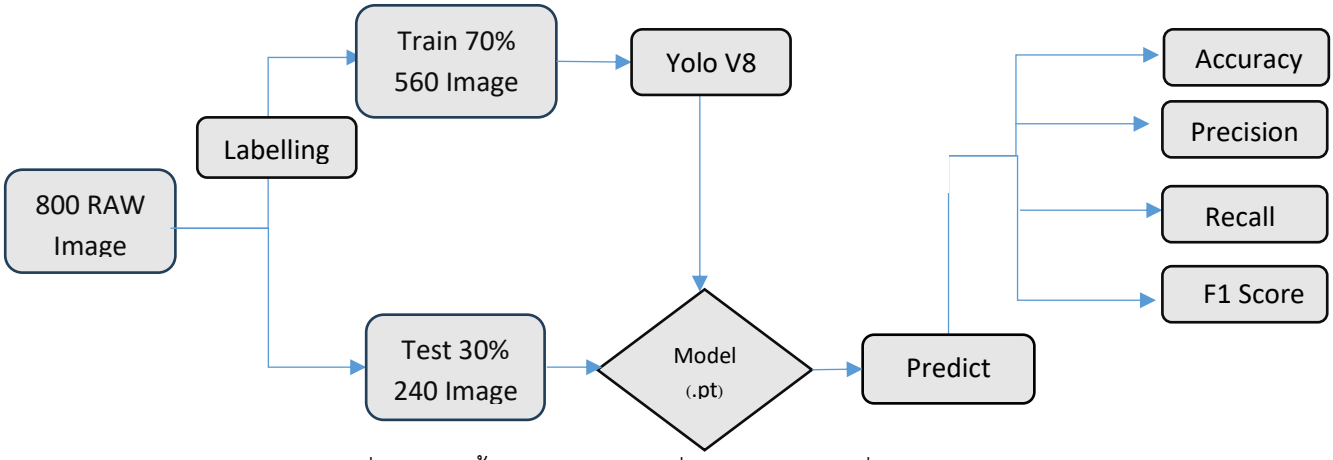


(ก) (ข)

ภาพที่ 4 ภาพตัวอย่างการเตรียมชุดข้อมูลเพื่อทำการ Labelling

(ก) ภาพการ Labelling รถจักรยานยนต์ที่ได้จากอินเทอร์เน็ต (ข) ภาพการ Labelling รถจักรยานยนต์ที่ได้จากสถานที่จริง

5. **การสร้างโมเดลเพื่อทำการตรวจจับยานพาหนะ** โดยการเทรนชุดข้อมูลรูปภาพที่เตรียมไว้ ใช้อัลกอริธึม Yolov8 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จตุพร ศรีสอาดรักษ์ (2566) ที่พัฒนาระบบตรวจจับการพกพาอาวุธปืนสั้นโดยใช้อัลกอริธึม Yolov8 เช่นเดียวกันในการฝึกอบรมชุดข้อมูลสำหรับการตรวจจับวัตถุ ทั้งสองระบบมีการเทรนโมเดลด้วยข้อมูลเฉพาะ โดยการกำหนดคลาสที่ใช้ในการตรวจจับ เมื่อ และทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดฝึกสอน (Training Set), และชุดทดสอบ (Test Set) ตามอัตราส่วน 70:30 ตามที่แสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงขั้นตอนการเทรนเพื่อจำแนกคลาสเพื่อได้ตัวโมเดล

5. การทดสอบผลโมเดล โดยการวัดความสามารถในการตรวจจับของโมเดลและการประเมินผลลัพธ์การทำนาย(Confusion Matrix) และหลักการประเมิน Machine Learning Model และการประเมิน Precision, Recall, F1 Score เพื่อตรวจสอบโมเดลที่เทรนมีความแม่นยำและความถูกต้องตามข้อมูลการประเมินผลลัพธ์โดย

1. True Positive (TP) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “จริง” และมีค่าเป็น “จริง”
2. True Negative (TN) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “ไม่จริง” และมีค่า “ไม่จริง”
3. False Positive (FP) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “จริง” แต่มีค่าเป็น “ไม่จริง”
4. False Negative (FN) คือ สิ่งที่โมเดลทำนายว่า “ไม่จริง” แต่มีค่าเป็น “จริง”

Confusion Matrix	Actually Positive	Actually Negative
Predicted Positive	(TP)	(FP)
Predicted Negative	(FN)	(TN)

ตารางที่ 1 ผลลัพธ์ Confusion Matrix

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)\times 100}{(TP+TN+FP+FN)}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

$$\text{F1 Score} = \frac{2\times(\text{Precision}\times\text{Recall})}{(\text{Precision}+\text{Recall})}$$

ผลการวิจัย

1. การประเมินผลโมเดลระบบตรวจจับการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอด โดยทำการทดสอบจอดรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ห้ามจอด จำนวน 50 ครั้ง เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอดมีค่าความแม่นยำ (Precision), ค่าความถูกต้อง (Recall), F1 Score ดังตารางที่ 2

	รถจักรยานยนต์	ยานพาหนะชนิดอื่น
รถจักรยานยนต์	50 (TP)	0 (FP)
ยานพาหนะชนิดอื่น	1 (FN)	49 (TN)

ตารางที่ 2 ประเมินการทำนาย (Confusion Matrix)

จากผลลัพธ์ในการตรวจสอบความถูกต้องของจักรยานยนต์ในการประเมิน (Confusion Matrix) พบว่ามีค่า Accuracy,Precision,Recall,F1 Score ดังตารางที่ 3

ค่าความแม่นยำการตรวจจับโมเดลรถจักรยานยนต์			
Accuracy	Precision	Recall	F1 Score
100%	0.98	1	0.99

ตารางที่ 3 ค่าความแม่นยำการตรวจจับโมเดลรถจักรยานยนต์

2. ผลลัพธ์รูปภาพจากการทดสอบโมเดลในการใช้งานจริง เป็นรูปภาพที่ได้จากผลลัพธ์ของการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของโมเดล ในการตรวจจับการจอดรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ห้ามจอดจากการใช้งานจริง ดังภาพที่ 6

(ก) (ข)

ภาพที่ 6 ภาพตัวอย่างผลลัพธ์จากการทดสอบโมเดล

(ก) ตัวอย่างโมเดลของระบบตรวจจับรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ (ข) ตัวอย่างการแจ้งเตือนผ่าน LINE

จากภาพแสดงตัวอย่างการทำงานของระบบตรวจจับรถจักรยานยนต์ในพื้นที่ห้ามจอด เมื่อมียานพาหนะเข้ามาในพื้นที่ระบบจะทำการตรวจสอบแสดงประเภทของยานพาหนะ เลข ID ของรถแต่ละคัน และวินาทีที่ระบบตรวจเจอในพื้นที่ที่กำหนดไว้ เมื่อครบจำนวน 5 วินาที ระบบจะทำการแจ้งเตือนผู้เข้าจอดผ่านเสียง Silence และจับภาพของรถจักรยานยนต์ที่เข้าจอดเพื่อส่งข้อมูลไปยังผู้ดูแลผ่าน LINE

วิจารณ์ผลการวิจัย

โมเดลที่พัฒนามีความสามารถในการตรวจจับรถจักรยานยนต์และจักรยานในพื้นที่ห้ามจอดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิค YOLOv8 ซึ่งเหมาะสำหรับงานตรวจจับวัตถุแบบเรียลไทม์ ระบบสามารถประมวลผลและแจ้งเตือนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ รวมถึงส่งข้อมูลแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลและแจ้งเตือนผู้กระทำผิดด้วยเสียงไซเรน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบังคับใช้กฎระเบียบและส่งเสริมความเป็นระเบียบเรียบร้อยในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

ทั้งนี้ ควรมีการทดสอบเพิ่มเติมในสถานการณ์ที่หลากหลายและซับซ้อน เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพแสงหรือการบดบังวัตถุ เพื่อประเมินความสามารถของระบบในสภาพแวดล้อมจริงที่ซับซ้อน ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และการประมวลผลภาพในการช่วยแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและส่งเสริมการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อพัฒนาสังคมให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อยมากยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องการตรวจจับยานพาหนะซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ อนุชา ตุงคัษฐาน และกัสมา ลีวัน (2562) การตรวจจับและจดจำโมเดลรถยนต์ด้วยข้อมูลเชิงจุดภาพ เป็นการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อแปลงข้อมูลที่ได้จากกล้องหรือเซนเซอร์ให้เป็นข้อมูลเชิงจุด (Point cloud) หรือภาพสามมิติ ซึ่งช่วยให้สามารถจำแนกรูปร่างของรถยนต์ได้ โดยเทคนิคนี้

ใช้การแยกแยะลักษณะเฉพาะของโครงสร้างหรือรูปทรงของรถจากมุมมองต่างๆ เมื่อระบบได้รับข้อมูลภาพจากกล้องหรือเซนเซอร์แล้ว ข้อมูลเหล่านี้จะถูกประมวลผลเพื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของโมเดลรถยนต์ เพื่อจำแนกประเภทและทำความเข้าใจลักษณะของรถแต่ละคัน ระบบนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในบริบทของการตรวจจับการจอดรถในพื้นที่ห้ามจอด โดยสามารถตรวจจับลักษณะของรถยนต์ที่จอดในบริเวณที่กำหนดและสามารถแยกแยะได้ว่ารถคันนั้นมีลักษณะเฉพาะอย่างไร ซึ่งระบบใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการตรวจจับยานพาหนะในพื้นที่ห้ามจอด จะสามารถเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับยานพาหนะได้ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ลักษณะของยานพาหนะ ซึ่งทั้งสองระบบใช้เทคโนโลยีในการตรวจจับและจัดการยานพาหนะในพื้นที่ที่กำหนด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลือและคำแนะนำจากอาจารย์จตุรงค์ ธงชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำที่มีคุณค่าต่อการดำเนินงานวิจัยนี้ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขงานวิจัยเพื่อให้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านจากคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะและช่วยปรับแก้งานวิจัยจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

กัลยา ธนาสินธ์ และสายัณ พุทธลา. (2563). ระบบตรวจสอบที่ว่างของช่องจอดรถยนต์ในโมเดลลานจอดผ่านแอพพลิเคชั่นระบบแอนดรอยด์บนสมาร์ทโฟน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

จตุพร ศรีสอาดรักษ์. (2566). ระบบตรวจจับการพกอาวุธปืนสั้นด้วย YOLOv8. [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. วิทยาลัยนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์.

ศันศนีย์ หิรัญจันทร์ และฏิยาภรณ์ ปั้นดี. (2563). ระบบตรวจจับและแจ้งเตือนข้อมูลทะเบียนรถ สำหรับกล้องวงจรปิดบนทางเท้า. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานครฯ.

ศิริขวัญ กองสิน. (2565). การพัฒนาการตรวจสอบฉลากผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิค Bounding Box. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อนุชา ตุงคัษฐาน และกัสมา ลีวัน. (2562). การตรวจจับและจดจำโมเดลรถยนต์ด้วยข้อมูลเชิงจุดภาพ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

ระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ

Fall detection system using image processing techniques

จีรพัน ชลนะ[1*] ณัฐพร บุษย์ศรีเจริญ[2] จตุรงค์ ธงชัย[3]

Jeeraphan Chonlana [1*] Nattaporn Butsrijaloen [2] Jaturong Thongchai [3]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร 69 หมู่ 1 ต.นครชุม อ.เมืองกำแพงเพชร จ.กำแพงเพชร 62000

[1] Kamphaeng Phet Rajabhat University, 69 Moo 1, Nakhon Chum Subdistrict, Mueang Kamphaeng Phet District, Kamphaeng Phet Province, 62000, Thailand.

* Corresponding author E-mail: jeeraphan11521@gmail.com

บทคัดย่อ

การล้มเป็นสาเหตุสำคัญของการบาดเจ็บและอาจรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิตโดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุและผู้ที่มีข้อจำกัดทางร่างกายและหากไม่ได้รับการช่วยเหลืออย่างทันท่วงทีอาจทำให้ความรุนแรงจากการเกิดเหตุเพิ่มมากขึ้นจนอาจถึงขั้นพิการ หรือเสียชีวิตได้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ระบบดังกล่าวประกอบด้วยการใช้ภาพจากกล้องวงจรปิดที่มีอยู่แล้วในการเก็บข้อมูลภาพ จากนั้นนำภาพที่ได้มาผ่านกระบวนการตรวจจับการเคลื่อนไหว และการระบุเหตุการณ์การล้มด้วย Machine Learning

ผลการทดลองพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 97.50 นอกจากนี้ ระบบยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานพยาบาล บ้านพักผู้สูงอายุ โรงงานอุตสาหกรรม และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่ต้องการเฝ้าระวังเหตุการณ์ฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ : 1.ผู้สูงอายุ 2.การตรวจจับการล้ม 3.ระบบเฝ้าระวัง 4.การประมวลผลภาพ 5.ระบบปัญญาประดิษฐ์

Abstract

Falls are a significant cause of injuries and can lead to severe consequences, including death, particularly among the elderly and individuals with physical limitations. Without timely assistance, the severity of such incidents may escalate, potentially resulting in disability or fatality. This study aims to develop a fall detection system using image processing techniques and notify users via the LINE application. The proposed system utilizes existing CCTV cameras to capture image data, which is then processed for motion detection and fall event recognition through machine learning techniques.

The experimental results show that the developed system achieves an accuracy rate of 97. 50% the system can be effectively applied in healthcare facilities, elderly care homes, industrial settings, and other environments requiring emergency monitoring, demonstrating its practicality and efficiency.

Keywords : 1. Elderly People 2. Fall Detection 3. Surveillance System 4. Image Processing 5.Artificial Intelligence System

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ยุคที่ประชากรผู้สูงอายุเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว สังคมผู้สูงอายุที่กำลังขยายตัวส่งผลให้มีผู้สูงอายุอาศัยอยู่ตามลำพังเพิ่มมากขึ้น ปัญหาล้มเป็นอุบัติเหตุหนึ่งในปัญหาที่มักเกิดขึ้นบ่อยของผู้สูงอายุซึ่งถือว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกลุ่มผู้สูงอายุ ผู้ป่วย หรือบุคคลที่มีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหว สาเหตุของการล้มมักเกี่ยวข้องกับปัญหาทางร่างกาย เช่น การสูญเสียความสมดุล ปัญหาเกี่ยวกับกระดูกและกล้ามเนื้อ หรือโรคประจำตัวที่ส่งผลต่อการเคลื่อนไหวการล้มสามารถนำไปสู่ผลกระทบที่รุนแรง จิราภี สุนทรกุล ณ ชลบุรี. (2561) อาจทำให้เกิดภาวะบาเจ็บบางรายเลือดออกในสมอง หรือกระดูกหัก ซึ่งในบางกรณีอาจส่งผลถึงชีวิต

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยี การประมวลผลภาพ (Image Processing) และ Yolov8 มาใช้ร่วมกันเพื่อตรวจจับ และจำแนกวัตถุต่างๆ และมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ระบบประมวลผลภาพหรือการตรวจจับการล้ม ในการตรวจจับจึงสอดคล้องกับงานวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย เกียรติรัตน์ บุษบง (2562) งานวิจัยนี้พัฒนาระบบตรวจจับการล้มของผู้สูงอายุโดยใช้สมาร์ทโฟนที่มีเซ็นเซอร์ Accelerometer สำหรับวัดความเร่งจากความโน้มถ่วงของโลก ระบบสามารถตรวจจับการล้มผ่านค่าความเร่งที่เปลี่ยนแปลงฉับพลันในระยะเวลาสั้น ผลการทดลองแสดงความแม่นยำสูงและมีการแจ้งเตือนอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยชี้ให้เห็นว่าพฤติกรรมการล้มส่งผลต่อค่าความเร่งมากกว่าค่าดัชนีมวลกาย ทำให้ระบบนี้เหมาะสำหรับช่วยเหลือผู้สูงอายุที่เกิดอุบัติเหตุ นายเอกชัย ธรรมสัตย์ (2562) อัลกอริทึมการตรวจจับการหกล้มในผู้สูงอายุด้วยอุปกรณ์วัดความเร่งในโทรศัพท์อัจฉริยะ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อตรวจจับการหกล้มในผู้สูงอายุ โดยใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (accelerometer) ที่ติดตั้งในโทรศัพท์สมาร์ตโฟน ซึ่งใช้งานได้ง่าย พกพาสะดวก และมีต้นทุนต่ำ โดยประยุกต์แผนภูมิควบคุมชนิด CUSUM เพื่อแยกแยะเหตุการณ์การหกล้มออกจากกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เช่น การเดิน การวิ่ง การนั่ง และการนอน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้ต่างมุ่งเน้นการตรวจจับการล้มแต่ใช้เทคโนโลยีและการออกแบบที่แตกต่างกัน พิญญศิกานต์ วงศ์เกียรติ์ขจร และ วีระ สะอิ้ง (2566) ตรวจจับการล้มโดยใช้มีเดียไปป์ เป็นหนึ่งในเครื่องมือ จาก ชุดข้อมูลวิดิโอคลิปและตรวจจับการล้มแบบใช้ค่าเกณฑ์

ประกอบด้วย การใช้อัตราส่วนของขอบเขตสี่เหลี่ยมรอบ ร่างกายมนุษย์ และ มุมองศาร่างกายมนุษย์ (สะโพก ข้อเท้า เส้นพื้นดิน) งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุในบ้าน โดยใช้เทคโนโลยี MediaPipe เพื่อประมาณตำแหน่งและท่วงท่าของร่างกายมนุษย์จากวิดีโอที่ถ่ายโดยกล้อง IP Camera ระบบใช้เกณฑ์จาก Bounding Box และมุมระหว่างสะโพก ข้อเท้า และพื้นดิน เพื่อตรวจจับการล้ม รวมถึงใช้ Machine Learning (Random Forest และ K-NN) เพื่อปรับปรุงความแม่นยำ ชนินท์ วงษ์ใหญ่ อภิรักษ์ ภักดีวงษ์และ สมหมาย บวแย้มแสง (2563) จะตรวจจับได้จากอุปกรณ์ที่ติดอยู่ในระดับเอว ในงานวิจัยนี้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับการลมในรูปแบบสายรัดข้อมือวิธีการตรวจจับการล้มให้รองรับการเคลื่อนไหวจากข้อมือโดยใช้ข้อมูลจาก เซ็นเซอร์ตรวจจับ พบว่าวิธีการ ตรวจจับจากเกณฑ์ระดับความเร่ง สามารถแยกความแตกต่างได้ถูกต้อง 93.1%

ปัจจุบันใช้ในการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพชุดข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกโมเดลประกอบด้วยภาพที่รวบรวมจากอินเทอร์เน็ต จำนวน 500 ภาพ ในการพัฒนาระบบนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อตรวจจับการล้ม และสามารถแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลหรือลูกหลานได้ทันทีเมื่อเกิดเหตุการณ์การล้ม ซึ่งจะทำให้ช่วยเหลือผู้สูงอายุได้อย่างทันท่วงที

จากที่กล่าวมาผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาใช้งานร่วมกันในการระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ โดยใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการตรวจจับวัตถุที่มีประสิทธิภาพสูง

ในงานวิจัยนี้มีการกำหนดคลาส 1 คลาสคือ “บุคคล” เมื่อมีคนเดินเข้ามาในระยะการมองเห็นของกล้อง ระบบจำทำการติดตามวัตถุโดยสร้าง Bounding box และเมื่อเกิดการล้มระบบจะทำการถ่ายภาพและแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแลให้ทราบ ในการพัฒนาระบบ

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา

เริ่มต้นด้วยการศึกษาวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบตรวจจับการล้ม โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกลุ่มผู้สูงอายุที่ล้ม และกำหนดแนวทางการแก้ไข คือการออกแบบระบบที่สามารถตรวจจับและแจ้งเตือนเหตุการณ์ได้แบบเรียลไทม์ และภาพที่ถ่ายโดยผู้วิจัย

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

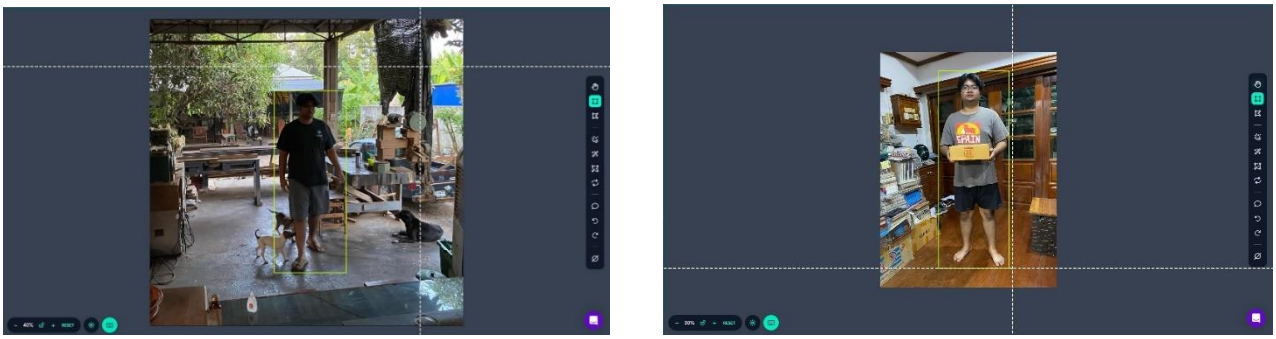
รวบรวมภาพสำหรับการฝึกโมเดลโดยเลือกภาพคนจากเว็บไซต์ Google ในหมวดหมู่ภาพบุคคลรวมกันทั้งหมด จำนวน 500 ภาพ ดังภาพที่ 1

(ก) (ข)

ภาพที่ 1 ภาพที่รวบรวมจากแห่งออนไลน์
(ก) ภาพคนที่ได้จากผู้วิจัย (ข) ภาพคนที่ได้จากอินเตอร์เน็ต

3. การจัดเตรียมข้อมูลภาพและการทำ Label

หลังจากได้ไฟล์รูปภาพที่ผ่านการคัดเลือกแล้วดำเนินการทำ Label บนเว็บไซต์ Roboflow โดยกำหนดชื่อคลาสเป็น People (คน) ดังภาพที่ 2

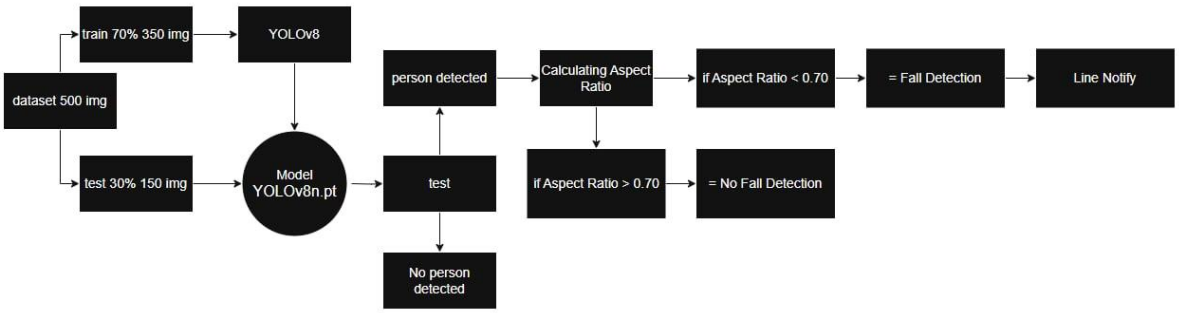


(ก) (ข)

ภาพที่ 2 ภาพคนระหว่างการทำ Label
(ก) ภาพคนระหว่างการทำ Label (ข) ภาพคนถือวัตถุระหว่างการทำ Label

4. การสร้างโมเดลเพื่อใช้ตรวจจับคน

การฝึกโมเดล YOLOv8n เริ่มต้นด้วยการกำหนดคลาส people หลังจากนั้น ชุดข้อมูลที่เราเตรียมไว้จะต้องถูกแบ่งออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ชุดฝึกสอน (Training Set) ซึ่งเป็นส่วนที่โมเดลจะเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ และชุดทดสอบ (Test Set) ที่ใช้สำหรับการประเมินผลการทำงานของโมเดลหลังจากการฝึกสอนเสร็จ อัตราส่วนที่ใช้ในการแบ่งชุดข้อมูลอยู่ที่ 70:30 ซึ่งหมายความว่า 70% ของข้อมูลทั้งหมดจะใช้สำหรับการฝึกสอน และอีก 30% ใช้สำหรับการทดสอบ เมื่อเตรียมข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเริ่มต้นฝึกโมเดล โดยใช้เฟรมเวิร์กที่สนับสนุน YOLOv8 คือ Pytorch ในขั้นตอนนี้ กำหนดจำนวน รอบการฝึก (epochs) และเมื่อการฝึกเสร็จสิ้น โมเดลที่ได้จะถูกนำไปทดสอบกับชุดข้อมูลทดสอบเพื่อประเมินความแม่นยำและประสิทธิภาพในการตรวจจับของโมเดล ดังภาพที่3



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทดลอง

5. การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลและผลลัพธ์

การทำนายจะใช้ Confusion Matrix และหลักการในการประเมิน Machine Learning Model เพื่อทดสอบความแม่นยำและความถูกต้องของโมเดลตามข้อมูลที่ได้รับการประเมิน โดยมีรายละเอียดดังนี้

True Positive (TP) คือกรณีที่โมเดลทำนายว่า ตรวจเจอคน และผลลัพธ์ที่ได้จริงเป็น ตรวจเจอคน

True Negative (TN) คือกรณีที่โมเดลทำนายว่า ไม่ตรวจเจอคน และผลลัพธ์ที่ได้จริงเป็น ไม่ตรวจเจอคน

False Positive (FP) คือกรณีที่โมเดลทำนายว่า ตรวจเจอคน แต่ผลลัพธ์ที่ได้จริงเป็น ไม่ตรวจเจอคน

False Negative (FN) คือกรณีที่โมเดลทำนายว่า ไม่ตรวจเจอคน แต่ผลลัพธ์ที่ได้จริงเป็น ตรวจเจอคน

Confusion Matrix

	Actually Positive	Actually Negative
Predicted Positive	(TP)	(FP)
Predicted Negative	(FN)	(TN)

$$\text{Accuracy} = \frac{(TP+TN)\times 100}{(TP+TN+FP+FN)}$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

$$\text{F1 Score} = \frac{2\times(\text{Precision} \times \text{Recall})}{(\text{Precision} + \text{Recall})}$$

ผลการวิจัย

1. การประเมินผลของโมเดลระบบตรวจจับคน โดยนำภาพที่มีคนจำนวน 50 ภาพ ภาพที่ไม่มีคน 50 ภาพ เพื่อหาประสิทธิภาพของโมเดลระบบตรวจคน คลาส person เป็นหนึ่งในประเภทของวัตถุที่ถูกฝึกฝนให้สามารถตรวจจับได้อย่างมีประสิทธิภาพใช้ระบุและตรวจจับบุคคลในภาพหรือวิดีโอที่โมเดลกำลังประมวลผล Non Person หมายถึง ภาพหรือส่วนของภาพที่ไม่มีบุคคลปรากฏอยู่ในพื้นที่นั้น ภาพเหล่านี้จะแสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมหรือวัตถุต่าง ๆ เฟอร์นิเจอร์ ผนัง พื้นที่ว่างเปล่า สุนัข แมว ดังตารางที่ 1

	ตรวจเจอคน	ตรวจไม่เจอคน
Person	47 (TP)	3 (FP)
Non Person	0 (FN)	50 (TN)

ตารางที่ 1 การประเมินการทำนาย (Confusion Matrix)

ผลลัพธ์ในการจำแนกภาพที่มีคนและภาพที่ไม่มีคนในการประเมิน (Confusion Matrix) พบว่ามีค่า Accuracy= 98 Precision= 0.94 Recall= 1 F1 Score= 0.97

2. ผลลัพธ์ภาพจากการทดสอบโมเดล เป็นรูปภาพที่ได้จากผลลัพธ์ของการทดสอบความถูกต้องและความแม่นยำของโมเดล

(ก) (ข)

ภาพที่ 4 แสดงผลการตรวจจับคนและตรวจจับวัตถุอื่นที่ไม่ใช่คน
(ก) ภาพการตรวจจับคน (ข) ภาพการตรวจจับวัตถุอื่นที่ไม่ใช่คน

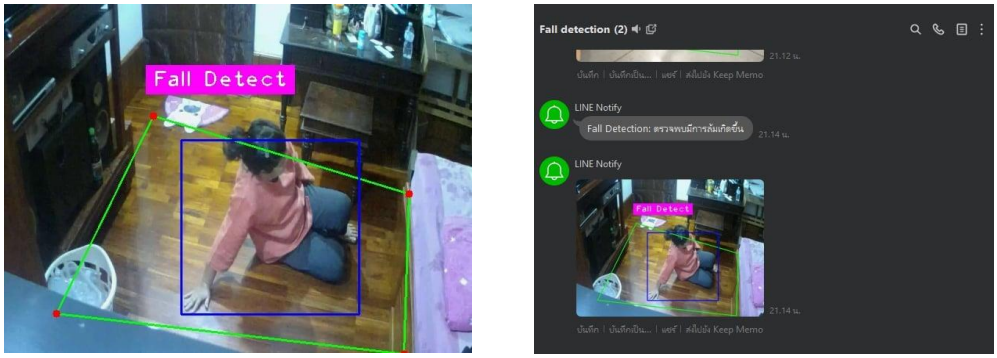
จากค่าความถูกต้องของค่า Accuracy ของโมเดลระบบตรวจคนเท่ากับ 98 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่ามีประสิทธิภาพความถูกต้องอยู่ในระดับดีมาก สามารถนำโมเดลไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยระบบตรวจจับการล้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 แสดงการประเมินผลของระบบตรวจจับคนโดยการเดินผ่านพื้นที่เฝ้าระวัง โดยเป็นการเดินผ่าน 100 ครั้ง เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ

การทดลองที่	การทดสอบ	จำนวนที่ทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนที่ระบบทำงานถูกต้อง (ครั้ง)	ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ
1	ทดสอบการตรวจเจอคนเดินผ่าน	100	97	97
2	ทดสอบการตรวจจับพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่มีคน	100	100	100

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการทดสอบตรวจจับคนในพื้นที่เฝ้าระวัง

หลังจากที่ได้ผลการตรวจจับว่าเป็นคนแล้ว จึงนำไปทดสอบต่อเพื่อหาคนล้มหรือไม่ล้ม ด้วยการหาค่า Aspect Ratio Aspect Ratio คือ อัตราส่วนของ ความสูง ต่อ ความกว้าง ของ Bounding Box Height = y2−y1 (ความสูงของกรอบ) Width = x2−x1 (ความกว้างของกรอบ) ตัวอย่างเช่น มีกรอบ Bounding Box ดังนี้ x1, y1 = (100, 50) (มุมบนซ้าย) x2, y2 = (200, 150) (มุมล่างขวา) 1. คำนวณความกว้าง Width=x2−x1=200−100=100 2. คำนวณความสูงHeight=y2−y1=150−50=100 3. คำนวณ Aspect Ratio: Aspect Ratio=Height/Width=100/100=1.0 กรณีอื่น ๆ 1.ถ้ากรอบมีความสูงมากกว่าความกว้าง (เช่น สูง 200, กว้าง 100) Aspect Ratio=200/100=2.0 2. ถ้ากรอบมีความกว้างมากกว่าความสูง (เช่น สูง 50, กว้าง 150) Aspect Ratio=50/150=0.33 Aspect Ratio มากกว่า 1 กรอบสูงกว่ากว้าง Aspect Ratio น้อยกว่า 1 กรอบกว้างกว่าสูง Aspect Ratio เท่ากับ 1 กรอบเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งในระบบกำหนดให้ ถ้า Aspect Ratio น้อยกว่า 0.70 นั่นหมายความว่ามีการล้มเกิดขึ้น แสดงผลตามตารางที่ 3



(ก) (ข)

ภาพที่ 5 ภาพการบันทึกภาพการล้มและการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

(ก) ภาพการบันทึกการล้ม (ข) ภาพการแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชันไลน์

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของระบบตรวจจับคนล้มโดยการทดสอบล้มในพื้นที่เฝ้าระวัง โดยการล้ม 100 ครั้ง เพื่อหาความแม่นยำในการตรวจจับของระบบ

การทดลองที่	การทดสอบ	จำนวนที่ทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนที่ระบบทำงานถูกต้อง (ครั้ง)	จำนวนการแจ้งเตือน	ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ
1	ทดสอบการล้มในพื้นที่เฝ้าระวัง	100	98	97	97.50

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบตรวจจับคนล้มในพื้นที่เฝ้าระวัง

วิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และประเมินประสิทธิภาพของระบบ ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับเหตุการณ์การล้มได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพร่วมกับโมเดล YOLOv8 ระบบนี้สามารถตรวจจับการล้มได้แบบเรียลไทม์ พร้อมทั้งบันทึกภาพเหตุการณ์และส่งการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน LINE ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์แรกที่ตั้งไว้ได้อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบข้อแตกต่างดังนี้ ณัฐพงศ์ อภิรัชตานนท (2566) ใช้เซ็นเซอร์ MAX30100 และ TinyML ผ่าน Edge Impulse ซึ่งเน้นการตรวจจับสัญญาณชีพ เช่น ระดับออกซิเจนในเลือดและอัตราการเต้นหัวใจ แต่มีข้อจำกัดในด้านการตรวจจับพฤติกรรมการล้มที่ซับซ้อน และการบันทึกข้อมูลในสมาร์ทโฟนและ Google Sheets ซึ่งเหมาะสำหรับการติดตามข้อมูลย้อนหลัง แต่ไม่เหมาะกับการแจ้งเตือนในสถานการณ์ฉุกเฉิน การทดสอบเน้นที่การตรวจจับสัญญาณชีพและการใช้เซ็นเซอร์ในสถานการณ์จำกัด แต่ไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการตรวจจับการล้มในสภาพแวดล้อมจริงและ ใช้การตรวจจับทั่วไปโดยไม่มีการระบุพื้นที่เฉพาะ ทำให้ระบบอาจมีการแจ้งเตือนผิดพลาดในพื้นที่ที่ไม่เกี่ยวข้อง 1. เทคโนโลยีที่ใช้ของผู้วิจัยนี้ ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพขั้นสูง เช่น YOLO และ OpenCV ในการตรวจจับแบบเรียลไทม์ในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อน เช่น มีผู้คนเคลื่อนไหว หรือมีวัตถุหลากหลายภายในภาพ ระบบยังสามารถกำหนดพื้นที่เฉพาะ (ROI Region of Interest) เพื่อลดความผิดพลาดในการตรวจจับ 2. การแจ้งเตือน ระบบรองรับการแจ้งเตือนผ่าน LINE พร้อมภาพประกอบเหตุการณ์ เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถเข้าใจสถานการณ์ได้ทันทีและตอบสนองอย่างรวดเร็ว 3. การทดสอบและการใช้งานจริง มีการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง เช่น ห้องนอน และพื้นที่ภายในบ้าน พร้อมทั้งแสดงผล เช่น การตรวจจับการล้มและการแจ้งเตือน

งานระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคประมวลผลภาพ มีจุดเด่นที่ชัดเจนในแง่ของความแม่นยำเทคโนโลยีที่ทันสมัย เหมาะกับการใช้งานจริง การแจ้งเตือนผ่าน LINE ซึ่งช่วยให้ตอบสนองสถานการณ์ฉุกเฉินได้อย่างรวดเร็ว ต่างจากระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและเฝ้าติดตามการล้มของผู้สูงอายุผ่านระบบ IoT ที่เน้นการตรวจจับสัญญาณชีพผ่าน IoT แต่ขาดความยืดหยุ่นและความแม่นยำในการตรวจจับพฤติกรรมการล้ม

สรุปผล

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ และเพื่อพัฒนาระบบตรวจจับการล้มด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพจากการทดลอง ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์นี้ โดยมีการออกแบบที่เหมาะสมระบบตรวจจับการล้มที่พัฒนาขึ้นใช้เทคนิคการประมวลผลภาพร่วมกับโมเดล YOLOv8 ซึ่งสามารถตรวจจับเหตุการณ์การล้มได้แบบเรียลไทม์ ระบบมีฟังก์ชันแจ้งเตือนผ่าน LINE ซึ่งช่วยให้ผู้ดูแลสามารถตอบสนองได้รวดเร็ว ระบบสามารถตรวจจับเหตุการณ์การล้มได้อย่างแม่นยำถึง 97.50% ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ดีมาก ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (Accuracy) อยู่ที่ 0.98 โดยมีค่า Precision 0.97 และ Recall 1 ผลที่ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ เนื่องจากระบบแสดงประสิทธิภาพสูงและสามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมจริง อย่างไรก็ตามยังพบข้อจำกัดบางประการที่ควรพัฒนา เช่น การลดข้อผิดพลาดในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยหรือมุมกล้องที่ไม่เหมาะสม

จากผลการทดสอบที่แสดงในตาราง พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายในทุกกรณีที่ทดสอบ โดย การทดสอบการตรวจเจอคนเดินผ่าน ระบบสามารถตรวจจับคนเดินผ่านได้อย่างถูกต้อง 97% จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง การทดสอบการตรวจจับพื้นที่ว่างเปล่า ระบบสามารถตรวจจับพื้นที่ว่างเปล่าได้อย่างถูกต้อง 100% จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง การทดสอบการตรวจจับการล้มในพื้นที่เฝ้าระวัง ระบบสามารถตรวจจับการล้มได้อย่างถูกต้อง 97.50% จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง และสามารถแจ้งเตือนไปยังแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างถูกต้อง 97% จากการทดสอบทั้งหมด 100 ครั้ง

สรุป ผลการทดสอบโดยรวมแสดงให้เห็นว่าระบบมีความแม่นยำสูงในการตรวจจับเหตุการณ์ต่าง ๆ และสามารถส่งสัญญาณเตือนไปยังแอปพลิเคชัน LINE ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบนี้

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบโดยรวมของระบบ

การทดลองที่	การทดสอบ	จำนวนที่ทดสอบ (ครั้ง)	จำนวนที่ระบบทำงานถูกต้อง (ครั้ง)	จำนวนการแจ้งเตือน	ความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ
1	ทดสอบตรวจเจอคนเดินผ่าน	100	97	0	97
2	ทดสอบการตรวจจับพื้นที่ว่างเปล่าที่ไม่มีคน	100	100	0	100
3	ทดสอบการล้มในพื้นที่เฝ้าระวัง	100	98	97	97.50

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบโดยรวมของระบบ

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ อาจารย์จตุรงค์ ธงชัย อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ด้วยความเอาใจใส่และทุ่มเท อันเป็นกำลังสำคัญที่ช่วยให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากรและข้อมูลที่จำเป็นต่อการดำเนินงานวิจัยนอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ซึ่งเป็นแหล่งเรียนรู้และสนับสนุนสถานที่สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกขั้นตอนของการวิจัย รวมถึงกำลังใจจากครอบครัวและเพื่อน ๆ ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จ

เอกสารอ้างอิง

จิราภี สุนทรกุล ณ ชลบุรี. (2561). หกล้มในผู้สูงอายุ อันตรายกว่าวัยอื่นหลายเท่าตัว ปัญหาที่ต้องระวัง. มหาวิทยาลัยมหิดล. https://shorturl.asia/8ID4k

เกียรติรัตน์, บ. (2562). ระบบตรวจจับการหกล้มของผู้สูงอายุโดยใช้ความโน้มถ่วงของโลก (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม). http://202.28.34.124/dspace/bitstream/123456789/76/1/59010352002.pdf

เอกชัย, ธ. (2562). อัลกอริทึมการตรวจจับการหกล้มในผู้สูงอายุด้วยอุปกรณ์วัดความเร่งในโทรศัพท์อัจฉริยะ (ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์). https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2019/TU_2019_5462300061_6606_11741.pdf?utm_source=chatgpt.com

ชนินท์, ว., อภิรักษ์, ภ., & สมหมาย, บ. (2563). การพัฒนาระบบการตรวจจับการล้มโดยใช้สายรัดข้อมือ. วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยรังสิต. https://rsucon.rsu.ac.th/files/proceedings/nation2020/NA20-083.pdf

ณัฐพงศ์, อ. (2566). ระบบตรวจวัดสัญญาณชีพและเฝ้าติดตามการล้มของผู้สูงอายุผ่านระบบ IoT (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร). https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/5809/3/NattapongApirattanon.pdf

พิญญศิกานต์, ว., & วีระ, ส. (2566). การประมาณการณ์ท่วงท่าเพื่อตรวจจับการล้มในบ้านด้วยการใช้มีเดียไปป์ (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ). https://msds.science.swu.ac.th/wp-content/uploads/2023/12/20_64199130060

Sudta, P. (2023). Confusion Matrix และการใช้ประเมินโมเดล Machine Learning.

https://everydaymarketing.co/business-and-marketing-case-study/ai/confusion-matrix-ml-evaluation/

การพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X: กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต

Development of a Tourist Opinion Analysis System on Platform X: A Case Study of Phuket Province

ธิดารัตน์ ศิวะนาถนุสรณ์[1] พิทา จารุพูนผล[2] และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[3*]

Thidarat Siwanartnusorn[1], Pita Jarupunphol[2] and Nasith Laosen[3*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X (ทวิตเตอร์) โดยใช้กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต เพื่อสนับสนุนการวางแผนและพัฒนาการท่องเที่ยวให้ตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบนี้จะรวบรวมข้อมูลทวีตจากแพลตฟอร์ม X และนำเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องและการประมวลผลภาษาธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ในการสกัดข้อมูล เช่น การระบุประเทศ การดึงแฮชแท็ก การวิเคราะห์หัวข้อ และการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ดปฏิสัมพันธ์ที่ใช้งานง่าย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดของซอฟต์แวร์ โดยมีความถูกต้องในกระบวนการดึงข้อมูล การสกัดประเทศ และการสกัดแฮชแท็กในทุกกรณี การวิเคราะห์หัวข้อสามารถจัดกลุ่มข้อความได้อย่างถูกต้องในอัตราความแม่นยำร้อยละ 86.25 ขณะที่การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์สามารถจำแนกข้อความเป็นเชิงบวก เชิงลบ หรือเป็นกลางได้ในอัตราความแม่นยำร้อยละ 76.25

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยว การวิเคราะห์ข้อมูลจากสื่อสังคมออนไลน์ การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ การวิเคราะห์หัวข้อ

Abstract

This article presents the development of a tourist opinion analysis system on Platform X (Twitter), using Phuket Province as a case study. The system aims to support the planning and development of tourism to better meet the needs of tourists effectively. The system collects tweet data from Platform X and applies Machine Learning (ML) and Natural Language Processing (NLP) techniques to extract and analyze information such as country, hashtag, topic, and sentiment. The processed data is then presented in an interactive dashboard format. The research findings demonstrate that the system operates in accordance with the software specification. The system achieved high accuracy in data retrieval, country identification, and hashtag extraction across all test cases. Topic modeling successfully grouped tweets with an accuracy rate of 86.25%, while sentiment analysis classified tweets as positive, negative, or neutral with an accuracy rate of 76.25%.

Keywords: Tourist Opinion Analysis, Social Media Analytics, Sentiment Analysis, Topic Modeling

บทนำ

การท่องเที่ยวเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมหลักที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยมีบทบาทสำคัญในการสร้างงานและรายได้ให้กับประชาชนในภาคส่วนต่าง ๆ เช่น ธุรกิจโรงแรม บริการนำเที่ยว ร้านอาหาร และอื่น ๆ จังหวัดภูเก็ตถือเป็นเมืองท่องเที่ยวสำคัญที่มีชื่อเสียงระดับโลก ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่สวยงามและวัฒนธรรมอันเป็นเอกลักษณ์ ทำให้มีนักท่องเที่ยวจากทั่วโลกเดินทางมาเยี่ยมชมอย่างต่อเนื่อง

ในยุคดิจิทัลที่สื่อสังคมออนไลน์เข้ามามีบทบาทสำคัญ นักท่องเที่ยวสามารถแบ่งปันประสบการณ์ แสดงความคิดเห็น และแลกเปลี่ยนข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ข้อมูลเหล่านี้สะท้อนถึงพฤติกรรม ความต้องการ และความคิดเห็นของนักท่องเที่ยว ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาบริการและการวางกลยุทธ์ทางการตลาด การวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของตลาดและกลุ่มเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันมีงานวิจัยหลายงานที่นำเทคนิคทางวิทยาการข้อมูล (Data Science) และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เช่น เครื่องมือทางสถิติ (Statistics) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing: NLP) มาประยุกต์ใช้เพื่อสกัดข้อมูลเชิงลึกจาก

สื่อสังคมออนไลน์ ตัวอย่างงานวิจัย ได้แก่ Huahai Yang และ Yunyao Li (2013) ได้พัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานสื่อสังคมออนไลน์ โดยใช้ NLP ร่วมกับเครื่องมือวัดทางจิตวิทยา Amrutha Benny และ Mintu Philip (2015) ใช้ NLP ในการสกัดคำสำคัญและตรวจสอบความสัมพันธ์ของข้อความบนทวิตเตอร์ เพื่อวิเคราะห์และสรุปหัวข้อ พิเชษฎ์ จุลรอด และ ดินสอ บุญมา (2566) วิเคราะห์ขั้วอารมณ์ (Sentiment) จากรีวิวร้านอาหารและร้านค้าบนเว็บไซต์ Wongnai ด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง และแสดงผลในรูปแบบกราฟและ Word Cloud ศิวกร ดีชูศร และคณะ (2566) พัฒนาเว็บไซต์รวบรวมข้อมูลสัตว์เลี้ยงที่ต้องการการอุปถัมภ์ โดยดึงข้อมูลจากทวิตเตอร์และนำเสนอในรูปแบบแดชบอร์ด และปภัสสนันท์ ชมจันทึก (2561) ศึกษาพฤติกรรมการเปิดรับทัศนคติและกระบวนการตัดสินใจท่องเที่ยวผ่านแฮชแท็กบนทวิตเตอร์ พบว่าทวิตเตอร์เป็นแหล่งข้อมูลสำคัญที่สามารถชี้ให้เห็นถึงพฤติกรรมและการตัดสินใจของนักท่องเที่ยว จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้น สื่อสังคมออนไลน์ เช่น ทวิตเตอร์ ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพในฐานะแหล่งข้อมูลสำคัญที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ความคิดเห็น ความต้องการ และพฤติกรรมของผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบเพื่อรวบรวมและวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X (ทวิตเตอร์) ที่เกี่ยวข้องกับจังหวัดภูเก็ต โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องและการประมวลผลภาษาธรรมชาติในการสกัดข้อมูล เช่น แฮชแท็ก หัวข้อ และขั้วอารมณ์ และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ดปฏิสัมพันธ์ที่เข้าใจง่าย ระบบนี้มีเป้าหมายเพื่อสนับสนุนหน่วยงานรัฐและผู้ประกอบการในจังหวัดภูเก็ตในการวางแผนและพัฒนาบริการให้ตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวได้ดียิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยในการวางกลยุทธ์ทางการตลาดที่ตรงกลุ่มเป้าหมาย และเพิ่มขีดความสามารถในการตัดสินใจเชิงข้อมูล

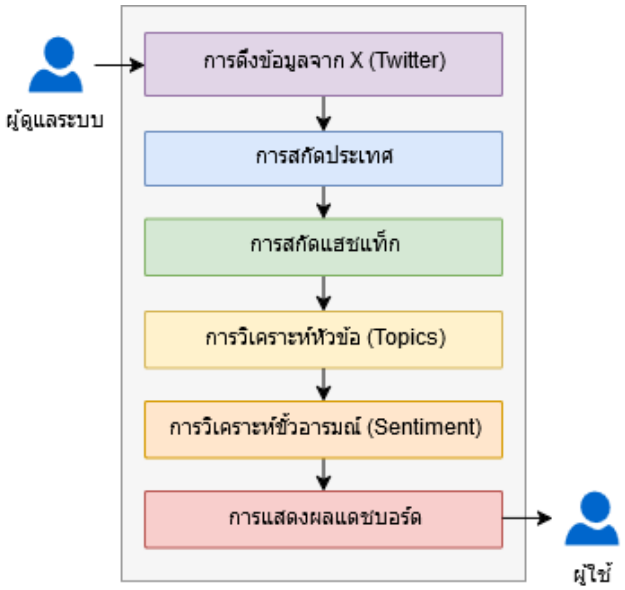
วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยใช้กระบวนการวิศวกรรมซอฟต์แวร์ในการทำวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน ได้แก่ การวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และการทดสอบระบบ แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ผู้วิจัยเริ่มต้นการพัฒนาระบบด้วยการวิเคราะห์องค์ประกอบและการทำงานของระบบ โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 6 ส่วนตามภาพที่ 1 ส่วนแรกเป็นการดึงข้อมูลทวีตผ่าน API ของแพลตฟอร์ม X เพื่อให้ได้ข้อความที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงสกัดข้อมูลประเทศของเจ้าของทวีต เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวจะช่วยให้เข้าใจธรรมชาติและความต้องการของนักท่องเที่ยวแต่ละประเทศได้ดียิ่งขึ้น ถัดมาจึงทำการสกัดแฮชแท็ก (Hashtag) ซึ่งสะท้อนถึงสิ่งที่ผู้โพสต์ให้ความสนใจหรือเกี่ยวข้องกับโพสต์นั้น ๆ ขั้นตอนถัดไปเป็นการวิเคราะห์ว่าแต่ละทวีตกล่าวถึงหัวข้อใด (Topic Modeling) หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ (Sentiment) ของทวีตเพื่อประเมิน

แนวโน้มเชิงบวก เชิงลบ หรือเป็นกลาง สุดท้ายจะนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาสร้างเป็นแดชบอร์ด (Dashboard) เพื่อให้ใช้งานและทำความเข้าใจได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

2. การพัฒนาระบบ

ผู้วิจัยใช้ภาษา Python บน Google Colab ในการเขียนโปรแกรมและใช้ Google Looker Studio ในการสร้างแดชบอร์ด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 การดึงข้อมูลทวีต

การดึงข้อมูลเริ่มจากการสมัครบัญชีผู้พัฒนา (Developer Account) เพื่อขอรับ API Key และ Access Token สำหรับเข้าถึง API ของแพลตฟอร์ม X จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมดึงข้อมูลโดยใช้ชุดคำค้น (Keywords) ที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวของประเทศไทย (ภาษาอังกฤษ) เช่น “Phuket”, “Thailand”, “Travel”, “Tourism”, และ “Taxi” ในการดึงข้อมูลทวีต ข้อมูลที่ได้ประกอบด้วยวันเวลาที่เผยแพร่ทวีต เนื้อหาทวีต ลิงก์ทวีต และข้อมูลของผู้โพสต์ (User Profile) สุดท้ายทำการลบข้อมูลที่ซ้ำกัน (Duplicate Data) เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การสกัดประเทศ

ผู้วิจัยใช้ข้อมูลประเทศของผู้โพสต์ทวีตจากตำแหน่งผู้ใช้ (User Location) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลผู้โพสต์ที่ดึงมา อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้แพลตฟอร์ม X หลายรายมักระบุข้อมูลที่อยู่ไม่ชัดเจน โดยอาจใส่เพียงระดับเมือง หรือใช้ตัวย่อของประเทศ เช่น “Delhi”, “Colorado, USA” หรือ “JPN” ทำให้ไม่สามารถระบุชื่อประเทศได้

โดยตรง เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ผู้วิจัยจึงนำฐานข้อมูล World Cities Database (https://simplemaps.com/data/world-cities) ซึ่งเป็นไฟล์ CSV ที่ประกอบด้วยชื่อเมือง ชื่อประเทศ และตัวย่อของประเทศทั้งแบบ 2 และ 3 ตัวอักษร มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ โดยใช้ไลบรารี NLTK (https://www.nltk.org/) ช่วยในกระบวนการตัดคำ (Tokenization) ขั้นตอนการทำงานสามารถอธิบายเป็นรหัสเทียม (Pseudocode) ได้ดังภาพที่ 2

Function: `extract_country(user_location)`

Input:
- `user_location` (String): The location string provided by the user.

Output:
- `country_name` (String): The corresponding country name, if found; otherwise, returns "Other".

Algorithm:

1. Load Data:
`world_cities = read("world-cities.csv")`
(`world_cities` is a table with columns: `country`, `country2char`, `country3char` and `city`.)

2. Tokenize User Location:
Split `user_location` into individual tokens using `word_tokenize(user_location)`.

3. Iterate Through Tokens:
For each token `t` in the tokenized `user_location`:
- If `t` matches any value in the `country` column of `world_cities` then return `t`.
- If `t` matches any value in the `city` column of `world_cities` then return the corresponding value from the `country` column.
- If `t` matches any value in the `country2char`column of `world_cities` then return the corresponding value from the `country` column.
- If `t` matches any value in the `country3char`column of `world_cities` then return the corresponding value from the `country` column.

Return "Other".

ภาพที่ 2 รหัสเทียมการสกัดประเทศ

2.3 การสกัดแฮชแท็ก

ผู้วิจัยได้ใช้ Regular Expression (regex) เพื่อสกัดแฮชแท็ก (Hashtags) จากข้อความทวีต เนื่องจาก regex เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมสำหรับการจัดการกับข้อความที่มีรูปแบบเฉพาะ เช่น แฮชแท็ก ซึ่งมีลักษณะเริ่มต้นด้วยเครื่องหมาย # และตามด้วยตัวอักษร ตัวเลข หรือเครื่องหมายขีดล่าง _ โดยไม่มีการเว้นวรรคระหว่างข้อความ การใช้ regex ในการสกัดแฮชแท็กสามารถจัดการได้ง่าย รวดเร็ว และรองรับการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก รหัสเทียมสำหรับกระบวนการนี้แสดงดังภาพที่ 3

Function: `extract_hashtags(tweet)`

Input:
- `tweet` (String): The input tweet text.

Output:
- `hashtag_list` (List): A list of hashtags extracted from the tweet.

Algorithm:

1. Initialize an Empty List:
Create an empty list `hashtag_list` to store extracted hashtags.

2. Tokenize the Tweet:
Split `tweet` into individual tokens using `word_tokenize(tweet)`.

3. Iterate Through Tokens:
For each token `t` in the tokenized `tweet`:
- If `t` matches the regular expression pattern for a hashtag (i.e., #\w+) then append `t` to `hashtag_list`.

4. Return the result:
Return `hashtag_list`.

ภาพที่ 3 รหัสเทียมการสกัดแฮชแท็ก

2.4 การวิเคราะห์หัวข้อ

การวิเคราะห์หัวข้อ (Topic Modeling) ของทวีตเริ่มต้นด้วยการทำความสะอาดข้อมูล โดยใช้ Regular Expression เพื่อกำจัดข้อความที่ไม่จำเป็น เช่น URL, ที่อยู่อีเมล, ข้อความที่อ้างอิงถึงผู้ใช้อื่น (ข้อความที่มีเครื่องหมาย @), และ Emojicons ออกจากข้อความ ทั้งนี้ผู้วิจัยเลือกคงแฮชแท็กไว้ เนื่องจากแฮชแท็กมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์หัวข้อ จากนั้น ผู้วิจัยนำทวีตที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาวิเคราะห์หัวข้อ (Topic Modeling) โดยใช้ไลบรารี BERTopic (https://maartengr.github.io/BERTopic/index.html) โดยผู้วิจัยตั้งค่า BERTopic ให้ใช้ Sentence Embedding Model แบบ all-MiniLM-L6-v2 ในการแปลงข้อความแต่ละทวีตเป็นเวกเตอร์ (Vectorization) ซึ่งเป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับการจัดกลุ่มทวีต (Clustering) หลังจากจัดกลุ่มทวีตสำเร็จ BERTopic จะสกัดคำสำคัญของแต่ละกลุ่มโดยใช้วิธี Term Frequency–Inverse Document Frequency (TF-IDF) เพื่อระบุคำที่มีความสำคัญในบริบทของแต่ละกลุ่ม จากนั้นผู้วิจัยกำหนดให้ BERTopic เรียกใช้ ChatGPT (ผ่าน API) เพื่อสรุปหัวข้อคำสำคัญของแต่ละกลุ่มในรูปแบบที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย รหัสเทียมสำหรับกระบวนการนี้แสดงดังภาพที่ 4

Function: `topic_modeling(tweets)`

Input:
- `tweets` (List): A list containing all tweet texts..

Output:
- `topics` (List): A list of identified topics corresponding to the input tweets.

Algorithm:
1. Clean Data:
For each `tweet` in `tweets`
- Remove URLs, email addresses, user mentions, and emojicons from `tweet`

2. Generate Topics:
- Use the BERTopic model to analyze the topics for the cleaned `tweets`.
- Store the resulting list of topics in the variable `topics`.

3. Return the result:
Return `topics`.

ภาพที่ 4 รหัสเทียมการวิเคราะห์หัวข้อ

Function: `sentiment_analysis(tweet)`

Input:
- `tweet` (String): The input tweet text.

Output:
- `sentiment` (String): The sentiment classification (`Positive`, `Neutral`, `Negative`) of the input tweet.

Algorithm:
1. Clean Data:
Remove URLs, email addresses, user mentions, and hashtags from `tweet`

2. Initialize Sentiment Analysis Model:
- Download `movie_review` corpus from the NLTK library.
- Create a `pattern_analyzer` model using the loaded corpus.

3. Classify Sentiment:
- Use `pattern_analyzer` to analyze the sentiment of the cleaned `tweet`.
- Store the result in the variable `sentiment`.

4. Return the result:
Return `sentiment`.

ภาพที่ 5 รหัสเทียมการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์

2.5 การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์

ขั้นตอนนี้เริ่มด้วยการทำความสะอาดข้อมูลทวีต โดยใช้ Regular Expression เพื่อกำจัดข้อความที่ไม่จำเป็น เช่น URL, ที่อยู่อีเมล, ข้อความที่อ้างอิงถึงผู้ใช้อื่น, และแฮชแท็กออกไป ในขณะที่คง Emojicons ซึ่งเป็นไอคอนแสดงความรู้สึกไว้ เนื่องจากมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์อารมณ์ หลังจากการทำความสะอาดข้อมูล ผู้วิจัยได้นำทวีตที่ผ่านกระบวนการดังกล่าวมาวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ (Sentiment Analysis) โดยใช้ไลบรารี TextBlob (https://textblob.readthedocs.io/en/dev/) ซึ่งทำงานร่วมกับ Movie Review Corpus ของไลบรารี NLTK ในการสอนแบบจำลองวิเคราะห์อารมณ์แบบ PatternAnalyzer โดย TexBlob จะแบ่งขั้วอารมณ์ออกเป็น 3 แบบ คือ Positive, Neutral และ Negative รหัสเทียมสำหรับกระบวนการนี้แสดงดังภาพที่ 5

2.6 การแสดงผลแดชบอร์ด

การทำ Data Visualization เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยแปลงข้อมูลที่ผ่านการจัดเตรียมมาแล้วให้เป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย สร้างความดึงดูดใจ และสนับสนุนการวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่สกัดและวิเคราะห์จากขั้นตอนก่อนหน้ามาบันทึกในรูปแบบไฟล์ CSV บน Google Drive จากนั้นจึงใช้ Google Looker Studio สร้างและแสดงผลข้อมูลในรูปแบบแดชบอร์ดแบบปฏิสัมพันธ์ ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถมองเห็นภาพรวมของข้อมูลและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ได้อย่างสะดวก

3. การทดสอบระบบ

ผู้วิจัยได้ออกแบบการทดสอบเพื่อประเมินความถูกต้องและประสิทธิภาพของระบบในแต่ละส่วน โดยประกอบด้วยการทดสอบดังต่อไปนี้ (ผลการทดสอบระบบในแต่ละส่วนจะถูกสรุปและนำเสนอในหัวข้อถัดไป)

1. *ทดสอบการดึงข้อมูล*: ตรวจสอบว่าระบบสามารถดึงข้อมูลจากแหล่งที่มาโดยใช้คำสำคัญที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง
2. *ทดสอบการสกัดประเทศ*: ตรวจสอบความสามารถของระบบในการระบุประเทศจากข้อมูลตำแหน่งผู้ใช้งาน (User Location) ตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้
3. *ทดสอบการสกัดแฮชแท็ก*: ตรวจสอบความถูกต้องของระบบในการแยกและดึงแฮชแท็กจากข้อความทวีต
4. *ทดสอบการวิเคราะห์หัวข้อ*: ประเมินความถูกต้องของระบบในการจัดกลุ่มและสรุปหัวข้อ
5. *ทดสอบการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์*: ตรวจสอบความแม่นยำของระบบในการจัดหมวดหมู่อารมณ์ของข้อความ (Positive, Neutral, Negative)

6. *ทดสอบการแสดงผลบนแดชบอร์ด*: ทดสอบการอัปเดตและแสดงผลข้อมูลบนแดชบอร์ดแบบอัตโนมัติ รวมถึงตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลที่แสดง

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบจนเสร็จสมบูรณ์ และดำเนินการทดสอบระบบตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ในหัวข้อก่อนหน้า โดยผลการวิจัยมีรายละเอียดดังนี้

ในการทดสอบการดึงข้อมูล ผู้วิจัยทำการทดลองใช้คำค้นที่เกี่ยวข้องกับการท่องเที่ยวที่หลากหลายเพื่อทดสอบการดึงข้อมูลจากแพลตฟอร์ม X ผลการทดสอบพบว่าระบบสามารถดึงข้อมูลได้ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด อย่างไรก็ตาม กระบวนการดึงข้อมูลต้องมีข้อจำกัด คือ ระบบสามารถดึงข้อมูลได้ครั้งละจำนวนจำกัด ซึ่งเป็นข้อกำหนดที่เกิดจากการใช้งาน API ฟรี หากต้องการดึงข้อมูลในปริมาณมากขึ้นจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น

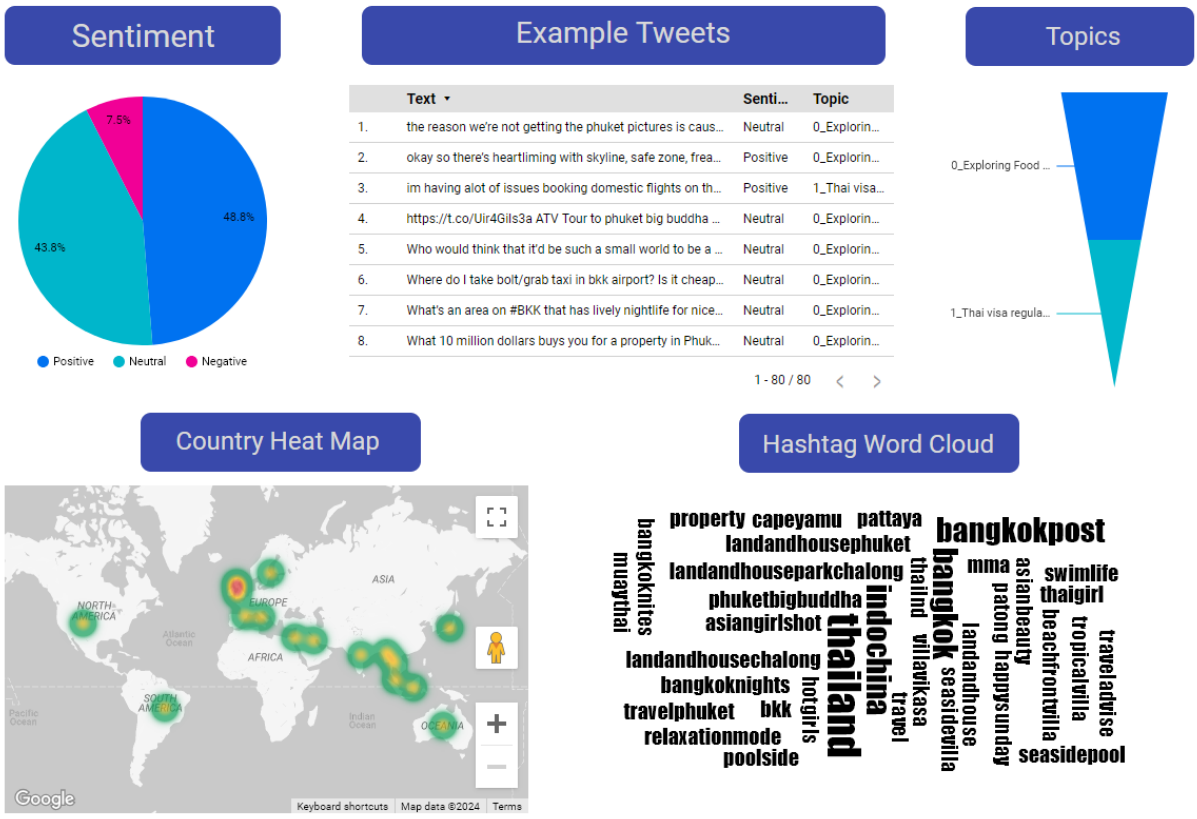
สำหรับการทดสอบการสกัดประเทศ ผู้วิจัยได้สุ่มเลือกทวีตตัวอย่างจำนวน 80 ทวีต เพื่อประเมินความถูกต้องของการทำงานของโปรแกรม จากนั้นผู้วิจัยตรวจสอบตำแหน่งผู้ใช้ (User Location) ของทั้ง 80 ทวีต เทียบกับผลลัพธ์ที่โปรแกรมสกัดได้ ผลการทดสอบพบว่าโปรแกรมสามารถระบุประเทศได้อย่างถูกต้องตรงกับข้อมูลต้นฉบับในทุกกรณี

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมสกัดแฮชแท็ก โดยเปรียบเทียบแฮชแท็กที่ปรากฏอยู่จริงในทวีตตัวอย่าง 80 ทวีตที่สุ่มเลือกมาก่อนหน้านี้กับผลลัพธ์ที่โปรแกรมสกัดได้ ผลการทดสอบพบว่าโปรแกรมสามารถสกัดแฮชแท็กได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนทุกกรณี

ในการทดสอบความสามารถของโปรแกรมในการวิเคราะห์หัวข้อ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยให้โปรแกรมวิเคราะห์หัวข้อของทวีตตัวอย่าง 80 ทวีต โดยผลลัพธ์ที่ได้คือโปรแกรมสามารถสกัดหัวข้อและจัดกลุ่มทวีตออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 Exploring_Food_Markets_and_Beach_Life_in_Phuket และ กลุ่มที่ 2 Thai_Visa_Regulations_and_Travel_Inquiries หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้ตรวจสอบเนื้อหาของแต่ละทวีตเพื่อประเมินความถูกต้องของการจัดกลุ่ม ผลการตรวจสอบพบว่ามีทวีตจำนวน 69 ทวีตที่ถูกจัดกลุ่มอย่างถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 86.25

ในทำนองเดียวกันกับการทดสอบการวิเคราะห์หัวข้อ ผู้วิจัยให้โปรแกรมวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของทวีตตัวอย่างทั้ง 80 ทวีต จากนั้นจึงตรวจสอบเนื้อหาของแต่ละทวีตเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมเพื่อประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์ ผลการตรวจสอบพบว่าโปรแกรมวิเคราะห์ถูกต้องจำนวน 61 ทวีต คิดเป็นร้อยละ 76.25

จากการทดสอบระบบแสดงผลแดชบอร์ด พบว่าระบบสามารถแสดงข้อมูลที่ได้จากการสกัดและการวิเคราะห์ในรูปแบบที่ถูกต้อง ครบถ้วน รวมทั้งทำงานแบบปฏิสัมพันธ์และอัตโนมัติ นอกจากนี้ข้อมูลที่แสดงในแดชบอร์ดช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างสะดวกและเข้าใจง่าย ตัวอย่างการแสดงผลของแดชบอร์ดสามารถดูได้ดัง ภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างแดชบอร์ดนำเสนอข้อมูลทวีต

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดซอฟต์แวร์ (Software Specification) ที่กำหนดไว้ โดยทุกกระบวนการตั้งแต่การดึงข้อมูล การสกัดประเทศ การสกัดแฮชแท็ก และการแสดงผลแดชบอร์ดสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์

ในส่วนของการวิเคราะห์หัวข้อ พบว่าโปรแกรมสามารถจัดกลุ่มหัวข้อของทวีตตัวอย่างได้ถูกต้องในอัตราความถูกต้อง ร้อยละ 86.25 แต่พบว่ากลุ่มที่ 1 (Exploring_Food_Markets_and_Beach_Life_in_Phuket) มีอัตราความผิดพลาดสูงกว่ากลุ่มที่ 2 (Thai_Visa_Regulations_and_Travel_Inquiries) ซึ่งอาจเกิดจากลักษณะของข้อมูลในกลุ่มที่ 1 ที่มีความหลากหลายและคลุมเครือ ขณะที่กลุ่มที่ 2 มีหัวข้อที่เฉพาะเจาะจงมากกว่า ทำให้

การวิเคราะห์ง่ายและแม่นยำขึ้น ดังนั้นการเพิ่มจำนวนกลุ่มเพื่อให้เนื้อหาในแต่ละกลุ่มมีความชัดเจนและเฉพาะเจาะจงมากขึ้น อาจช่วยลดอัตราความผิดพลาดได้

สำหรับการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์พบว่ามีความถูกต้องในอัตราร้อยละ 76.25 ซึ่งต่ำกว่าการวิเคราะห์หัวข้อ สาเหตุหนึ่งอาจมาจากลักษณะข้อความในทวีตที่มีความสั้น กระชับ และมักใช้ภาษาที่ไม่เป็นทางการ ซึ่งอาจทำให้โมเดลสับสนในการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ การเพิ่มข้อมูลชุดสอนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับทวีตหรือข้อมูลจากโซเชียลมีเดียอื่น ๆ ให้มากขึ้น อาจช่วยลดข้อผิดพลาดได้

สรุปผล

บทความวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักท่องเที่ยวบนแพลตฟอร์ม X โดยใช้กรณีศึกษาจังหวัดภูเก็ต ระบบถูกออกแบบและพัฒนาเพื่อรวบรวม สกัด และวิเคราะห์ข้อมูลจากข้อความทวีต เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกที่สามารถนำไปใช้สนับสนุนการวางแผนการท่องเที่ยวและการตัดสินใจเชิงนโยบาย

ผู้วิจัยใช้ภาษา Python ในการพัฒนา และใช้ Google Looker Studio ในการแสดงผลแดชบอร์ด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถทำงานได้ตรงตามข้อกำหนดซอฟต์แวร์ (Software Specification) ที่กำหนดไว้ โดยมีความถูกต้องในการดึงข้อมูล การสกัดประเทศ และการสกัดแฮชแท็ก นอกจากนี้ การวิเคราะห์หัวข้อสามารถจัดกลุ่มทวีตได้ในอัตราความถูกต้อง ร้อยละ 86.25 และการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์มีความถูกต้อง ร้อยละ 76.25

ระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว โดยช่วยให้ผู้เกี่ยวข้อง เช่น หน่วยงานรัฐ ผู้ประกอบการ และนักวิจัย สามารถเข้าใจความคิดเห็นและพฤติกรรมของนักท่องเที่ยวได้ดีขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาแผนการตลาด การบริการ และนโยบายที่ตอบสนองความต้องการของนักท่องเที่ยวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แนวทางการปรับปรุงระบบในอนาคต ได้แก่ การเพิ่มคำค้นให้ครอบคลุมหัวข้อที่หลากหลายยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น การขยายการใช้งานระบบไปยัง Web Forums และ Social Media อื่น ๆ เพื่อเพิ่มแหล่งข้อมูล และการพัฒนาระบบให้สามารถวิเคราะห์ข้อความในภาษาต่าง ๆ นอกเหนือจากภาษาอังกฤษ เพื่อให้รองรับกลุ่มเป้าหมายในประเทศอื่น ๆ ได้อย่างครอบคลุม

เอกสารอ้างอิง

ปภัสนันท์ ชมจันทึก. 2561. พฤติกรรมการเปิดรับ ทัศนคติ และกระบวนการตัดสินใจท่องเที่ยวตามแฮชแท็กท่องเที่ยวบนทวิตเตอร์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวารสารศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ. https://digital.library.tu.ac.th/tu_dc/frontend/Info/item/dc:164800

พิเชษฎ์ จุลรอด, และดินสอ บุญมา. 2566. การวิเคราะห์ความรู้สึกของผู้บริโภคและใช้บริการร้านอาหารและร้านค้าในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่. วารสารสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 1(1): 73-83. https://lis.human.cmu.ac.th/Journal/file/CMU_ISJ05-PRINT.pdf

ศิวกร ดีชูศร, ศิรภัสสร สุขขนาน, และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น. 2566. การพัฒนาเว็บไซต์เผยแพร่ทวิตสัตว์เลี้ยงที่ต้องการการอุปถัมภ์. น. 233-237. ใน: การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ.

Amrutha, B., and Mintu, P. 2014. Keyword Based Tweet Extraction and Detection of Related. pp. 364371. In: The International Conference on Information and Communication Technologies. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915000964

Huahai, Y. , and Yunyao, L. 2013. Identifying User Needs from Social Media. Available: https://www.researchgate.net/publication/264782517_Identifying_User_Needs_from_Social_Media. Accessed Feb.18, 2025.

ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส

Online Maintenance Notification System, E&A Service Partnership Limited

นางสาวนิฟาติน สะมาแอ[1] มาหามะยูนัยนัน ดอรอเฮ็ง[1] และบุญธิดา จิรรัตนโสภา[1*]

Nifatin Sama-ae[1], Mahamayunainan Doroheng[1], and Boonthida Chiratanasopha[1*]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[1]Information Technology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

133 Thesaban Road 3, Sateng Sub-district, Mueang District, Yala Province 95000

***Corresponding author E-mail: boontida.j@yru.ac.th**

บทคัดย่อ

ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส และ3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยใช้หลักการตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ โปรแกรม ภาษา PHP, HTML, Visual Studio Code และใช้ MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล ผลการวิจัย ระบบแจ้งซ่อมบำรุงห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส พบว่า 1) ระบบแบ่งการทำงานตามสิทธิ์ผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงาน ช่างซ่อม และผู้ใช้บริการ โดยแบ่งตามขอบเขตงานหลัก ดังนี้ จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน บักทึกข้อมูลผู้ใช้งาน บันทึกข้อมูลลูกค้า ทำรายการแจ้งซ่อม จัดการข้อมูลอะไหล่ ทำการเบิกอะไหล่ จัดพิมพ์ใบเสร็จ และออกรายงาน 2) ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.38, S.D. = 0.30) และ3) ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.04)

คำสำคัญ : แจ้งซ่อม ซ่อมบำรุง ออนไลน์

Abstract

The Online Maintenance Notification System E&A Service Partnership Limited objectives are 1) to analyze, design, and develop the Online Maintenance Notification System E&A Service Partnership Limited 2) to evaluate the quality of the Online Maintenance Notification System E&A Service Partnership Limited 3) to evaluate the satisfaction of user of the Online Maintenance Notification System E&A Service Partnership Limited. This research using the principles of the

System Development Life Cycle (SDLC) theory. The tools used in system development include PHP, HTML, Visual Studio Code, and MySQL for database management. The research results of the Online Maintenance Notification System E&A Service Partnership Limited found that 1) the system divides the work into 4 groups according to user right: administrators, employee, repair technicians, and service users. It is divided according to the main scope of work as follows: managing user data, recording user data, recording customer data, making repair reports, managing spare parts data, withdrawing spare parts, printing receipts, and generating reports. 2) The system quality assessment results by experts are at the level ($\bar{x}$ = 4.38, S.D. = 0.30) and 3) The satisfaction assessment results by users are at the level ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.04).

Keywords : Repair Notification, Maintenance, Online

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตและการดำเนินงานจนกลายเป็นส่วนสำคัญในทุกภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคธุรกิจการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นและสำคัญมากขึ้น ร้านประกอบการธุรกิจขนาดใหญ่หรือขนาดเล็กจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้และวางแผน กลยุทธ์ให้สอดคล้องและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ด้วยการนำเทคโนโลยีที่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้ามาปรับใช้ เพื่อช่วยทำให้การดำเนินธุรกิจเป็นไปอย่างราบรื่นและประสบความสำเร็จ ในปัจจุบันการใช้งานอุปกรณ์สื่อสารเคลื่อนที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเป็นผลมาจากการให้บริการแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่เพิ่มมากขึ้นเพื่อตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้ที่มีความหลากหลาย การออกแบบและพัฒนาระบบแจ้งซ่อมออนไลน์สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยสนับสนุนในการทำงานของภาคธุรกิจร้านค้าได้ เพื่อให้เกิดการทำงานที่เป็นระบบและแสดงให้เห็นถึงกระบวนทำงานในแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่กระบวนการแจ้งซ่อม รอซ่อม ซ่อมเสร็จ และการชำระค่าบริการการซ่อม รวมถึงสามารถบริหารจัดลำดับแต่ละกระบวนการของการจัดการปัญหาแจ้งซ่อมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้แนวทางที่มีการแจ้งงานผ่านระบบออนไลน์ เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานและประสานงานการให้บริการซ่อม ตลอดจนการติดตามผลการดำเนินงานระหว่างผู้ให้บริการกับผู้ใช้บริการได้อย่างครบถ้วนและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ระบบยังสามารถช่วยสรุปข้อมูลเพื่อประโยชน์ต่อผู้บริหารในการจัดทำรายงานต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจได้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดในการบริหารจัดการระบบแจ้งซ่อมออนไลน์ รวมถึงการแก้ไขปัญหาระบบแจ้งซ่อมออนไลน์ให้กับร้านค้าสามารถปฏิบัติงานสำเร็จบรรลุผลได้เป็นอย่างดี

ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ตั้งอยู่ในจังหวัดยะลา เปิดกิจการมา ตั้งแต่ปี พ.ศ.2563 เป็นธุรกิจร้านขายปลีกเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดในครัวเรือนที่รับติดตั้งและซ่อมบำรุง เช่น รับติดตั้งแอร์ รับติดตั้งระบบไฟฟ้าและให้บริการซ่อม ทั้งภายในและภายนอกร้าน รวมถึงมีการดูแลหลังการขายทั้งในเรื่องผลิตภัณฑ์ และซ่อมบำรุง

ต่าง ๆ เนื่องจากทางร้านมีลูกค้าเป็นจำนวนมาก ทำให้การบริการไม่ทั่วถึงและไม่ครอบคลุม ข้อมูลที่ทางร้านรวบรวมเก็บไว้ส่วนมากจะเก็บในรูปแบบของการจดบันทึกลงกระดาษหรือสมุดบันทึก ซึ่งอาจมีการชำรุดหรือเสียหายเมื่อไหร่ก็ได้ และทางร้านไม่ได้มีการเก็บประวัติการซ่อม หรือการใช้งานต่าง ๆ จึงทำให้เกิดความผิดพลาดในการให้บริการลูกค้า บางครั้งทางร้านยังขาดการเตรียมงาน ประสานงานเบื้องต้น ขาดการติดตามงาน ทำให้การทำงานล่าช้าและไม่ต่อเนื่อง ทำให้การซ่อมบำรุงผลิตภัณฑ์ล่าช้าไปด้วย โดยรวมถึงการบริการหลังการขาย ปัจจุบันยังขาดการประเมินคุณภาพและบริการ ทางร้านจึงมีความต้องการให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของลูกค้าภายในร้าน ข้อมูลของพนักงานภายในร้าน และข้อมูลการบริการการซ่อมบำรุงให้เรียกดูข้อมูลย้อนหลังที่เกี่ยวกับการให้บริการซ่อมบำรุง และมาบริหารจัดการแจ้งซ่อมออนไลน์อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีการประเมินผลบริการหลังการขาย

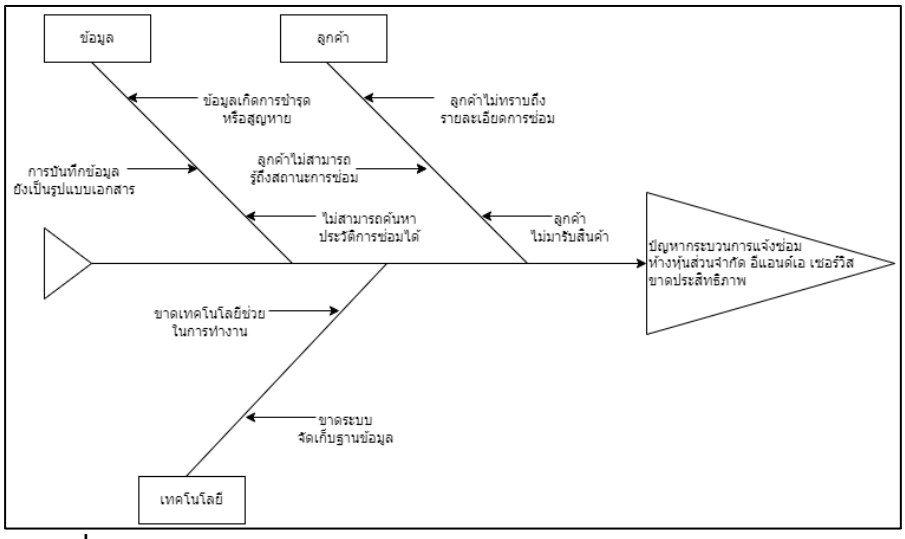
จากแนวทางและปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงอุปกรณ์ออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยมีส่วนรับแจ้งปัญหา การติดตามการซ่อมบำรุง และการรายงานสรุปในรูปแบบระบบแจ้งซ่อมออนไลน์ ซึ่งระบบสามารถใช้งานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตผ่านโปรแกรมเว็บบราวเซอร์ (Web Browser) ทำให้สามารถทำงานจากที่ใดก็ได้ และเป็นการทำงานแบบเรียลไทม์ (Real Time) โดยระบบนี้จะสามารถช่วยเพิ่มความเป็นระบบระเบียบในการจัดการข้อมูล รวมถึงให้บริการแจ้งซ่อมบำรุงให้มีประสิทธิภาพในการดำเนินงานมากขึ้น เช่น ผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ และดูประวัติการแจ้งซ่อมทั้งหมดในระบบ ในส่วนของพนักงาน สามารถเข้าสู่ระบบ ดูงานการแจ้งซ่อมที่เข้ามาทั้งหมด จัดการข้อมูลผู้ใช้บริการ มอบหมายงานให้ช่างซ่อมบำรุง ดูประวัติการแจ้งซ่อมที่เข้ามาทั้งหมด สามารถเพิ่มข้อมูลอะไหล่ และผู้ใช้บริการสามารถเข้าสู่เว็บไซต์ได้ แจ้งซ่อมผ่านระบบออนไลน์ ดูข้อมูลการแจ้งซ่อม ใบเสนอราคาสามารถที่จะกดยืนยันหรือยกเลิกการซ่อมได้ สามารถติดตามสถานะระหว่างการเข้าซ่อม และชำระเงินได้ เป็นต้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ผู้วิจัยได้ศึกษาขั้นตอนการทำงานของแบบเดิม มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. กำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบงาน

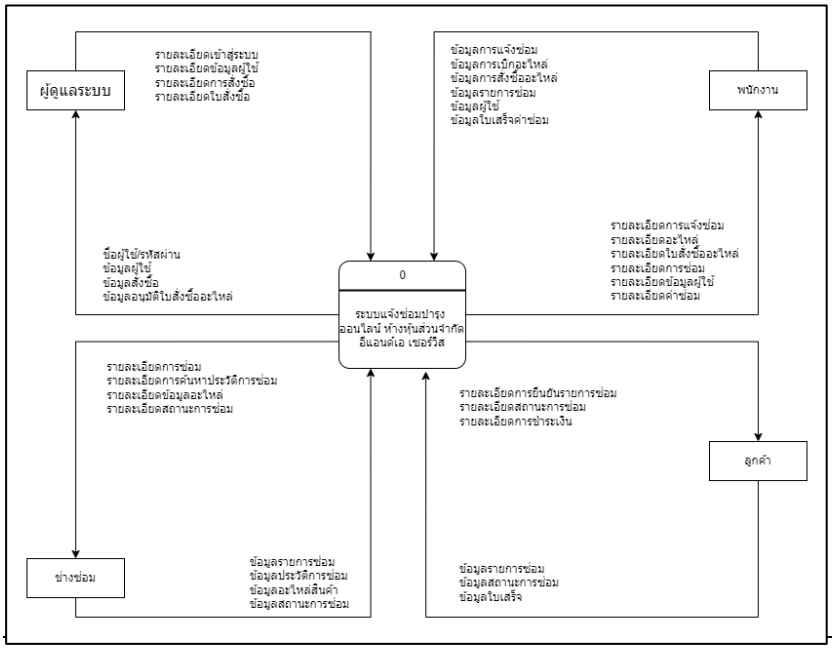
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการทำงานของระบบงานเดิมที่ต้องการพัฒนา ทำให้ทราบถึงข้อมูลต่าง ๆ ขอบข่ายงานและความสามารถในการทำงานของระบบที่ต้องการพัฒนา ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องการจะใช้ระบบงานใหม่มานำเสนอ ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยสามารถอธิบาย และเขียนเป็นแผนผังเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) ของระบบงานเดิม แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) ของระบบงานเดิม

2. การวิเคราะห์ระบบ (Analysis)

เมื่อศึกษาระบบงานปัจจุบัน และขั้นตอนการทำงานเดิมทั้งสภาพปัญหา และอุปสรรคของการทำงานแบบเดิม ผู้พัฒนาจึงได้ทำการวิเคราะห์ และออกแบบระบบใหม่ ในรูปแบบระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ผ่านเว็บ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพบริบทของระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส

3. การออกแบบ (Design)

การออกแบบเป็นขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางลอจิคัล (Logical Model) มาพัฒนาเป็นฟิสิคัลโมเดล (Physical Model) ให้สอดคล้องกัน โดยการออกแบบจะเริ่มส่วนของอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ และอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาพัฒนาออกแบบจำลองข้อมูล (Data Model) ออกแบบรายงาน (Output Design) และออกแบบจอภาพในการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) รวมถึงการจัดทำพจนานุกรม (Data Dictionary) จากนั้นจึงค่อยนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลตามหลักการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) สำหรับระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส

4. การพัฒนาระบบ (Development)

การพัฒนาระบบในขั้นตอนนี้ ผู้พัฒนาเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยพิจารณาโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาซึ่งนึกถึงด้านความเหมาะสมกับเทคโนโลยีที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งในที่นี้ได้เลือกใช้ ภาษา PHP ที่ศึกษาใน (พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร 2550; อนรรฆนงค์ คุณมณี 2550) และนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการจัดการฐานข้อมูล คือ MySQL เป็นระบบฐานข้อมูลที่ใช้กันมากในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นซอฟต์แวร์ที่มีประสิทธิภาพสูง (สงกรานต์ ทองสว่าง 2546) การจำลองเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ด้วยการติดตั้งโปรแกรม XAMPP เพื่อไว้ทดสอบสคริปหรือเว็บไซต์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยที่ไม่ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต ซึ่งการทำงานผ่าน Web Browser สามารถทำได้ง่าย สำหรับ Visual Studio Code เป็นโปรแกรม Code Editor ที่ใช้ในการแก้ไข และปรับแต่งชุดคำสั่งหรือโค้ดของระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส เหตุผลที่ผู้พัฒนาเลือกใช้โปรแกรมเหล่านี้ เพราะเป็นโปรแกรมที่ติดตั้งได้ง่าย ใช้งานสะดวก ไม่มีปัญหาเรื่องลิขสิทธิ์ ในการติดตั้งและใช้งาน รวมถึงมีแหล่งเรียนรู้เพื่อการสืบค้นข้อมูลในการพัฒนาระบบจากอินเทอร์เน็ตและหนังสือมากมาย

5. การทดสอบ (Testing)

ขั้นตอนการทดสอบระบบก่อนจะนำไปใช้งานจริง ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบข้อมูลเบื้องต้นด้วยการสร้างข้อมูลจำลอง เช่น ข้อมูลผู้ดูแลระบบ ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลช่าง และข้อมูลพนักงาน เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส เมื่อพบว่า มีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ผู้พัฒนาจะย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขงานในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมใหม่ทำวนไปเรื่อย ๆ จนไม่มีข้อผิดพลาดหรือปัญหาจากการใช้งานอีก

6. การติดตั้ง (Implementation)

หลังจากการทดสอบระบบจนมีความมั่นใจแล้วว่า ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส สามารถทำงานได้จริง และตรงตามความต้องการของผู้ใช้ จึงทำการติดตั้งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้กับระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง

7. การบำรุงรักษา (Maintenance)

การปรับปรุงแก้ไขระบบหลังจากที่ได้มีการติดตั้ง และใช้งานแล้วในขั้นตอนนี้ อาจเกิดจากปัญหาของโปรแกรม (Bug) ซึ่งต้องแก้ไขให้ถูกต้อง หรืออาจจะเกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องปรับเพิ่มโมดูลในการทำงานอื่น ๆ โดยขึ้นกับความเหมาะสมที่ผู้พัฒนาจะขอพิจารณาตามข้อกำหนด หรือเงื่อนไขของขอบเขตงานที่เคยตกลงไว้ก่อนหน้านี้

สำหรับสถิติที่ใช้ในการประเมินผล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน 5 ระดับ และทำการแปรผลคะแนนมีเกณฑ์ดังนี้

1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจน้อยที่สุด
1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจน้อย
2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจปานกลาง
3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจมาก
4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจมากที่สุด

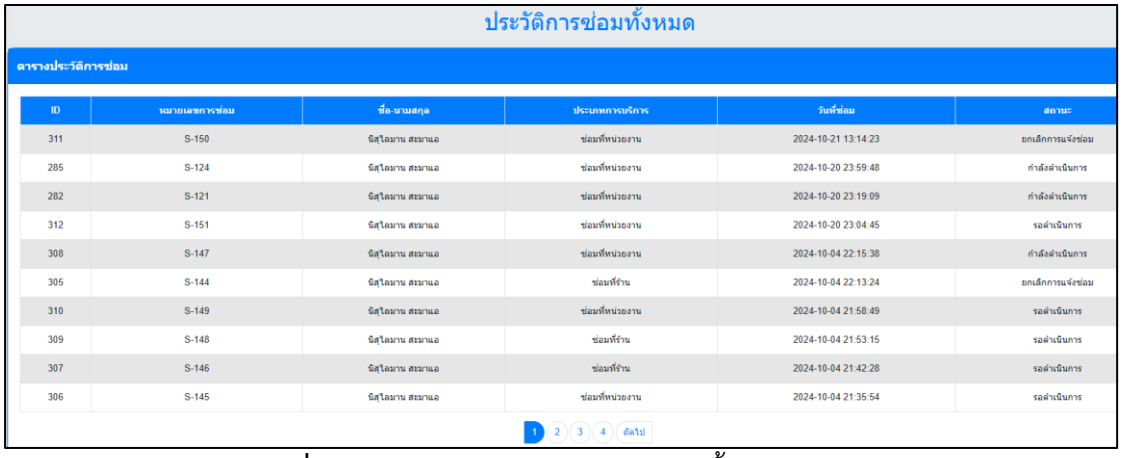
ผลการวิจัย

การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ผู้พัฒนาได้ดำเนินการตามกระบวนการ และขั้นตอนต่าง ๆ จนได้ผลการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส และได้ประเมินผลระบบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และการประเมินผลความพึงพอใจโดยผู้ใช้ โดยมีผลการวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบ

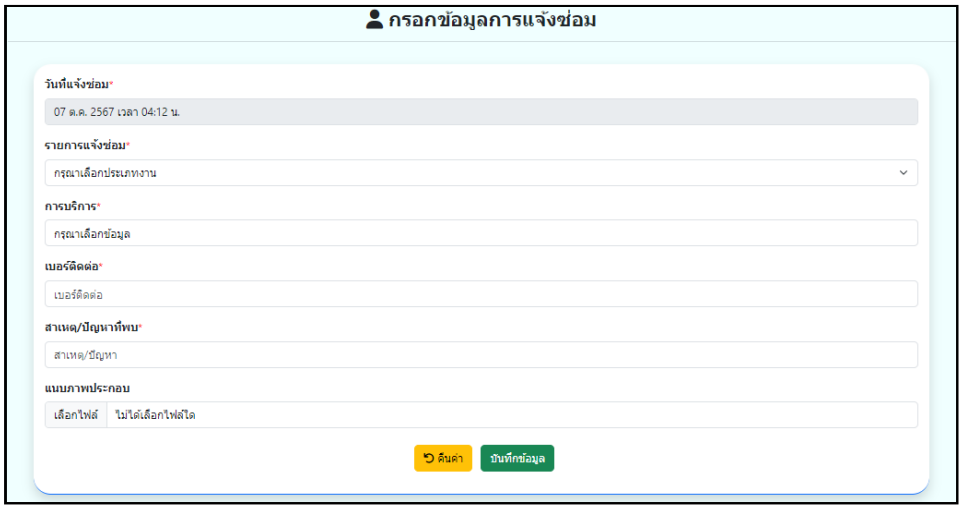
จากการศึกษาการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ได้พัฒนาตามขั้นตอนการทำงานคือ ออกแบบระบบ พัฒนาโปรแกรม ทดสอบโปรแกรม และนำระบบไปใช้งานจริง ในที่นี้ได้แสดงตัวอย่าง ผลการพัฒนาส่วนการนำเข้าข้อมูล (Input) และส่วนแสดงผลข้อมูล (Output) บางส่วนของระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส และหน้าจอบางส่วนของผู้ดูแลระบบที่ผู้พัฒนาได้ทำตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้จนเสร็จสมบูรณ์ โดยภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างในส่วนของผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้งาน ช่างซ่อม และพนักงานในหน้าจอการเข้าสู่ระบบเพื่อใช้งาน และภาพที่ 4 หน้าหลักที่ประกอบด้วยการแสดงประวัติการแจ้งซ่อมของผู้ใช้งานทั้งหมด

ภาพที่ 3 หน้าจอการเข้าสู่ระบบ

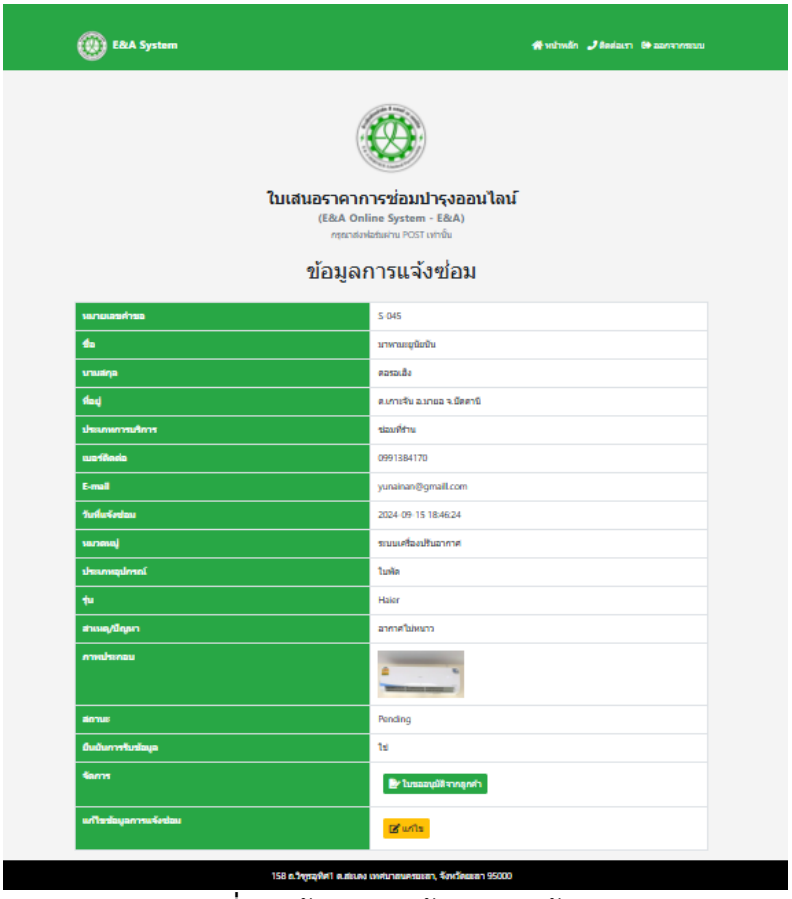


ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงประวัติการแจ้งซ่อมทั้งหมดในระบบ

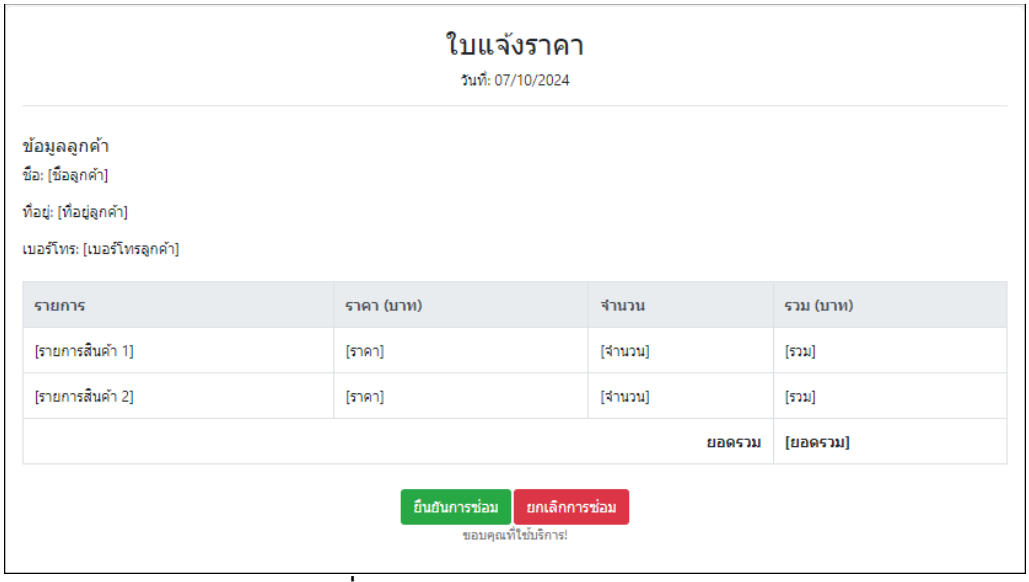
ผลการพัฒนาระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ตามขอบเขตงาน คือ แจ้งซ่อมผ่านระบบออนไลน์ ดูข้อมูลบันทึกการแจ้งซ่อมและใบเสนอราคา สามารถยืนยันการแจ้งซ่อมหรือยกเลิกการแจ้งซ่อม ติดตามสถานะระหว่างการเข้าซ่อม รวมถึงการชำระค่าบริการซ่อมบำรุง ดังนี้



ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงข้อมูลการแจ้งซ่อม

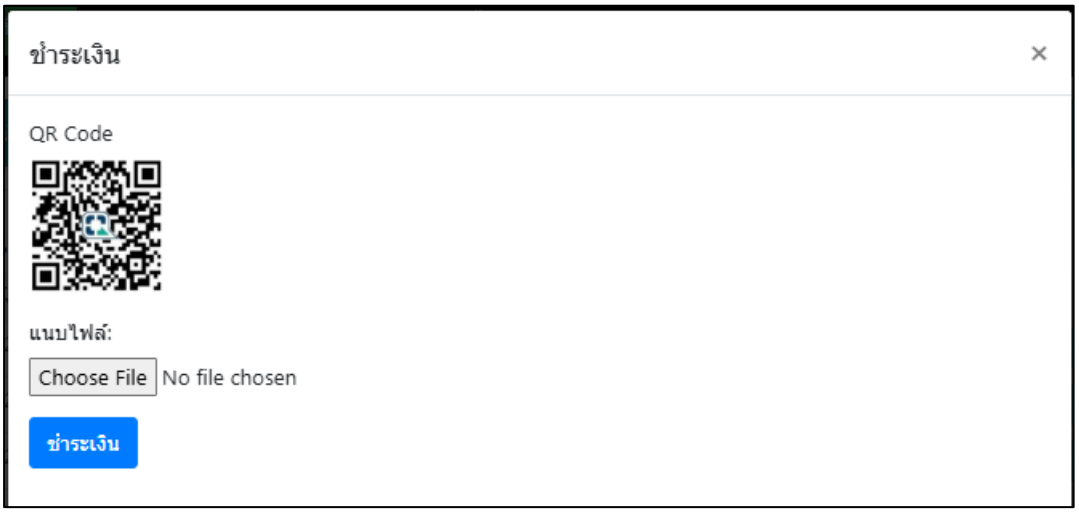


ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงข้อมูลการแจ้งซ่อม



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงข้อมูลใบเสนอราคา

ภาพที่ 8 หน้าจอแสดงข้อมูลการติดตามสถานะ



ภาพที่ 9 หน้าจอแสดงการชำระค่าบริการซ่อมบำรุง

2. ผลการประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งาน

ผลการประเมินระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ทางผู้พัฒนาได้กำหนดขอบเขตการประเมิน โดยแบ่งเป็น 2 ชุดด้วยกัน คือ ชุดที่ 1 แบบประเมินคุณภาพระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยผู้เชี่ยวชาญ และชุดที่ 2 แบบประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส

จากประเมินคุณภาพ ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบการทำงานต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนาโดยประเมิน 4 ด้าน คือ ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบระบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ผลการประเมินแสดงดัง ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1.ด้านความปลอดภัย	4.53	0.31	มากที่สุด
2.ด้านความถูกต้อง	4.43	0.31	มาก
3.ด้านการออกแบบ	4.50	0.23	มากที่สุด
4.ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	3.92	0.29	มาก
ภาพรวม	4.38	0.30	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.38, S.D. = 0.30) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความปลอดภัย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.53, S.D. = 0.31) รองลงมาด้านการออกแบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.50, S.D. = 0.23) ด้านความถูกต้อง อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.31) และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.92, S.D. = 0.29) ตามลำดับ

ผลการประเมินความพึงพอใจระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยผู้ใช้งานระบบ 30 คน พบว่า ระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.04) เมื่อพิจารณาตามรายละเอียด พบว่า ทุกด้านมีความพึงพอใจอยู่ในระดับที่มาก ด้านกระบวนการทำงานของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ =4.46, S.D. =0.04) รองลงมาเป็นด้านการติดต่อกับระบบงาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. = 0.09) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการริเริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ และทำการออกแบบและพัฒนา จัดทำระบบแจ้งซ่อมบำรุงออนไลน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ ที่ได้กำหนดไว้ อาจเนื่องมาจากการประสบผลสำเร็จทางด้านการวิเคราะห์ และออกแบบระบบที่สามารถทำได้ดี โดยใช้ภาษา **PHP** ในการพัฒนา และใช้โปรแกรม **MySQL** ในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ กฤษณพงศ์ กันจันทร์วงศ์ และ จันทร์จิรา แก้วภักดี (2562). ทั้งนี้เนื่องจากขอบเขตงานของระบบใหม่สามารถช่วยในด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ รวมถึงด้านประโยชน์และการนำไปใช้งานได้ดี และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ เบญจพร สัธนรักษาเวศ และ จีระวรรณ วิสายอน (2561) และผลงานวิจัยของ ประทีป เทพยศ และ อภิรมย์ อังสุรัต (2562). ที่พบว่า ระบบบริหารจัดการงานซ่อม สามารถช่วยให้มีความสะดวก รวดเร็วต่อการแจ้งซ่อมและตอบสนองต่อผู้ใช้งานอย่างมาก และถูกต้องมากยิ่งขึ้น รวมถึงยังมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพ จากผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานซึ่งปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจ ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้จริง โดยใช้แบบประเมินที่มีมาตราวัด ประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (**S.D.)** ผลการวิจัย พบว่า ภาพรวมผลการประเมินประคุณภาพของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.38**, S.D. =** 0.30) และภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.43**, S.D. =** 0.04)

สรุปผล

ห้างหุ้นส่วนจำกัด อีแอนด์เอ เซอร์วิส ทางร้านมีการให้บริการหลากหลาย ทำให้การทำงานซับซ้อนและยุ่งยาก ทางผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงประเด็นสำคัญหลายอย่างที่ควรได้รับการแก้ไข ประเด็นแรกลูกค้าไม่สามารถที่จะเข้าเช็คสถานะการซ่อมได้ ทำให้ลูกค้าต้องมาคอยรอการแจ้งจากทางร้าน ประเด็นที่สองลูกค้าไม่ได้รับการแจ้งราคาล่วงหน้าและไม่สามารถที่จะยกเลิกหรือยืนยันการซ่อมด้วยตนเอง ทำให้บ้างกรณีลูกค้าไม่ได้มารับคืนสินค้าที่ซ่อมไว้กับทางร้าน ประเด็นที่สามพนักงานสามารถเบิกอุปกรณ์เองได้ โดยไม่ผ่านเจ้าของร้านหรือผู้จัดการ และไม่มีการทำเอกสารอนุมัติ ทางร้านจึงไม่ทราบถึงบุคคลที่เบิกและจำนวนที่เบิกอุปกรณ์ไป ด้วยเหตุนี้ทางร้านจำเป็นจะต้องมีระบบบแจ้งซ่อม เพื่อบรรเทาปัญหาภายในร้าน ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และ พัฒนาระบบแจ้งซ่อม 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบแจ้งซ่อม 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบแจ้งซ่อม ผลการวิจัย พบว่า 1) การพัฒนาระบบใช้เครื่องมือสำคัญ ประกอบด้วย โปรแกรม ภาษาPHP, HTML, Visual Studio Code และใช้ MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล โดยระบบจะแบ่งตามสิทธิ์ การใช้งาน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย 1.1) กลุ่มของผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการสิทธิ์เข้าใช้งาน จัดการข้อมูลผู้ใช้ระบบ อนุมัติใบสั่งซื้อ และสามารถดูรายงานการซ่อม 1.2)

กลุ่มของพนักงาน สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลลูกค้า ทำรายแจ้งซ่อม แจ้งรายละเอียดการซ่อม ทำการเบิกอะไหล่ พิมพ์ใบสั่งซื้ออะไหล่ ปรับเพิ่มสินค้าลงสต็อก และพิมพ์ใบเสร็จรับเงิน 1.3) กลุ่มของช่าง สามารถเข้าสู่ระบบ เลือกรายการแจ้งซ่อม ค้นหาประวัติการซ่อม และบันทึกข้อมูลการซ่อม 1.4) กลุ่มของลูกค้า สามารถเข้าสู่ระบบ เช็ครายละเอียดการแจ้งซ่อม ตรวจสอบสถานะการแจ้งซ่อม และชำระเงิน 2) ผลการประเมินคุณภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 คน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.38, S.D. = 0.30) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่าง รวมจำนวน 30 คน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.43 , S.D. = 0.04)

เอกสารอ้างอิง

กฤษณพงศ์ กันจันทร์วงศ์ และจันทร์จิรา แก้วดี. 2565. ระบบจัดแจ้งซ่อมบำรุงหลังการขายเครื่องปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ ปริญญานิพนธ์บริหารธุรกิจบัณฑิต การจัดการ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

เบญจพร สัธนรักษาเวศ และจีระวรรณ วิสายอน. 2561. การพัฒนาระบบบริหารจัดการซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ กรณีศึกษา บริษัทมิตซูขอนแก่นยนต์ไพบูลย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. 1(2): 6-11.

ประทีป เทพยศ และอภิรมย์ อังสุรัต. 2562. การพัฒนาและประเมินระบบแจ้งซ่อมบำรุงครุภัณฑ์ออนไลน์ คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. วารสารการพัฒนางานประจำสู่งานวิจัย. 8(8): 1-12.

พร้อมเลิศ หล่อวิจิตร. 2550. คู่มือเรียน PHP และ MySQL สำหรับผู้เริ่มต้น: ใช้ได้ทั้งเวอร์ชั่น 5 และ 6. โปรวิชั่น, กรุงเทพฯ.

สงกรานต์ ทองสว่าง. 2546. MySQL ระบบฐานข้อมูลสำหรับอินเตอร์เน็ต. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

อนรรฆนงค์ คุณมณี. 2550. Basic of PHP. ไอดีซีฯ, นนทบุรี.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2560. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ฉบับปรับปรุงเพิ่มเติม. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ความคิดเห็นของนักเรียนในวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง

Sentiment Analysis of Student Opinions at Phuket Vocational College using Machine Learning Techniques

บุญมี นิสสัยดี[1] พิทา จารุพูนผล[2] และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[3*]

Boonmee Nissaidee[1], Pita Jarupunphol[2] and Nasith Laosen[3*]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
21 หมู่ 6 ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University
21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะมีประโยชน์ในหลากหลายบริบท รวมถึงในสถานศึกษา ซึ่งสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่ช่วยในการระบุปัญหา วางแผนกลยุทธ์ พัฒนาคุณภาพการศึกษา และปรับปรุงการดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ (Sentiment Analysis) ของความคิดเห็นของนักเรียนในวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ข้อมูลที่อยู่ในระบบประเมินคุณภาพของวิทยาลัยถูกนำมาใช้เป็นชุดข้อมูล โดยผ่านกระบวนการทำความสะอาดข้อมูล การใส่ป้ายกำกับขั้วอารมณ์ และแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดสอน ชุดตรวจสอบ และชุดทดสอบในอัตราส่วน 70:15:15 ในงานวิจัยนี้ โมเดลการเรียนรู้ของเครื่องสองแบบ คือ โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกแบบ BiLSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory) และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ XLM-R (Cross-Lingual Language Model with RoBERTa architecture) ถูกนำมาใช้งานและเปรียบเทียบ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโมเดล XLM-R มีค่าความถูกต้องสูงกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 81.2% ในขณะที่ BiLSTM มีค่าเท่ากับ 75.9%

คำสำคัญ : การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ ความคิดเห็นของนักศึกษา วิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต การประมวลผลภาษาไทย

Abstract

The analysis of feedback or opinion data is beneficial across various contexts, including education, where it provides valuable insights for identifying issues, planning strategies, improving the quality of education, and enhancing operational efficiency. This study focuses on sentiment analysis of student opinions at Phuket Vocational College using machine learning techniques.

Data from the college's quality assessment system were utilized as the dataset, undergoing preprocessing steps such as data cleaning, sentiment labeling, and splitting into training, validation, and test sets at a 70:15:15 ratio. In this research, two machine learning models, i.e., the Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) and the Cross-Lingual Language Model with RoBERTa architecture (XLM-R), were applied and compared. The experimental results indicate that the XLM-R model outperformed BiLSTM in terms of accuracy, achieving 81.2% compared to BiLSTM's 75.9%.

Keywords : Sentiment Analysis, Student Feedback, Phuket Vocational College, Thai Language Processing

บทนำ

หลักการและเหตุผล

การนำความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ (Feedback) มาวิเคราะห์และปรับปรุงการดำเนินงานขององค์กร ถือเป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้องค์กรสามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในบริบทของสถานศึกษา การวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนสามารถให้ข้อมูลเชิงลึกที่ช่วยพัฒนาคุณภาพการศึกษาและเสริมสร้างความพึงพอใจของนักเรียนในระยะยาว การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกจากความคิดเห็นยังช่วยให้องค์กรสามารถระบุปัญหาในเชิงระบบ วางแผนพัฒนากลยุทธ์ได้อย่างแม่นยำ และดำเนินการปรับปรุงที่ตรงจุด ซึ่งส่งผลดีต่อภาพลักษณ์และประสิทธิภาพโดยรวม

วิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ตตระหนักถึงความสำคัญของความคิดเห็นจากนักเรียน จึงได้พัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการประเมินคุณภาพขึ้นมาเพื่อรวบรวมความคิดเห็นในหลากหลายมิติที่สำคัญ โดยครอบคลุม 4 ด้านหลัก ได้แก่ 1) การปฏิบัติงานของผู้สอน 2) การออกแบบหลักสูตร 3) ความเพียงพอ ของสิ่งอำนวยความสะดวก และ 4) หมวดหมู่อื่น ๆ สำหรับข้อเสนอแนะทั่วไป ระบบนี้ช่วยให้วิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ตสามารถรวบรวมความคิดเห็นในรูปแบบที่เป็นระบบ และสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ได้ อย่างไรก็ตาม ระบบสารสนเทศดังกล่าวยังคงเป็นเพียงเครื่องมือพื้นฐานที่ไม่ได้ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้การประมวลผลข้อมูลต้องอาศัยแรงงานคนและอาจขาดความแม่นยำในบางกรณี

เพื่อแก้ไขปัญหานี้ งานวิจัยจึงมุ่งเน้นการพัฒนาแบบจำลองการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ (Sentiment Analysis) จากความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นภาษาไทยแบบอัตโนมัติ โดยทดลองเปรียบเทียบโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง 2 แบบ คือ โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกแบบ BiLSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory) ซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้ลำดับข้อความทั้งไปข้างหน้าและย้อนกลับ และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ XLM-R (Cross-Lingual Language Model with RoBERTa architecture) ซึ่งเป็น

Multilingual Pretrained Large Language Model ที่สามารถวิเคราะห์ข้อความหลายภาษารวมทั้งข้อความภาษาไทย (Conneau, 2020) โมเดลที่ได้มาจะถูกนำไปใช้พัฒนาปรับปรุงให้ระบบประเมินคุณภาพสามารถวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของข้อคิดเห็นและแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ดได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้ผู้บริหารวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการนำการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากขึ้น โดยเฉพาะในด้านศึกษา ตัวอย่างเช่น Santos และคณะ (2018) ใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อความ (Text Mining) มาวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของข้อมูลรีวิวออนไลน์จากนักศึกษานานาชาติ เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อชื่อเสียงและความสำเร็จของสถาบันอุดมศึกษา ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าหากสถาบันมีการสนับสนุนค่าใช้จ่ายการดำรงชีวิต มีหลักสูตรภาษาอังกฤษ และสภาพแวดล้อมที่ดีจะ ส่งผลต่อภาพลักษณ์เชิงบวกของสถาบัน Al-Hail และคณะ (2023) วิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของนักศึกษาและอาจารย์จากทั่วโลกเกี่ยวกับการผสานสื่อดิจิทัลและโซเชียลมีเดียในการเรียนการสอนในช่วงและหลังการระบาดของ COVID-19 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสถาบันการศึกษายังคงต้องปรับปรุงเนื้อหาและกลยุทธ์การเรียนรู้เรียนแบบผสมผสาน (Blended Learning) และแบบออนไลน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา Çiçek Korkmaz (2023) ใช้การวิเคราะห์ขั้วอารมณ์เพื่อทำความเข้าใจความคิดเห็นของประชาชนในช่วงการระบาดของ COVID-19 โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อความวิเคราะห์โพสต์ใน Twitter กว่า 30,000 รายการที่เกี่ยวข้องกับคำว่าการศึกษาพยาบาล (Nursing Education) และคำอื่นที่เกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นเชิงบวกมีถึง 84% ในขณะที่ความคิดเห็นเชิงลบและเป็นกลางมีเพียง 12% และ 4% ตามลำดับ ข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดกลยุทธ์เพื่อสนับสนุนวิชาชีพพยาบาลในช่วงวิกฤตได้อย่างมีประสิทธิภาพ Alsemaree และคณะ (2024) ทำพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของรีวิวสินค้าเกี่ยวกับกาแฟบนแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดีย เช่น Twitter ที่เขียนด้วยภาษาอาหรับ โดยใช้เทคนิค Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) และ Minimum Redundancy Maximum Relevance (MRMR) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจำแนกขั้วอารมณ์ Pleerux และ Nardkulpat (2023) ได้วิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของประชาชนเกี่ยวกับการให้บริการร้านอาหารในเมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี จากรีวิวร้านอาหารบนเว็บไซต์ TripAdvisor ซึ่งพบสิ่งที่ควรเร่งแก้ไขคือการบริการของพนักงาน รวมถึงคุณภาพของอาหารและรสชาติ ผลลัพธ์นี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการทำความเข้าใจข้อคิดเห็นและความต้องการของลูกค้า ซึ่งช่วยให้ธุรกิจร้านอาหารสามารถยกระดับคุณภาพการบริการได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยเริ่มดำเนินการวิจัยด้วยการเตรียมชุดข้อมูลซึ่งประกอบด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูล การทำความสะอาดข้อมูล การใส่ป้ายกำกับ และการแบ่งข้อมูล จากนั้นผู้วิจัยได้กำหนดสถาปัตยกรรมและสอนโมเดลการเรียนรู้ของเครื่องแบบ BiLSTM และ XLM-R รายละเอียดแต่ละขั้นตอนแสดงได้ดังต่อไปนี้

การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition)

การดำเนินการวิจัยใช้ข้อมูลความคิดเห็นของนักเรียนจำนวน 4,145 รายการจากระบบประเมินคุณภาพของวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต ซึ่งได้รับการอนุญาตจากผู้อำนวยการวิทยาลัย ข้อมูลนี้ไม่เปิดเผยตัวบุคคลเพื่อคำนึงถึงความเป็นส่วนตัว และครอบคลุมความคิดเห็นของนักเรียนในสามด้านหลัก ได้แก่ 1) ผลการปฏิบัติงานของผู้สอน 2) การออกแบบหลักสูตร และ 3) ความเพียงพอของสิ่งอำนวยความสะดวกสนับสนุน นอกจากนี้ยังมีหมวดหมู่ "อื่น ๆ" สำหรับความคิดเห็นที่ไม่เข้ากับสามด้านหลัก

การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleaning)

ในการทำความสะอาดข้อมูล ผู้วิจัยได้ลบแถวข้อมูลที่ประกอบด้วยข้อความที่สั้น คลุมเครือ หรือไม่เกี่ยวข้องกับบริบททิ้ง รวมทั้งมีการแก้ไขคำที่สะกดผิด เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีคุณภาพสูงสุดและเหมาะสมต่อการวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป ผลลัพธ์ของกระบวนการนี้ทำให้จำนวนรายการข้อมูลลดลงจาก 4,145 เหลือ 2,873 รายการ

การใส่ป้ายกำกับ (Data Labeling)

ในการใส่ป้ายกำกับ (Positive, Neutral, Negative) ให้กับข้อมูลความคิดเห็น ผู้วิจัยได้มอบหมายให้ผู้ประเมินจำนวน 3 คน ทำการอ่านและวิเคราะห์ข้อความความคิดเห็นโดยพิจารณาความหมายและอารมณ์ของข้อความเป็นหลัก ในกรณีที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกันจะใช้เสียงส่วนใหญ่ (Majority Voting) เป็นเกณฑ์ตัดสิน ผลลัพธ์ของการใส่ป้ายกำกับพบว่าข้อมูลความคิดเห็นจำนวน 2,873 รายการถูกจำแนกเป็นเชิงบวก (Positive) 1,547 รายการ เป็นกลาง (Neutral) 782 รายการ และเชิงลบ (Negative) 544 รายการ ตัวอย่างการใส่ป้ายกำกับสามารถดูได้ในตารางที่ 1

การแบ่งข้อมูล (Data Splitting)

ในขั้นตอนการแบ่งข้อมูล ข้อมูลทั้งหมดถูกสุ่มแบ่งออกเป็นสามชุด ได้แก่ ชุดสอน (Training Set) ชุดตรวจสอบ (Validation Set) และชุดทดสอบ (Test Set) โดยการแบ่งข้อมูลดำเนินการในลักษณะที่รักษาสัดส่วนของแต่ละคลาส (Positive, Neutral, Negative) ให้คงที่ในทุกชุด เพื่อให้แน่ใจว่าข้อมูลที่แบ่งออกมานั้นมีความสอดคล้องกับชุดข้อมูลทั้งหมด โดยแบ่งชุดสอน 70% ชุดตรวจสอบ 15% และชุดทดสอบ 15% รายละเอียดการแจกแจงข้อมูลในแต่ละชุดแสดงดังตารางที่ 2

การตั้งค่าโมเดล BiLSTM

สถาปัตยกรรมของโมเดล BiLSTM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงดังภาพที่ 1 โดยในชั้นข้อมูลเข้า (Input Layer) ผู้วิจัยใช้อัลกอริทึม newmm ในการตัดคำและใช้แบบจำลอง Large Thai Word2Vec (Phatthiyaphaibun, 2021) ในการแปลงคำเป็นเวกเตอร์ สำหรับชั้นผลลัพธ์ (Output Layer) ผู้วิจัยกำหนดเป็น Dense Layer ที่มี Softmax เป็น Activation Function ในการฝึกสอนโมเดล ผู้วิจัยใช้ 1) Adam optimizer เพื่อปรับพารามิเตอร์ของโมเดล 2) Categorical Cross Entropy เป็น Loss Function สำหรับประเมินข้อผิดพลาด 3) Batch Size เท่ากับ 16 และ 4) จำนวนรอบการฝึกสอนเท่ากับ 10 รอบ (Epochs)

การตั้งค่าโมเดล XLM-R

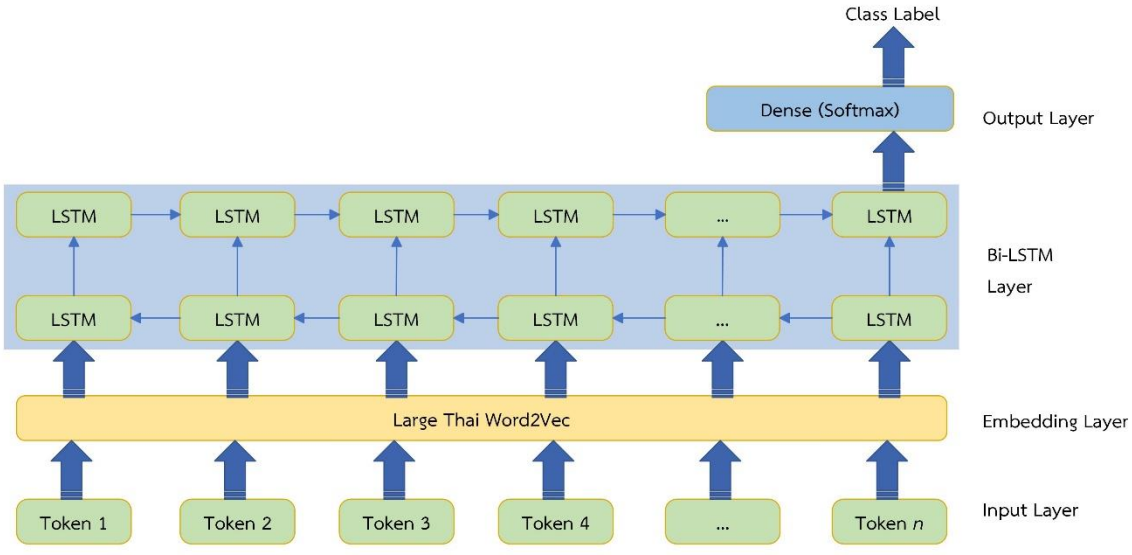
สถาปัตยกรรมของโมเดล XLM-R ที่ใช้ในงานวิจัยนี้แสดงในภาพที่ 2 ผู้วิจัยใช้วิธีการปรับแต่ง (Fine-Tuning) เพื่อให้โมเดล XLM-R ที่เป็น Pretrained Large Language Model (LLM) สามารถทำงาน Downstream-Task แบบการจำแนกประเภท (Classification) ได้ โดยผู้วิจัยใช้ SentencePiece Tokenizer และ Embedding Model ที่มีมาในตัวของ XLM-R กำหนดชั้นผลลัพธ์เป็น Dense Layer ที่มี Softmax เป็น Activation Function และกำหนดจำนวนรอบการฝึกสอนเท่ากับ 10 รอบ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์

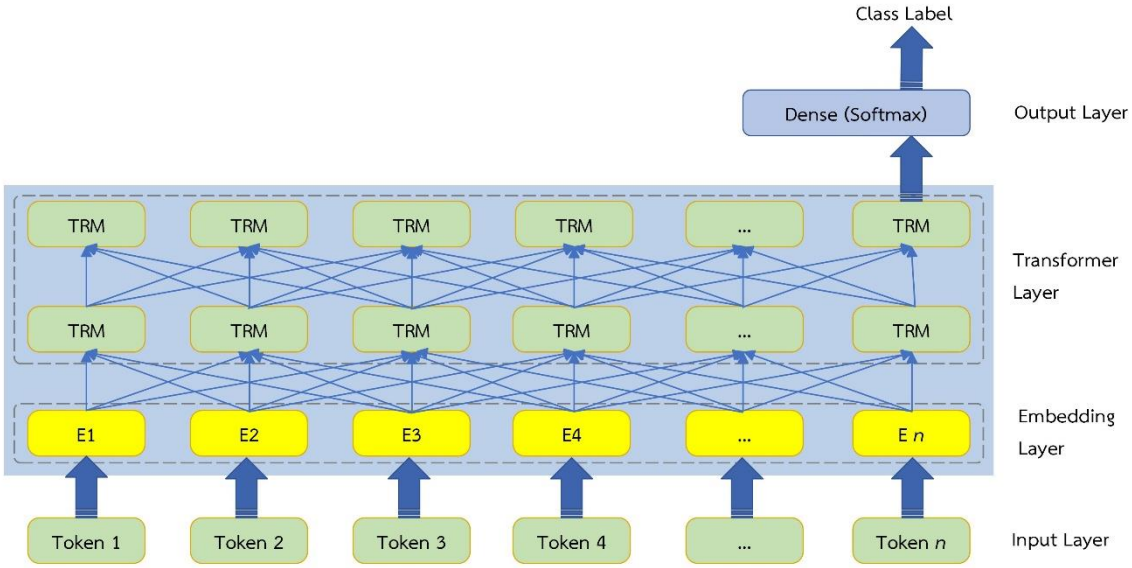
ข้อความความคิดเห็น	**คลาส**
ครูสอนดี เข้าใจ ครูผู้สอนมีความรู้	Positive
อยากให้หลักสูตรมีความทันสมัยมากกว่านี้และสามารถทำให้นักเรียนสนใจในการเรียน	Negative
คอมพิวเตอร์ภายในห้องเรียนมีประสิทธิภาพต่ำเกินไปไม่พร้อมสำหรับการเรียนและที่จอดรถของนักเรียนไม่เพียงพอ	Negative
ถ้ามีทุนการศึกษามากกว่านี้ก็จะดี	Neutral

ตารางที่ 2 รายละเอียดการแจกแจงจำนวนรายการข้อมูลของแต่ละชุดข้อมูล

ชุดข้อมูล	**เชิงบวก**	**เป็นกลาง**	**เชิงลบ**	**รวม (รายการ)**
ชุดสอน	1,070	565	391	2,026
ชุดตรวจสอบ	227	103	86	416
ชุดทดสอบ	250	114	67	431



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของโมเดล BiLSTM



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของโมเดล XLM-R

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ด้วยโมเดล BiLSTM

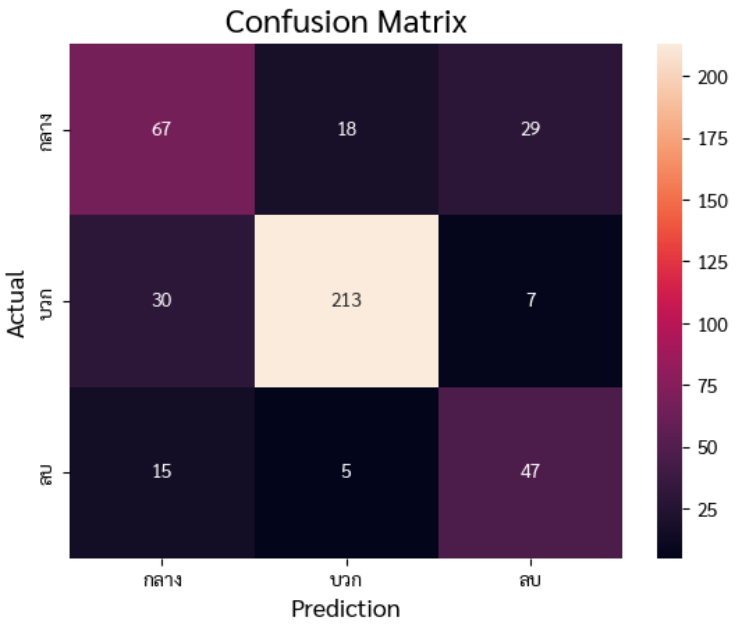
หลังจากที่โมเดล BiLSTM ได้รับการฝึกสอนด้วยข้อมูลชุดสอน (Training Set) และปรับค่าพารามิเตอร์โดยใช้ข้อมูลชุดตรวจสอบ (Validation Set) จำนวน 10 รอบ (Epochs) เรียบร้อยแล้ว โมเดลถูกนำไปทดสอบด้วยข้อมูลชุดทดสอบ (Test Set) เพื่อประเมินประสิทธิภาพโดยรวม ตารางที่ 3 สรุปค่า Precision, Recall, และ F1-Score แยกตามคลาส (Positive, Neutral, Negative) ในขณะที่ภาพที่ 3 แสดง Confusion Matrix ของโมเดล BiLSTM ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าโมเดล BiLSTM มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ 75.9%

ผลการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ด้วยโมเดล XLM-R

เช่นเดียวกับโมเดล BiLSTM โมเดล XLM-R ได้รับการฝึกสอนจำนวน 10 รอบ (ด้วยข้อมูลชุดสอนและชุดตรวจสอบ) และถูกทดสอบด้วยข้อมูลชุดทดสอบ ตารางที่ 4 สรุปค่า Precision, Recall, และ F1-Score สำหรับแต่ละคลาส และภาพที่ 4 แสดง Confusion Matrix ของโมเดล XLM-R ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าโมเดล XLM-R มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 81.2%

ตารางที่ 3 ค่า Precision, Recall, และ F1-Score ของโมเดล BiLSTM (แยกตามคลาส)

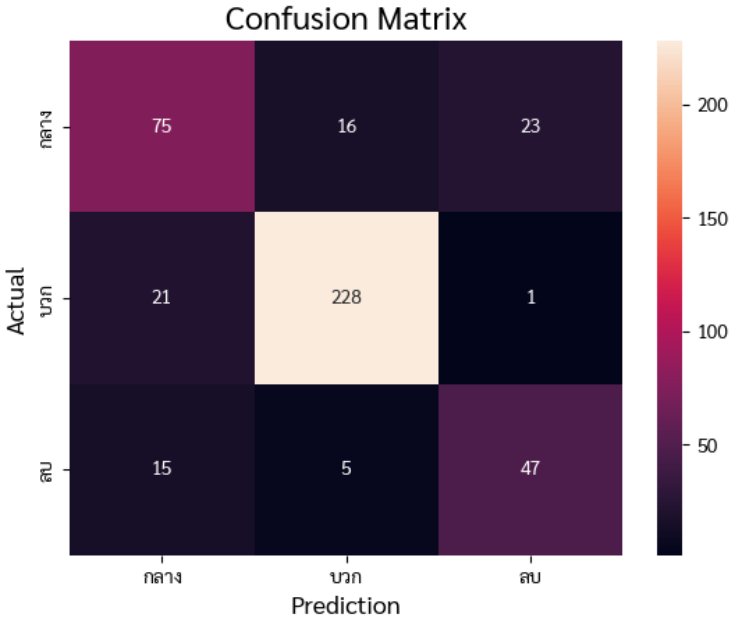
Class	Precision	Recall	F1-Score
Positive	0.903	0.852	0.877
Neutral	0.598	0.588	0.593
Negative	0.566	0.701	0.627
	Accuracy		0.759



ภาพที่ 3 Confusion Matrix ของโมเดล BiLSTM

ตารางที่ 4 ค่า Precision, Recall, และ F1-Score ของโมเดล XLM-R (แยกตามคลาส)

Class	Precision	Recall	F1-Score
Positive	0.916	0.912	0.914
Neutral	0.676	0.658	0.667
Negative	0.662	0.701	0.681
	Accuracy		0.812



ภาพที่ 4 Confusion Matrix ของโมเดล XLM-R

วิจารณ์ผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าโมเดล XLM-R มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่น่าพอใจ คือ มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 81.2% และมีประสิทธิภาพมากกว่า BiLSTM ที่มีค่าความถูกต้องเพียง 75.9% และเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในคลาสเชิงบวกของ XLM-R ยังมีค่า Precision และ Recall สูงกว่า 0.9 ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการจำแนกข้อความเชิงบวกได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตาม ในคลาสเชิงลบและคลาสเป็นกลางพบว่าทั้ง BiLSTM และ XLM-R มีค่า Precision และ Recall ต่ำกว่าคลาสเชิงบวก (ตารางที่ 3 และตารางที่ 4)

สาเหตุหลักที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของโมเดลในการจำแนกคลาสเชิงลบและเป็นกลางอาจมาจากชุดข้อมูลที่มีลักษณะ Imbalanced กล่าวคือ จำนวนข้อมูลในแต่ละคลาสไม่สมดุล (ตารางที่ 2) ซึ่งมักทำให้โมเดลมีแนวโน้มที่จะคาดการณ์คลาสที่มีข้อมูลมากกว่าอย่างแม่นยำ แต่ขาดความแม่นยำในคลาสที่มีข้อมูลน้อยกว่า ส่งผลให้ค่า Precision และ Recall ต่ำในคลาสที่มีข้อมูลน้อย การแก้ไขปัญหา Imbalanced Dataset เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดล อาจทำได้โดยการเพิ่มชุดข้อมูลหรือใช้ข้อมูลจากแหล่งอื่น เพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลในคลาสที่มีข้อมูลน้อยและทำให้ชุดข้อมูลมีความสมดุลมากขึ้น หรืออาจใช้เทคนิค Data Augmentation เพื่อสร้างข้อมูลใหม่โดยใช้วิธีการแปลงข้อความ เช่น การแทนคำในข้อความด้วยคำพ้องความหมายหรือแปลชุดข้อมูลจากภาษาอื่นให้เป็นภาษาไทย

สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการวิเคราะห์ขั้วอารมณ์ของความคิดเห็นของนักเรียนในวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ต โดยเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของนักเรียนจากระบบประเมินคุณภาพของวิทยาลัย จากนั้นจึงดำเนินการทำความสะอาดข้อมูล ใส่ป้ายกำกับขั้วอารมณ์ (Positive, Neutral, Negative) และแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดสอน ชุดตรวจสอบ และชุดทดสอบในอัตราส่วน 70:15:15 ผู้วิจัยได้สร้างและเปรียบเทียบโมเดลการ

เรียนรู้ของเครื่อง 2 โมเดล คือ โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก BiLSTM และโมเดลภาษาขนาดใหญ่ XLM-R โดยโมเดล BiLSTM ใช้อัลกอริทึม newmm ในการตัดคำและใช้โมเดล Large Thai Word2Vec เพื่อแปลงคำเป็นเวกเตอร์ สำหรับโมเดล XLM-R ใช้วิธี Fine-Tuning โดยใช้ SentencePiece Tokenizer และ Embedding Model ที่มีอยู่ในตัว ผลการเปรียบเทียบพบว่าโมเดล XLM-R มีประสิทธิภาพโดยรวมสูงกว่าโมเดล BiLSTM โดย XLM-R มีค่าความถูกต้อง (Accuracy) อยู่ที่ 81.2% ขณะที่ BiLSTM มีค่าความถูกต้องเพียง 75.9% งานวิจัยในอนาคตจะมุ่งเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของโมเดลและนำโมเดลมาใช้พัฒนาให้ระบบประเมินคุณภาพสามารถวิเคราะห์ขั้วอารมณ์และแสดงผลในรูปแบบแดชบอร์ดได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อช่วยให้ผู้บริหารวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการวิทยาลัยอาชีวศึกษาภูเก็ตสำหรับการสนับสนุนและความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งช่วยให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้อย่างราบรื่น

เอกสารอ้างอิง

Al-Hail, M., Zguir, M. F., and Koç, M. 2023. University students' and educators' perceptions on the use of digital and social media platforms: A sentiment analysis and a multi-country review. iScience. 26(8): 107322. https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107322

Alsemaree, O., Alam, A. S., Gill, S. S., and Uhlig, S. 2024. Sentiment analysis of Arabic social media texts: A machine learning approach to deciphering customer perceptions. Heliyon. 10(9): e27863. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27863

Çiçek Korkmaz, A. 2023. Public's perception on nursing education during the COVID-19 pandemic: Sentiment analysis of Twitter data. International Journal of Disaster Risk Reduction. 99: 104127. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2023.104127

Conneau, A., Khandelwal, K., Goyal, N., Chaudhary, V., Wenzek, G., Guzmán, F., Grave, E., Ott, M., Zettlemoyer, L., and Stoyanov, V. 2020. Unsupervised cross-lingual representation learning at scale. pp. 8440–8451. In: Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.747

Phatthiyaphaibun, W., Chaovavanich, K., Polpanumas, C., Suriyawongkul, A., Lowphansirikul, L., Chormai, P., Limkonchotiwat, P., Suntorntip, T., and Udomcharoenchaikit, C. 2023. PyThaiNLP: Thai natural language processing in Python. pp. 25–36. In: Proceedings of the

3rd Workshop for Natural Language Processing Open Source Software (NLP-OSS 2023). Association for Computational Linguistics. https://doi.org/10.18653/v1/2023.nlposs-1.4

Pleerux, N., and Nardkulpat, A. 2023. Sentiment analysis of restaurant customer satisfaction during COVID-19 pandemic in Pattaya, Thailand. Heliyon. 9(11): e22193. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22193

Santos, C. L., Rita, P., and Guerreiro, J. 2018. Improving international attractiveness of higher education institutions based on text mining and sentiment analysis. International Journal of Educational Management. 32(3): 431–447. https://doi.org/10.1108/IJEM-01-2017-0027

ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน

Queue Reservation System of Mor Mang Rukfun Clinic

อาฟานดี กะลูแป[1] อิบนูอัฟฟาน อารง[1] และบุญธิดา จิรรัตนโสภา[1*]

Afandee Kalupae[1], Ibnuaffan Arung[1], and Boonthida Chiratanasopha[1*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

[1]Information Technology Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University

133 Thesaban Road 3, Sateng Sub-district, Mueang District, Yala Province 95000

*Corresponding author E-mail: boontida.j@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย ผู้จัดการ ทันตแพทย์ เจ้าหน้าที่ และผู้ใช้บริการ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โปรแกรมภาษา HTML, CSS, PHP, JAVA script และฐานข้อมูล MySQL พัฒนาระบบด้วยโปรแกรม Visual Studio Code ผลการวิจัยระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน พบว่า 1) ระบบแบ่งการทำงานแยกตามสิทธิ์ผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ทันตแพทย์ เจ้าหน้าที่ และผู้ใช้บริการ โดยแบ่งตามขอบเขตงานหลัก ดังนี้ จัดการข้อมูลผู้ใช้ จัดการประเภทบริการ จัดการข้อมูลการจองคิวลูกค้า จัดการข้อมูลการนัดหมาย รายงานการจองคิว/การนัดหมาย บันทึกการรักษารายวัน จัดการข้อมูลตารางเวลาปฏิบัติงาน ดูตารางการจองคิว/การนัดหมาย จัดการข้อมูลส่วนตัว จัดการการจองคิว ค้นหาการจองและนัดหมาย ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.48) และผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน พบว่า ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟันโดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = 0.01)

คำสำคัญ : คลินิก จัดฟัน ทันตแพทย์ จองคิว รักษาฟัน

Abstract

This research focuses on developing a Queue Reservation System of Mor Mang Rukfun Clinic. The study has three main objectives: 1) to analyze, design, and develop the Queue Reservation System of Mor Mang Rukfun Clinic, (2) to assess the quality of the Queue Reservation System of Mor Mang Rukfun Clinic, and (3) to evaluate user satisfaction with the Queue Reservation System of Mor Mang Rukfun Clinic. The sample includes managers, dentists, clinic staff, and users. The research utilized HTML, CSS, PHP, JavaScript, and MySQL for development, and the system was built with Visual Studio Code. The research findings indicate that the system divides functionalities according to four user groups based on access rights: admin, dentists, staff, and users. The main tasks are categorized as follows: managing user information, managing service types, handling customer queues, and reservations, scheduling appointments, reporting on reservations/appointments, recording daily treatments, managing work schedules, viewing queue/appointment schedules, managing personal information, reserving queues, and searching for reservations and appointments. The expert evaluations show that the system quality is rated at a high level ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.48). The user satisfaction ratings also indicate a high level of overall satisfaction ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = 0.01).

Keywords : Clinic, Orthodontics, Dentist, Queue Reservation, Dental Treatment

บทนำ

ในปัจจุบันคลินิกทันตกรรมเป็นคลินิกที่เน้นการออกแบบ ดูแล รอยยิ้มให้สวยงาม พร้อมการดูแลรักษาสุขภาพฟันให้แข็งแรงสมบูรณ์ คลินิกทำฟันมีหน้าที่ดูแลรักษาฟันทุกประเภท โดยทีมทันตแพทย์เฉพาะทาง ซึ่งมุ่งเน้นพัฒนางานทันตกรรมต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ทันสมัย การทำฟันด้านทันตกรรมมีอยู่มากมาย ภาษาทางการแพทย์นิยมเรียกกันว่า “รายการหัตถการ” หรือ “รายการการรักษา” ส่วนด้านความสวยงามทันตกรรมจะครอบคลุมหลายอย่าง เช่น การฟอกสีฟัน จัดฟัน จัดฟันแบบเหล็ก ครอบฟัน รากเทียม รักษารากฟัน เป็นต้น

คลินิกทันตกรรมหมอมังรักษ์ฟัน เป็นคลินิกรักษาฟัน โดยบริการด้านการรักษาฟัน แก่ผู้รับบริการในจังหวัดยะลาและจังหวัดใกล้เคียง คลินิกตั้งอยู่ที่ ถ.ผังเมือง 4 ต.สะเตง อ.เมือง จ.ยะลา และเปิดให้บริการทุกวัน ยกเว้นวันศุกร์ ในเวลา 09.00 – 17.00 น. มีบุคลากร 20 คน ประกอบด้วย ทันตแพทย์ 4 คน และเจ้าหน้าที่คลินิก 16 คน บริการของคลินิก ประกอบด้วยการฟอกสีฟัน จัดฟัน จัดฟันแบบเหล็ก ครอบฟัน รากเทียม รักษารากฟัน และอื่น ๆ ที่ทันสมัย เนื่องจากคลินิกมีบุคลากรจำกัด จึงได้จำกัดจำนวนลูกค้าที่รับบริการในแต่ละวัน ซึ่ง

เปิดให้บริการจำนวนแตกต่างกันในแต่ละวัน โดยในวันจันทร์-วันพฤหัสบดี จะรับจำนวน 50-60 คน และวันเสาร์-อาทิตย์ รับจำนวน 70-100 คน ปัจจุบันระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน ใช้วิธีการจองคิวที่เคาน์เตอร์เท่านั้น ผู้ใช้บริการต้องติดต่อทางเคาน์เตอร์คลินิกและทำการกรอกข้อมูลส่วนตัวในรูปของแบบฟอร์มกระดาษ บางครั้งพบปัญหาเกี่ยวกับใบนัดสูญหาย และจำวันเวลาที่นัดหมายไม่ได้ ทำให้ต้องสอบถามทางโทรศัพท์เพื่อที่จะถามวันที่นัดหมายไว้ เนื่องจากลูกค้าไม่สามารถดูประวัติจองคิวรับบริการของตนเองได้ และทางคลินิกมีพื้นที่จำกัดอาจจะทำให้เกิดความไม่สะดวกในกรณีที่มีผู้ใช้บริการเข้ามาพร้อมกันจำนวนมาก โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้มี ดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน 2) เพื่อประเมินคุณภาพ ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาและรวบรวมเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางสำหรับการวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน อาทิเช่น

ปายีอรี นาแว ศรุต แมเร๊าะ และดินาถ หลำสุบ (2563). ได้วิจัย เรื่อง ระบบจัดการข้อมูลการเข้ารับบริการคลินิกทันตกรรมโรงพยาบาลเทพา มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบจัดการข้อมูลการเข้ารับบริการคลินิกทันตกรรมโรงพยาบาลเทพา ซึ่งพัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้ภาษา PHP ร่วมกับภาษา HTML5 และใช้ระบบจัดการฐานข้อมูล MariaDB ผู้ใช้งานระบบแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ ทันตแพทย์ และผู้รับบริการ ระบบสามารถจัดการข้อมูลทันตแพทย์ ข้อมูลผู้รับบริการ ข้อมูลช่วงเวลา จองคิว บันทึกการรักษา เรียกดูประวัติการรักษา และออกรายงาน โดยระบบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการของทันตแพทย์และเพิ่มความสะดวกให้กับผู้รับบริการในการจองคิวเข้ารับบริการทางทันตกรรม จากการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบโดยผู้ใช้ พบว่าภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.64, S.D. = 0.53)

สนทยา พลพาลสังข์ และรัชชนันท์ หลาบมาลา (2560). ได้วิจัย เรื่อง การพัฒนาการพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติตาดโตน มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบจองที่พักออนไลน์ กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติตาดโต นและเพื่อบริหารจัดการระบบที่พักออนไลน์ กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติตาดโตน โดยมีกลุ่มเป้าหมายที่เกี่ยวข้องกับการจองห้องพักออนไลน์เป็นหลักในระบบนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผู้ใช้บริการ และผู้ดูแลระบบ เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาได้แก่ 1) ภาษาโปรแกรม PHP 2) ภาษา HTML 3) ภาษา XML 4) Unified Modeling Language 5) MySQL และ 6) ระบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ผู้ใช้บริการสามารถจองห้องพักออนไลน์ ยกเลิก แก้ไขข้อมูลการจองห้องพักออนไลน์ ผู้ดูแลระบบสามารถบริหารจัดการข้อมูลในการจองห้องพักออนไลน์ รวมไปถึงการอนุมัติและยกเลิกการจองห้องพักออนไลน์ ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการทำงานของระบบจองห้องพักออนไลน์ การจัดเก็บข้อมูล ทำให้ระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ มีความสะดวกรวดเร็ว ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นและสามารถนำไปใช้งานได้จริง ผลการประเมินประสิทธิภาพระบบด้านการทำงานของระบบ โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.03, S.D. = 0.54) และความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเช่นเดียวกัน ($\bar{X}$ = 4.08, S.D. = 0.55)

สมฤทัย บุญยอ และนงเยาว์ สอนจะโปะ (2565). ได้วิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบการจองคิวรักษาสัตว์เลี้ยงออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านไลน์ โรงพยาบาลสัตว์เมืองเอก (พัทยา) มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาระบบจองคิวรักษาสัตว์เลี้ยงออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านไลน์ โรงพยาบาลสัตว์เมืองเอก (พัทยา) 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้น และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ระบบที่พัฒนาขึ้น วิธีดำเนินการวิจัยใช้วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) และศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง โดยใช้ภาษา PHP, HTML5, CSS3 และ JavaScript ในการพัฒนาระบบ ใช้ Bootstrap ออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (GUI) และใช้ MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูล ขอบเขตของงานวิจัย ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ ส่วนของสัตวแพทย์ และส่วนของผู้ใช้ทั่วไปหรือลูกค้า ผลประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม พบว่า มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากทุกด้าน ได้แก่ Functional test ($\bar{X}$ =4.39, S.D. =0.39), Functional requirement test ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. =0.47), Security test ($\bar{X}$ =4.27, S.D. =0.28) และ Usability test ($\bar{X}$ =4.24, S.D. =0.34) ส่วนผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ด้านฟังก์ชันการทำงานของระบบในภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.34, S.D. =0.50) และด้านความสามารถการใช้งานของระบบในภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.39, S.D. =0.52)

อัจฉราภรณ์ จุฑาผาด และสุติมา ฮามคำไพ (2565). ได้วิจัย เรื่อง การพัฒนาระบบจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ ศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบการจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ 2) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ และ 3) ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการระบบการจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ และ วิจัยเชิงคุณภาพ โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจและการสัมภาษณ์เชิงลึก กลุ่มเป้าหมายคือ แพทย์ พยาบาลวิชาชีพ และเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง จำนวน 5 คน และผู้ใช้ระบบจองคิวผู้ป่วย จำนวน 65 คน รวมทั้งหมด 70 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีการคัดเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บ รวบรวมข้อมูลและใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ แบบสัมภาษณ์ และแบบสอบถาม โดยใช้ค่าสถิติ ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) จากสถานการณ์โรคระบาดโควิค 19 ทำให้มีผู้มาใช้บริการมีจำนวนมาก ทำให้ผู้ที่มาใช้บริการ เบียดเสียด แออัดในการเข้ารับบริการทางสุขภาพหรือรับการรักษาในแต่ละครั้ง การพัฒนาระบบการจองคิวออนไลน์พัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้รับบริการให้ได้รับความสะดวกและรวดเร็วที่สุดในการบริการจองคิวล่วงหน้า 2) ความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ =4.47, S.D. =0.52) และ 3) การยอมรับเทคโนโลยีที่มีผลต่อการตัดสินใจใช้บริการระบบการจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ =4.50, S.D. =0.62) เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ PHP, MySQL, JavaScript, Bootstrap, jQuery และ Laravel

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ระบบการจองคิวสำหรับการบริการประเภทต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นสามารถที่จะนำมาทำเป็นระบบที่ช่วยในการจัดเก็บบันทึก จัดการการจองคิว รวมถึงการจัดตารางนัดหมาย การเข้ารับบริการต่าง ๆ ของคลินิกได้ โดยส่วนใหญ่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพให้ดีขึ้นได้ จากระบบการจัดการจองคิว

ที่ให้บริการในรูปแบบเดิมซึ่งไม่มีการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วย โดยคาดหวังว่านอกจากประสิทธิภาพและความสามารถที่เพิ่มขึ้นแล้ว ระบบนี้จะสามารถใช้ประโยชน์และประยุกต์ใช้งานได้จริง

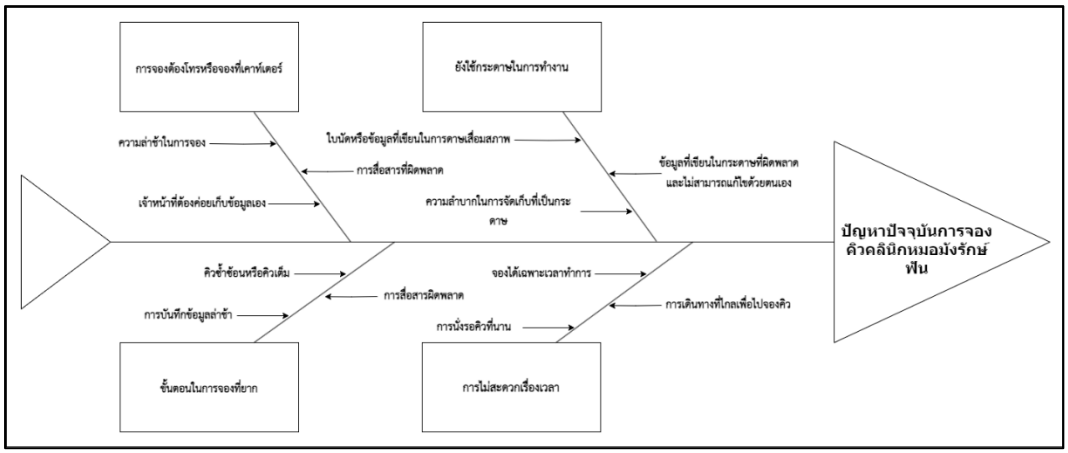
ดั้งนั้นจากปัญหาดังกล่าว ทางผู้วิจัยได้มีแนวคิดที่จะจัดทำระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน สำหรับจัดเก็บข้อมูล บุคลากร ประเภทบริการ ลูกค้า จองคิว นัดหมาย บันทึกการรักษา และรายงานต่าง ๆ ในรูปแบบออนไลน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการที่มีคุณภาพมากขึ้น และติดตามรายงานหรือประวัติการเข้ารับการรักษาของคลินิก อีกทั้งยังลดระยะเวลาในการเดินทางที่ต้องไปจองคิวที่คลินิกโดยตรง โดยเปลี่ยนเป็นการจองคิวผ่านเว็บไซต์ออนไลน์ที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟันใช□แนวการพัฒนาตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2551; อรยา ปรีชานิช, 2557) ดังนี้

1. กำหนดป□ญหาที่เกิดขึ้นกับระบบงาน

จากการศึกษาระบบการทำงานที่ต้องการพัฒนาทำให้ทราบถึงข้อมูลต่าง ๆ ขอบเขตงานและความสามารถในงานที่ต้องการพัฒนา ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้งานมานำเสนอปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระบบการจองคิวในปัจจุบันของคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน โดยสามารถอธิบายและเขียนเป็นแผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) ของระบบปัจจุบันแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram) ของระบบงานเดิม

จากภาพที่ 1 แสดงรายละเอียดปัญหาในการจัดการจองคิวให้บริการของระบบงานเดิมมี 4 ด้าน ได้แก่ 1) ปัญหาด้านการจองคิวต้องโทรหรือจองที่เคาน์เตอร์ เช่น ความล่าช้าในการจอง การสื่อสารที่ผิดพลาด และเจ้าหน้าที่ต้องคอยเก็บข้อมูลเอง 2) ปัญหาจากระบบเดิมยังใช้กระดาษในการทำงาน เช่น ใบนัดหรือข้อมูลที่เขียนในการดาษเสื่อมสภาพ ข้อมูลที่เขียนในกระดาษที่ผิดพลาดและไม่สามารถแก้ไขด้วยตนเอง และความลำบากในการจัดเก็บที่เป็นกระดาษ 3) ปัญหาด้านกระบวนการทำงาน จากขั้นตอนในการจองที่ยาก เช่น คิวซ้ำซ้อนหรือคิว

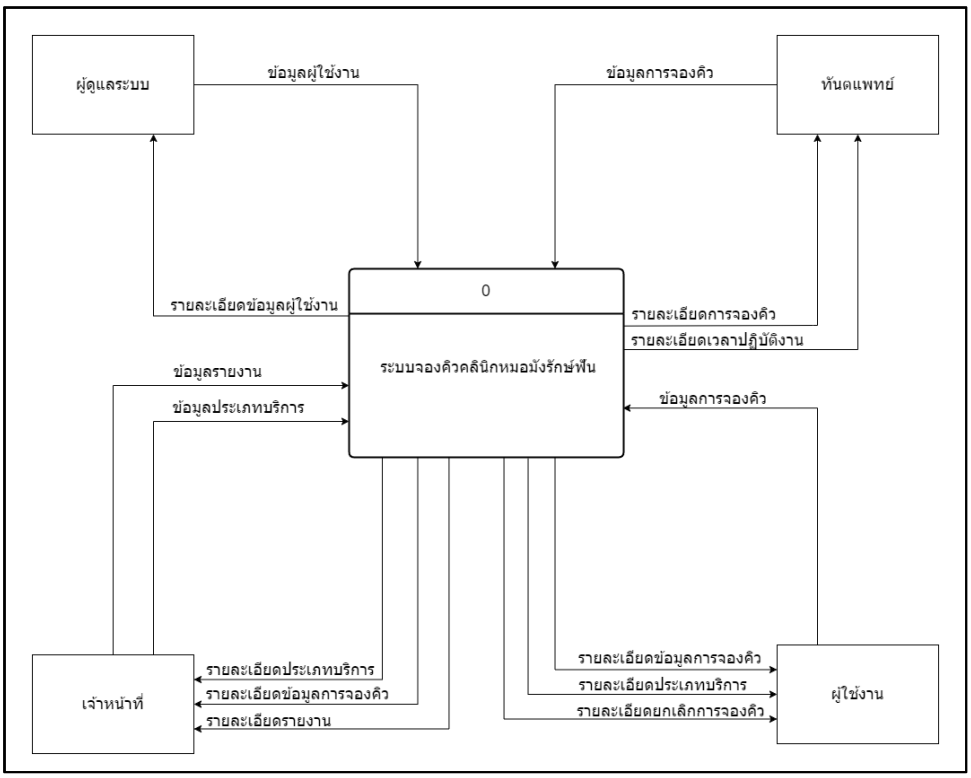
เต็ม การสื่อสารผิดพลาด และการบันทึกข้อมูลล่าช้า 4) ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม สาเหตุจากความไม่สะดวกเรื่องเวลา เช่น จองได้เฉพาะเวลาทำการ การเดินทางไกลเพื่อไปจองคิว และการนั่งรอคิวนาน

2. การวิเคราะห์ระบบ

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาระบบงานปัจจุบัน และศึกษาขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมทั้งสภาพปัญหา และอุปสรรคของการทำงาน ผู้วิจัยได้วิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยมีวัตถุประสงค์จะให้เป็นระบบที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งาน ได้แก่ ทันตแพทย์ เจ้าหน้าที่ และผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแสดงในแผนภาพบริบท (Context Diagram) ของระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน แสดงดังภาพที่ 2

3. การออกแบบ

การออกแบบเป็นขั้นตอนของการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ทางลอจิคัล (Logical Model) มาพัฒนาเป็นฟิสิคัลโมเดล (Physical Model) ให้สอดคล้องกัน โดยการออกแบบจะเริ่มจากส่วนของอุปกรณ์และเทคโนโลยีต่าง ๆ และอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาพัฒนาออกแบบจำลองข้อมูล (Data Model) ออกแบบรายงาน (Output Design) และออกแบบจอภาพในการติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) รวมถึงการจัดทำพจนานุกรม (Data Dictionary) จากนั้นจึงค่อยนำมาสร้างเป็นฐานข้อมูลตามหลักการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) สำหรับระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน



ภาพที่ 2 แผนภาพบริบทของ (Context Diagram) ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน

4. การพัฒนาระบบ

ขั้นตอนการพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบโดยใช้ภาษา PHP, HTML, JavaScript และ CSS สำหรับการเขียนรหัสคำสั่ง ใช้ XAMMP สำหรับจำลองเป็นเครื่องแม่ข่ายใช้พีเอชพีมายแอดมิน (phpMyAdmin) ในการจัดการฐานข้อมูล Mysql โดยจัดเก็บข้อมูลทำการอัปโหลดระบบฝากไว้ที่เครื่องแม่ข่ายให้บริการของมหาวิทยาลัย ทั้งนี้ระหว่างการพัฒนาระบบผู้วิจัยได้ทำการทดสอบระบบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการทำงานในทุก ๆ ส่วนตามขอบเขตงาน หลังจากนั้นจึงได้นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 3 คน เพื่อให้การรับรองและทดลองใช้ระบบจากกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้งาน จำนวน 30 คน เพื่อประเมินความพึงพอใจการใช้งานระบบ

5. การทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบระบบก่อนจะนำไปใช้งานจริง ผู้พัฒนาได้ทำการทดสอบข้อมูลเบื้องต้นด้วยการสร้างข้อมูลจำลอง เช่น ข้อมูลประเภทผู้ใช้งาน ข้อมูลประเภทบริการ ข้อมูลประวัติการจองคิว ข้อมูลการจองคิว ข้อมูลรายงานการจองคิว เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน เมื่อพบว่ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ผู้พัฒนาจะย้อนกลับไปปรับปรุงแก้ไขงานในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมใหม่ทำวนไปเรื่อย ๆ จนไม่มีข้อผิดพลาดหรือปัญหาจากการใช้งานอีก

6. การติดตั้ง

หลังจากการทดสอบระบบจนมีความมั่นใจแล้วว่า ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน สามารถทำงานได้จริง และตรงตามความต้องการของผู้ใช้ จึงทำการติดตั้งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้กับระบบนี้ เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริง

7. การบำรุงรักษา

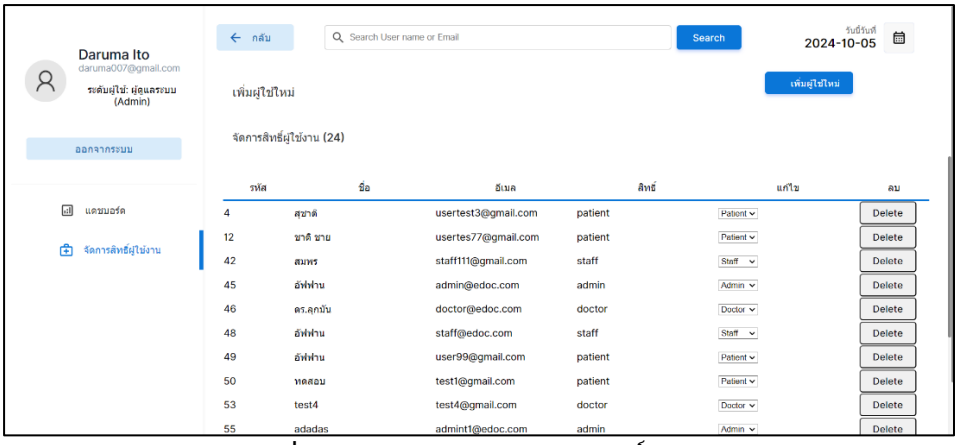
การปรับปรุงแก้ไขระบบหลังจากที่ได้มีการติดตั้ง และใช้งานแล้วในขั้นตอนนี้ อาจเกิดจากปัญหาของโปรแกรม (Bug) ซึ่งต้องแก้ไขให้ถูกต้อง หรืออาจจะเกิดจากความต้องการของผู้ใช้งานที่ต้องปรับเพิ่มโมดูลในการทำงานอื่น ๆ โดยขึ้นกับความเหมาะสมที่ผู้พัฒนาจะขอพิจารณาตามข้อกำหนด หรือเงื่อนไขของขอบเขตงาน

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยของระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟันที่ได้ คือ 1) ผลการพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน 2) ผลการประเมินคุณภาพของระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน ดังนี้

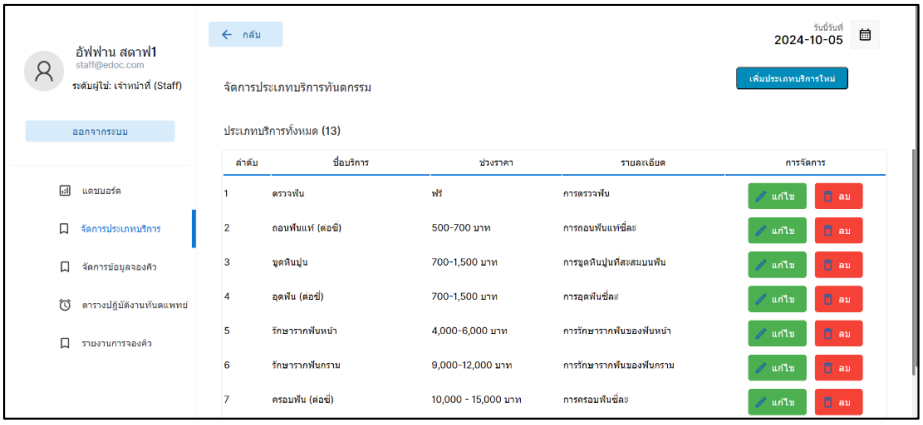
1. ผลการพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน

การพัฒนาระบบจองคิวคลินิกกหมอมังรักษ์ฟัน แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย 1) ผู้ดูแลระบบ 2) ทันตแพทย์ 3) เจ้าหน้าที่ และ 4) ผู้ใช้งาน ตัวอย่างแต่ละส่วนของระบบ แสดงดังภาพที่ 3



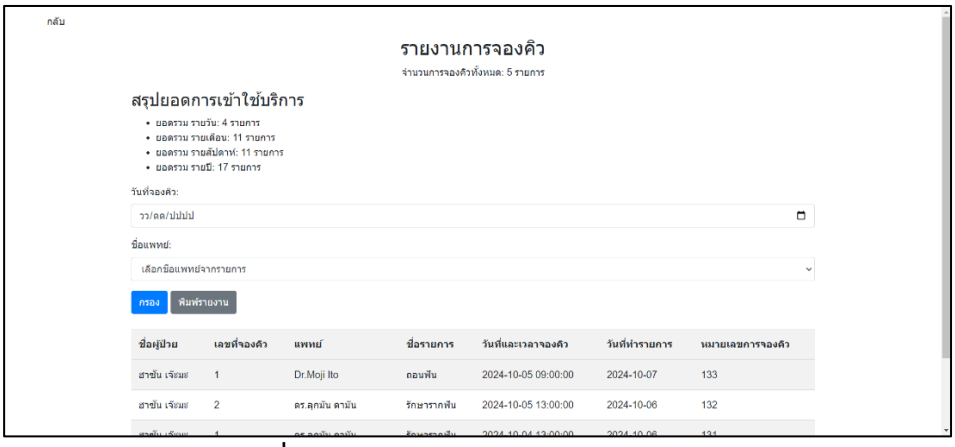
ภาพที่ 3 หน้าจอแสดงเมนูจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน

จากภาพที่ 3 เป็นหน้าจอจัดการสิทธิ์เข้าใช้งาน ของผู้ดูแลระบบ สามารถดูรายละเอียดการจัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน ได้แก่ เพิ่มผู้ใช้ใหม่ แก้ไขสถานะของผู้ใช้งาน และลบสิทธิ์ของผู้ใช้งาน



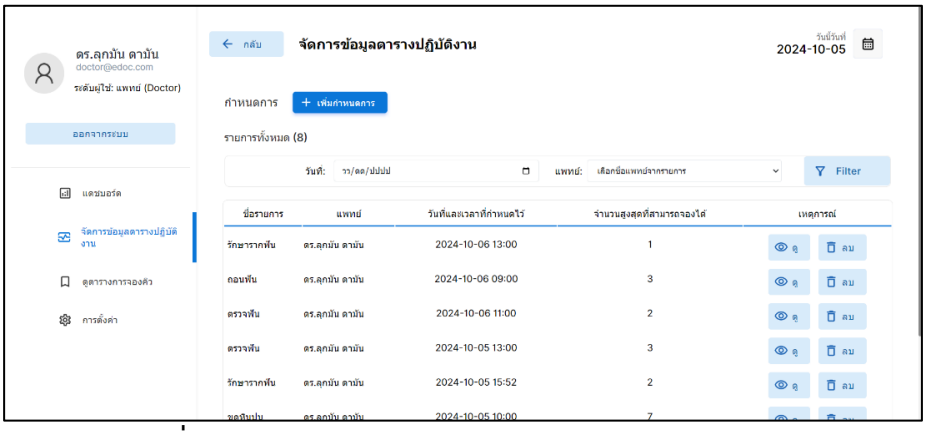
ภาพที่ 4 หน้าจอแสดงข้อมูลจัดการประเภทบริการ

จากภาพที่ 4 เป็นหน้าจอการจัดการประเภทบริการของเจ้าหน้าที่ สามารถดูรายละเอียดประเภททันตกรรม ได้แก่ เพิ่ม แก้ไข และลบประเภทบริการ



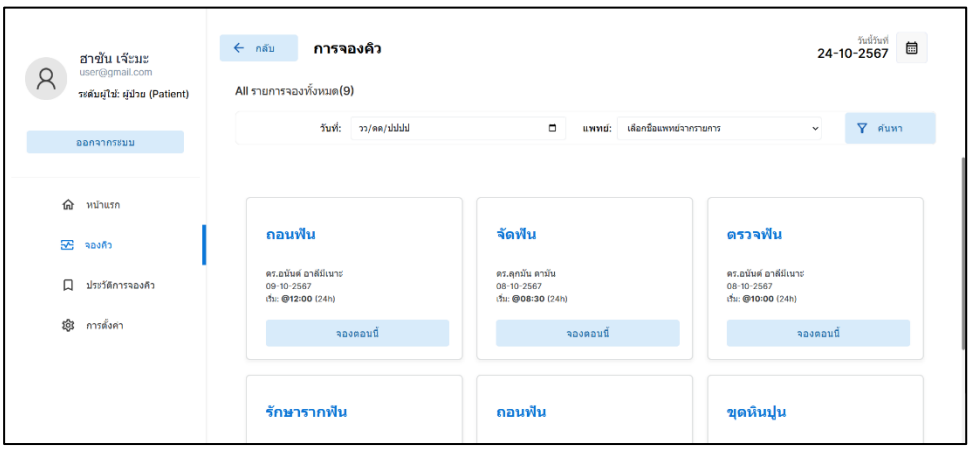
ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงข้อมูลรายงานการจองคิว

จากภาพที่ 5 เป็นหน้าจอรายงานการจองคิวของเจ้าหน้าที่ สามารถแสดงรายละเอียดของรายงานสรุปการจองคิว ได้แก่ การกรองรายการจอง และสามารถพิมพ์รายงานออกเป็นกระดาษ



ภาพที่ 6 หน้าจอแสดงข้อมูลจัดการข้อมูลตารางเวลาปฏิบัติงาน

จากภาพที่ 6 เป็นหน้าจอจัดการข้อมูลตารางเวลาปฏิบัติงานของทันตแพทย์ สามารถดูรายละเอียดตารางปฏิบัติงาน ได้แก่ เพิ่มกำหนดการ ดูกำหนดการ และลบกำหนดการ



ภาพที่ 7 หน้าจอแสดงค้นหาการจองคิว

จากภาพที่ 7 เป็นหน้าจอการจองคิวของผู้ใช้งาน สามารถแสดงรายละเอียดการจองคิว ได้แก่ จองคิว รายระเอียดการจองคิว

2. ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินคุณภาพของระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน รายการประเมินมีทั้งหมด จำนวน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบระบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ สรุปดังตารางที่ 1 การประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 1 การเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1.ด้านความปลอดภัย	3.53	0.38	มาก
2.ด้านความถูกต้อง	3.67	0.27	มาก
3.ด้านการออกแบบ	3.52	0.51	มาก
4.ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	3.58	0.14	มาก
ภาพรวม	**3.58**	**0.48**	**มาก**

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟันโดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.48) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า อันดับแรกด้านความความถูกต้อง อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.67, S.D. = 0.27) รองลงมาด้านนำไปใช้ประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.00) ด้านความปลอดภัย อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.53 , S.D. = 0.38) และด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.52, S.D. = 0.51) ตามลำดับ

3. ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน

สรุปผลการเมินความพึงพอใจระบบ โดยผู้ใช้งานจำนวน 30 คน ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านกระบวนการทำงาของระบบงาน และด้านการติดต่อกับระบบงาน ผลการประเมินตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน

รายการประเมิน	$\bar{x}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
1.ด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน	3.84	0.10	มาก
2.ด้านการติดต่อกับระบบงาน	3.80	0.12	มาก
ภาพรวม	**3.82**	**0.01**	**มาก**

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน พบว่าระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = 0.01) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ทุกด้านมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ด้านกระบวนการทำงานของระบบงานมีคุณภาพสูงสุด ($\bar{x}$ = 3.84, S.D. = 0.10) รองลงมาเป็นด้านการติดต่อกับระบบงาน ($\bar{x}$ = 3.80, S.D. = 0.12) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการริเริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ และทำการออกแบบและพัฒนาจัดทำระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้อาจเนื่องมาจากความประสบผลสำเร็จทางด้านการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่สามารถทำได้ดี โดยใช้ภาษา PHP ในการพัฒนารูปแบบและใช้โปรแกรม MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ สมฤทัย บุญยอ นงเยาว์ สอนจะโปะ. (2565). ทั้งนี้เนื่องจากขอบเขตงานระบบใหม่ตอบโจทย์ฟังก์ชันการทำงานของระบบ ตรงกับความต้องการ มีความปลอดภัย และการจัดเก็บข้อมูลทำให้ระบบมีประสิทธิภาพ มีความสะดวกรวดเร็ว มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้งานได้จริง ทำนองเดียวกับผลงานวิจัยของ สนทยา พลพาลสังข์ รัชชนันท์ หลาบมาลา (2560). และจากผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งาน ปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ โดยใช้แบบประเมินที่มีมาตราวัดประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่า ภาพรวมผลการประเมินประคุณภาพของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.48) และภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = 0.01) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ อัจฉราภรณ์ จุฑาผาด และสุติมา ฮามคำไพ. (2566). และปายือรี นาแว, ศรุต แมเร๊าะ และดินาถ หลำสุบ. (2563). ที่พบว่า ระบบสามารถอำนวยความสะดวกและมีความรวดเร็วในการบริการให้แก่ผู้รับบริการจองคิวได้เป็นอย่างดี

สรุปผล

การจัดทำระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน เกิดจากการพบปัญหาระบบการจองยังทำด้วยมือ หรือใช้การโทรจองเท่านั้น ทำให้มีปัญหายุ่งยากเจ้าหน้าที่และผู้ขอใช้ต้องทำการกรอกข้อมูลในการจอง ดังนั้นจึง

จำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลจากเอกสาร ให้เป็นระบบในรูปแบบออนไลน์ โดยวัตถุประสงค์มี 3 ข้อ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน 2) เพื่อประเมินคุณภาพ ระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน ผลการวิจัย พบว่า 1) การพัฒนาระบบใช้เครื่องมือสำคัญ ประกอบด้วย ภาษาโปรแกรม PHP, HTML, CSS, JavaScript ฐานข้อมูล MySQL และโปรแกรมพัฒนาระบบ Visual Studio Code ทั้งนี้ระบบจะแบ่งตามสิทธิ์การใช้งาน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย 1.1) กลุ่มของผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบ และจัดการสิทธิ์เข้าใช้งาน 1.2) เจ้าหน้าที่ สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการประเภทบริการ จัดการข้อมูลการจองคิวลูกค้า/จัดการข้อมูลการนัดหมาย และดูรายงานการจองคิว/การนัดหมาย 1.3) กลุ่มของทันตแพทย์ สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลตารางเวลาปฏิบัติงาน และดูตารางการจองคิว/การนัดหมาย และ 1.4) กลุ่มของผู้ใช้งาน สามารถสมัครสมาชิก เข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลส่วนตัว การจองคิว/นัดหมายและดูประวัติการจองคิวและนัดหมาย 2) ผลการประเมินคุณภาพระบบจองคิวคลินิกหมอมังรักษ์ฟัน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.58, S.D. = 0.48) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งาน ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.82, S.D. = 0.01)

เอกสารอ้างอิง

ปายีอรี นาแว ศรุต แมเร๊าะ และดินาถ หลำสุบ. 2563. ระบบจัดการข้อมูลการเข้ารับบริการคลินิกทันตกรรมโรงพยาบาลเทพา. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. 2(1): 11–22.

สมฤทัย บุญยอ นงเยาว์ สอนจะโปะ. 2565. การพัฒนาระบบการจองคิวรักษาสัตว์เลี้ยงออนไลน์และแจ้งเตือนผ่านไลน์ โรงพยาบาลสัตว์เมืองเอก (พัทยา). วารสารนวัตกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน. 4(2): 66-79.

สนทยา พลพาลสังข์ และรัชชนันท์ หลาบมาลา. 2560. การพัฒนาระบบจองห้องพักออนไลน์ กรณีศึกษา อุทยานแห่งชาติตาดโตน. วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 3(2): 72-80.

อรยา ปรีชานิช. 2557. คู่มือเรียน การวิเคราะและออกแบบระบบ (System Analysis and Design) ฉบับสมบูรณ์. ไอดีซี พรีเมียร์, นนทบุรี.

อัจฉราภรณ์ จุฑาผาด และสุติมา ฮามคำไพ. 2566. การพัฒนาระบบจองคิวผู้ป่วยนอกออนไลน์ศูนย์บริการสาธารณสุขเทศบาลเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด. วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น. 9(6): 312-321.

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. 2555. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ.

ระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา

Trading system : A Case Study of Moshi Moshi Yala Store

ฮัซบุลลอฮ์ อาแวมือ[1] กัญญาพัชร เพ็ญศรี[1] พิมลพรรณ ลีลาภัทรพันธุ์[1*] และ รุสนี กาแมแล[1]

Hasbulloh Arwaemue[1] Kanyaphat Phensri[1] Pimonpun Leelapatarapun[1*] and Rusnee Kamaelae[1]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา 95000

[1] Yala Rajabhat University 133 Thetsaban 3 Road, Sateng Yala Province 95000

*Corresponding author E-mail: 406465001@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา 2) เพื่อประเมินคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบโดยการประยุกต์ใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ Visual Studio Cade ภาษา HTML, PHP, JavaScript บนฐานข้อมูล MySQL กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย จำนวน 20 คน ได้แก่ ผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ และสมาชิก สถิติการวิจัยที่ใช้ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา แบ่งตามสิทธิ์ผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม คือ ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และสมาชิก แบ่งการทำงานหลักตามหน้าที่เป็น 8 ส่วน ได้แก่ จัดการข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลพนักงาน ข้อมูลสมาชิก ข้อมูลสินค้า การสั่งซื้อสินค้า การขายสินค้า การรับชำระเงิน และการรายงานสรุปยอดขาย 2) ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.47, S.D.=0.67) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.43, S.D.=0.69) ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารการซื้อขายสินค้าของร้านได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ระบบ ซื้อขาย สินค้า ร้านค้า

Abstract

The objectives of this research were 1) To analyze, design and develop a Product Trading System Case Study Moshi Moshi Yala Store 2) To assess the quality of the developed system and 3) To assess user satisfaction of the system. The system development used principles based on System Development Life Cycle (SDLC) theory. Visual studio code was use as a tool for coding while HTML, PHP and JavaScript were used as programming language and manage the database with MySQL. The sample group in the research is 20 people, including executives, staff and

members. The research statistics used were mean and standard deviation. The research results found that 1) There are three groups of users: administrators, staff and members. There are 8 functions as follows: manage basic information, manage employee, manage member, manage product, order products, sell products, receipt payments, and summarize of Sales. 2) The results of the system quality assessment by experts were at the highest level ($\bar{X}$=4.47, S.D.=0.67), and 3) The results of the user satisfaction assessment were at a high level ($\bar{X}$ = 4.43, S.D.=0.69). The developed system can help to improve the efficiency of management the store's product sales very well.

Keywords : System, Trading, Product, Store

บทนำ

ระบบซื้อขายสินค้าออนไลน์เกิดขึ้นจากความเจริญของเทคโนโลยีและการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่สะดวกสบายมากขึ้น การเริ่มต้นด้วยเว็บไซต์ในการทำธุรกิจออนไลน์ ระบบนี้มีจุดเริ่มต้นที่การสร้างแพลตฟอร์มที่ทันสมัยและทำให้ธุรกิจสามารถทำการตลาดและขายสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสำคัญของระบบซื้อขายสินค้านี้ คือการทำให้กระบวนการซื้อขายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และสะดวกสบายสำหรับลูกค้าและธุรกิจการค้าขายต่างๆ และยังเป็นที่นิยมของตลาดการค้าในยุคสมัยนี้อีกด้วย ปัจจุบันอินเทอร์เน็ตได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในชีวิต ไม่เพียงแต่การสืบค้นข่าวสารข้อมูลต่างๆ แต่รวมไปถึงการซื้อขายสินค้าและบริการผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือที่เรียกกันว่า E-Commerce เพราะ E-Commerce คือบริการการซื้อขายออนไลน์ ที่มีความสำคัญทำให้การซื้อขายออนไลน์สามารถซื้อขายได้ทุกที่ สร้างความสะดวกสบายให้ผู้ซื้อและผู้ขาย เทคโนโลยีเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยส่งเสริมให้ธุรกิจ E-Commerce เติบโตไปได้อย่างรวดเร็วมากสามารถใช้งานได้หลากหลายช่องทางทั้งทางสมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือ คอมพิวเตอร์ ซึ่งระบบของ E-Commerce มีความปลอดภัย โดยเว็บไซต์ส่วนใหญ่จะมีระบบการจ่ายเงินที่สะดวกสบายแต่ระบบความปลอดภัยสูงมาก เป็นช่องทางใหม่สำหรับผู้ประกอบการซึ่งถือเป็นช่องทางหนึ่งที่ช่วยสร้างโอกาสในการขยายช่องทางการค้าขายให้ผู้ประกอบการได้มากยิ่งขึ้น และเป็นตัวช่วยหนึ่งในการเข้าถึงผู้บริโภคได้ง่ายและตรงกลุ่มเป้าหมายมากขึ้น (ณัฐวรรณ ศรีสามทอง, 2562)

ปัจจุบันร้าน Moshi Moshi เป็นแฟรนไชร์ร้านค้าปลีกสินค้าไลฟ์สไตล์ (Lifestyle) เป็นที่รู้จักของลูกค้าที่ต้องการค้นหาสินค้าสำหรับการใช้ในทุกๆ ส่วนของชีวิตประจำวันของลูกค้า มีทั้งหมด 122 สาขาในประเทศไทย สำหรับจังหวัดยะลามีแฟรนไชร์จำนวน 3 สาขา โดยสาขาที่ 1 ตั้งอยู่เลขที่ 68 ถนนผังเมือง 3 หลังมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา สาขาที่ 2 ตั้งอยู่ในห้างสรรพสินค้าโคลีเซี่ยมยะลา ชั้นที่ 3 และสาขาที่ 3 ซึ่งเป็นสาขาที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้ ตั้งอยู่เลขที่ 64 ถนนอาคารสงเคราะห์ ตำบลสะเตง อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000 ปัจจุบันมีพนักงาน 24 คน มีผู้จัดการ 1 คน เปิดให้บริการทุกวัน ระหว่างเวลา 09.00 - 22.00 น. ลักษณะร้าน Moshi Moshi เป็นร้านขายสินค้าที่เน้นคุณภาพ มีความหลากหลาย ทันสมัย และราคาที่เหมาะสม สินค้าในร้าน

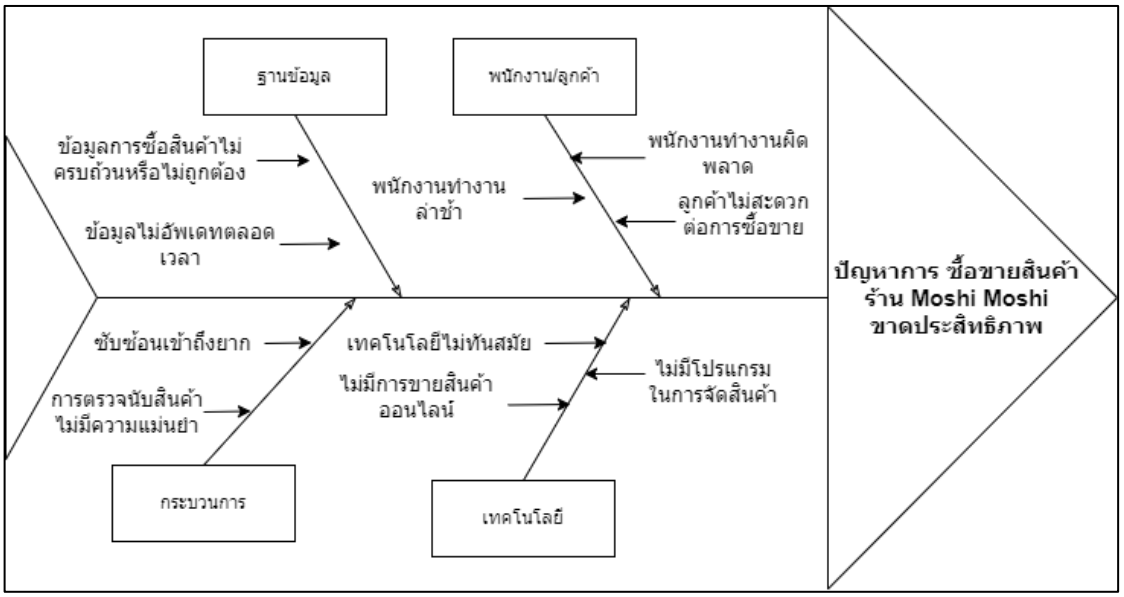
เป็นสินค้าภายใต้ตราสินค้าของบริษัท (Exclusive) โดยร้านจำหน่ายสินค้าประเภท กิ๊ฟช็อป กระเป๋า หมวก แก้วน้ำ เครื่องเขียน สินค้าไอที รวมถึงสินค้าอื่นๆ ที่ใช้ในบ้าน ห้องนอน ห้องทำงาน และห้องเรียน เป็นต้นลักษณะการดำเนินธุรกิจ มีการสั่งซื้อสินค้าจากตัวแทนจำหน่าย รับสินค้าเข้า จัดหมวดหมู่สินค้า ตรวจนับสินค้า ขายสินค้า ออกใบเสร็จ สรุปบัญชีรายรับ-รายจ่าย เป็นต้น จากการดำเนินธุรกิจดังกล่าวพบว่า ร้านค้าจัดเก็บข้อมูลการสั่งซื้อสินค้า การรับสินค้า การตรวจนับสินค้า การขายสินค้า และการลงบัญชีรายรับ-รายจ่าย จัดเก็บข้อมูลอยู่ในรูปแบบของสมุดบันทึก และใช้เครื่องคิดเลขในการคำนวณราคาสินค้า ทำให้เกิดความล่าช้า การตรวจนับจำนวนสินค้าคงคลังไม่เป็นปัจจุบันและไม่สามารถให้ข้อมูลที่ชัดเจนในการรายงานผลที่รวดเร็วได้

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา เพื่อจัดเก็บข้อมูลลูกค้า การซื้อสินค้า การขายสินค้า การตรวจสอบสินค้าคงคลัง การออกใบเสร็จรับเงิน การสรุปรายรับ - รายจ่าย เป็นต้น สำหรับใช้ดำเนินการสั่งซื้อและจัดจำหน่ายสินค้าของร้าน Moshi Moshi ยะลา โดยมีหน้าเว็บที่ลูกค้าสามารถเข้าใช้งานได้ตลอดเวลา และสามารถค้นหาสินค้าทั้งหมดที่มีจำหน่ายในร้าน อีกทั้งลูกค้ายังสามารถตรวจสอบจำนวนสินค้าคงคลังและรายการสินค้าทั้งหมดที่เป็นปัจจุบันได้ตลอดเวลา

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (**Applied research)** ได้ศึกษาและประยุกต์ใช้ตามกระบวนการพัฒนาระบบ (**System Development Life Cycle**: **SDLC**) โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น **5** ขั้นตอน (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์**,** 25**60**) ดังนี้

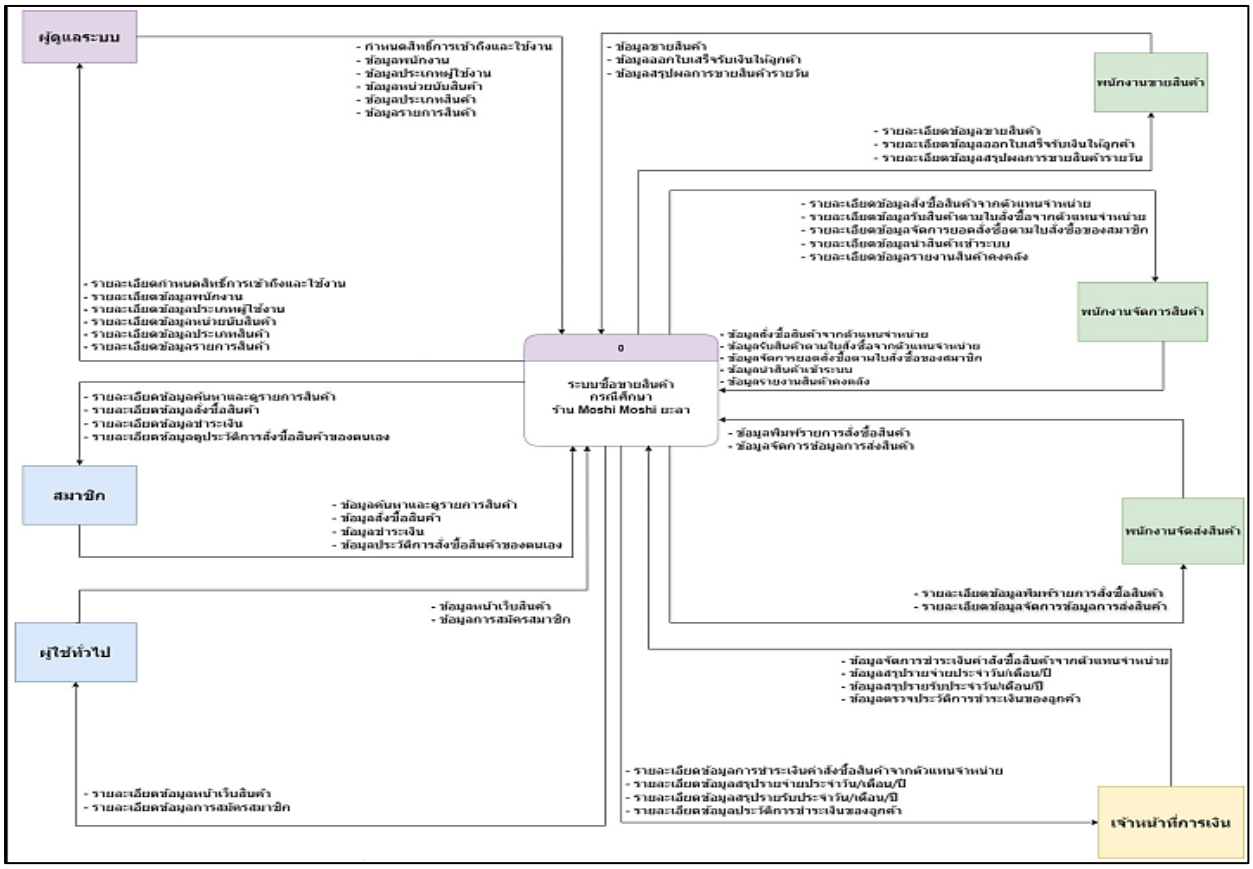
1. การศึกษาปัญหา คณะผู□วิจัยได□ทำการศึกษาป□ญหาของระบบเดิม โดยการเก็บข□อมูลจากเอกสาร และทำการสัมภาษณ์ผู้บริหาร พนักงาน และลูกค้า ร้าน Moshi Moshi ยะลา พบประเด็นป□ญหาของการซื้อขายสินค้าของร้าน ดังนี้ 1) ป□ญหาพนักงานและลูกค้า ทำงานล่าช้า ผิดพลาดในการจัดการข้อมูล ไม่สะดวกในการซื้อขาย 2**)** ปัญหาเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการจัดเก็บข้อมูล ขาดความทันสมัย 3**)** ปัญหาการไม่มีฐานข้อมูลที่ช่วยในการซื้อขาย และ 4**)** ปัญหาของกระบวนการทำงาน การตรวจนับสินค้าไม่เป็นปัจจุบันและไม่ตรงกัน ยากในการเข้าถึงข้อมูล และการสรุปยอดซื้อยอดขายสินค้า แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังเหตุและผล (Couse and effect Diagram) ของระบบงานเดิม

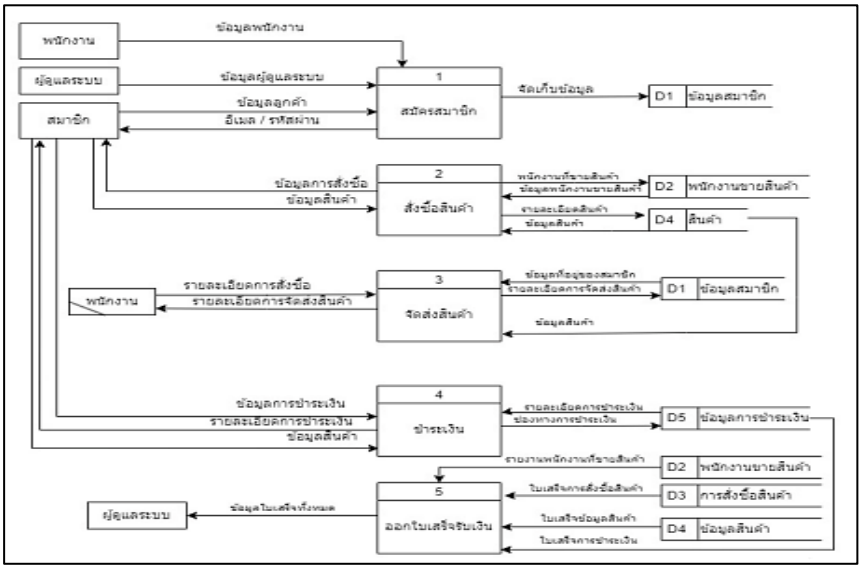
2. วิเคราะห์ระบบ คณะผู้วิจัย ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบงานเดิม ด้วยวิธีการไปสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มแบบเจาะจง ผู้จัดการร้าน 1 คน และพนักงาน 2 คน โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด แล้วนำมาสรุปความต้องการเป็นขอบเขตงานหลักการซื้อขายสินค้า ดังนี้

2.1 แผนภาพบริบทระบบงาน (Context Diagram) ใช้สำหรับแสดงภาพรวมระบบการทำงานของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพบริบทของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา

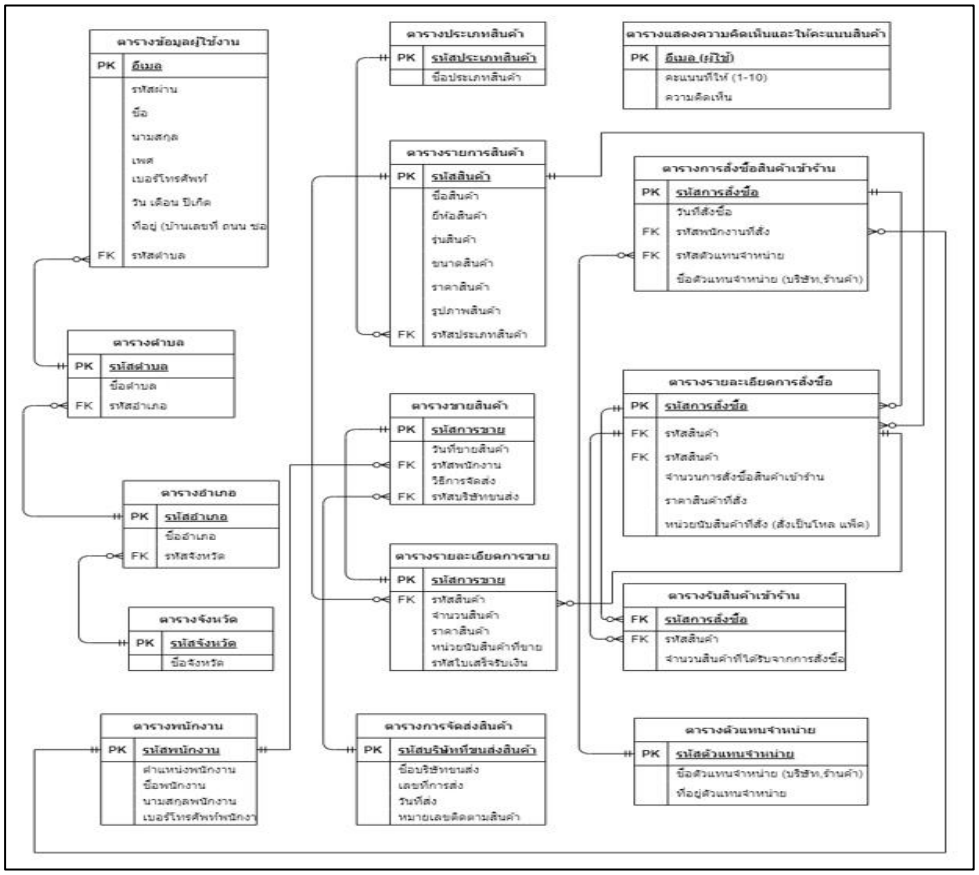
2.2 แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) เป็นแผนภาพจำลองการทำงานของกระบวนการทำงานของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา โดยแสดงความสัมพันธ์แหล่งกำเนิดของข้อมูล จำนวน 3 ส่วน ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และสมาชิก แยกตามกระบวนการ คือ สมัครสมาชิก สั่งซื้อสินค้า ชำระเงิน จัดส่งสินค้า และออกใบเสร็จรับเงิน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพกระแสข้อมูลของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา

3. การออกแบบระบบ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลและออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ดังนี้

3.1 แบบจำลองโครงสร้างข้อมูล (Entity-Relationship Diagrams: ER-Diagram) เป็นแบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา จำนวน 15 ส่วน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูลระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา

3.2 การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหน้าจอข้อมูลหลัก โดยแยกตามผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และสมาชิก โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอ ดังภาพที่ 5-6

ภาพที่ 5 หน้าจอเข้าสู่ระบบ สำหรับผู้ดูแลระบบ พนักงานและสมาชิก

ภาพที่ 6 หน้าจอหน้าการทำงานหลักของผู้ดูแลระบบ

4. การพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบโดยใช้ภาษา HTML, PHP และ JavaScript ใช้ Xampp สำหรับจำลองเป็นเครื่องแม่ข่าย ใช้พีเอชพีมายแอดมิน (phpMyAdmin) เป็นเว็บแอพพลิเชั่น (Web Application) เป็นส่วนต่อประสานกับฐานข้อมูล MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล ระบบแบ่งตามสิทธิ์การใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่

4.1 กลุ่มผู้ดูแลระบบ มีขอบเขตการทำงาน 7 ส่วน คือ การเข้าสู่ระบบ การจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน การกำหนดประเภทผู้ใช้งาน การจัดการหน่วยนับสินค้า การจัดการประเภทสินค้า และการจัดการรายการสินค้า

4.2 กลุ่มพนักงาน มีขอบเขตการทำงาน แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ การเข้าสู่ระบบ การขายสินค้า การออกใบเสร็จรับเงินให้ลูกค้า และสรุปผลการขายสินค้า

4.3 กลุ่มสมาชิก มีขอบเขตการทำงาน 6 ส่วน คือ การเข้าสู่ระบบ (หน้าต่างเข้าสู่ระบบเหมือนกับส่วนของผู้ดูแลระบบดังภาพที่ 1) ค้นหาและดูรายการสินค้า สั่งซื้อสินค้า ชำระเงิน แสดงความคิดเห็น และดูประวัติการสั่งซื้อสินค้าของตนเอง

5. การทดสอบและการประเมินระบบ หลังจากผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดสอบการใช้งาน จากนั้นได้ทำการประเมินระบบโดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1 แบบประเมินคุณภาพระบบ สำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน เป็นแบบสอบถามที่มีคำถามทั้งแบบปลายปิดและปลายเปิด แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5.2 แบบประเมินความพึงพอใจ สำหรับให้ผู้ใช้งานประเมิน เป็นแบบสอบถามที่มีคำถามทั้งแบบปลายปิด และปลายเปิด แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ด้านกระบวนการทำงานของระบบ ด้านการติดต่อกับระบบงาน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

หลังจากได้ข้อมูลจากแบบประเมิน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามปลายปิด โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยเกณฑ์ระดับความคิดเห็นของ

ผู้ตอบแบบประเมิน ทั้ง 2 ชุด ใช้เกณฑ์ประมาณค่า 5 ระดับ ผลจากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย ใช้ตามเกณฑ์ของบุญชม ศรีสะอาด (2552) ดังนี้

4.50 - 5.00 หมายถึง มีคุณภาพหรือความพึงพอใจในระดับมากที่สุด
3.50 – 4.49 หมายถึง มีคุณภาพหรือมีความพึงพอใจในระดับมาก
2.50 – 3.49 หมายถึง มีคุณภาพหรือมีความพึงพอใจในระดับปานกลาง
1.50 – 2.49 หมายถึง มีคุณภาพหรือมีความพึงพอใจในระดับน้อย
1.00 – 1.49 หมายถึง มีคุณภาพหรือมีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามปลายเปิดที่เกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ วิเคราะห์โดยแจกแจงความถี่ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอในรูปตารางประกอบคำบรรยาย

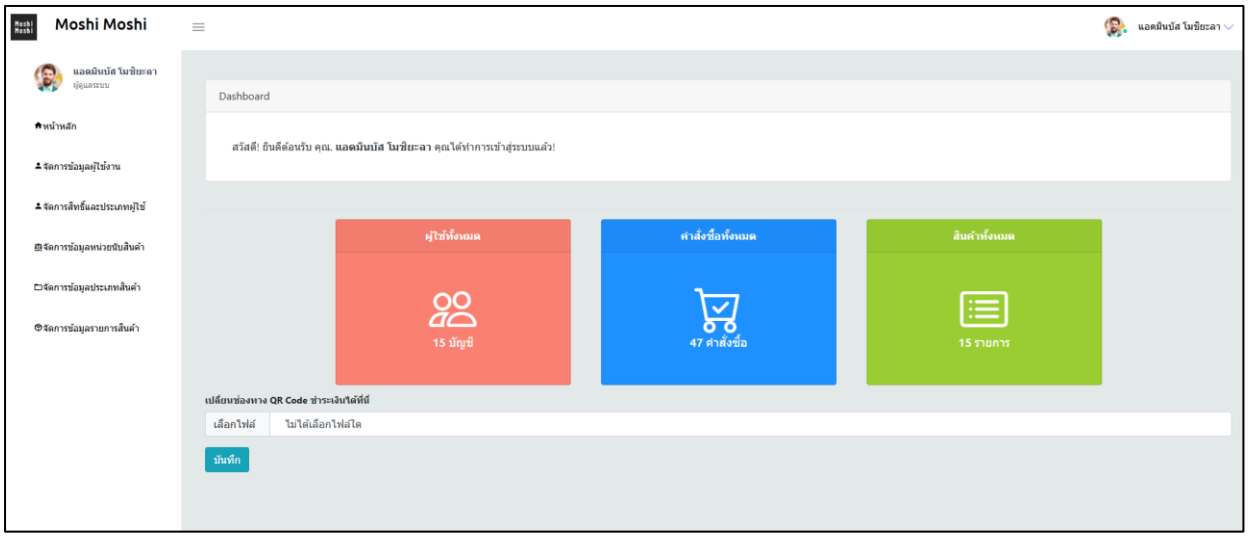
ผลการวิจัย

การศึกษาเพื่อพัฒนาระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน **Moshi Moshi** ยะลา ผู้พัฒนาได้ดำเนินการตามกระบวนการและขั้นตอนต่าง ๆ จนได้ผลการวิจัย แบ่งออกเป็น **2** ส่วน ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบและผลการประเมินระบบ สรุปดังนี้

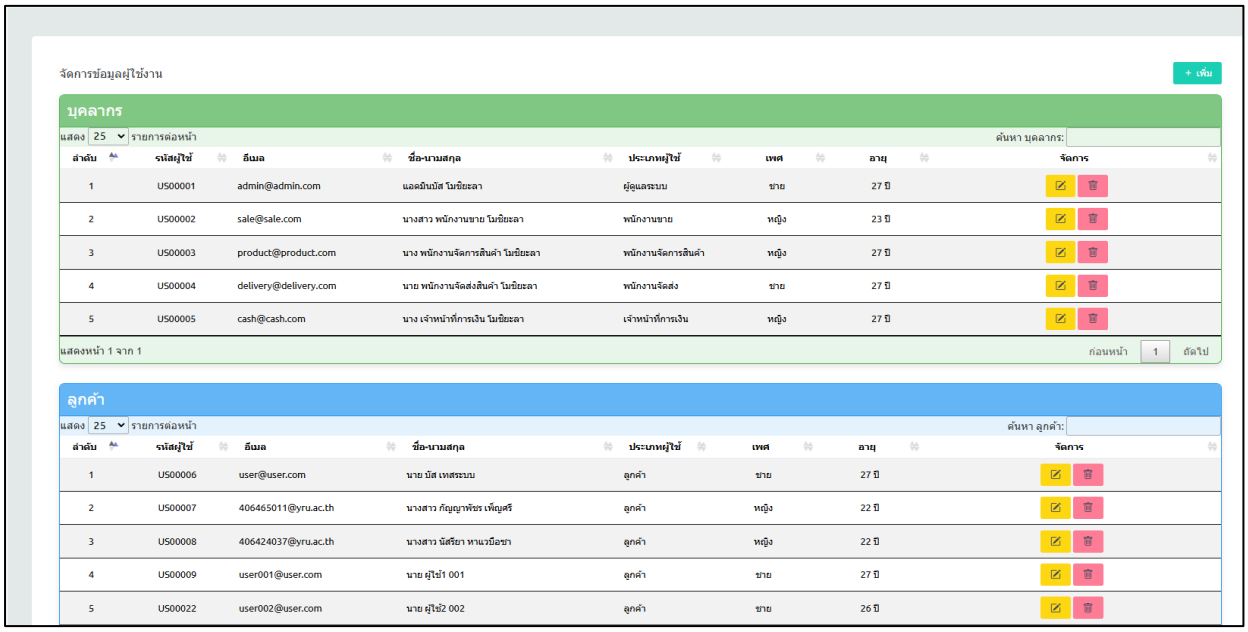
1. **ผลการพัฒนาระบบ** แบ่งตามสิทธิ์การใช้งาน 3 กลุ่ม ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ พนักงาน และสมาชิก ดังนี้

1.1) ผู้ดูแลระบบ ใช้สำหรับจัดการข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลผู้ใช้งาน และข้อมูลสินค้า แบ่งเป็น 6 ส่วน คือ การเข้าสู่ระบบ การจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน การกำหนดประเภทผู้ใช้งาน การจัดการหน่วยนับสินค้า การจัดการประเภทสินค้า และการจัดการรายการสินค้า ดังตัวอย่างในภาพที่ 7-10

ภาพที่ 7 หน้าจอเข้าสู่ระบบ



ภาพที่ 8 หน้าจอหน้าหลัก (แดชบอร์ด)

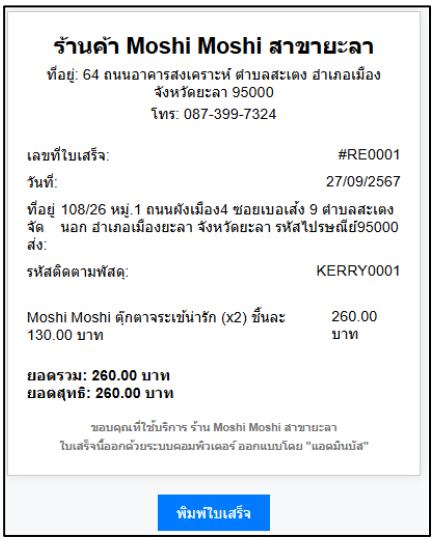


ภาพที่ 9 หน้าจอจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน

ภาพที่ 10 หน้าจอรายการข้อมูลสินค้า

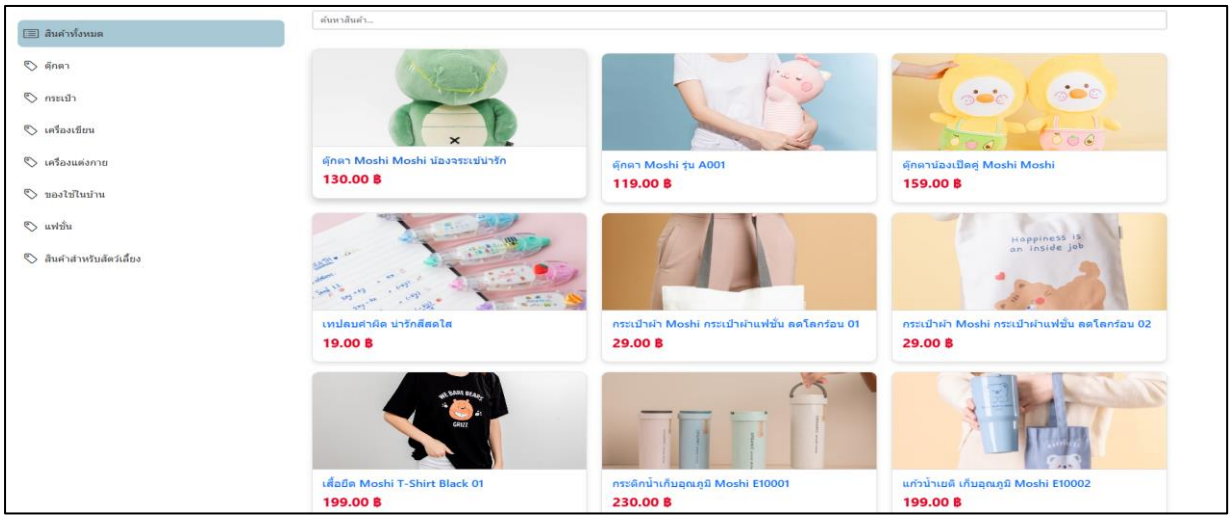
1.2) กลุ่มพนักงาน ใช้สำหรับจัดการข้อมูลของพนักงาน แบ่งเป็น 4 ส่วน คือ การเข้าสู่ระบบ การขายสินค้า การออกใบเสร็จรับเงินให้ลูกค้า และสรุปผลการขายสินค้า ดังตัวอย่างในภาพที่ 11-12

ภาพที่ 11 หน้าจอเมนูหลักของพนักงานขายสินค้า

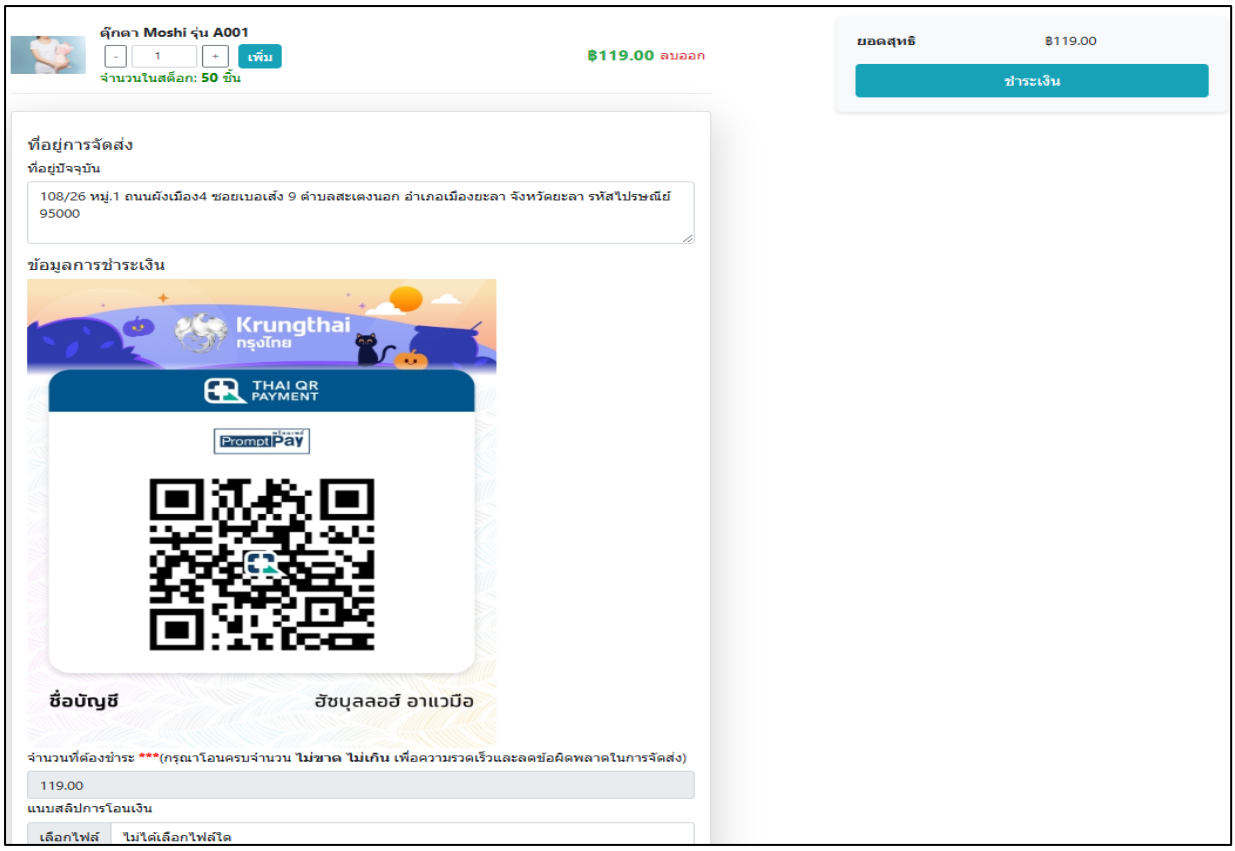


ภาพที่ 12 หน้าจอใบเสร็จรับเงิน

1.3) กลุ่มสมาชิก ใช้สำหรับจัดการข้อมูลลูกค้า แบ่งเป็น 6 ส่วน คือ การเข้าสู่ระบบ ค้นหาและดูรายการสินค้า สั่งซื้อสินค้า ชำระเงิน แสดงความคิดเห็น และดูประวัติการสั่งซื้อสินค้า ดังตัวอย่างในภาพที่ 13-14



ภาพที่ 13 หน้าจอค้นหาและดูรายการสินค้า



ภาพที่ 14 หน้าจอสั่งซื้อสินค้า ชำระเงิน

2. ผลการประเมินระบบ ผู้วิจัยได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

2.1) ผลการประเมินคุณภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ทำการประเมิน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา

รายการประเมิน	$\overline{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านความปลอดภัย	4.30	0.73	มาก
2. ด้านความถูกต้อง	4.54	0.58	มากที่สุด
3. ด้านการออกแบบ	4.46	0.74	มาก
4. ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	4.56	0.63	มากที่สุด
ภาพรวม	**4.47**	**0.67**	**มาก**

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 4.47, S.D.=0.67) โดยด้านการนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.56, S.D.=0.63) รองลงมาเป็นด้านความถูกต้อง อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{x}$ = 4.54, S.D.=0.58) ด้านการออกแบบ อยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 4.46, S.D.=0.74) และด้านความปลอดภัย อยู่ในระดับมาก ($\overline{x}$ = 4.30, S.D.=0.73) ตามลำดับ

2.2) ผลการประเมินความพึงพอใจระบบ โดยผู้ใช้งาน จำนวน 20 คน ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านกระบวนการทำงาของระบบงาน และด้านการติดต่อกับระบบงาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา

รายการประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านกระบวนการทำงานของระบบ	4.44	0.65	มาก
2. ด้านการติดต่อกับระบบงาน	4.42	0.73	มาก
ภาพรวม	**4.43**	**0.69**	**มาก**

จากตารางที่ 2 พบว่า ความพึงพอใจของระบบโดยผู้ใช้งานภาพรวม อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.43, S.D.=0.69) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เป็นด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.44, S.D.=0.65) และด้านการติดต่อกับระบบงาน อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.42, S.D.=0.73) ตามลำดับ

วิจารณ์ผล

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการริเริ่มจากการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ และทำการออกแบบและพัฒนา จัดทำระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน **Moshi Moshi** ยะลา สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ ที่ได้กำหนดไว้ อาจเนื่องมาจากการประสบผลสำเร็จทางด้านการวิเคราะห์ และออกแบบระบบที่สามารถทำได้ดี โดยใช้ภาษา **PHP** ในการพัฒนาและใช้โปรแกรม **MySQL** ในการจัดเก็บข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ปนัดดา บุญมี และ สุวิช อาจยาเมือง (**2562**). ทั้งนี้เนื่องจากขอบเขตงานของระบบใหม่สามารถช่วยในด้านการออกแบบและจัดรูปแบบ รวมถึงด้านประโยชน์และการนำไปใช้งานได้ดี และสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ณัฐวรรณ ศรีสามทอง (**2562**) และผลงานวิจัยของ ณัฐภัทร สุวรรณศิลป์ ปิยะดา กันตรัตนากุล และ กฤติกา สังขวดี (**2566**). ที่พบว่าระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน **Moshi Moshi** ยะลา สามารถช่วยให้มีความสะดวก เพื่อจัดเก็บข้อมูลลูกค้า การซื้อสินค้า การขายสินค้า การตรวจสอบสินค้าคงคลัง การออกใบเสร็จรับเงิน การสรุปรายรับ - รายจ่าย เป็นต้น สำหรับใช้ดำเนินการสั่งซื้อและจัดจำหน่ายสินค้าของร้าน Moshi Moshi ยะลา โดยมีหน้าเว็บที่ลูกค้าสามารถเข้าใช้งานได้ตลอดเวลา และสามารถค้นหาสินค้าทั้งหมดที่มีจำหน่ายในร้าน อีกทั้งลูกค้ายังสามารถตรวจสอบจำนวนสินค้าคงคลังและรายการสินค้าทั้งหมดที่เป็นปัจจุบันได้ตลอดเวลา รวมถึงยังมีประโยชน์และมีประสิทธิภาพ จากผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานซึ่งปรากฏผลเป็นที่น่าพอใจ ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้จริง โดยใช้แบบประเมินที่มีมาตราวัด ประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (**S.D.)** ผลการวิจัย พบว่า ภาพรวมผลการประเมินประคุณภาพของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.47**, S.D. =** 0.67) และภาพรวมผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.43**, S.D. =** 0.69)

สรุปผล

การพัฒนาระบบซื้อขายสินค้า กรณีศึกษา ร้าน Moshi Moshi ยะลา เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดเก็บข้อมูลการซื้อขายสินค้าของร้าน Moshi Moshi ยะลา ดำเนินการพัฒนาระบบตามขั้นตอนหลักของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) การพัฒนาระบบใช้ภาษา PHP, HTML, และ Java Script ใช้ Xampp สำหรับจำลองเป็นเครื่องแม่ข่าย ใช้พีเอชพีมายแอดมิน (phpMyAdmin) เป็นเว็บแอพพลิชั่นต่อประสานกับฐานข้อมูล MySQL สำหรับจัดการฐานข้อมูล ระบบแบ่งตามสิทธิ์การใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้ดูแลระบบ กลุ่มพนักงาน และกลุ่ม ผลการประเมินคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจโดยผู้ใช้งานอยู่ในระดับมากเช่นกัน ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูลการซื้อขายของร้าน Moshi Moshi ยะลาได้ โดยได้แก้ปัญหาระบบงานเดิมในการจัดเก็บข้อมูลจากรูปแบบกระดาษสู่การจัดเก็บเป็นฐานข้อมูล ช่วยทำให้ลูกค้าสามารถทำการซื้อขายสินค้าด้วยความสะดวกรวดเร็ว ทั้งในแบบซื้อขายหน้าร้านและซื้อขายออนไลน์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์ในหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาเป็นอย่างสูง ที่ส่งเสริมและสนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กิตติกร พวงไธสง และ ธนาวุฒิ สุขโน. (2562). ระบบบริหารจัดการการขายสินค้าร้านฟลุ้ค & เฟรช. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

คมสันติ มหาสุข, สุภาภรณ์ เขียวงาม และ จินดา คำจริง. 2565. การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อจำหน่ายอาหารสัตว์เลี้ยง กรณีศึกษา ร้าน Petshop. วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 4(1), 1-14.

จินดางาม รอบแคว้น และ ภัทราภรณ์ ศิริเวช. (2562). ระบบขายสินค้าออนไลน์ (ร้านนิวปริ้นเซสคอสเมติก). วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

จันจิรา ดีเลิศ และ สุริษา บุญเจริญ. 2566. การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการร้านขายยา. วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร, 8(1), 1-10.

ชุติมา นิ่มนวล. 2562. การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อสนับสนุนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชนของจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสารราชภัฏเพชรบูรณ□สาร, 19(2), 1-8.

ณัฐภัทร สุวรรณศิลป์, ปิยะดา กันตรัตนากุล และ กฤติกา สังขวดี. 2566. การพัฒนาระบบซื้อขายสินค้าออนไลน์ กรณีศึกษา ร้านกลับตานีสาขาพิษณุโลก. วารสารร่มยูงทอง, 1(2), 1-17.

ณัฐวรรณ ศรีสามทอง. 2562. ความสำคัญของการขายออนไลน์. สืบค้น 1 มกราคม 2567.

ปองพล ธูปทอง และ แก้วใจ อาภรณ์พิศาล. 2561. ระบบจัดการข้อมูลซื้อขายอุปกรณ์ทางการเกษตร กรณีศึกษาร้านยิ่งเจริญการค้า. น. 1796-1809. ใน: การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 3 วันที่ 8 มิถุนายน 2561. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, นครปฐม.

ปนัดดา บุญมี และ สุวิช อาจยาเมือง. 2562. โครงงานระบบบริหารจัดการร้านค้าออนไลน์ กรณีศึกษาร้านลูกเต๋า. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

ยุพา เพ็งโอ อมราวดี เนียมศร ชญาน์นันท์ รูปหุ่น และ ไพฑูรย์ งิ้วทั่ง. 2565. ระบบเว็บไซต์สั่งซื้อเบเกอรี่ออนไลน์ กรณีศึกษา ร้านน้ำฝนเบเกอรี่. วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม, 4(1), 1-15.

รสสุคนธ์ ทับพร พศุตม์ แก้วไทรสุ่น และ ธนพงศ์ ปานมณ. 2565. ระบบการจัดการร้านโทรศัพท์มือถือ กรณีศึกษาร้าน PJ SHOP. วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์แห่งรัตนโกสินทร, 4(1), 1-14.

ศรกมล คิดควร และ วริยา เย็นเปิง. 2561. ระบบบริหารจัดการร้านค้าออนไลน์ กรณีศึกษา ร้าน Zeezaa. น. 1198-1210. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏหมู่บ้านจอมบึงวิจัย ครั้งที่ 9 วันที่ 1 มีนาคม 2564. มหาวิทยาลัยราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง. ราชบุรี.

สิริวิมล ปะกะตัง และ วริษา สิงหนุต. 2562. ระบบบริหารจัดการร้านค้าออนไลน์ กรณีศึกษา ศูนย์เศรษฐกิจพอเพียงบ้านโนนรัง-บูรพา. วิทยานิพนธ์ปริญญาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์. บุรีรัมย์.

สิรินณา ชมชื่น, อุษา สิทธิ์สงวน และ รัตนา ลีรุ่งนาวารัตน. 2562. การพัฒนาระบบจำหน่ายเสื้อผ้าแฟชั่นผ่านระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 7(1), 1-13.

สลิลทิพย์ ผ่องแผ้ว และ ชุติมา นิ่มนวล. 2566. ระบบบริหารจัดการร้านขายวัสดุก่อสร้าง กรณีศึกษา ร้าน ป.รุ่งเรืองค้าวัสดุ. วารสารเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน มทร.พระนคร, 8(2), 1-10.

อดิศร โกษาจันทร์, เกษสุภัค เนตรสุวรรณ, อิทธิชัย อินลุเพท และ จิตราภา คนฉลาด. 2566. การพัฒนาระบบพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับจำหน่ายต้นไม้ประดับ. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 13(3), 1-16.

การพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิคเว็บสแครปปิ้งและการประมวลผลภาษาธรรมชาติสำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทย

Development and Application of Web Scraping Techniques and Natural Language Processing for Collecting and Analyzing Flood-related News Data in Thailand

ชวลิต โควีระวงศ์[1*] รัตถชล อ่างมณี[2] ไพรินทร์ มีศรี[3]และดาวรถา วีระพันธ์[4]

Chavalit Koweerawong[1*], Rattachon Angmanee[2] Phairin Meesri[3] and Daoratha Weerapan[4]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

1 หมู่ 20 ต.คลองหนึ่ง อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 13180

[1]Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage University.

1 M.20 ,Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 13180

*Corresponding author E-mail: chavalit@vru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติสำหรับรวบรวมและวิเคราะห์ข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทยจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงและแนวโน้มของสถานการณ์น้ำท่วม ผ่านการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนที่ความร้อน รวมถึงการประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ เช่น Named Entity Recognition เพื่อสกัดข้อมูลสำคัญ เช่น ชื่อสถานที่และเวลา ผลการวิจัยแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิคเว็บสแครปปิ้งด้วยเครื่องมือ BeautifulSoup และ Selenium ในการรวบรวมข่าวสารน้ำท่วมจำนวนมาก พร้อมด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโมเดล WangchanBERTa เพื่อสกัดข้อมูลที่สำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปสรุปพื้นที่เสี่ยงและเหตุการณ์น้ำท่วมตลอดปี 2567 ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดยใช้เวลารวมไม่เกิน 1 ชั่วโมง 33 นาที ทั้งยังแสดงผลสรุปด้วยแผนที่ความร้อนเพื่ออธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ อย่างไรก็ตาม การวิจัยพบข้อจำกัดด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความซับซ้อนของการประมวลผลในกรณีที่ข้อมูลมีขนาดใหญ่และหลากหลาย ข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบในอนาคต ได้แก่ การขยายแหล่งข้อมูลให้ครอบคลุมโซเชียลมีเดียและแพลตฟอร์มสาธารณะของหน่วยงานราชการ การนำเทคนิค AI เช่น การเรียนรู้เชิงลึกมาปรับปรุงความแม่นยำในการสกัดข้อมูล และการพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ที่ผนวกกับระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อให้การแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจนและเข้าถึงง่าย

คำสำคัญ : ข่าวน้ำท่วม การประมวลผลภาษาธรรมชาติ การสกัดข้อมูล เว็บสแครปปิ้ง การวิเคราะห์ข้อมูล

Abstract

This research aims to develop an automated or semi-automated system for collecting and analyzing online flood-related news in Thailand to identify risk areas and flood trends. The information is presented in the form of heatmaps, utilizing Natural Language Processing (NLP) techniques such as Named Entity Recognition (NER) to extract key data, including locations and timestamps. The study demonstrates the efficiency of web scraping tools, including BeautifulSoup and Selenium, in gathering a large volume of flood-related news. Data was processed and analyzed using the WangchanBERTa model, enabling the extraction of critical information. The results provide an effective and timely summary of risk areas and flood events throughout 2024, with the entire process completed within 1 hour and 33 minutes. Heatmaps were used to visualize spatial data and convey information clearly. However, the research identified limitations regarding data reliability and processing complexity, particularly when handling large and diverse datasets. Future system enhancements should include expanding data sources to cover social media and public platforms from government agencies, incorporating advanced AI techniques such as Deep Learning to improve data extraction accuracy, and developing a real-time alert system integrated with Geographic Information Systems (GIS) to enhance clarity and accessibility of the displayed information

Keywords : Flood news,Natural Language Processing, Data extraction, Web scraping, Data analysis

บทนำ

ในปี 2566 จากการวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ถูกน้ำท่วมประมาณ 4.74 ล้านไร่ กระจายตัวอยู่ในทุกภาคของประเทศ โดยมี 52 จังหวัด 419 อำเภอ 2,621 ตำบล ที่เกิดน้ำท่วมในพื้นที่ (สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ, 2566) น้ำท่วมเป็นหนึ่งในภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งในประเทศไทย โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน พฤษภาคม -ตุลาคม ของทุกปี ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนสะสมอย่างต่อเนื่อง น้ำท่วมก่อให้เกิดผลกระทบอย่างรุนแรงทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ ยังส่งผลต่อความเชื่อมั่นในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการวางแผนเมืองในระยะยาว ด้วยเหตุนี้การจัดการข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับน้ำท่วม การรายงานสถานการณ์ การระบุพื้นที่เสี่ยง และข้อมูลเชิงลึกจากข่าวที่เผยแพร่ผ่านสื่อออนไลน์ จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการลดผลกระทบและเสริมสร้างระบบเตือนภัยหรือเฝ้าระวังที่มีประสิทธิภาพ (Aribowo & Wisudarma, 2018) ปัจจุบันแหล่งข้อมูลข่าวสารออนไลน์ที่ใช้ในการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับน้ำท่วมแบ่งดังนี้ 1.เว็บไซต์ข่าวไทย เช่น ไทยรัฐ เดลินิวส์ และมติชน ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือและเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมอย่างสม่ำเสมอ 2. โซเชียลมีเดีย เช่น Facebook และ X

(Twitter) (Kumar & Sebastian, 2019) ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งข้อมูลสำหรับรายงานสถานการณ์แบบเรียลไทม์จากผู้ใช้ในพื้นที่ สำหรับข้อมูลที่กล่าวมาทั้งสองแหล่งนี้เป็นข้อมูลที่ไม่ได้มาจากทางราชการและอาจมีความสำคัญในด้านรายงานนอกพื้นที่เครื่องตรวจวัดอัตโนมัติ และ 3. แพลตฟอร์มข้อมูลสาธารณะ เช่น เว็บไซต์ของกรมอุตุนิยมวิทยาและหน่วยงานบริหารจัดการน้ำที่ให้ข้อมูลอย่างเป็นทางการเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำท่วม

แม้ว่าข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมจะเผยแพร่ผ่านช่องทางออนไลน์อย่างกว้างขวาง ทั้งจากเว็บไซต์ข่าว โซเชียลมีเดีย และแพลตฟอร์มข้อมูลสาธารณะ แต่การรวบรวมข้อมูลเหล่านี้เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงกลับเป็นเรื่องท้าทาย เนื่องจากปริมาณข้อมูลที่มหาศาลซึ่งถูกเผยแพร่จากหลายแหล่งในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้การคัดกรองและจัดระเบียบข้อมูลต้องใช้เวลาและทรัพยากรมาก นอกจากนี้คุณภาพและความน่าเชื่อถือของข้อมูล จากบางแหล่งข่าวยังเป็นปัญหา เนื่องจากบางข่าวสารอาจขาดความถูกต้องหรือมีข้อมูลคลาดเคลื่อน ส่งผลต่อความแม่นยำของการวิเคราะห์ อีกทั้งข่าวส่วนใหญ่ถูกนำเสนอในรูปแบบข้อความที่ไม่เป็นโครงสร้าง (Manning & Schütze, 2021) ซึ่งจำเป็นต้องใช้เทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ ในการสกัดข้อมูลสำคัญเพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ โดยนำข้อมูลที่มากมายนำมาสรุปในเวลาอันรวดเร็ว

เครื่องมือสกัดข้อมูล Scrapy, Beautiful Soup, และ Selenium เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการสกัดข้อมูลด้วย Python (Mitchell, 2018) โดยแต่ละเครื่องมือมีจุดเด่นและเหมาะสมกับงานที่แตกต่างกันไป Scrapy เหมาะสำหรับการรวบรวมข้อมูลในปริมาณมากจากหลายเว็บไซต์แบบอัตโนมัติ เนื่องจากมีโครงสร้างที่รองรับการจัดการและเก็บข้อมูลเป็นระบบ พร้อมด้วยความเร็วในการประมวลผล เหมาะสำหรับการดึงข้อมูลจากเว็บไซต์ที่มีโครงสร้าง HTML (Scrapy, 2021) ในทางกลับกัน Selenium ถูกออกแบบมาสำหรับเว็บไซต์ที่ใช้ JavaScript หรือมีเนื้อหาแบบไดนามิกที่ต้องการการจำลองพฤติกรรมผู้ใช้งาน ดังนั้น การเลือกใช้เครื่องมือเหล่านี้ควรพิจารณาจากลักษณะของข้อมูลและเป้าหมายของโครงการเทคนิค Named Entity Recognition (NER) เป็นหนึ่งในกระบวนการสำคัญของการประมวลผลภาษาธรรมชาติที่ช่วยในการสกัดข้อมูลสำคัญจากข้อความโดยระบุและจัดประเภทชื่อเฉพาะ เช่น ชื่อบุคคล สถานที่ องค์กร วันที่ หรือข้อมูลสำคัญอื่น ๆ NER เป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำสูงเมื่อใช้โมเดลภาษาที่ทันสมัย เช่น BERT หรือ WangchanBERTa สำหรับภาษาไทย ซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุเอนทิตีจากข้อความขนาดใหญ่

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาและประยุกต์ใช้เทคนิค เว็บสแครปปิ้ง (Web Scraping) สำหรับการรวบรวม วิเคราะห์และสรุปข่าวน้ำท่วมในประเทศไทย โดยมีเป้าหมายสำคัญดังนี้

1) เพื่อพัฒนาระบบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติสำหรับการรวบรวมข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ต่างๆ

2) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลข่าวที่รวบรวมได้และสรุป เพื่อระบุพื้นที่เสี่ยงหรือแนวโน้มของสถานการณ์น้ำท่วม โดยนำเสนอในรูปแบบแผนที่ความร้อน

3) เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) เช่น Named Entity Recognition (NER) เพื่อสกัดข้อมูลสำคัญตามชื่อสถานที่และเวลา

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการออกแบบและพัฒนาวิธีสกัดข้อมูลจากเว็บไซต์สำหรับข่าวน้ำท่วมในประเทศไทย มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาขั้นตอนวิธีการสกัดข่าวแบบอัตโนมัติ คาดการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยและสถานการณ์น้ำท่วม เพื่อความปลอดภัยของประชาชนในพื้นที่ งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาระบบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติสำหรับสำหรับการรวบรวมข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ต่าง ๆ และวิเคราะห์ข้อมูลข่าวที่รวบรวมได้และสรุปผล โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและรูปแบบข้อมูล โดยผู้วิจัยกำหนดประเภทข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์ ได้แก่ ข่าวเกี่ยวกับน้ำท่วม การแจ้งเตือนภัย หรือการโพสต์จากโซเชียลมีเดีย กำหนดรูปแบบของข้อมูล เช่น ข้อความ ประเภทของรูปภาพ วันที่ และแหล่งที่มาของข้อมูล และกำหนดความถี่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องมาใช้ในการวิเคราะห์ เช่น รายวัน รายชั่วโมง

2. การเลือกแหล่งข้อมูล เกี่ยวกับน้ำท่วมช่องทางออนไลน์ที่น่าเชื่อถืออย่างเว็บไซต์ไทยรัฐออนไลน์มาทำการศึกษา ซึ่งเป็นแหล่งข้อมูลที่เผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมอย่างสม่ำเสมอ โดยมีเป้าหมายหลักอยู่ที่แท็กของเว็บไซต์ “น้ำท่วม 2567”

3. การใช้โปรแกรมในการสกัดข้อมูลจากแหล่งข้อมูล โปรแกรมเว็บสแครปปิ้งได้รับการออกแบบมาเพื่อรวบรวมข้อมูลข่าวน้ำท่วมจากแหล่งข้อมูลออนไลน์ต่าง ๆ โดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับแต่ละแหล่ง BeautifulSoup ใช้สำหรับการดึงข้อมูล HTML จากเว็บไซต์ที่มีโครงสร้างคงที่ และ Selenium ใช้สำหรับเว็บไซต์ที่แสดงเนื้อหาผ่าน JavaScript และเพื่อป้องกันการละเมิดสิทธิ์การทำเว็บสแครปปิ้งได้ปฏิบัติตามการตั้งค่าในไฟล์ robots.txt ของเว็บไซต์แหล่งข่าวอย่างถูกต้องตามข้อกำหนดการเข้าถึงข้อมูลของเว็บไซต์

4. การประมวลผลข้อมูลข่าว นำลิงก์หรือ URL ของข่าวทั้งหมดจะถูกสกัดออกมาจากเว็บไซต์ด้วยโปรแกรมสกัดข้อมูล ด้วยไต่ไปตามเว็บ (Web Crawling) โดยสกัดจากแท็กของเว็บไซต์ “น้ำท่วม 2567” ของเว็บไซต์แหล่งข้อมูล และต้องระมัดระวังไม่ให้ลิงค์ซ้ำซ้อนกันเองด้วยการลบข้อมูลที่ซ้ำออก จากนั้นใช้โปรแกรมสกัดข้อมูล HTML จากลิงค์ที่ได้มาและสกัดเนื้อหาข่าวที่อยู่ภายใต้ HTML อีกที ถึงตอนนี้จะได้ข้อมูลข่าวที่รวบรวมมาผ่านกระบวนการประมวลผลเพื่อให้ได้ข้อมูลดิบที่เป็นข่าวสารพร้อมสำหรับการวิเคราะห์ สุดท้ายเทคนิค NER ถูกนำมาใช้ในการสกัดข้อมูลสำคัญจากข่าวน้ำท่วม เช่น เวลารายงานข่าว และ การระบุชื่อสถานที่ที่เกิดน้ำท่วม ได้แก่ จังหวัด อำเภอ หรือพื้นที่เฉพาะ เครื่องมือ NLP ที่ใช้ เช่น WangchanBERTa ถูกเลือกมาเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประมวลผลข้อมูลและการระบุข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

5. การสรุปข้อมูลและการตีความ ข้อมูลสถานที่และเวลาที่ผ่านการประมวลผลจะถูกวิเคราะห์ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การวิเคราะห์เชิงปริมาณเน้นการนับจำนวนข่าวในแต่ละพื้นที่และ แต่ละช่วงเวลา ส่วนการวิเคราะห์เชิงคุณภาพมุ่งเน้นการตีความบริบทของเหตุการณ์และผลกระทบที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์นี้จะแสดงในรูปแบบกราฟิก เช่น แผนภูมิหรือแผนที่ความร้อน (Heatmap) เพื่อช่วยให้การนำข้อมูลไปใช้สำหรับการวางแผนและการบริหารจัดการภัยพิบัติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

การสกัดลิงก์จากข่าว

หน้าข่าวบนเว็บไซต์ไทยรัฐออนไลน์ที่เป็นแท็ก “น้ำท่วม 2567” มีลักษณะเป็นหน้าดัชนีที่รวบรวมเหตุการณ์ข่าวทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับแท็กดังกล่าว การสกัดลิงก์ (URL) เพื่อรวบรวมข้อมูลจึงเริ่มต้นจากหน้านี้ อย่างไรก็ตาม หน้าดังกล่าวแสดงข่าวเริ่มต้นเพียง 10 ข่าว และต้องกดปุ่ม “โหลดเพิ่มเติม” เพื่อดูข่าวเพิ่มเติม ซึ่งการโหลดข้อมูลเพิ่มเติมนี้ถูกดำเนินการผ่าน JavaScript ด้วยเหตุนี้ การใช้ Selenium จึงเหมาะสมกว่าการใช้ BeautifulSoup ในการจัดการเว็บไซต์ที่มีโครงสร้างแบบไดนามิกเช่นนี้ ดังนั้นการสกัดลิงก์ข่าวจึงเลือกใช้ Selenium แทน

การสกัดข้อมูลข่าวจากลิงก์

ข้อมูลข่าวจากแหล่งข้อมูล ข่าวน้ำท่วมออนไลน์ 555 รายการ ที่สกัดมาได้โดยใช้ BeautifulSoup และ Request ดึงข้อมูลจากลิงก์ที่ได้มาทำให้ได้ข้อความที่มาจากเนื้อข่าวโดยปราศจากโค้ด HTML และเนื้อหาเหล่านั้นจะถูกนำมาผ่านกระบวนการประมวลผลโดยใช้เทคนิค NER ด้วยโมเดล WangchanBERTa เพื่อสกัดสถานที่และเวลาที่ปรากฏในรายงานข่าว อย่างไรก็ตาม บางข่าวที่มีความยาวมากจำเป็นต้องแบ่งเป็น 2-5 ส่วน เนื่องจากข้อจำกัดด้านความยาวข้อความของ WangchanBERTa ซึ่งสามารถประมวลผลได้สูงสุดที่ 512 tokens ต่อข้อความตามการตั้งค่ามาตรฐานของ BERT โดยจำนวน characters ที่แท้จริงจะขึ้นอยู่กับกระบวนการ tokenization ซึ่งในกรณีของภาษาไทย การตัดคำที่ซับซ้อนอาจทำให้ข้อความที่มีจำนวนตัวอักษรมากแปลงเป็นจำนวน token ที่สูงกว่าภาษามาตรฐานเช่นภาษาอังกฤษ แต่ละข่าวที่ผ่านการประมวลผลจะใช้เวลาประมาณ 1-3 วินาที ข้อมูลที่สกัดมาได้ก็จะบันทึกลงฐานข้อมูลชั่วคราว

สรุปข้อมูลด้วย DataFrame และ PivotTable

ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่และเวลาที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ต่อโดย*ใช้* Pandas DataFrame และ PivotTable หากข่าวบางรายการระบุสถานที่มากกว่าหนึ่งแห่ง จะต้องมีการเพิ่ม record ใน DataFrame เพื่อนำมาวิเคราะห์ ซึ่งจากข้อมูลที่ได้จะทำให้สามารถสรุปผลและจัดแสดงในตารางที่ 1 และจากตารางที่ 1 และ 2 ผลการวิเคราะห์พบว่าจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมากที่สุดคือเชียงรายและเชียงใหม่ ซึ่งอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยทั้งสองจังหวัดมีการกล่าวถึงรวมกันถึง *29*% ของข่าวทั้งหมด รายงานข่าวส่วนใหญ่ (*79*%) เกิดขึ้นในไตรมาสที่ *3* ของปี *2567* (กรกฎาคมถึงกันยายน) และอีก *20*% เกิดขึ้นในไตรมาสที่ *4* (พฤศจิกายนถึงธันวาคม) ในขณะที่ไตรมาสที่ *2* (เมษายนถึงมิถุนายน) ไม่มีรายงานข่าวน้ำท่วมเลย ส่วนข่าวในไตรมาสที่ *1* เป็นข่าวสรุปเหตุการณ์น้ำท่วมในปีก่อนหน้า ภาคที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมมากที่สุดคือภาคเหนือและภาคกลาง คิดเป็น *41*% และ *33*% ของข่าวทั้งหมดตามลำดับ ในไตรมาสที่ *3* มีรายงานน้ำท่วมจากภาคเหนือ กลาง ตะวันออก และตะวันตก แต่ลดลงมากกว่า *50*% ในไตรมาสที่ *4* ขณะที่ภาคใต้มีรายงานข่าวน้ำท่วมในไตรมาสที่ *3* และ *4* อย่างสมดุลกัน ส่วนภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีรายงานน้ำท่วมเฉพาะในไตรมาสที่ *3* เท่านั้น

ตารางที่ 1 สรุปจังหวัดที่มีจำนวนเหตุการณ์น้ำท่วมที่รายงานในแหล่งออนไลน์ปี 2567 มากที่สุด 10 อันดับแรก แบ่งตามภูมิภาคและรายไตรมาส

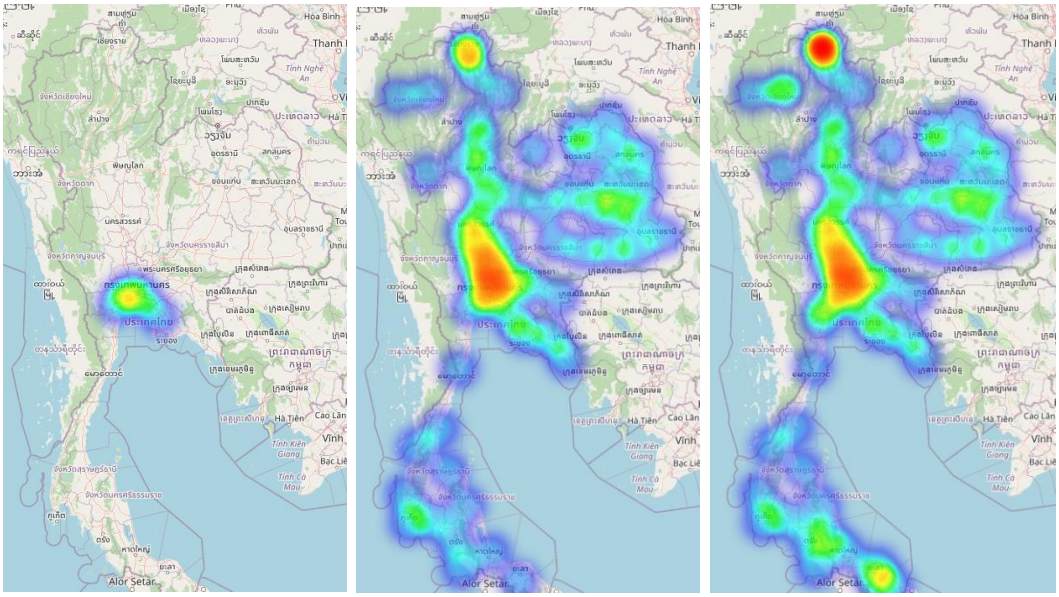
จังหวัด	ภูมิภาค	ไตรมาส 1	ไตรมาส 3	ไตรมาส 4	รวม
เชียงราย	ภาคเหนือ	0	120	25	145
เชียงใหม่	ภาคเหนือ	0	58	44	102
สุโขทัย	ภาคกลาง	0	34	5	39
ชัยนาท	ภาคกลาง	0	30	7	37
พระนครศรีอยุธยา	ภาคกลาง	0	24	9	33
แพร่	ภาคเหนือ	0	30	0	30
หนองคาย	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0	29	0	29
น่าน	ภาคเหนือ	0	29	0	29
พะเยา	ภาคเหนือ	0	25	1	26
อ่างทอง	ภาคกลาง	0	20	4	24
นนทบุรี	ภาคกลาง	1	12	10	23
ตาก	ภาคตะวันตก	0	16	2	18
นครสวรรค์	ภาคกลาง	0	11	5	16

ตารางที่ 2 สรุปจำนวนเหตุการณ์น้ำท่วมที่รายงานในแหล่งออนไลน์ปี 2567 แบ่งตามภูมิภาคและรายไตรมาส

ภูมิภาค	ไตรมาส 1	ไตรมาส 3	ไตรมาส 4	รวม
ภาคเหนือ	0	277	71	348
ภาคกลาง	7	207	61	275
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0	112	0	112
ภาคใต้	0	30	31	61
ภาคตะวันตก	0	17	5	22
ภาคตะวันออก	1	19	1	21
รวมทั้งหมด	**8**	**662**	**169**	**839**

สรุปและอธิบายข้อมูลด้วยแผนที่ความร้อน

การสร้างแผนที่ความร้อน (Heatmap) ด้วย Python โดยใช้ Folium เริ่มจากการเตรียมข้อมูลในรูปแบบ List ที่ประกอบด้วยพิกัดละติจูด ลองจิจูด และค่าความร้อนที่สะท้อนจำนวนครั้งของรายงานน้ำท่วม เพื่อแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ความหนาแน่นของเหตุการณ์หรือจุดที่น่าสนใจในพื้นที่ต่างๆ แผนที่ความร้อนที่สร้างขึ้นแสดงจำนวนรายงานน้ำท่วมในแต่ละไตรมาสของปี โดยพบว่าในไตรมาสที่ 1 มีรายงานเฉพาะในภาคกลาง ส่วนไตรมาสที่ 2 ไม่มีรายงานใดๆ ในขณะที่ไตรมาสที่ 3 และ 4 เหตุการณ์น้ำท่วมกลับมาแสดงความหนาแน่นอีกครั้ง โดยจุดที่น่าสนใจของเหตุการณ์น้ำท่วมอยู่ในภาคกลางตอนล่างและภาคเหนือตอนบน ขณะที่ภาคใต้มีการรายงานเหตุการณ์ตลอดในไตรมาสที่ 3 และ 4 ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพความภูมิร้อนจำนวนรายงานน้ำท่วม (ซ้าย) รายงานไตรมาส 1 และ 2 (กลาง) รายงานไตรมาส 3 (ขวา) รายงานไตรมาส 4

ความเร็วในการสกัดข้อมูล

กระบวนการสกัดข้อมูลด้วยเว็บสแครปปิ้งเริ่มจากการสกัดลิงก์จากข่าวซึ่งใช้เวลาเพียง 2 วินาที ต่อมาข้อมูลข่าวจากลิงก์แต่ละรายการถูกสกัดออกมา โดยเฉลี่ยใช้เวลาประมาณไม่เกิน 10 วินาทีต่อข่าว รวมเวลาทั้งหมด 5550 วินาที หรือประมาณ 92 นาที หลังจากนั้น ข้อมูลที่รวบรวมได้ถูกสรุปด้วย DataFrame และ PivotTable ซึ่งใช้เวลาเพียง 8 วินาที และสุดท้าย การสร้างแผนที่ความร้อนเพื่อแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ใช้เวลาเพียง 1 วินาที รวมเป็นเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง 33 นาที โดยเวลาทั้งหมด 99.99% หมดไปกับการสกัดข้อมูลจากหน้าแหล่งข่าวและสกัดข้อมูลด้วยเทคนิค NER

จากแหล่งข้อมูลข่าวน้ำท่วมออนไลน์ 555 รายการ และด้วยเทคนิคเว็บสแครปปิ้งพบว่าใช้เวลาในการรวบรวมข้อมูลไม่นานเมื่อเทียบกับการรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองและสามารถดึงข้อมูลจากหลายแหล่งพร้อมกันได้

อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การใช้เทคนิค BeutifulSoup และ Selenium ยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นในการเก็บข้อมูลจากเว็บไซต์ที่มีการแสดงผลด้วย JavaScript การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเว็บสแครปปิ้งยังมีความละเอียดมากขึ้น (McKinney, 2022) เนื่องจากการประยุกต์ใช้เทคนิค NLP เช่น NER ช่วยในการสกัดข้อมูลสำคัญโดยอัตโนมัติ ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคเว็บสแครปปิ้งเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการรวบรวมและวิเคราะห์ข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทย และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการภัยพิบัติได้อย่างเหมาะสม

วิจารณ์ผล

การสกัดลิงก์ข่าวและการสกัดข้อมูลจากข่าว

การสกัดลิงก์จากข่าวออนไลน์ในงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านความหลากหลายของแหล่งข้อมูล เช่น สำนักข่าวต่าง ๆ โซเชียลมีเดีย และแพลตฟอร์มข้อมูลสาธารณะของทางราชการ ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลสำคัญบางส่วนถูกมองข้าม หากไม่มีความครอบคลุมของแหล่งข้อมูล จะทำให้การประมวลผลขาดมิติของความเร็วในการตอบสนองต่อเหตุการณ์จากโซเชียลมีเดีย หรือความถูกต้องจากข้อมูลที่มาจากแหล่งทางการ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ได้นำเสนอเฟรมเวิร์กสำหรับการสกัดข้อมูลจากเว็บไซต์ออนไลน์ ซึ่งเน้นการเลือกวิธีการสกัดที่เหมาะสมกับโครงสร้างของเว็บไซต์เฉพาะ แม้ว่าวิธีการเดียวกันอาจไม่สามารถนำไปใช้กับทุกเว็บไซต์ได้โดยตรง การใช้ BeautifulSoup เป็นเครื่องมือหลักในการสกัดข้อมูลก็แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดบางประการ ทำให้ในบางกรณีต้องพึ่งพา Selenium เพื่อช่วยจัดการกับปัญหา เช่น การโหลดข้อมูลด้วย JavaScript ในขณะที่ Scrapy ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กเฉพาะด้านการสกัดข้อมูล อาจเป็นทางเลือกที่ดีกว่าสำหรับการจัดการข้อมูลจำนวนมากและการเขียนเงื่อนไขซับซ้อน เช่น การจัดการลิงก์ซ้ำหรือข้อผิดพลาดที่ไม่คาดคิด ทั้งนี้ การใช้ Scrapy อาจต้องแลกมากับการเรียนรู้และความเข้าใจในเฟรมเวิร์ก นอกจากนี้ยังมีข้อกังวลเรื่องข้อกำหนดทางกฎหมายและจริยธรรมในการดึงข้อมูลจากบางแหล่ง อย่างไรก็ดี เทคนิคเว็บสแครปปิ้งได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวบรวมข้อมูลข่าวน้ำท่วมจากหลายแหล่งได้อย่างรวดเร็ว ช่วยลดภาระการทำงานของคน และรวบรวมข้อมูลปริมาณมากในเวลาสั้น ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงลึก เช่น การระบุพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมและความถี่ของเหตุการณ์ ทั้งนี้ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดการภัยพิบัติได้ดียิ่งขึ้น

การใช้ NLP ในการสกัดข้อมูล

ข้อจำกัดและข้อผิดพลาดที่สำคัญในกระบวนการวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการใช้เทคนิค NER และเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล เช่น ข้อจำกัดในการประมวลผลข้อความยาว ซึ่งต้องแบ่งข้อความออกเป็นส่วนย่อยเพื่อให้ใช้งานกับโมเดล WangchanBERTa ที่รองรับความยาวข้อความสูงสุด 512 tokens ต่อครั้ง การแบ่งข้อความนี้อาจทำให้บริบทของข้อมูลสูญหายหรือผลลัพธ์ขาดความต่อเนื่อง นอกจากนี้ ปัญหาด้านประสิทธิภาพ เช่น เวลาที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลจำนวนมาก และข้อจำกัดทางเทคนิคของอุปกรณ์ อาจส่งผลต่อความแม่นยำและความครบถ้วนของผลลัพธ์ แม้ WangchanBERTa จะเป็นโมเดลที่มีศักยภาพในการสกัดข้อมูลสำคัญ เช่น "LOCATION," "DATE," "PERSON," และ "ORGANIZATION" แต่ประสิทธิภาพและความแม่นยำของข้อมูลที่สกัด

ได้ยังคงแตกต่างกันไป เช่น ข้อมูลประเภท LOCATION และ DATE มีความแม่นยำสูงและสามารถจัดการได้ด้วยการทำความสะอาดข้อมูลอัตโนมัติ ในขณะที่ข้อมูลประเภท PERSON และ ORGANIZATION ยังคงต้องใช้แรงงานคนในการคัดแยก เนื่องจากข้อมูลมีลักษณะกระจัดกระจาย นอกจากนี้ ปัญหาข้อมูลที่ไม่สะอาด เช่น การที่ชื่อจังหวัดมีคำว่า "จ." หรือ "จังหวัด" ติดมาด้วย จำเป็นต้องระมัดระวังก่อนนำไปใช้งาน อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้เทคนิค NLP ยังคงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการสรุปเนื้อหาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ข้อมูลที่ได้จากการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในหลายมิติ เช่น การวางแผนและการเตือนภัยน้ำท่วมผ่านการสร้างแผนที่ความร้อน (Heatmap) ซึ่งช่วยสนับสนุนการจัดการภัยพิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การสรุปเนื้อหาจากข้อมูลที่ได้มา

จากการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งประเทศในปี 2567 พบว่าภาคเหนือมีรายงานการเกิดน้ำท่วมมากที่สุด รองลงมาคือภาคกลาง โดยเหตุการณ์น้ำท่วมใหญ่ที่อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ซึ่งเริ่มตั้งแต่วันที่ 9 กันยายน 2567 และยุติลงในเดือนพฤศจิกายน สาเหตุมาจากอิทธิพลของพายุไต้ฝุ่นยางิที่เคลื่อนตัวจากทะเลจีนใต้ด้วยความรุนแรงระดับซุปเปอร์ไต้ฝุ่น ก่อนลดระดับเป็นดีเปรสชันเมื่อขึ้นฝั่งเวียดนาม ส่งผลให้ภาคเหนือตอนบนมีฝนตกหนัก เกิดดินโคลนถล่ม น้ำท่วมฉับพลัน และสร้างความเสียหายเป็นวงกว้าง ส่วนในภาคกลาง สถานการณ์การระบายน้ำยังเป็นไปตามปกติ แม้ว่าจะมีน้ำระบายลงมาจากภาคเหนือตอนบน แต่ไม่มีรายงานความผิดปกติ สำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกมีฝนตกหนักในไตรมาส 3 ขณะที่ภาคใต้และภาคตะวันตกมีฝนกระจายในไตรมาส 3 และ 4 โดยในภาคใต้ ไตรมาส 3 ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และในไตรมาส 4 มีผลจากดีเปรสชันที่พัดมาจากประเทศจีน ซึ่งก่อให้เกิดฝนตกในพื้นที่ การวิเคราะห์ข้อมูลจากข่าวออนไลน์ครั้งนี้แสดงให้เห็นความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงและเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่รองรับผลการวิจัยได้อย่างชัดเจน

สรุปผล

งานวิจัยนี้เน้นย้ำถึงประสิทธิภาพของเทคนิคเว็บสแครปปิ้งใน การรวบรวมและวิเคราะห์ข่าวสารเกี่ยวกับน้ำท่วมในประเทศไทย โดยใช้เครื่องมือ BeautifulSoup และ Selenium ในการสกัดข้อมูลจากเว็บไซต์ข่าว ก่อนนำข้อมูลเหล่านี้ไปประมวลผลด้วยเทคนิค Named Entity Recognition (NER) ในระบบประมวลผลภาษาธรรมชาติ (NLP) โดยใช้โมเดล WangchanBERTa เพื่อดึงข้อมูลสำคัญ เช่น ชื่อสถานที่และเวลาของเหตุการณ์ ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปสรุปเหตุการณ์พื้นที่เสี่ยงภัยได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ทั้งยังสามารถรวบรวมข้อมูลตลอดปี 2567 ภายในเวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง 33 นาที พร้อมแสดงผลด้วยแผนที่ความร้อนเพื่อช่วยอธิบายสถานการณ์อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้พบข้อจำกัดในด้านความน่าเชื่อถือของข้อมูลและความซับซ้อนในการประมวลผล โดยการขยายแหล่งข้อมูลอาจสร้างความท้าทายในแง่ของโครงสร้างและคุณภาพของข้อมูล ตลอดจนพฤติกรรมของข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น

เพื่อพัฒนาระบบให้ดียิ่งขึ้นในอนาคต ควรเพิ่มความหลากหลายของแหล่งข้อมูล เช่น การรวมข้อมูลจากโซเชียลมีเดียและแพลตฟอร์มข้อมูลสาธารณะของทางราชการ รวมถึงการใช้เทคนิคปัญญาประดิษฐ์ขั้นสูง เช่น

Deep Learning เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการสกัดข้อมูล นอกจากนี้ การพัฒนาระบบแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ที่ผสานกับระบบภูมิสารสนเทศ (GIS) จะช่วยให้การแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจนและเข้าถึงได้ง่ายยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 และขอขอบคุณสำนักงาน ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัดสระแก้ว และโครงการชลประทานสระแก้ว ที่ให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานทรัพยากรน้ำแห่งชาติ. (2566). รายงานการติดตามการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำฤดูฝน ปี 2566 . สืบค้นเมื่อ 2 มกราคม 2568 จากแหล่งข้อมูล :http://rbmd.onwr.go.th.

Aribowo, D., & Wisudarma, G. (2018). Natural disaster risk assessment in Indonesia using web scraping and analytic hierarchy process. Procedia Computer Science, 135, 542-549.

Kumar, A., & Sebastian, T. M. (2019). Sentiment analysis on Twitter. International Journal of Computer Science Issues, 9(4), 372-378.

Mitchell, R. (2018). Web scraping with Python: Collecting more data from the modern web. O'Reilly Media.

Manning, C. D., & Schütze, H. (2021). Foundations of statistical natural language processing. MIT press.

McKinney, W. (2022). Python for data analysis: Data wrangling with pandas, NumPy, and I Python. O'Reilly Media.

Scrapy, C. (2021). Scrapy documentation. Scrapy.

การพัฒนาภาษิตล้านนาด้วยสื่อโมชันกราฟิกเพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น เจน ซี

Development of Motion Graphic Media of Lanna Proverbs to Raise Awareness Among For Gen Z

ภานุพันธ์ จิตคำ[1*] คมกฤช จิระบุตร[1] และเศรษฐชัย ใจฮึก[1]

Panuphan Jitkham [1*], Khomkrit Jiraboot [1], and Seatachai Jaihuek [1]

[1] คณะเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 57100

[1] Faculty of Digital Technology Chiang Rai Rajabhat University 57100

*Corresponding author E-mail: em_panupan_j@crru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกจากภาษิตล้านนาเพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น Gen Z 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่รับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มวัยรุ่น Gen Z นักเรียน นักศึกษา และวัยทำงาน เพศ ชาย-หญิง ที่มีอายุไม่เกิน 24 ปี จำนวน 385 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ โปรแกรม Adobe illustrator และโปรแกรม Adobe After Effect ในการสร้างสื่อโมชันกราฟิก แบบสอบถามความพึงพอใจที่รับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา สถิติที่ใช้คือ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลวิจัยพบว่า วัยรุ่น Gen Z มีความพึงพอใจหลังรับชมสื่อโมชันกราฟิก อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$= 4.43, S.D.= 0.43)

คำสำคัญ: ภาษิตล้านนา โมชั่นกราฟิก ความตระหนักรู้ วัยรุ่นเจนซี

Abstract

This research aims to: 1) develop motion graphic media based on Lanna proverbs to promote awareness among Generation Z adolescents; and 2) evaluate the efficiency and satisfaction of the sample group after viewing the motion graphic media featuring Lanna proverbs. The sample group consists of Generation Z adolescents, including students and young professionals of both genders, aged 24 years or younger, totaling 385 participants. The research tools used include Adobe Illustrator and Adobe After Effects for creating the motion graphic media, as well as a satisfaction survey for evaluating the participants' responses to the motion

graphic media featuring Lanna proverbs. Statistical methods employed include mean and standard deviation.

The research findings reveal that Generation Z adolescents reported the high level of satisfaction after viewing the motion graphic media ($\bar{X}$= 4.43, S.D.= 0.43)

Keywords : Lanna Proverbs, Motion Graphics, Awareness, Teenagers, Gen Z

บทนำ

ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีและสื่อออนไลน์มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน กลุ่มวัยรุ่นเจเนอเรชัน ซี (Gen Z) ซึ่งเกิดในช่วงปี พ.ศ. 2540-2555 เป็นกลุ่มประชากรที่มีลักษณะเฉพาะโดดเด่น โดยเติบโตมากับเทคโนโลยีและโลกออนไลน์ ทำให้มีความคุ้นเคยกับการใช้งานสื่อดิจิทัลและต้องการเนื้อหาที่น่าสนใจ เข้าใจง่าย และสอดคล้องกับวิถีชีวิตของพวกเขา (Twenge, 2017) อย่างไรก็ตาม การเติบโตในสภาพแวดล้อมที่เชื่อมโยงกันทางดิจิทัล ส่งผลให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความห่างเหินจากวัฒนธรรมท้องถิ่น เช่น ภาษิตล้านนา ซึ่งเป็นภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่สะท้อนความคิด ความเชื่อ และค่านิยมที่สำคัญในสังคมล้านนา

งานวิจัยก่อนหน้านี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้สื่อดิจิทัลที่มีความทันสมัย เช่น โมชันกราฟิก สามารถช่วยดึงดูดความสนใจของกลุ่มวัยรุ่น และส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาเชิงวัฒนธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Jenkins, 2006) การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกที่นำเสนอภาษิตล้านนาไม่เพียงช่วยสร้างความตระหนักรู้ในคุณค่าของวัฒนธรรมท้องถิ่น แต่ยังช่วยลดช่องว่างระหว่างรุ่น ในแง่ของการอนุรักษ์และสืบทอดวัฒนธรรม ดังนั้น การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการอนุรักษ์และเผยแพร่วัฒนธรรมล้านนาในรูปแบบที่เข้ากับวิถีชีวิตของวัยรุ่นยุคดิจิทัลสร้างความตระหนักรู้และความภูมิใจในอัตลักษณ์ท้องถิ่น ผ่านการนำเสนอที่สร้างสรรค์และดึงดูดใจส่งเสริมการเรียนรู้เชิงวัฒนธรรมในบริบทใหม่ ที่เชื่อมโยงความรู้ดั้งเดิมกับเทคโนโลยีสมัยใหม่การวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการผสานองค์ความรู้ด้านวัฒนธรรมล้านนาและเทคโนโลยีสื่อดิจิทัลเพื่อพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกจากภาษิตล้านนา เพื่อส่งเสริมความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น Gen Z และเพื่อประเมินประสิทธิภาพความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่รับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา ในการตอบสนองความสนใจของกลุ่มเป้าหมาย และยังสร้างคุณค่าให้กับสังคมในระยะยาวต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา คือ โปรแกรม Adobe illustrator ในการสร้างภาพวาดลายเส้นของฉาก และโปรแกรม Adobe After Effect ในการรวบรวมลายเส้นภาพที่วาดเป็นภาพเคลื่อนไหว

2. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินสื่อโมชันกราฟิก คือ แบบประเมินคุณภาพการออกแบบสื่อโมชันกราฟิกของผู้เชี่ยวชาญแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่รับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ขั้นตอนก่อนการผลิต (Pre-Production) ดำเนินการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับภาษิตล้านนา จากนั้นพัฒนาเป็นบทสคริป (Script) โดยมีผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาร่วมการสนทนา ศึกษาซอฟแวร์ (Software) ที่ใช้ในการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก พัฒนาสตอรี่บอร์ด (Storyboard) และให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย และนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขสู่ขั้นตอนการผลิตต่อไป

2. ขั้นตอนการผลิต (Production) ดำเนินการออกแบบภาพกราฟิกตามสตอรีบอร์ด ที่ได้ออกแบบตามบทและต้นแบบไว้ วาดเส้น ลงสีภาพ ออกแบบรูปทรงภาพที่สามารถสื่ออารมณ์และสื่อความหมายได้ สร้างภาพเคลื่อนไหว จัดองค์ประกอบภาพเคลื่อนไหว ภาพฟื้นหลัง และตัวอักษรเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวมีความสวยงามและเป็นธรรมชาติ

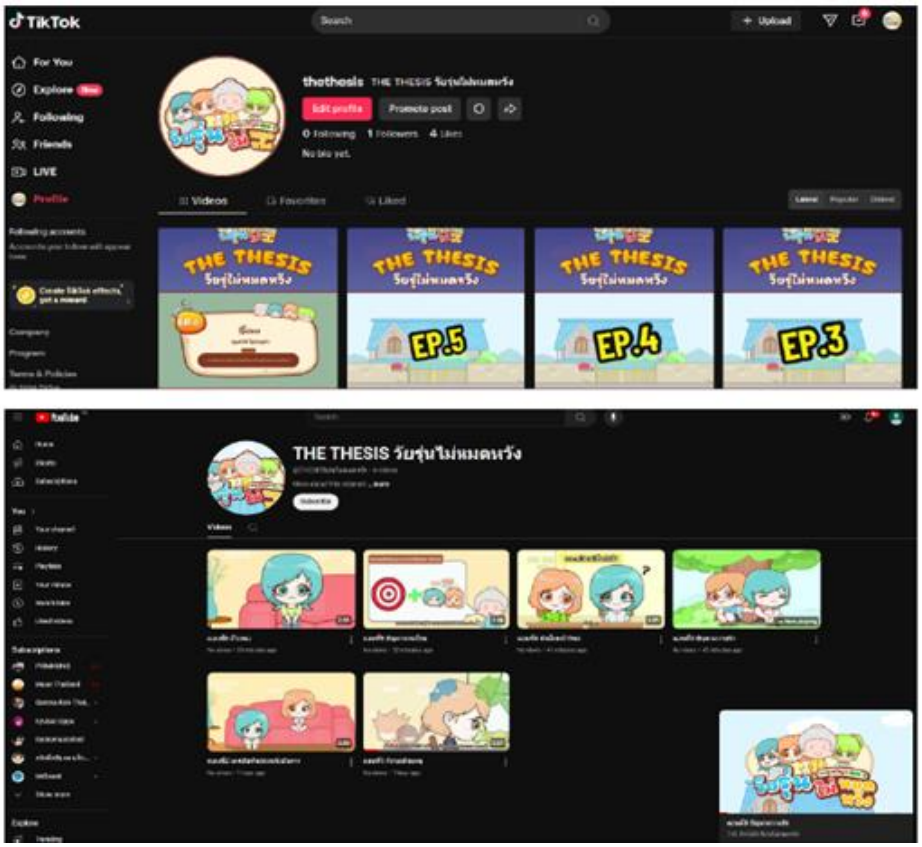
3. ขั้นตอนหลังการผลิต (Post - production) ดำเนินการออกแบบเสียง ประกอบด้วย เสียงของนักถ่ายทอดอารมณ์ตามบทสคริปต์ที่ได้ออกแบบไว้ เลือกเสียงเอฟเฟกต์ (Effect) จะต้องสอดคล้องกับการแสดงออกของภาพกราฟิก และเสียงดนตรีมีความไพเราะ นุ่มนวล มีจังหวะที่กระตุ้นให้ผู้ฟังเกิดความสนใจและเกิดสุนทรียภาพ และตัดต่อให้มีระยะเวลาที่เหมาะสม ประมวลผลภาพเป็นไฟล์ภาพแบบดิจิทัล และมีขนาดของไฟล์ไม่ใหญ่จนเกินไป และเพื่อให้สื่อโมชันกราฟิกเข้าถึงได้ง่าย การหาคุณภาพสื่อโมชันกราฟิก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์งานวิจัย

4. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจ ดำเนินการจัดทำโครงสร้างแบบสอบถาม ให้มีเนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัย แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว ได้แก่ เพศ อายุ และระดับการศึกษา ตอนที่ 2 ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่รับชมสื่อโมชันกราฟิก โดยแบ่งเป็น 2 ด้าน คือ ด้านเทคนิคการออกแบบและด้านการนำไปใช้ มีลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท (Likert. 1932) นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบได้ค่าความสอดคล้องเชิงเนื้อหา (Index of

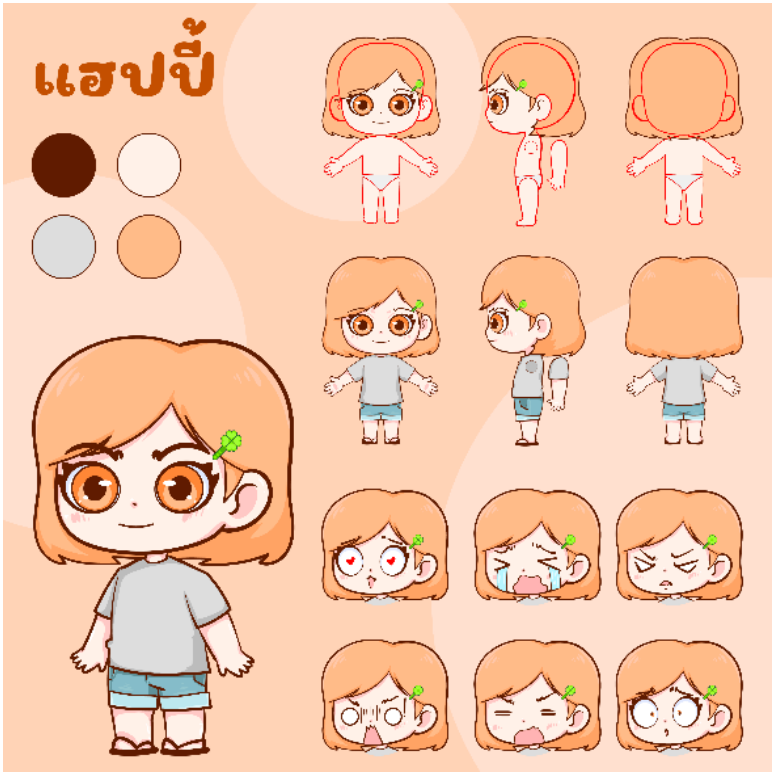
Item Objective Congruence: IOC) และความเที่ยงตรง (Validity) จำนวน 3 ท่าน มีค่าเท่ากับ 0.86 แล้วหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามทั้งฉบับ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบัค ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.92

ผลการวิจัย

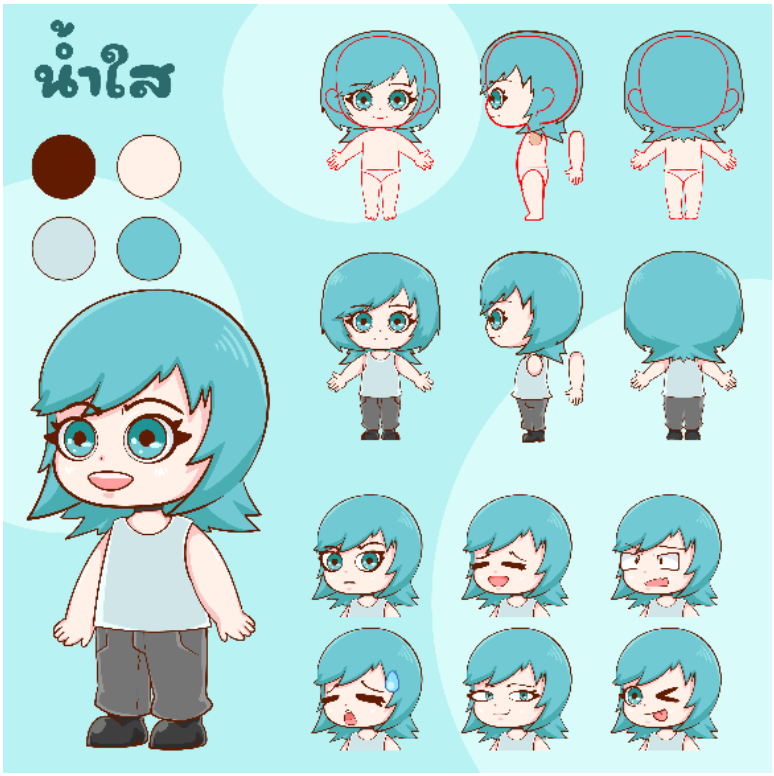
1. ผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนาเพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น เจน ซี มีทั้งหมด 10 ตอน ลงสื่อออนไลน์ 2 แพลตฟอร์มความยาวของแต่ละตอนเฉลี่ย 2 - 4 นาทีโดยประมาณ ตัวละคร 4 ตัว พื้นหลังและฉากอีก 11 ฉาก



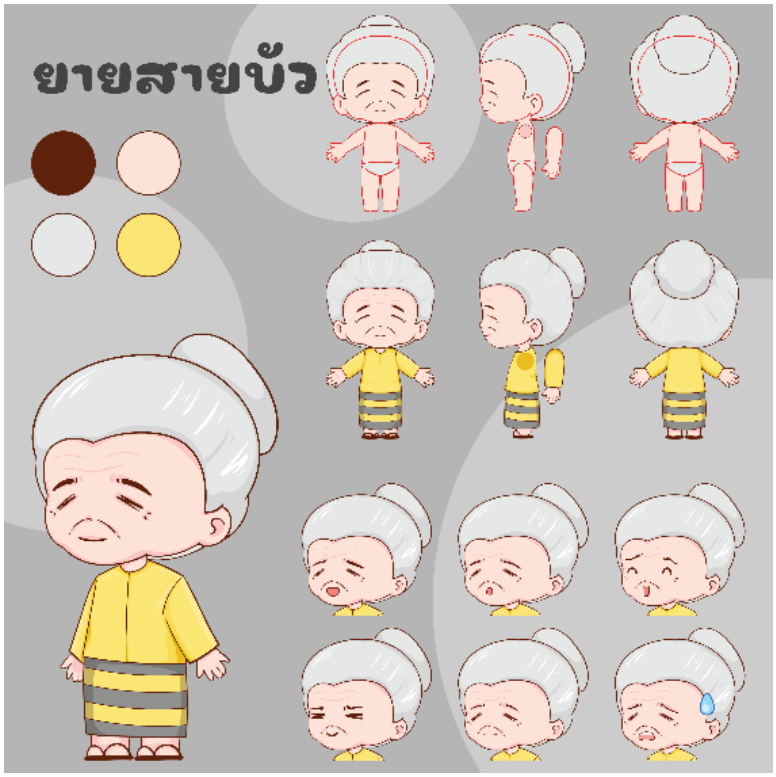
รูปที่ 1 ตัวอย่างวิดีโอที่โพสต์ลงทั้ง 2 แพลตฟอร์ม



รูปที่ 2 ตัวละคร แฮปปี้



รูปที่ 3 ตัวละคร น้ำใส



รูปที่ 4 ตัวละคร ยายสายบัว

รูปที่ 5 ตัวละคร มะนาว

รูปที่ 6 ฉากทั้ง 11 ฉาก

2. ผลการศึกษาความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างที่รับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจากวัยรุ่น Gen Z ในอำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย จำนวน 385 คน พบว่ามีความพึงพอใจหลังรับชมสื่อโมชันกราฟิก อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.43, S.D.= 0.43) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการนำไปใช้ได้ค่าความพึงพอใจคือ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$= 4.54, S.D.= 0.49) รองลงมาคือ ด้านเทคนิคการออกแบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$= 4.32, S.D.= 0.37) ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลความพึงพอใจหลังรับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา เพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น Gen Z (n=385)

1. ด้านเทคนิคการออกแบบ			
หัวข้อการประเมิน	**$\bar{X}$**	**S.D.**	**ระดับความพึงพอใจ**
1. ความสวยงามและความน่าสนใจของการออกแบบตัวละคร	4.35	0.12	มาก
2. ความสวยงามและความน่าสนใจของการออกแบบฉาก	4.29	0.14	มาก
3. ความสอดคล้องของภาพและเสียง	4.18	0.40	มาก
4. ความชัดเจนของเสียงบรรยาย	4.32	0.28	มาก
5. ความเหมาะสมของดนตรีประกอบ	4.18	0.14	มาก

6. เสียงบรรยาย การเคลื่อนไหวตัวละครที่มีความสอดคล้อง	4.25	0.72	มาก
7. ความเหมาสมของวงเวลา	4.54	0.58	มากที่สุด
8. องค์ประกอบโดยรวมของสื่อโมชั่นกราฟิก 2 มิติ	4.46	0.58	มาก
รวม	**4.32**	**0.37**	**มาก**
2. ด้านการนำไปใช้			
หัวข้อการประเมิน	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับความพึงพอใจ**
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.32	0.51	มาก
2. ภาพและเสียงในเนื้อเรื่องสามารถส่งเสริมความรู้ความเข้าใจ	4.63	0.48	มากที่สุด
3. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่/ถ่ายทอดแก่ชุมชน	4.67	0.47	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการนำไปใช้	**4.54**	**0.49**	**มากที่สุด**
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งสิ้น	**4.43**	**0.43**	**มาก**

วิจารณ์ผล

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาวัยรุ่น พบว่าวัยรุ่นนั้นมีปัญหาหลายๆ อย่างที่เก็บไว้กับตัวไม่ยอมบอกใคร ซึ่งหลาย ๆ ปัญหามักเกิดจากการกังวลมากเกินไป หรือ บางปัญหาก็เกิดจากสภาพแวดล้อมทางสังคม ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านร่างกายและจิตใจ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภาพร สมบัติ (2567) ได้ให้ความหมายของวัยรุ่นว่า เป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงเข้าสู่วุฒิภาวะทั้งร่างกาย จิตใจ อารมณ์ และสังคม เป็นวิกฤตช่วงหนึ่งของชีวิตเนื่องจากเป็นช่วงต่อของวัยเด็กและผู้ใหญ่ สำนวนภาษิตล้านนาไม่เพียงแค่สอนการแก้ไขปัญหา แต่ยังสอนด้านการใช้ชีวิต และมีอีกหลายด้าน ที่สามารถนำภาษิตล้านนานั้นมาปรับใช้ในชีวิตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เบญจภัคค์ เจริญมหาวิทย์ (2565) ได้กล่าวไว้ว่า ภาษิตของชาวล้านนาที่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) ภาษิตที่ใช้พัฒนาด้านทัศนคติ การเข้าใจโลก และการคิดเหตุผลความเป็นจริง 2) ภาษิตที่ใช้พัฒนาด้านสภาพความเป็นอยู่ ทักษะและภูมิปัญญา 3) ภาษิตที่พัฒนาด้านความสัมพันธ์ทางสังคม บุคลิกภาพการปรับตัว จิตสาธารณะ ความเชื่อ ลัทธิ และ และ 4) ภาษิตที่ใช้พัฒนาด้านอัตลักษณ์ การรักษาขนบประเพณีวัฒนธรรม ภาษา การอนุรักษ์ และความภาคภูมิใจในอัตลักษณ์ของตน

การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิก ในการใช้ทฤษฎีอนิเมชัน 12 ข้อ สอดคล้องกับแนวคิดของ Mario Kewdang (2561) ที่ได้กล่าวว่า การทำอนิเมชันที่ดีควรมีการใช้ทฤษฎีอนิเมชัน ซึ่งจะทำให้ชิ้นงานดูเคลื่อนไหวเป็นธรรมชาติ มีลูกเล่น แสดงถึงอารมณ์ รวมไปถึงการมีเหตุมีผลในการขยับ หรือ เคลื่อนไหว ผลรวมแบบประเมินความพึงพอใจหลังรับชมสื่อได้ค่าเท่ากับ มาก ($\bar{X}$= 4.43, S.D.= 0.43) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นวัฒกร โพธิสาร (2564)

ที่พบว่า ผลการวัดการรับรู้ของอาสาสมัคร สาธารณสุขประจำหมู่บ้านที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางสุขภาวะด้านโรคเบาหวาน พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก และผลการศึกษาความพึงพอใจของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้านที่มีต่อสื่อโมชันกราฟิกเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางสุขภาวะด้านโรคเบาหวาน พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับมาก

สรุปผล

การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนาเพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่นเจนซี มีทั้งหมด 10 ตอน ลงสื่อออนไลน์ 2 แพลตฟอร์มความยาวของแต่ละตอนเฉลี่ย 2 - 4 นาที โดยประมาณ ตัวละคร 4 ตัว พื้นหลังและฉากอีก 11 ฉาก ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านสื่อการเรียนรู้ ซึ่งได้ผลเฉลี่ยรวมพบว่าอยู่ในระดับมาก และผลการประเมินความพึงพอใจหลังรับชมสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนา เพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่น Gen Z โดยภาพรวมมีความพึงพอใจต่อสื่อดิจิทัลในระดับมาก

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกภาษิตล้านนาเพื่อสร้างความตระหนักรู้ให้กับกลุ่มวัยรุ่นเจนซี ได้รับพิจารณาให้ทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ประจำปี 2567

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณเชี่ยวชาญ ผู้ให้ข้อมูลประกอบการทำวิจัยทุกท่าน และผู้ร่วมวิจัยทุกท่าน จนก่อให้เกิดเป็นงานวิจัยที่เป็นรูปธรรมชัดเจน และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

นวัฒกร โพธิสาร. 2564. ผลการพัฒนาสื่อโมชันกราฟิกเพื่อส่งเสริมความฉลาดทางสุขภาวะด้านโรคเบาหวานของอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม. 6(2): 77-90.

เบญจภัคค์ เจริญมหาวิทย์. 2565. คติชนประเภทภาษิตของชาวล้านนาที่นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิต. วารสารบริหารธุรกิจและสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 5(2): 27-40.

เบญจวรรณ จุปะมะตัง และธวัชชัย สหพงษ์. 2560. การพัฒนาโมชันกราฟิก เรื่อง ตำนานพระธาตุขามแก่น. วารสารโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. 3(2): 1-6.

สุภาพร สมบัติ. 2564. การศึกษาความรอบรู้ด้านเพศวิถีศึกษาและทักษะชีวิต สำหรับวัยรุ่น อายุ 10 -19 ปี. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.

สุวิมล เสาวรส, นุชจรินทร์ พูลสวัสดิ์, พรพรรณ เจริญวัฒนวิญญู, รติรัตน์ วัฒนาสกุลรัตน์. 2024. ความสัมพันธ์ระหว่างความรอบรู้ด้านเพศวิถีศึกษากับพฤติกรรมทางเพศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จังหวัดชลบุรี. วารสารสิ่งแวดล้อมศึกษาการแพทย์และสุขภาพ. 9(2): 439–445.

Jean M. Twenge. 2017. Gen: Why Today's Super-Connected Kids Are Growing Up Less Rebellious, More Tolerant, Less Happy—and Completely Unprepared for Adulthood and What That Means for the Rest of Us. ISBN: 978-1-5011-5201-6. Atria, New York.

Jenkins, H. 2006. Convergence Culture: Where Old and New Media Collide. New York University Press, New York

Mario Kewdang (นามแฝง). 2561. 12 ข้อที่ช่วยให้ Animation 2D ของคุณมีความน่าสนใจมาก ยิ่งขึ้น. แหล่งข้อมูล: https://medium.com/artisan-digitalagency. ค้นเมื่อ 10 เมษายน 2567

การปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำ โดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส กรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด

Low-cost IT Infrastructure Service Improvement Using Open-source Virtualization Platform: A Case Study of CH Injection Co., Ltd.

กิตติพัฒน์ ประสพสุวรรณ[1*] ภัทรพล เสมอภาค[2] ภัคธินันท์ จิรวันทนาเมศร์[3] และเมษินทร์ วรศาสตร์[4]

Kittiphat Prasopsuwan[1*], Phattarapon Samerpak[2], Phakthinan Jirawantanamet[3] and Maykin Warasart[4]

[1,2,3] สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5 เลขที่ 89 หมู่ 12 ต.ลาดใหญ่ อ.เมืองฯ จ.สมุทรสงคราม 75000

[4] สมาคมเพื่อการแลกเปลี่ยนความรู้สหวิทยาการ (ประเทศไทย) เขตมีนบุรี กรุงเทพฯ 10510

[1,2,3] Institute of Vocational Education : Central Region 5, 89 Moo 12, Lad Yai, Muang, Samut Songkhram 75000

[4] Association for Interdisciplinary Knowledge Exchange (Thailand), Min Buri, Bangkok 10510

*Corresponding author E-mail: pra.kittiphat@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส กรณีศึกษาของ บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) เสนอแนวทางและดำเนินการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์ส 2) ทดสอบประสิทธิภาพของการให้บริการเครื่องแม่ข่าย โดยการทดสอบในด้านความเร็วของการถ่ายโอน ระยะเวลาในการย้ายข้อมูล การกู้คืนระบบ รวมถึงระยะเวลาในการหยุดให้บริการทั้งหมด 3) ประเมินความพึงพอใจต่อบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศด้วยต้นทุนต่ำโดยใช้แพลตฟอร์มจำลองเสมือนแบบโอเพนซอร์สที่นำเสนอ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ พนักงานของบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด ที่มีภาระงานซึ่งต้องอาศัยการใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศซึ่งเป็นเป็นบริการที่เกิดจากโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายของบริษัท จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่าย แบบประเมินความพึงพอใจต่อโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายโดยใช้เทคโนโลยีจำลองเสมือน โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.18, S.D. = 0.07) โดยสรุปผลการปรับปรุงบริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศพบว่า ระบบสามารถลดการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน รวมถึงสามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการนำระบบ Ceph Storage Pool มาประยุกต์ใช้งานช่วยเพิ่มความเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือของระบบ โดยที่ยังคงความสมบูรณ์ของข้อมูลแม้ในกรณีที่เครื่องแม่ข่ายบางส่วนหยุดทำงาน และผลการวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบพบว่า แพลตฟอร์ม Proxmox ซึ่งเป็นโอเพนซอร์ส มีต้นทุนการติดตั้งและบำรุงรักษาที่ต่ำกว่าแพลตฟอร์มอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับใบอนุญาตซอฟต์แวร์ ทำให้เหมาะสมสำหรับองค์กรที่ต้องการลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานด้าน IT พร้อมทั้งคงประสิทธิภาพการทำงานในระดับสูง

คำสำคัญ : แพลตฟอร์มการจำลองเสมือน ต้นทุนต่ำ ความพร้อมใช้งานสูง โอเพนซอร์ส

Abstract

The objectives of this research were to: 1) propose and implement a low-cost IT infrastructure service improvement using an open-source virtualization platform as a case study of CH Injection Co., Ltd.; 2) evaluate the performance of the proposed solution by assessing transfer speed, migration, data restoration, and overall downtime; and 3) assess the satisfaction with the proposed solution. The sample group consisted of 25 employees from CH Injection Co., Ltd. who are required to use the IT infrastructure service. The research instruments included a server performance evaluation form and a satisfaction survey for the proposed solution. The findings revealed that efficient performance in terms of speed, migration, data restoration, and overall downtime. Overall satisfaction with the system was at a high level ($\bar{x}$ = 4.18, S.D. = 0.07). The evaluation of the improved IT infrastructure services revealed that the system effectively reduces the loss of unused resources and optimizes resource allocation efficiency. The implementation of the Ceph storage pool system has enhanced the stability and reliability of the infrastructure while maintaining data integrity, even in the event of partial server failure. Furthermore, the cost analysis of system installation showed that the Proxmox platform, as an open-source solution, offers significantly lower installation and maintenance costs compared to other platforms, due to the absence of software licensing fees. This makes it an ideal choice for organizations aiming to reduce IT infrastructure costs while maintaining high performance.

Keywords : Virtualization Platform, Low-cost, High Availability, Open-source

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การบริหารจัดการทรัพยากรด้านไอทีได้ก้าวเข้าสู่มิติใหม่ที่ให้ความสำคัญกับความยืดหยุ่นและประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเทคโนโลยีการจำลองเสมือนจริง (Virtualization) ได้กลายเป็นหัวใจสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยช่วยให้สามารถแบ่งและจัดสรรทรัพยากรทางกายภาพ เช่น ซีพียู หน่วยความจำ และที่เก็บข้อมูลไปยังเครื่องเสมือน (Virtual Machines: VMs) หลายเครื่องบนเครื่องแม่ข่ายเดียว แต่ละ VM ทำงานแยกกันอย่างอิสระ มีระบบปฏิบัติการและแอปพลิเคชันของตนเอง ทำให้สามารถใช้งานทรัพยากรของเครื่องแม่ข่ายได้อย่างคุ้มค่า ลดต้นทุนฮาร์ดแวร์ และเพิ่มความยืดหยุ่นในการขยายระบบหรือปรับเปลี่ยนการทำงานตามความต้องการของธุรกิจ นอกจากนี้ เทคโนโลยีนี้ยังช่วยให้การสำรองข้อมูล การกู้คืนระบบ และการย้ายข้อมูลระหว่างเครื่องแม่ข่ายสามารถดำเนินการได้ง่ายขึ้น ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบ อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ ในด้านการจัดการศูนย์

ข้อมูล (Data Center) และการให้บริการคลาวด์ (Cloud Services) ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญของระบบไอทีในอนาคต (Daniels, 2021)

ผู้วิจัย ปัจจุบันเป็นพนักงานตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ฝ่ายไอที ของบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด พบว่าการบริหารจัดการเซอร์วิสและทรัพยากรเครือข่ายในปัจจุบันยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ขาดความยืดหยุ่นในการจัดสรรทรัพยากรให้สอดคล้องกับการใช้งานจริง ความสามารถในการเพิ่มหรือลดทรัพยากรโดยอัตโนมัติเมื่อมีการเพิ่มซอฟต์แวร์หรือบริการใหม่ การสูญเสียข้อมูล หากไม่มีการสำรองข้อมูลที่เพียงพอ การ Down Time ของเครื่องแม่ข่ายอาจทำให้ข้อมูลสำคัญสูญหายหรือเสียหาย การหยุดทำงานของเครื่องแม่ข่ายอาจทำให้การดำเนินงานภายในองค์กรไม่ต่อเนื่อง เช่น พนักงานไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบที่จำเป็นต่อการทำงานได้ ความพร้อมใช้งานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในบริษัทมีการใช้งานเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งระบบ จึงอาจจะทำให้ระบบของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีปัญหาไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งกระทบการทำงานของพนักงานภายในบริษัทไม่ต่อเนื่อง รวมถึงปัญหาในการควบคุมค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับเซอร์วิสต่าง ๆ ที่มีความหลากหลาย บริษัทต้องการระบบที่สามารถรองรับความต้องการเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยมีความประสงค์ พัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนการบริหารเซอร์วิส กรณีศึกษาบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด เพื่อพัฒนาการบริหารจัดการเซอร์วิสและทรัพยากรภายในเครื่องแม่ข่าย ลดการสูญเสียข้อมูล หากเกิดกรณีที่ไม่มีการสำรองข้อมูล ป้องกันและลดความไม่ต่อเนื่องของการทำงาน เพื่อให้เครื่องแม่ข่ายมีความต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลทำให้พนักงานสามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบที่จำเป็นต่อการทำงานได้ต่อเนื่อง และทำให้มีความพร้อมใช้งานของเครื่องแม่ข่าย ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในบริษัทมีการใช้งานหลายระบบภายในกลุ่มของเครื่องแม่ข่ายที่กำหนดไว้ จึงทำให้ระบบของเครื่องแม่ข่ายมีการทำงานที่หลากหลาย และทำงานเต็มประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีการดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด จำนวน 120 คน โดยเลือกแบบเจาะจงของประชากร ที่อยู่ภายในสำนักงาน จำนวน 25 คน และใช้วิธีการตามตารางกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง บุญชม ศรีสะอาด (2560)

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล

การให้บริการระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานอยู่ภายในบริษัท ใช้กระบวนการให้บริการโดยนำเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเครื่องมาประมวลผลระบบเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ทำให้เครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่ภายในบริษัทนั้นมีจำนวนที่มากขึ้นตามระบบที่ใช้งาน

จากรายละเอียดการทำงานของระบบที่ทำงานเพียงเครื่องเดียวนั้น ทำให้จำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่ภายในบริษัทมีมากเกินความจำเป็น เนื่องจากเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้งานอยู่นั้น ทำงานได้แค่เพียง 10 – 20 เปอร์เซ็นเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดปัญหาดังต่อไปนี้

1) ปัญหาการว่างงานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีมากเกินไป หากมีจำนวนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้งานภายในบริษัทมากเกินไป อาจทำให้ระบบไม่ยืดหยุ่นต่อการขยายตัวหรือการปรับเปลี่ยนในอนาคต เนื่องจากการขยายระบบในทุก ๆ ครั้งจะต้องคำนึงถึงพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บเครื่องเซิร์ฟเวอร์ภายในตู้ Rack เซิร์ฟเวอร์

2) ค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าบำรุงรักษา อาจเพิ่มขึ้นโดยไม่มีผลตอบแทนที่คุ้มค่า เพราะเซิร์ฟเวอร์ไม่ได้ถูกใช้งานเต็มที่

3) การเสื่อมสภาพของฮาร์ดแวร์ แม้ว่าเซิร์ฟเวอร์จะไม่ถูกใช้งานหนัก แต่การเปิดเครื่องตลอดเวลาโดยไม่มีการใช้งานที่เหมาะสมอาจทำให้ฮาร์ดแวร์เสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา

4) ความไม่ต่อเนื่องของการทำงาน การหยุดทำงานของเซิร์ฟเวอร์อาจทำให้การดำเนินงานภายในองค์กรหยุดชะงัก เช่น พนักงานไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรือระบบที่จำเป็นต่อการทำงานได้

5) การสูญเสียข้อมูล หากไม่มีการสำรองข้อมูลที่เพียงพอ การ Down Time ของเซิร์ฟเวอร์อาจทำให้ข้อมูลสำคัญสูญหายหรือเสียหาย

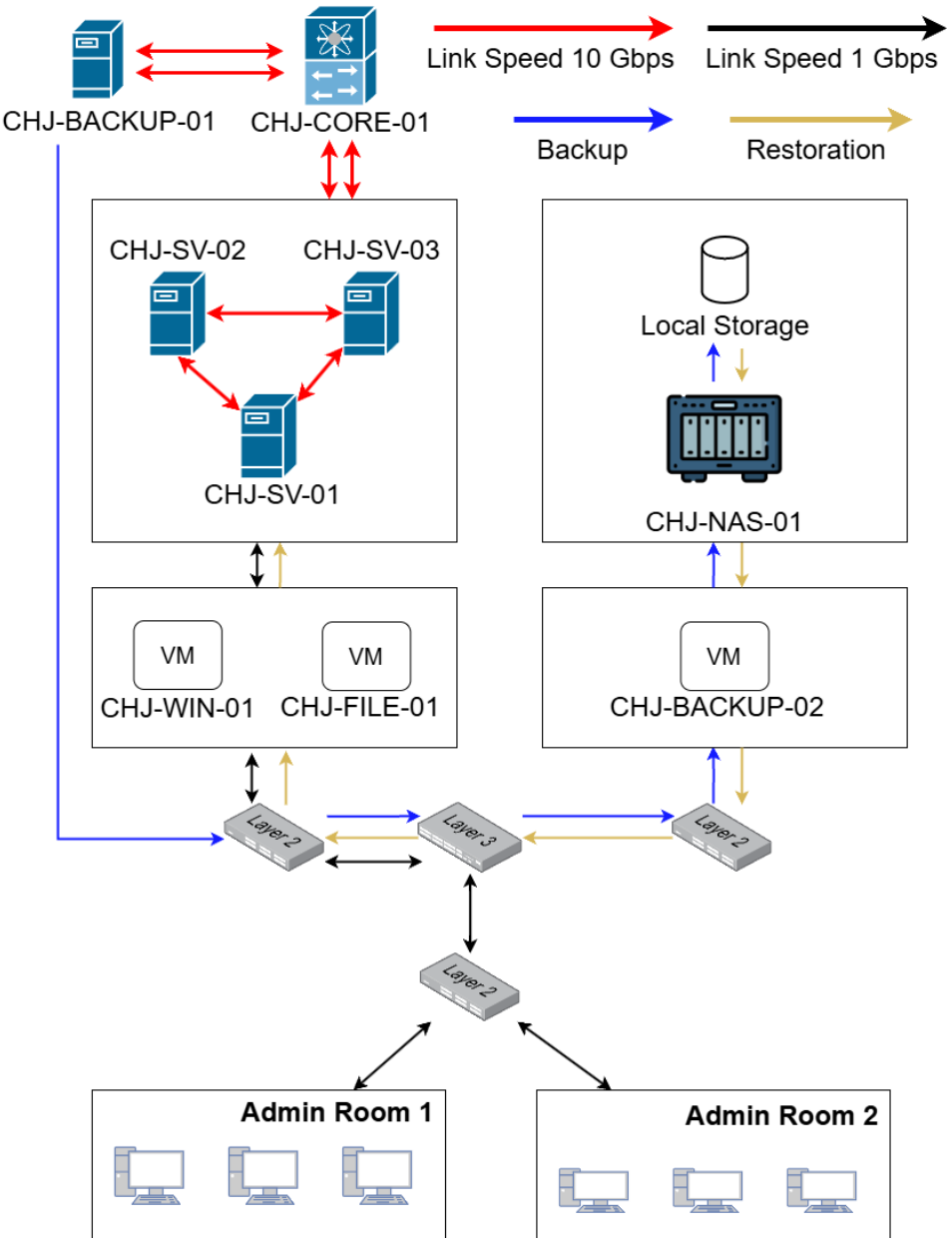
6) ความพร้อมใช้งานของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในบริษัทมีการใช้งานเครื่องเซิร์ฟเวอร์เพียงหนึ่งเครื่องต่อหนึ่งระบบ จึงอาจจะทำให้ระบบของเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่มีปัญหาไม่พร้อมใช้งาน ซึ่งจะกระทบการทำงานของพนักงานภายในบริษัท

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องแม่ข่าย

การออกแบบโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องแม่ข่ายหลักและเครื่องแม่ข่ายสำหรับการสำรองข้อมูล โดยจะออกแบบทั้งหมด 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 คือส่วนของคลัสเตอร์เครื่องแม่ข่าย (Servers Cluster) จะประกอบไปด้วยเครื่องแม่ข่าย 3 เครื่อง ซึ่งเครื่องแม่ข่ายที่ 1 กับ 2 มีอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลชนิด SSD 256 GB จำนวน 16 ตัว และเครื่องแม่ข่ายที่ 3 มีอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลชนิด SSD 1 TB จำนวน 3 ตัว เชื่อมต่อให้ทำงานร่วมกันเป็นคลัสเตอร์เดียวกัน

ส่วนที่ 2 คือส่วนของการสำรองข้อมูลผ่านระบบเครือข่าย เพื่อใช้ในการสำรองข้อมูลจากคลัสเตอร์หลัก ซึ่งจะทำให้ระบบมีความเสถียรและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้งานมากยิ่งขึ้น



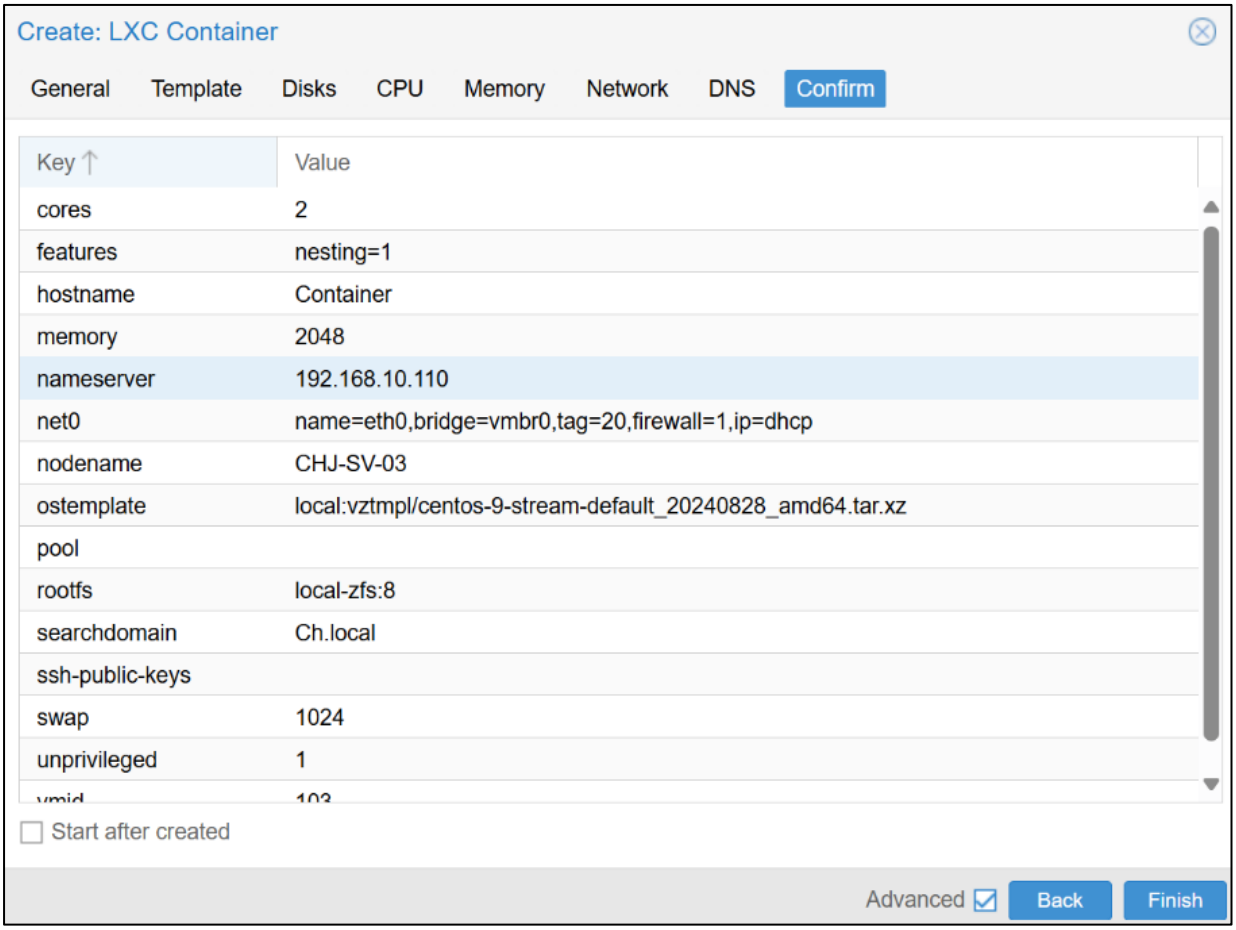
ภาพที่ 1 แผนผังเส้นทางการสำรองกับกู้ข้อมูลของเครื่องแม่ข่าย

การพัฒนาระบบ

การสร้าง LXC Container ภายในระบบปฏิบัติการ Proxmox

ขั้นตอนที่ 1 สร้าง LXC Container ที่เครื่องแม่ข่าย

เริ่มต้นคลิกเลือกที่เมนู Create CT ซึ่งจะมีหน้าต่างรายละเอียดสำหรับกรอกรายละเอียดทรัพยากรที่ต้องการจำลอง โดยสรุปรายละเอียดทรัพยากร Container ที่จำลองได้แก่ CPU : 2 Core, Hostname : Container, Memory : 2 Gb, Swap Memory : 1 Gb, Storage : 8 GB OS : CentOS 9 Stream Node : CHJ-SV-03



ภาพที่ 2 รายละเอียดทรัพยากรที่จำลองให้กับ Container

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบการสร้าง LXC Container

ตรวจสอบการสร้าง LXC Container เพื่อให้ Container ที่สร้างขึ้นมีทรัพยากรที่จำลองตรงกับความต้องการในขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบการทำงานของ LXC Container

ตรวจสอบสถานะการทำงานของ Container ว่าทรัพยากรที่จำลองอยู่ภายใน Container นั้นสามารถทำงานร่วมกันกับเครื่องแม่ข่ายได้

การทดสอบประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพของระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในการบริหารเซอร์วิส กรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่าย จำนวน 3 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในการบริหารเซอร์วิส กรณีศึกษา บริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด โดยผู้วิจัยรวบรวมจากการศึกษาจาก

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมเก็บข้อมูลด้วยตนเองจากการตอบแบบสอบถาม ความพึงพอใจของพนักงานบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด จำนวน 25 คน และนำมาใช้วิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของพนักงานบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean), ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation), IOC และค่าร้อยละ การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบประเมินและแบบสอบถาม โดยแบ่งได้ดังนี้ (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2554)

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินและแบบสอบถาม โดยใช้วิธีการประมวลผลทางหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ค่าความถี่ และร้อยละ

2. การวิเคราะห์ความคิดเห็นเกี่ยวกับเครื่องมือที่สร้าง ได้แก่ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

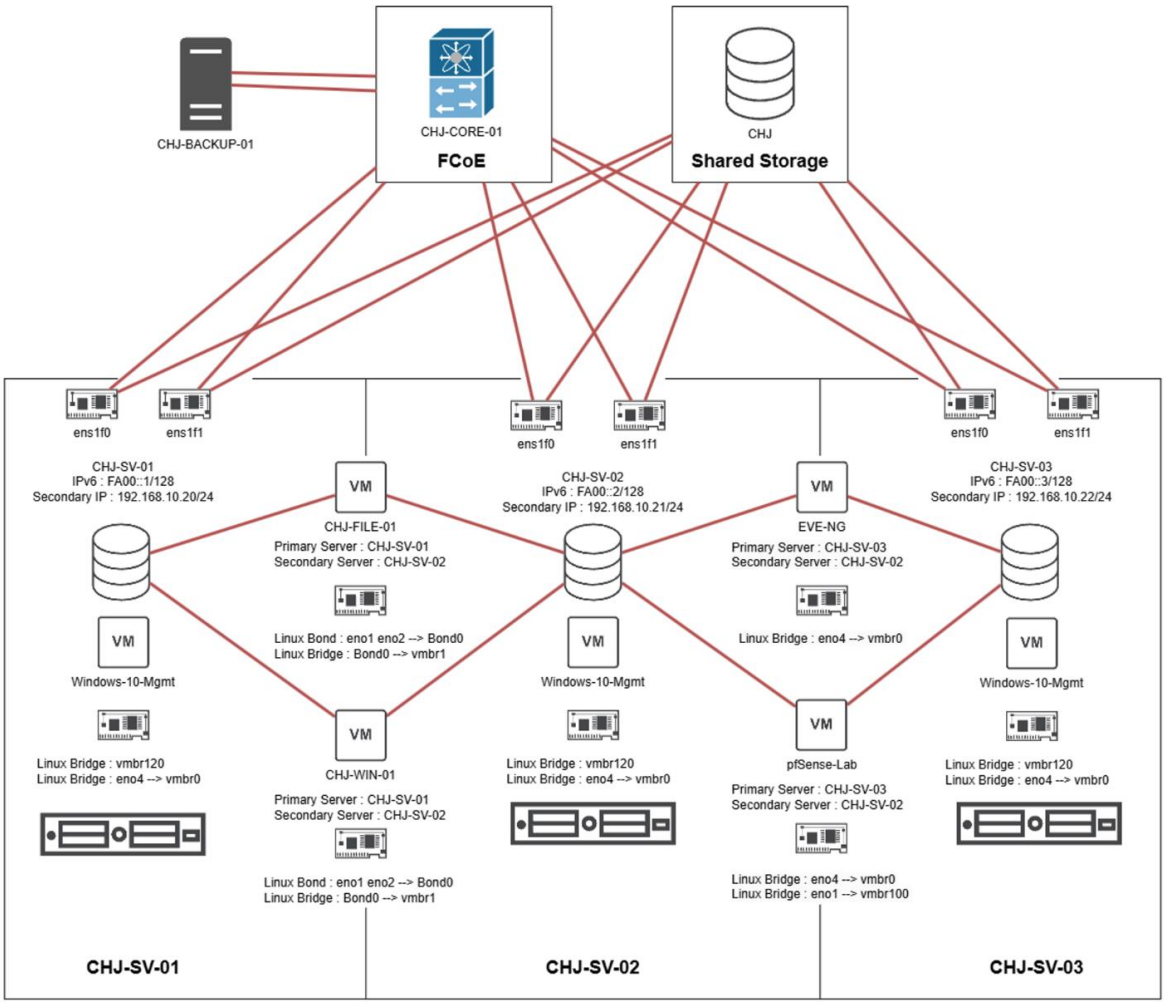
การแปลความหมาย เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามระดับของลิเคิร์ท (แอนเดอร์สัน, ลิเคิร์ทสเกล : 2541) ให้ครอบคลุมเนื้อหาที่ได้ออกแบบไว้โดยกำหนดระดับการวัดของเกณฑ์ในการแปรความหมายของค่าเฉลี่ยดังนี้ ระดับมากที่สุด (4.21 – 5.00) ระดับมาก (3.41 – 4.20) ระดับปานกลาง (2.61 – 3.40) ระดับน้อย (1.81 – 2.60) ระดับน้อยที่สุด (1.00 – 1.80)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนการบริหารเซอร์วิส กรณีศึกษาบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด

ในส่วนของเครื่องแม่ข่ายภายในระบบมีทั้งหมด 3 เครื่อง โดยทั้ง 3 เครื่องจะมีรูปแบบการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายกับการตั้งค่าระบบเครือข่ายที่เหมือนกันได้แก่ เครื่องแม่ข่ายทั้ง 3 จะต้องเชื่อมต่อระบบเครือข่ายในรูปแบบ Peer-To-Peer ด้วยสาย SFP 10 Gbps และมีเส้นทางสำรองที่เชื่อมต่อเข้ากับ Switch ด้วยสาย UTP 1 Gbps ที่เปิดการใช้งาน Protocol OSPF กับ BFD เพื่อใช้ในการเลือกเส้นทางในการรับส่งข้อมูลที่สั้นและเร็วที่สุด และตรวจสอบเส้นทางการรับส่งข้อมูลที่ไม่พร้อมใช้งานในระบบเครือข่าย

การจัดเก็บข้อมูลภายในเครื่องแม่ข่าย ใช้งานระบบ Ceph Storage Pool ที่เป็นระบบช่วยจัดสรรทรัพยากรพื้นที่ของเครื่องแม่ข่ายที่มีทั้งหมดเป็นระบบอัตโนมัติ ตามสัดส่วนที่ได้ตั้งค่าคือ 3 ส่วน 2 ของข้อมูล ตรวจสอบและป้องกันการรับส่งข้อมูลที่ผิดพลาดภายในระบบ Ceph Storage Pool เพื่อให้ข้อมูลมีความครบถ้วนสมบูรณ์พร้อมใช้แม้กรณีที่เครื่องแม่ข่ายภายในระบบไม่พร้อมใช้งาน



ภาพที่ 3 โครงสร้างอุปกรณ์กับการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องแม่ข่าย

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่าย

ตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 16 GiB

ครั้งที่	ความเร็วการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการ Downtime	ระยะเวลาการกู้คืนระบบ
1	1.5 GiB/s	21 วินาที	381 มิลลิวินาที	3 นาที 25 วินาที 644 มิลลิวินาที
2	965 MiB/s	57.9 วินาที	501 มิลลิวินาที	4 นาที 20 วินาที 866 มิลลิวินาที
3	1.1 GiB/s	27.9 วินาที	579 มิลลิวินาที	3 นาที 49 วินาที 587 มิลลิวินาที

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 16 GiB โดยภาพรวมความเร็วเฉลี่ยการโยกย้าย VM 1.1 GiB/s ระยะเวลาเฉลี่ยการโยกย้าย VM 35.6 วินาที ระยะเวลาเฉลี่ยการ Downtime 487 มิลลิวินาที และระยะเวลาเฉลี่ยการกู้คืนระบบ 3 นาที 52 วินาที 32 มิลลิวินาที

ตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 4 GiB

ครั้งที่	ความเร็วการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการโยกย้าย VM	ระยะเวลาการ Downtime	ระยะเวลาการกู้คืนระบบ
1	343.1 MiB/s	44.8 วินาที	319 มิลลิวินาที	2 นาที 52 วินาที 745 มิลลิวินาที
2	457.4 MiB/s	17.1 วินาที	309 มิลลิวินาที	2 นาที 54 วินาที 770 มิลลิวินาที
3	343.1 MiB/s	46.5 วินาที	207 มิลลิวินาที	3 นาที 3 วินาที 590 มิลลิวินาที

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแม่ข่ายของ VM ที่มีขนาด 4 GiB โดยภาพรวมความเร็วเฉลี่ยการโยกย้าย VM 381.2 MiB/s ระยะเวลาเฉลี่ยการโยกย้าย VM 36.13 วินาที ระยะเวลาเฉลี่ยการ Downtime 278 มิลลิวินาทีและระยะเวลาเฉลี่ยการกู้คืนระบบ 2 นาที 56 วินาที 858 มิลลิวินาที

3. ผลความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถาม

รายการ	$\bar{X}$	**S.D.**	**ความพึงพอใจ**
1.ด้านการใช้งานระบบพื้นฐาน			
1.1 ผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบได้อย่างสะดวกและปลอดภัย	4.48	0.94	มากที่สุด
1.2 ผู้ใช้งานเข้าถึงไฟล์และโฟลเดอร์ได้ตามที่ต้องการ	4.32	0.97	มากที่สุด
1.3 การใช้งานระบบไฟล์แชร์ช่วยให้การทำงานร่วมกัน มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพ	4.24	0.99	มากที่สุด
1.4 การเปิดไฟล์และการถ่ายโอนไฟล์มีความถูกต้องและรวดเร็ว	4.40	0.89	มากที่สุด
1.5 ระบบเว็บแอปพลิเคชันมีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและตอบสนองตามความต้องการ	4.24	0.99	มากที่สุด
2.ด้านความปลอดภัยและเสถียรภาพ			
2.1 ข้อมูลในระบบให้ความความปลอดภัยและครบถ้วนสมบูรณ์	4.36	1.05	มากที่สุด
2.2 ระบบมีความเสถียรในการใช้งาน	3.64	1.05	มาก
2.3 ระบบสามารถกู้คืนการทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ	4.12	0.95	มาก
3.ด้านการสนับสนุนและการบำรุงรักษา			
3.1 ผู้ดูแลระบบสามารถช่วยเหลือและสนับสนุนการใช้งาน เมื่อมีการร้องขอ	4.60	0.89	มากที่สุด
3.2 การบำรุงรักษาระบบสามารถดูแลได้สะดวก โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานอื่น	4.32	0.93	มากที่สุด
	4.27	0.96	มากที่สถด

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในกรณีศึกษาบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด สำหรับพนักงานของบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด ที่อยู่ภายในสำนักงาน จำนวน 25 คน ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.27 , S.D. = 0.96)

4. ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบ

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบ

รายการค่าใช้จ่าย	VMware vSphere	Microsoft Hyper-V	Proxmox
1.ค่าใบอนุญาต	840,000 – 2,100,000	646,275	-
2.ค่าบำรุงรักษารายปี	168,000 – 210,000	-	-
3.ค่าอัปเกรดหรือทีมสนับสนุน	70,000 – 175,000	-	3,500 – 7,000

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการติดตั้งระบบโครงสร้างพื้นฐานเครื่องแม่ข่ายด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนในกรณีศึกษาบริษัท ซีเอช อินเจคชั่น จำกัด จากการศึกษาพบว่า Proxmox ซึ่งเป็นโอเพนซอร์ส มีข้อได้เปรียบในด้านต้นทุนอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับ VMware vSphere และ Microsoft Hyper-V โดยแพลตฟอร์ม Proxmox ไม่มีค่าใช้จ่ายสำหรับใบอนุญาตซอฟต์แวร์ และยังมีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในทางกลับกันแพลตฟอร์ม VMware vSphere มีค่าใช้จ่ายด้านใบอนุญาตที่สูงที่สุด ทำให้เหมาะสมกับองค์กรขนาดใหญ่ที่ต้องการประสิทธิภาพและฟังก์ชันการทำงานขั้นสูง ขณะที่ Microsoft Hyper-V ค่าใช้จ่ายของ Windows Server Datacenter License และการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม Proxmox แสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมสำหรับองค์กรที่มุ่งเน้นการลดต้นทุนโครงสร้างพื้นฐานด้าน IT โดยไม่ลดทอนประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ทั้งนี้ การรวมทรัพยากรในลักษณะคลัสเตอร์ (Cluster) ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ Proxmox ยังช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน และเพิ่มความสามารถในการจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแม่ข่ายแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการจัดการและโยกย้ายเครื่องเสมือน (VM) อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะ VM ขนาด 16 GiB ซึ่งมีความเร็วเฉลี่ยการโยกย้ายอยู่ที่ 1.1 GiB/s และ VM ขนาด 4 GiB อยู่ที่ 381.2 MiB/s อย่างไรก็ตาม ระยะเวลา Downtime และการกู้คืนระบบยังมีความแตกต่างตามขนาดของ VM ซึ่ง VM ขนาดใหญ่ต้องใช้เวลาในการกู้คืนระบบมากกว่า สิ่งนี้ชี้ให้เห็นว่าระบบยังมีข้อจำกัดในการจัดการขนาดของ VM และอาจต้องปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพสำหรับงานขนาดใหญ่ นอกจากนี้ การใช้ Ceph Storage Pool ช่วยเพิ่มเสถียรภาพของระบบและลดความเสี่ยงของการสูญเสียข้อมูลได้เป็นอย่างดี แต่อาจมีความซับซ้อนในการบริหารจัดการที่ต้องคำนึงถึงในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อมร เจือตี้ และสุภาพร พรมโส (2564) ได้ศึกษาการพัฒนา ระบบสำรองและกู้คืนข้อมูล เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพการจัดการบข้อมูลของคณะวิทยาการจัดการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำรองข้อมูล ที่อยู่นอกเครือข่ายเว็บไซต์ของคณะประเมิน

ประสิทธิภาพของระบบ จากกลุ่มทดลอง 30 คนประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน จำนวน 225 คน ผลการวิจัย พบว่า StorageCraft ShadowProtect SPX ถูกใช้ในการสำรองและกู้คืนข้อมูลโดยอัตโนมัติ คอมพิวเตอร์แม่ข่ายปลายทางสามารถแชร์พื้นที่ให้คอมพิวเตอร์แม่ข่ายต้นทางสำรองข้อมูลได้ ประเมินแล้วพบว่า การกู้คืนข้อมูล มีประสิทธิภาพสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.83) รองลงมาคือ ความตรงกับความต้องการของผู้ใช้ (4.77) และ การสำรองข้อมูล (4.67) การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน อยู่ในระดับสูงสุด (ค่าเฉลี่ย 4.82) โดย การตอบสนองต่อการใช้งาน และ รูปแบบการนำเสนอข้อมูล ได้คะแนนสูงสุด (4.98) รองลงมาคือ ประโยชน์ต่อการดำเนินงาน (4.95)

จากผลการประเมินความพึงพอใจแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.18 , S.D. = 0.07) โดยเฉพาะในด้านความง่ายและความปลอดภัยในการเข้าสู่ระบบ ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.32 , S.D. = 0.80) และความเร็วในการถ่ายโอนไฟล์ ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.24 , S.D. = 0.59) อย่างไรก็ตาม ด้านการบำรุงรักษาระบบแม้จะได้รับคะแนนที่ดี ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.00 , S.D. = 0.81) ยังมีช่องว่างให้ปรับปรุง โดยเฉพาะการลดผลกระทบต่อการใช้งานในช่วงที่มีการบำรุงรักษา การประเมินนี้สะท้อนถึงความสำเร็จของระบบที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้ในระดับสูง แต่ควรมีการติดตามและปรับปรุงต่อเนื่องเพื่อเพิ่มความพึงพอใจในทุกด้านอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุวันต์นา เสทอเนตร (2562) ได้ศึกษาและการพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศ ภายใต้มาตรฐาน ISO/IEC 27001:2013 ศูนย์ปฏิบัติการ MOPH IDC กลุ่มผู้ให้บริการอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 4.17 กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไปอยู่ในระดับมาก มีคะแนนเฉลี่ย 3.98 คะแนนนี้สะท้อนถึงความพึงพอใจในคุณภาพของระบบ ทั้งในด้านการใช้งาน ความสะดวก และความปลอดภัย

สรุปผล

ผลการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีเครื่องเสมือนสามารถปรับปรุงความคุ้มค่าของการใช้งานทรัพยากรเครื่องแม่ข่าย โดยการรวมทรัพยากรเข้าด้วยกันในลักษณะคลัสเตอร์ (Cluster) ทำให้ลดการสูญเสียทรัพยากรที่ไม่ได้ใช้งาน และสามารถจัดสรรทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้ Ceph Storage Pool ช่วยเพิ่มความเสถียรและความน่าเชื่อถือของระบบ โดยยังคงความสมบูรณ์ของข้อมูลแม้ในกรณีที่เครื่องแม่ข่ายบางส่วนหยุดทำงาน

ผลการทดสอบประสิทธิภาพ ระบบสามารถจัดการโยกย้าย VM ได้อย่างรวดเร็ว โดย VM ขนาด 16 GiB มีค่าเฉลี่ยความเร็วในการโยกย้ายที่ 1.1 GiB/s และระยะเวลา Downtime เฉลี่ยเพียง 487 มิลลิวินาที ซึ่งสะท้อนถึงความมีประสิทธิภาพในการลดผลกระทบต่อการใช้งานระหว่างการโยกย้าย และVM ขนาด 4 GiB ใช้เวลาการกู้คืนระบบเฉลี่ยที่ 2 นาที 56 วินาที ซึ่งเร็วพอสมควรสำหรับการรองรับการใช้งานในระดับองค์กร

ผลการประเมินความพึงพอใจ จากกลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจในระดับมาก ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.18 , S.D. = 0.07) โดยเฉพาะในด้านการเข้าสู่ระบบที่ง่ายและปลอดภัย ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.32 , S.D. = 0.80) และความเร็วในการเปิดไฟล์และถ่ายโอนไฟล์ ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.24 , S.D. = 0.59) สะท้อนถึงความเหมาะสมและประสิทธิภาพของระบบสำหรับผู้ใช้งาน และด้านการบำรุงรักษาได้รับในระดับมาก ($\overline{\boldsymbol{X}}$ = 4.00 , S.D. = 0.81) แต่ยังสามารถปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบต่อการใช้งานได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.บุญสืบ โพธิ์ศรี นายเมฆินทร์ วรศาสตร์ นางสาวภัคธินันท์ จิรวันทนาเมศร์ นายภัทรพล เสมอภาค และนายจิรายุ ชมนารถติกร ที่ได้กรุณาสละเวลา ให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลือตรวจสอบในด้านเทคนิควิธีการสร้างสิ่งประดิษฐ์และการจัดทำผลงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2554. การวิเคราะห์สถิติ สถิติเพื่อการตัดสินใจ (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บุญชม ศรีสะอาด. 2560. การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

สุวันต์นา เสมอเนตร. 2563. การพัฒนาระบบบริหารความมั่นคงปลอดภัยสารสนเทศภายใต้มาตรฐานISO/IEC 27001:2013 ศูนย์ปฏิบัติการ Ministry of Public Health Internet Data Center (MOPH IDC). วารสารวิชาการสาธารสุข 28: 117-132.

อมร เจือตี้ และสภาพร พรมโส. 2546. การพัฒนาระบบสำรองข้อมูลเพื่อการกู้คืนข้อมูลสารสนเทศนอก เครือข่ายเว็บไซต์ของคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 23: 1-11.

Arnold Daniels. 2021. Hypervisor คืออะไร แหล่งข้อมูล: https://riverst.org/hypervisor-คืออะไร/. ค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2567.

Anderson, L.W. Likert Scales. 1998. Education Research Methodology and Measurement.

ระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา

Football competition management system case study Yaha Subdistrict Administrative Organization

ฮาฟีพะห์ เจะเตะ[1] อภินันต์ ดือราฮิง[2] แพรวศรี เดิมราช[3] และ รุสนี กาแมแล[4*]

Hafipah Cheteh [1] , A-phinan Duerahing [2] , Praewsri Dermrach[3] and Rusnee Kamaelae[4*]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 133 ถนนเทศบาล 3 ตำบลสะเตง อำเภอเมืองยะลา จังหวัดยะลา 95000

[1]Yala Rajabhat University 133 Thetsaban 3 Road, Sateng Yala Province 95000

***Corresponding author E-mail: 406465001@yru.ac.th**

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ 1) เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบ และพัฒนาระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา โดยใช้หลักการตามทฤษฎีวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย เจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา ผู้ตัดสินฟุตบอล ผู้จัดการทีมนักกีฬา จำนวน 30 คน เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ได้แก่ ภาษาโปรแกรม HTML, CSS, PHP, JavaScript ฐานข้อมูล MySQL และพัฒนาระบบด้วยโปรแกรม Visual Studio Code ผลการวิจัย พบว่า 1) ระบบแบ่งการทำงานแยกตามสิทธิ์ผู้ใช้งาน 4 กลุ่ม ประกอบด้วย ผู้ดูแลระบบ เจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา ผู้ตัดสินฟุตบอล และผู้จัดการทีมนักกีฬา โดยแบ่งตามขอบเขตงานหลัก จัดการข้อมูลผู้ใช้ รับลงทะเบียนเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอล จัดการโปรแกรมการแข่งขัน จัดการผลคะแนนการแข่งขัน และสมัครเข้าแข่งขัน 2) ผลการประเมินคุณภาพของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.46, S.D.=0.13) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.45 , S.D.=0.68)

คำสำคัญ : ระบบ จัดการ แข่งขัน ฟุตบอล

Abstract

This research focuses on the development of a football tournament management system, with a case study of the Yaha Subdistrict Administrative Organization. The study has three main objectives: (1) to analyze, design, and develop a football tournament management system, (2) to evaluate the system's quality, and (3) to assess user satisfaction with the system. The System Development Life Cycle (SDLC) methodology was applied in the development process. The sample group consisted of 30 individuals, including sports department officers, football referees, and team managers. The system was developed using HTML, CSS, PHP, JavaScript, and MySQL as the database, with Visual Studio Code as the primary development tool. The research findings are as follows: (1) The system categorizes users into four roles: administrators, sports department officers, football referees, and team managers, each with distinct functional scopes, including user management, tournament registration, match scheduling, score management, and competition registration. (2) The system quality evaluation by experts was rated at the highest level ($\bar{X}$=4.46, S.D.=0.13). (3) The user satisfaction assessment indicated a high level of satisfaction ($\bar{X}$=4.45, S.D.=0.68)

Keywords : System, Management, Tournament, Football

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ให้มีความง่ายและสะดวกมากขึ้น ประเทศไทยในปัจจุบันก้าวเข้าสู่เศรษฐกิจดิจิทัลที่นำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศหรืออินเทอร์เน็ตเข้ามาแก้ปัญหาและช่วยอำนวยให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจในทุกภาคส่วน ส่งผลโดยตรงกับวิถีชีวิตกับคนในสังคมยุคสมัยใหม่ที่จำเป็นต้องปรับตัวไปพร้อมกับเทคโนโลยีดิจิทัล โดยมีเทคโนโลยีเป็นฐานความรู้คอยอำนวยความสะดวกและปัจจัยสำคัญในการดำเนินชีวิตในสิ่งแวดล้อม มนุษย์ซึ่งเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศ คุณภาพชีวิตของมนุษย์จึงเป็นสิ่งสำคัญและเป็นกลไกหลักที่จะขับเคลื่อนความเจริญก้าวหน้า การเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคม สิ่งหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้มนุษย์มีคุณภาพชีวิตที่ดีได้ คือ การออกกำลังกายและการเล่นกีฬา เพื่อพัฒนาสุขภาพกายและสุขภาพใจ การเล่นกีฬาก็จะทำให้ร่างกายมีสุขภาพแข็งแรง สามารถศึกษาเล่าเรียน ประกอบอาชีพหรือดำเนินชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ กีฬาที่มีคนรู้จักนิยมเล่นกันมากและเป็นกีฬาที่แพร่หลายมากที่สุดในโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มเด็กและเยาวชน นั่นก็คือกีฬาฟุตบอล (วาสิฏฐี สายสุดใจ และศุภวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์, 2565)

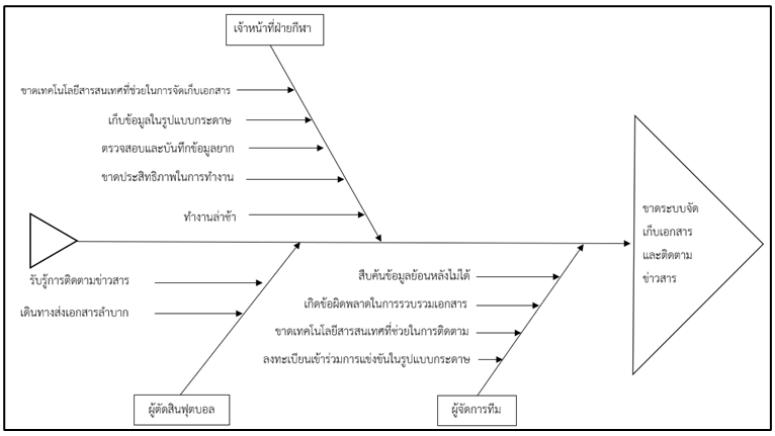
องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา อำเภอยะหา จังหวัดยะลา เป็นอีกหนึ่งหน่วยงานที่ให้ความสำคัญในด้านกีฬา ดังนั้น องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา จึงสนับสนุนให้มีการจัดการแข่งขันฟุตบอล อบต.คัพ เป็นประจำทุกปีๆ ละ 1 ครั้ง แบ่งออกเป็น 2 รุ่นๆ ละ 10 ทีมๆ ละ 12 คน ได้แก่ รุ่นทั่วไปไม่จำกัดอายุและรุ่นอาวุโสอายุ 40 ปีขึ้นไป ลักษณะการดำเนินการจัดการแข่งขันมีการเก็บข้อมูลลงในแบบฟอร์มกระดาษที่กำหนด เช่น ข้อมูลส่วนตัว

ผู้จัดการทีม ข้อมูลนักกีฬา ข้อมูลโค้ช และข้อมูล ผู้ตัดสิน การจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบกระดาษ ทำให้ยุ่งยากในการจัดเก็บข้อมูลและการเตรียมเอกสารอีกทั้ง ส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการทำงานหากเอกสารได้รับความสูญหาย จะทำให้การบันทึกข้อมูลและตรวจสอบข้อมูลได้ยาก ในส่วนของการประชาสัมพันธ์ข่าว ผลคะแนนการแข่งขัน และโปรแกรมการแข่งขัน มีการประกาศผ่านหน้าเฟซบุ๊กของ อบต. ซึ่งเป็นเพจที่รวมข่าวสารทั้งหมดของ อบต. ทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตามข้อมูลการแข่งขันฟุตบอล จากปัญหาดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการจัดการแข่งขันฟุตบอล ยังขาดฐานข้อมูลและการจัดการข้อมูลที่ดี ทำให้การสืบค้นข้อมูลหรือดูประวัติข้อมูลย้อนหลังมีความยุ่งยากและเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ ซึ่งระบบนี้จะช่วยในกระบวนการทำงานของเจ้าหน้าที่ฝ่ายการกีฬาและผู้จัดการทีมนักกีฬา อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied research) ได้ศึกษาและประยุกต์ใช้ตามกระบวนการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) โดยแบ่งการวิจัยออกเป็น 5 ขั้นตอน (โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, 2560) ดังนี้

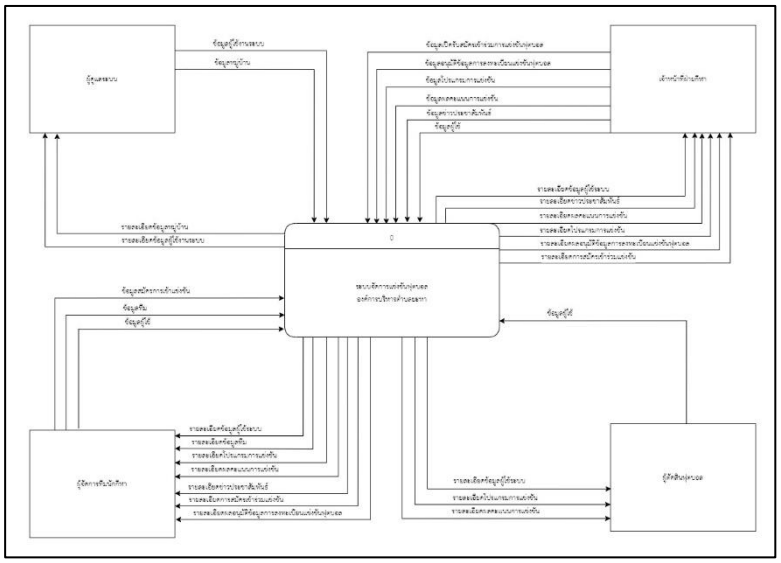
1. การศึกษาปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาระบบการทำงานที่ต้องการพัฒนาทำให้ทราบถึงข้อมูลต่าง ๆ ขอบข่ายงานและความสามารถในการทำงานของระบบที่ต้องการพัฒนา ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาของผู้ใช้งานระบบเดิม ที่ต้องการมานำเสนอปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น แสดงดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แผนผังเหตุและผลของปัญหาของงานระบบงานเดิม

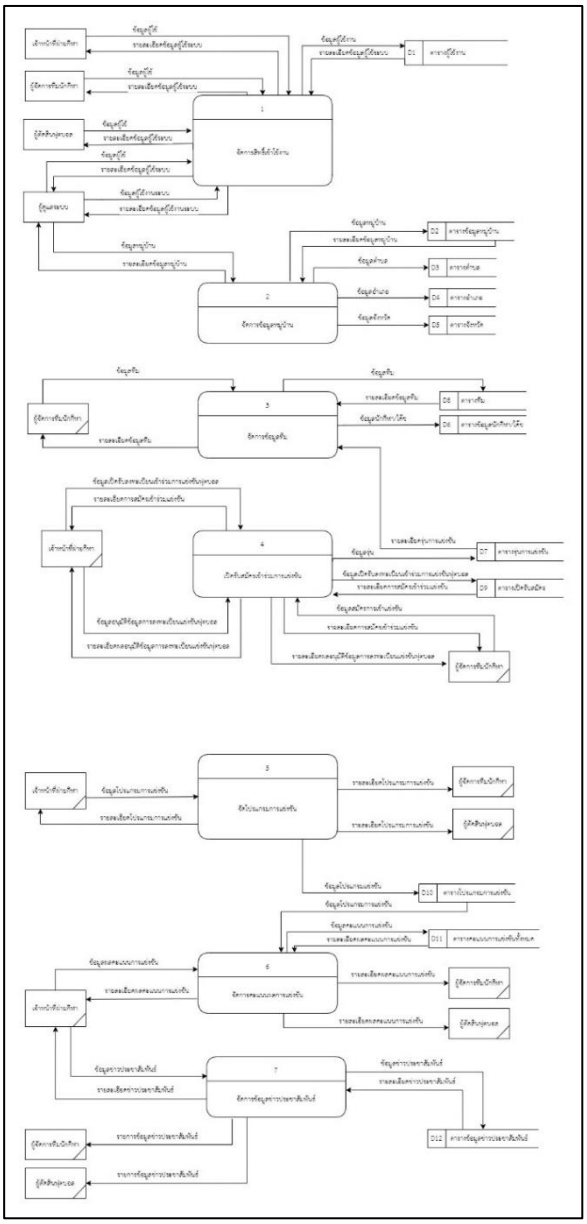
2. วิเคราะห์ระบบ คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำงานเดิม ด้วยวิธีการไปสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่มแบบเจาะจง เจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา 1 คน และผู้จัดการทีม 2 คน โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิดแล้วนำมาสรุปความต้องการเป็นขอบเขตงานหลักของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล ดังนี้

1) แผนภาพรวมของระบบงาน (Context Diagram) เพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ ของขอบเขตงานในฐานะแหล่งข้อมูลและทางเดินของข้อมูลในระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพรวมของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล

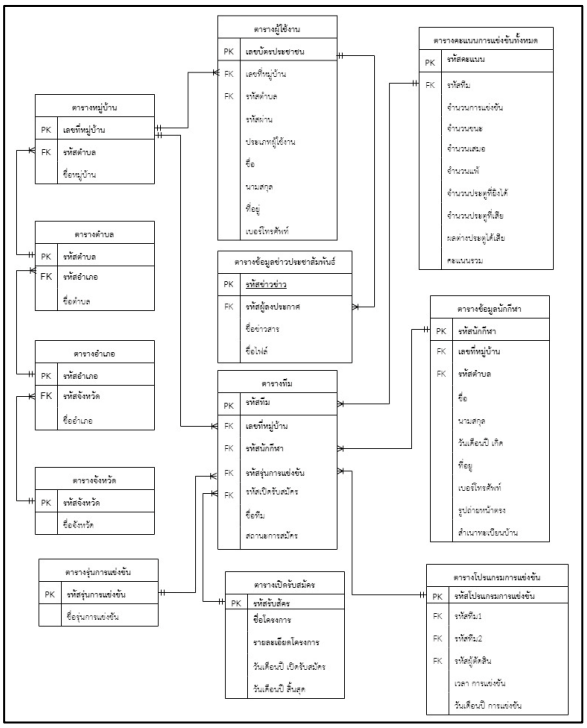
2) แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram: DFD) เป็นแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทำงาน ข้อมูลที่เข้าและออกจากกระบวนการทำงานของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนภาพกระแสข้อมูลระบบจัดการแข่งขัน

3. การออกแบบระบบ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบฐานข้อมูลในการจัดเก็บข้อมูลและออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ดังนี้

1) แบบจำลองโครงสร้างข้อมูล (Entity-Relationship Diagrams: ER-Diagram) เป็นแบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูลและความสัมพันธ์ของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล จำนวน 12 ส่วน ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบจำลองความสัมพันธ์ของข้อมูลของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล

2) การออกแบบส่วนเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหน้าจอหลัก โดยแยกตามผู้ใช้งาน 3 กลุ่ม ได้แก่ เจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา ผู้ตัดสินฟุตบอล และผู้จัดการทีม โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอ ดังภาพที่ 5-6

ภาพที่ 5 หน้าจอแสดงเข้าสู่ระบบ

ภาพที่ 6 หน้าแสดงเปิดรับสมัครเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอล

4. การพัฒนาระบบ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบโดยใช้ภาษา HTML, PHP และ JavaScript ใช้ XAMPP สำหรับจำลองเป็นเครื่องแม่ข่าย ใช้พีเอชพีมายแอดมิน (phpMyAdmin) เป็นส่วนต่อประสานกับฐานข้อมูล MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล ระบบแบ่งตามสิทธิ์การใช้งาน 4 กลุ่ม ได้แก่

4.1) กลุ่มผู้ดูแลระบบ แบ่งเป็น 7 ส่วน ตามขอบเขตงานหลัก คือ เข้าสู่ระบบ การแสดงหน้าหลัก การแสดงเมนูหลัก จัดการข้อมูลเจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา จัดการข้อมูลผู้จัดการทีมนักกีฬา จัดการข้อมูลผู้ตัดสินฟุตบอล และจัดการข้อมูลหมู่บ้าน

4.2) กลุ่มของเจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา กีฬา แบ่งเป็น 9 ส่วน ตามขอบเขตงาน คือ เข้าสู่ระบบ การแสดงหน้าจอหลัก การแสดงเมนูหลัก จัดการข้อมูลส่วนตัว เปิดรับสมัครเข้าร่วมการแข่งขันฟุตบอล อนุมัติข้อมูลนักกีฬาและข้อมูลโค้ช จัดการโปรแกรมการแข่งขัน จัดการผลคะแนนการแข่งขัน และจัดการข่าวประชาสัมพันธ์

4.3) กลุ่มของผู้ตัดสิน แบ่งเป็น 5 ส่วน ตามขอบเขตงาน คือ เข้าสู่ระบบ การแสดงเมนูหลัก จัดการข้อมูลส่วนตัว โปรแกรมการแข่งขัน และผลคะแนนการแข่งขัน

4.4) กลุ่มของผู้จัดการทีมนักกีฬา แบ่งเป็น 8 ส่วน ตามขอบเขตงาน คือ เข้าสู่ระบบ การแสดงเมนูหลัก จัดการข้อมูลส่วนตัว สมัครเข้าร่วมการแข่งขัน โปรแกรมการแข่งขัน ผลคะแนนการแข่งขัน และข่าวประชาสัมพันธ์

5. การทดสอบและการประเมินระบบ หลังจากผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาระบบเรียบร้อยแล้ว ได้ทำการทดสอบการใช้งาน จากนั้นได้ทำการประเมินระบบโดยแยกออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

5.1) แบบประเมินคุณภาพระบบ สำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน เป็นแบบสอบถามที่มีคำถามทั้งแบบปลายปิดและปลายเปิด แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบ ด้านการนำไปใช้ประโยชน์ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

5.2) แบบประเมินความพึงพอใจ สำหรับให้ผู้ใช้งานประเมิน เป็นแบบสอบถามที่มีคำถามทั้งแบบปลายปิด และปลายเปิด แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย ด้านกระบวนการทำงานของระบบ ด้านการติดต่อกับระบบงาน และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

หลังจากได้ข้อมูลจากแบบประเมิน ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามปลายปิด โดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยเกณฑ์ระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบประเมิน ทั้ง 2 ชุด ใช้เกณฑ์ประมาณค่า 5 ระดับ ผลจากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย ใช้ตามเกณฑ์ของมนต์ชัย เทียนทอง (2554) ดังนี้

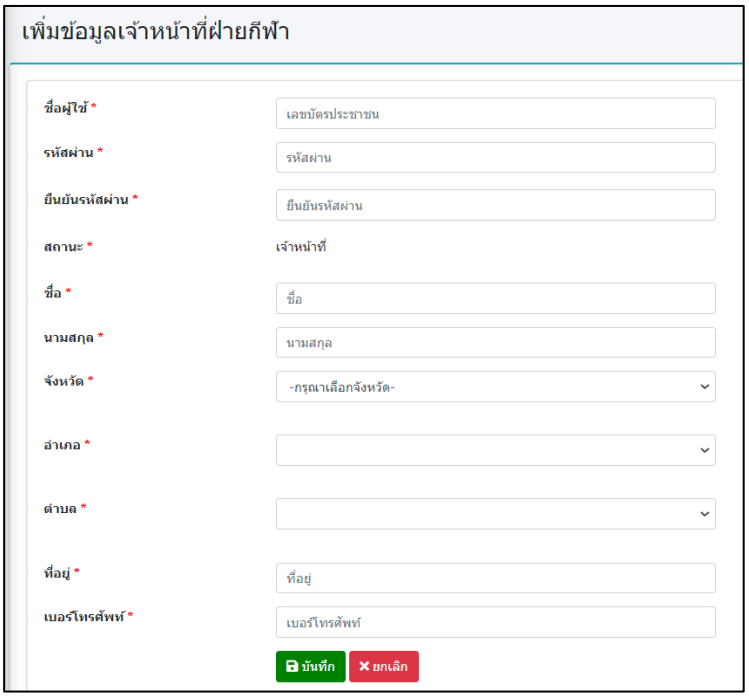
1.00-1.50 หมายถึง มีคุณภาพ/พึงพอใจระดับน้อยที่สุด
1.51-2.50 หมายถึง มีคุณภาพ/พึงพอใจระดับน้อย
2.51-3.50 หมายถึง มีคุณภาพ/พึงพอใจระดับปานกลาง
3.51-4.50 หมายถึง มีคุณภาพ/พึงพอใจระดับมาก
4.51-5.00 หมายถึง มีคุณภาพ/พึงพอใจระดับมากที่สุด

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจากคำถามปลายเปิดที่เกี่ยวกับข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ วิเคราะห์โดยแจกแจงความถี่ โดยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และนำเสนอในรูปตารางประกอบคำบรรยาย

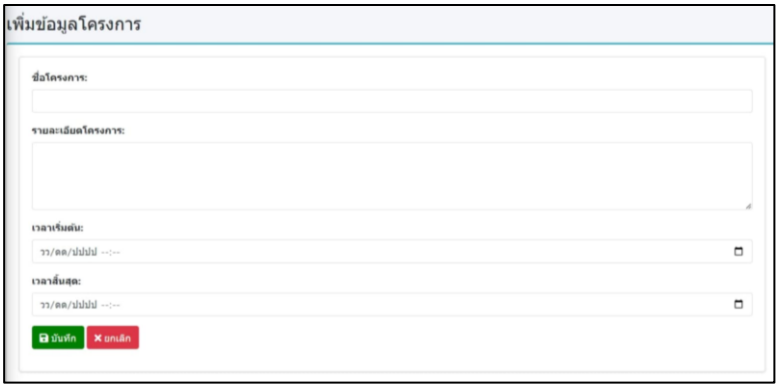
ผลการวิจัย

ผลการวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ผลการพัฒนาระบบ และผลการประเมินระบบ สรุปดังนี้

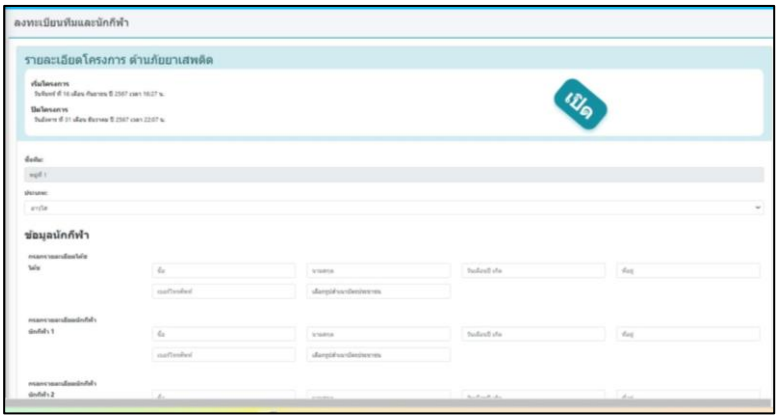
1. ผลการพัฒนาระบบ การพัฒนาระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา แบ่งการทำงานออกเป็น 6 ส่วน ประกอบด้วย 1) จัดการข้อมูลผู้ใช้งาน 2) เปิดรับสมัครเข้าแข่งขัน 3) สมัครเข้าร่วมการแข่งขัน 4) จัดโปรแกรมการแข่งขัน 5) จัดผลคะแนนการแข่งขัน และ 6) จัดการข่าวประชาสัมพันธ์ ตัวอย่างแต่ละส่วนของระบบ ดังภาพที่ 7-12



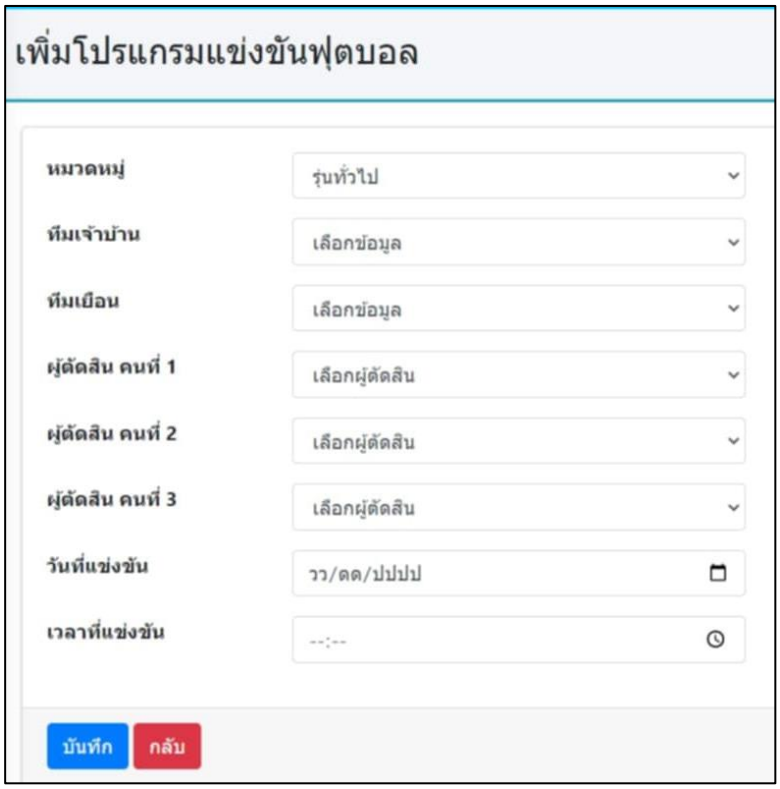
ภาพที่ 7 หน้าจัดการข้อมูลผู้ใช้งาน



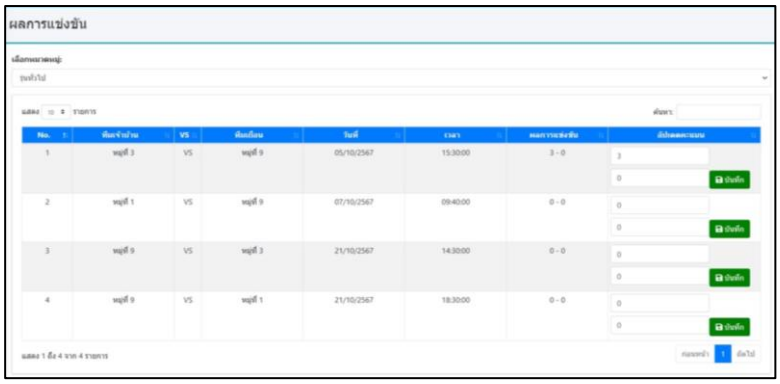
ภาพที่ 8 หน้าเปิดรับสมัครเข้าร่วมการแข่งขัน



ภาพที่ 9 หน้าเปิดสมัครเข้าร่วมการแข่งขัน



ภาพที่ 10 หน้าจัดโปรแกรมการแข่งขัน



ภาพที่11 หน้าจัดผลคะแนนการแข่งขัน

ภาพที่ 12 หน้าจัดการข่าวประชาสัมพันธ์

2. ผลการประเมินระบบ ผู้วิจัยได้แบ่งการประเมินออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

2.1) ผลการประเมินคุณภาพระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ประเมิน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความปลอดภัย ด้านความถูกต้อง ด้านการออกแบบ และด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การประเมินคุณภาพของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา โดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
ด้านความปลอดภัย	4.60	0.26	มากที่สุด
ด้านความถูกต้อง	4.38	0.16	มาก
ด้านการออกแบบระบบ	4.76	0.28	มากที่สุด
ด้านการนำไปใช้ประโยชน์	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	**4.69**	**0.13**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.1 เมื่อพิจารณาผลการประเมินคุณภาพโดยภาพรวมของระบบ โดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.69, S.D.= 0.13) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านการนำไปใช้ประโยชน์มีคุณภาพสูงสุด อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 5.00, S.D.= 0.00) รองลงมาด้านการออกแบบ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$= 4.76, S.D.=0.28) ด้านความความปลอดภัย อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$=4.60, S.D.=0.26) และด้านความถูกต้อง อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.38, S.D.=0.16) ตามลำดับ

2.2) ผลการประเมินความพึงพอใจระบบ โดยผู้ใช้งาน จำนวน 32 คน ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ ด้านกระบวนการทำงาของระบบงาน และด้านการติดต่อกับระบบงาน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจ โดยภาพรวมของระบบจัดการแข่งขัน

หัวข้อประเมิน	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
ด้านกระบวนการทำงานของระบบงาน	4.48	0.68	มาก
ด้านการติดต่อกับระบบงาน	4.41	0.69	มาก
รวม	**4.45**	**0.68**	**มาก**

จากตารางที่ 2 เมื่อพิจารณาผลการประเมินความพึงพอใจโดยภาพรวมของระบบจัดการแข่งขัน พบว่า ความพึงพอใจต่อระบบจัดการแข่งขันฟุตบอลโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$=4.45, S.D.=0.68) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านกระบวนการทำงานของระบบ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับสูงสุด ($\bar{x}$=4.48, S.D.=0.68) รองลงมาคือด้านการติดต่อกับระบบงานมีความพึงพอใจในระดับมาก
($\bar{x}$=4.41, S.D.=0.69) ตามลำดับ

สรุปผล

การพัฒนาระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา เกิดจากการพบปัญหาระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหาที่ไม่ได้นำเทคโนโลยีเข้าไปใช้ในการเก็บข้อมูลเอกสารของการรับสมัครและประชาสัมพันธ์ โดยปัจจุบันระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา ยังใช้กระดาษในการสมัครเข้าร่วมการแข่งขันเข้าร่วมการแข่งขัน จัดเก็บเอกสารรวมกันไว้ในแฟ้มงาน ไม่ได้แยกเป็นหมวดหมู่งาน ทำให้ยุ่งยากในการจัดเก็บข้อมูลและการเตรียมเอกสาร อีกทั้งส่งผลให้เกิดความล่าช้าในการทำงานหากเอกสารได้รับความสูญหาย จะทำให้การบันทึกข้อมูลและ ตรวจสอบข้อมูลได้ยาก ในส่วนของการประชาสัมพันธ์ข่าว มีการประกาศผ่านหน้าเฟซบุ๊กของ อบต. ซึ่งเป็นเพจที่รวมข่าวสารทั้งหมดของ อบต. ทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตามข้อมูลการแข่งขันฟุตบอล การสืบค้นข้อมูลหรือดูประวัติข้อมูลย้อนหลังมี ความยุ่งยากและเกิดการสูญหายของข้อมูลได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วยในการจัดเก็บเอกสาร ให้เป็นในรูปแบบออนไลน์ โดย มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ 1) เพื่อวิเคราะห์ออกแบบ และพัฒนาระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา 2) เพื่อประเมินคุณภาพระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา และ 3) เพื่อประเมินความพึงพอใจของระบบจัดการแข่งขันฟุตบอล กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลยะหา ผลการวิจัย พบว่า 1) การพัฒนาระบบใช้เครื่องมือสำคัญ ประกอบด้วย ภาษาโปรแกรม PHP, HTML, JavaScript, CSS ฐานข้อมูล MySQL และโปรแกรมพัฒนาระบบ Visual Studio Code ทั้งนี้ระบบจะแบ่งตามสิทธิ์การใช้งาน 4 กลุ่ม 1.1) กลุ่มของผู้ดูแลระบบ สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการสิทธิ์ผู้ใช้งาน และจัดการข้อมูลหมู่บ้าน 1.2) กลุ่มของเจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลส่วนตัว เปิดรับสมัครเข้าร่วมการแข่งขัน อนุมัติเข้ารวมการแข่งขัน จัดการโปรกรมการแข่งขัน จัดการผลคะแนนการแข่งขัน จัดการข่าวสาร 1.3) กลุ่มของผู้ตัดสิน สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลส่วนตัว ดูโปรแกรมการแข่งขันและผลคะแนนการแข่งขัน และ 1.4) กลุ่มของผู้จัดการทีมฟุตบอล สามารถเข้าสู่ระบบ จัดการข้อมูลส่วนตัว ลงทะเบียนเข้าร่วมการแข่งขัน ดูโปรแกรมการแข่งขัน และผลคะแนนการแข่งขัน 2) ผลการประเมินประคุณภาพระบบโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.69, S.D.=0.13) และ 3) ผลการประเมินความพึงพอใจระบบโดยผู้ใช้งานกลุ่มตัวอย่าง ในการวิจัย คือ เจ้าหน้าที่ฝ่ายกีฬา ผู้ตัดสินฟุตบอล ผู้จัดการทีมฟุตบอล บุคคลทั่วไป และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ รวมจำนวน 32 คน พบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.45, S.D.=0.68)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์ในหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลาเป็นอย่างสูง ที่ส่งเสริมและสนับสนุนในการนำเสนอผลงานวิจัยในครั้ง

เอกสารอ้างอิง

เกียรติพงษ์ อุดมธนะธีร. 2562. วงจรการพัฒนาระบบ. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรรม กองโลจิสติกส์.

มนต์ชัย เทียนทอง. 2544. การออกแบบและพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์(พิมพ์ครั้งที่ 3). ภาควิชาคอมพิวเตอร์ศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วาสิฏฐี สายสุดใจ และศุภวรรณ วงศ์สร้างทรัพย์. 2565. นวัตกรรมเทคโนโลยีดิจิทัลกับการออกกำลังกาย และเล่นกีฬา. วารสารศาสตร์การศึกษาและการพัฒนามนุษย์ 6: 115-130.

อุมา สะมะแอ (การสื่อสารส่วนบุคคล, 6 มีนาคม 2567)

โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์. (2560). *การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.* ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในภูเก็ต

Factors Affecting the Acceptance of Digital Signatures in Legal Departments in Phuket

วีระวุฒิ ทองโคตร[1*] พิทา จารุพูนผล[1] วิภาวรรณ บัวทอง[1] ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[1]

Weerawut Thongkhot[1*], Pita Jarupunphol[1], Wipawan Buathong[1] and Nasith Laosen[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

21 หมู่ 6 ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1] Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University

21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: s6381423111@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้ โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) เป็นกรอบแนวคิดหลักในการวิเคราะห์ ตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU), การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use: PEOU), ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (Attitude Toward Use: ATU), ความตั้งใจที่จะใช้ (Intention to Use: ITU) และ พฤติกรรมการใช้งานจริง (Usage Behavior: USE) การศึกษาใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณโดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน ซึ่งเป็นบุคลากรที่ทำงานในหน่วยงานกฎหมายในจังหวัดภูเก็ต ได้แก่ นักกฎหมาย นักบัญชี และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการ โดยใช้แบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม (Cronbach's Alpha = 0.91) และวิเคราะห์ข้อมูลด้วย Structural Equation Modelling (SEM) ผลการวิจัยพบว่าระดับการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลในปัจจุบันมีเพียง 17.0% ของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ลายมือชื่อดิจิทัลเป็นประจำ ขณะที่ 83.0% ยังคงใช้ลายมือชื่อแบบดั้งเดิม ในระดับองค์กร พบว่า 17.5% ของหน่วยงานใช้ลายมือชื่อดิจิทัล และ 16.0% บังคับใช้เป็นข้อกำหนดภายในองค์กร โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลแสดงให้เห็นว่าการรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) มีอิทธิพลสูงสุดต่อความตั้งใจในการใช้ (β = 0.64, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าหากผู้ใช้มองว่าลายมือชื่อดิจิทัลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัย พวกเขาจะมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้มากขึ้น การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU) มีผลกระทบโดยตรงต่อ PU (β = 0.57, $p < 0.001$) และ ATU (β = 0.42, $p < 0.001$) แสดงให้เห็นว่าหากลายมือชื่อดิจิทัลใช้งานง่ายและไม่ซับซ้อน ผู้ใช้จะมีแนวโน้มที่จะรับรู้ถึงประโยชน์ของมันมากขึ้น นอกจากนี้ ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (ATU) และความตั้งใจที่จะใช้ (ITU) มีผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการใช้จริง (USE) (β = 0.49, $p < 0.001$) ผลจากการวิจัยชี้ให้เห็นว่าควรมีการออกกฎหมายหรือแนวปฏิบัติที่ชัดเจนเกี่ยวกับลายมือชื่อดิจิทัล (95% CI = 0.78 - 0.92) และควรมีการส่งเสริมการฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์และวิธีการใช้งานเทคโนโลยีนี้

คำสำคัญ : ลายมือชื่อดิจิทัล การยอมรับเทคโนโลยี การรับรู้ประโยชน์ ความง่ายในการใช้งาน ปัจจัยที่มีอิทธิพล หน่วยงานกฎหมาย

Abstract

This research investigates the factors influencing the acceptance of digital signatures in legal departments in Phuket, using the Technology Acceptance Model (TAM) as the primary theoretical framework. The key variables studied include Perceived Usefulness (PU), Perceived Ease of Use (PEOU), Attitude Toward Use (ATU), Intention to Use (ITU), and Usage Behavior (USE). A quantitative research methodology was employed, collecting data from 200 participants working in legal organizations in Phuket, including lawyers, accountants, and administrative personnel. The research utilized a questionnaire with a reliability coefficient of Cronbach's Alpha = 0.91 and analyzed the data using Structural Equation Modeling (SEM). The key findings indicated that only 17.0% of respondents regularly use digital signatures, while 83.0% still rely on traditional handwritten signatures. At the organizational level, 17.5% of organizations have adopted digital signatures, and 16.0% enforce their use as an internal requirement. In terms of factors affecting digital signature adoption, perceived usefulness (PU) had the strongest influence on intention to use (ITU) (β = 0.64, $p < 0.001$), indicating that when users perceive digital signatures as enhancing efficiency and security, they are more likely to adopt them. Perceived ease of use (PEOU) directly impacted PU (β = 0.57, $p < 0.001$) and ATU (β = 0.42, $p < 0.001$), suggesting that a user-friendly system increases perceived benefits and positive attitudes toward adoption. Moreover, ATU and ITU significantly influenced actual usage behavior (USE) (β = 0.49, $p < 0.001$). The research suggests establishing clear legal guidelines and regulations for digital signature adoption is essential. Furthermore, increasing awareness and training programs about digital signatures' benefits and proper use will enhance adoption rates and trust in legal settings.
Keywords: Digital Signature, Technology Acceptance, Perceived Usefulness, Ease of Use, Influencing Factors, Legal Departments

บทนำ

ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ยุค Thailand 4.0 ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมโดยใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นตัวขับเคลื่อน การประยุกต์ใช้ลายเซ็นดิจิทัลครอบคลุมหลายภาคส่วน รวมถึงบริการภาครัฐ การเงิน การดูแลสุขภาพ และการพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ ในเศรษฐกิจที่กำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทย ลายเซ็นดิจิทัลสามารถมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงกระบวนการทางปกครองให้ทันสมัย ลดการใช้ระบบ

ราชการ และส่งเสริมความโปร่งใส ตัวอย่างเช่น ลายเซ็นดิจิทัลสามารถปรับปรุงกระบวนการจดทะเบียนธุรกิจ การยื่นภาษี และการเข้าถึงบริการภาครัฐ ส่งผลให้ต้นทุนลดลงและเพิ่มประสิทธิภาพ ซึ่งประโยชน์ที่เกิดขึ้นนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในภูเก็ต ซึ่งเป็นจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยวและศูนย์กลางเศรษฐกิจที่มีความต้องการการทำธุรกรรมที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้เกิดความไม่เท่าเทียมกันในการเข้าถึงข้อมูลและการใช้เทคโนโลยี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของ ลายเซ็นดิจิทัล ที่แม้จะมีความปลอดภัยและได้รับการยอมรับในระดับสากล แต่ก็ยังไม่ได้รับการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในภาครัฐและเอกชนของไทย เทคโนโลยีสารสนเทศได้เปลี่ยนแปลงการสื่อสารและรูปแบบธุรกรรมไปสู่ ธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (E-Commerce) ทำให้ลายเซ็นแบบดั้งเดิมเริ่มถูกแทนที่ด้วยลายเซ็นอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหนึ่งในนั้นคือลายเซ็นดิจิทัลที่ใช้การเข้ารหัสคีย์สาธารณะเพื่อเพิ่มความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม กฎหมายไทยยังไม่รองรับลายเซ็นดิจิทัลอย่างชัดเจน โดย มาตรา 9 ของประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ ยังคงกำหนดให้ลายเซ็นต้องมีพยานสองคน ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่ไม่สอดคล้องกับระบบดิจิทัล แม้ว่าจะมีการนำลายเซ็นดิจิทัลมาใช้ในบางหน่วยงาน แต่หลายภาคส่วนยังขาดความมั่นใจในเรื่องข้อกฎหมาย ทำให้การยอมรับยังอยู่ในวงจำกัด

นอกจากนี้ การนำลายเซ็นดิจิทัลไปใช้สำเร็จต้องแก้ไขความท้าทายหลายประการ เช่น ความรู้ดิจิทัลที่จำกัด ข้อจำกัดด้านโครงสร้างพื้นฐาน และความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยทางไซเบอร์ ดังนั้น ถึงแม้ว่าประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้นจากลายเซ็นดิจิทัลในภูเก็ตจะมีความสำคัญ แต่ยังคงมีความท้าทาย เช่น การเข้าถึงอินเทอร์เน็ตที่เชื่อถือได้และโครงสร้างพื้นฐานดิจิทัลก็มีความสำคัญต่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพของระบบลายเซ็นดิจิทัล ความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยทางไซเบอร์และความเสี่ยงของการฉ้อโกงต้องได้รับการแก้ไขเพื่อสร้างความไว้วางใจและความมั่นใจของประชาชน ลักษณะเฉพาะของภูเก็ตในฐานะจุดหมายปลายทางการท่องเที่ยว ที่มีประชากรหลากหลายและมีการทำธุรกรรมระหว่างประเทศจำนวนมาก ทำให้จำเป็นต้องมีแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการนำลายเซ็นดิจิทัลไปใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภาคการท่องเที่ยวของภูเก็ตสามารถได้รับประโยชน์อย่างมากจากการทำธุรกรรมดิจิทัลที่ปลอดภัย

โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (Technology Acceptance Model: TAM) เป็นกรอบทฤษฎีที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทำความเข้าใจปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับเทคโนโลยีจากผู้ใช้ โดยได้รับการนำไปใช้อย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านระบบสารสนเทศและเทคโนโลยี (Davis, 1989, 1993; Kitsios, 2021; Nihayah, 2024) ในรูปแบบดั้งเดิม TAM เน้นการพิจารณาสองปัจจัยสำคัญ ได้แก่ การรับรู้ประโยชน์ (Perceived Usefulness: PU) และ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (Perceived Ease of Use: PEOU) ซึ่งเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมการใช้เทคโนโลยี (Behavioural Usage: USE) (Ngalomba & Mhina, 2023) ในการศึกษาเพิ่มเติมมีการแนะนำให้เพิ่มปัจจัยใหม่เพื่อขยายกรอบแนวคิดเดิม เพื่อสะท้อนการยอมรับเทคโนโลยีในมุมที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น เช่น ทัศนคติต่อการใช้งาน (Attitude Toward Use: ATU) และ ความตั้งใจที่แท้จริงในการใช้งาน (Intention to Use: ITU) มีการประยุกต์ใช้ TAM เพื่อสำรวจปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับลายเซ็นดิจิทัลในภาคส่วนต่างๆ ตัวอย่างเช่น การศึกษาของ Ngalomba & Mhina (2023) เกี่ยวกับการยอมรับลายเซ็นดิจิทัลในหมู่พนักงาน

รัฐบาลในแทนซาเนีย พบว่าผลลัพธ์สอดคล้องกับกรอบ TAM ดั้งเดิม และเงื่อนไขสนับสนุนก็มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการยอมรับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการมีโครงสร้างพื้นฐานและการสนับสนุนที่จำเป็นมีบทบาทสำคัญ

ในการศึกษาของ Santosa & Alamsjah (2022) ในภาคการเงินและระบบสารสนเทศของอุตสาหกรรมต่างๆ พบภาพที่ซับซ้อนมากขึ้น แม้การสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงและอิทธิพลทางสังคมจะมีผลบวกต่อการยอมรับ แต่การมีส่วนร่วมของผู้ใช้และความเรียบง่ายที่รับรู้กลับมีผลลบ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการต่อต้านจากผู้ใช้ที่อาจมองว่าลายเซ็นดิจิทัลมีความซับซ้อนเกินไปหรือรบกวนกระบวนการทำงานที่มีอยู่ ซึ่ง Enyenihi & Orok (2024) ได้ทำการศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับในการทำธุรกรรมออนไลน์โดยการใช้ TAM ที่เห็นว่าเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในโมเดลมีความถูกต้องทุกประการ เช่นเดียวกับ Bawara et al. (2023) ที่ได้ทำการศึกษาการประเมินการยอมรับของผู้ใช้บนแพลตฟอร์มดิจิทัล Lemihealth โดยใช้วิธีการแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี TAM ดังนั้น การศึกษานี้เน้นวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในภูเก็ต โดยใช้ TAM เพื่อหาปัจจัยที่อาจเป็นอุปสรรคต่อการใช้ลายมือชื่อดิจิทัล และสามารถเพิ่มความมั่นใจให้กับภาคธุรกิจและประชาชน รวมถึงสนับสนุนให้มีการใช้ลายเซ็นดิจิทัลในกระบวนการทางกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัยสำหรับภาคนิพนธ์นี้จะใช้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ โดยเริ่มต้นจากการวิจัยเอกสาร (Documentary Research) วิธีนี้รวมถึงการศึกษา ค้นคว้า และวิเคราะห์ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหลากหลายรูปแบบ เช่น หนังสือ บทความ วารสาร จุลสาร เอกสารเผยแพร่จากหน่วยงานราชการและเอกชน รายงานการสัมมนา รายงานการวิจัย เอกสารประกอบการสัมมนาอบรม วิทยานิพนธ์ รวมถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง เช่น ประมวลกฎหมายแพ่งและพาณิชย์ คำพิพากษาศาลฎีกา กฎหมายแม่แบบ (Model Law) ขององค์การระหว่างประเทศ และกฎหมายของประเทศต่างๆ การศึกษานี้จะเน้นไปที่การนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์อย่างละเอียดเพื่อให้ได้มุมมองที่ครอบคลุมและเปรียบเทียบ ประกอบด้วยความคิดเห็นจากนักกฎหมาย นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ทางคอมพิวเตอร์ และบุคคลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาแบบร่วมสาขาวิชาเพื่อเพิ่มความสมบูรณ์และความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลในทางกฎหมายและการประกอบธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการใช้หลักกการของโมเดลการยอมรับเทคโนโลยีที่ประกอบด้วยเงื่อนไขทางจิตวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับหรือปฏิเสธเทคโนโลยีมาใช้ในการกำหนดปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลของธุรกิจกฎหมาย ซึ่งขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย ขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

การออกแบบการวิจัย

การศึกษานี้ใช้การออกแบบการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับลายเซ็นดิจิทัลในแผนกกฎหมายในจังหวัดภูเก็ต การวิจัยนี้ใช้โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) เป็นกรอบทางทฤษฎี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบของการรับรู้ประโยชน์ (PU) และความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ต่อ

ความตั้งใจเชิงพฤติกรรมในการใช้ลายเซ็นดิจิทัลในหมู่ผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมาย ตัวแปรเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับบริบททางกฎหมายในภูเก็ต เช่น การสนับสนุนด้านกฎระเบียบและปัจจัยทางวัฒนธรรม จะได้รับการตรวจสอบเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ครอบคลุมเกี่ยวกับการยอมรับลายเซ็นดิจิทัล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยนี้ศึกษาความรู้ความเข้าใจและการยอมรับการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลในธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักกฎหมายและนักบัญชีที่ทำงานในสำนักงานบัญชีและกฎหมายในจังหวัดภูเก็ต จำนวน 400 คน ซึ่งคำนวณขนาดตัวอย่างตามสูตรของทาโร่ ยามาเน่ (Yamane, 1973) โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% และระดับข้อผิดพลาดที่ 5% ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ยอมรับกันทั่วไปในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ ผลจากการคำนวณพบว่าจำนวนตัวอย่างที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาครั้งนี้คือ 200 คน การเลือกกลุ่มตัวอย่างจะใช้ เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลายและเป็นตัวแทนของประชากร โดยสามารถเปรียบเทียบความเข้าใจและการยอมรับเทคโนโลยีระหว่างกลุ่มต่างๆ ได้ เช่น นักกฎหมายที่มีประสบการณ์มากหรือน้อย หรือระหว่างแผนกกฎหมายขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและเป็นประโยชน์ในการพัฒนานโยบายหรือแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมกับแต่ละกลุ่มได้ (Shih, 2024)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ประกอบด้วยแบบสอบถามออนไลน์ที่ออกแบบมาเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน, แบบสอบถามออนไลน์ ที่ออกแบบเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน พฤติกรรมการใช้ลายเซ็นดิจิทัล และปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมาย โดยอิงตาม Technology Acceptance Model (TAM) ซึ่งช่วยอธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีในองค์กร แบบสอบถามประกอบด้วยคำถามที่เกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ เช่น ความง่ายในการใช้งาน (PEOU), ประโยชน์ที่รับรู้ (PU), ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU), ความตั้งใจในการใช้ (ITU) และพฤติกรรมการใช้ (USE) โดยใช้ ระดับลิเคิร์ต (Likert Scale) 7 ระดับ (1 = ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง, 7 = เห็นด้วยอย่างยิ่ง) การวิจัยยังใช้โปรแกรมสถิติแบบโอเพนซอร์สเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยเหล่านี้เพื่อให้เข้าใจปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในภูเก็ต.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาการยอมรับลายมือดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในภูเก็ต มีการใช้หลายขั้นตอนเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ช่วยยืนยันหรือปฏิเสธสมมติฐานที่ตั้งไว้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในภูเก็ต ดังนี้

1) ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของชุดคำถาม ใช้สถิติ Cronbach's α และ McDonald's ω เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของคำถามในแต่ละกลุ่มปัจจัย
2) ประเมินความสอดคล้องของโมเดล ใช้ตัวชี้วัดต่างๆ เช่น AIC, BIC, และ RMSEA เพื่อตรวจสอบว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ดี โดยคำนึงถึงความแม่นยำและความเรียบง่ายของโมเดล (Bentler, 1990)

3) ใช้โมเดลสมการโครง (SEM) ใช้เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เช่น ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) และประโยชน์ที่รับรู้ (PU) ต่อการยอมรับเทคโนโลยี (ATU) รวมถึงการศึกษาผลของทักษะที่รับรู้ (PS) ต่อการใช้เทคโนโลยี (ITU)

ผลการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยนักกฎหมายและนักบัญชีที่ปฏิบัติงานในจังหวัดภูเก็ต จำนวน 200 คน ซึ่งจากข้อมูลในตารางที่ 1 เพศของกลุ่มตัวอย่าง พบว่า กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยเพศหญิงจำนวน 96 คน คิดเป็น 48.0% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด และเพศชายจำนวน 104 คน คิดเป็น 52.0% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด สัดส่วนของเพศชายและเพศหญิงในกลุ่มตัวอย่างนี้มีความใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความหลากหลายทางเพศในกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม และช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความครอบคลุมและเป็นตัวแทนของประชากรได้ดียิ่งขึ้น การกระจายตัวของเพศในกลุ่มตัวอย่างนี้มีความสำคัญ เนื่องจากอาจส่งผลต่อการวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัล เช่น ความแตกต่างทางทัศนคติหรือพฤติกรรมระหว่างเพศชายและเพศหญิง ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อผลการวิจัยในแง่ของการรับรู้ประโยชน์ (PU) และความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ของเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัล

ตารางที่ 1 เพศของกลุ่มตัวอย่าง

Gender	Counts	% of Total	Cumulative %
F	96	48.0%	48.0%
M	104	52.0%	100.0%

อายุ

จากข้อมูลในตารางที่ 2 อายุของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีอายุอยู่ในช่วง 20 ถึง 25 ปี จำนวน 14 คน คิดเป็น 7.0% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ช่วงอายุ 26 ถึง 30 ปี จำนวน 19 คน คิดเป็น 9.5% ช่วงอายุ 31 ถึง 35 ปี จำนวน 45 คน คิดเป็น 22.5% ช่วงอายุ 36 ถึง 40 ปี จำนวน 48 คน คิดเป็น 24.0% ช่วงอายุ 41 ถึง 45 ปี จำนวน 45 คน คิดเป็น 22.5% และช่วงอายุ 50 ปีขึ้นไป จำนวน 29 คน คิดเป็น 14.5% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 31 ถึง 45 ปี ซึ่งรวมกันแล้วคิดเป็น 69.0% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด สะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการทำงานและอยู่ในวัยทำงานที่มีศักยภาพในการปรับตัวและยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ลายมือชื่อดิจิทัล ซึ่งการกระจายตัวของอายุในกลุ่มตัวอย่างนี้มี

ความสำคัญ เนื่องจากอายุอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี โดยเฉพาะในแง่ของความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีดิจิทัลและความยืดหยุ่นในการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ

ตารางที่ 2 อายุของกลุ่มตัวอย่าง

Age	Counts	% of Total	Cumulative %
20 to 25 years	14	7.0%	7.0%
26 to 30 years	19	9.5%	16.5%
31 to 35 years	45	22.5%	39.0%
36 to 40 years	48	24.0%	63.0%
41 to 45 years	45	22.5%	85.5%
50 years and up	29	14.5%	100.0%

ประเภทองค์กร

จากข้อมูลตารางที่ 3 ประเภทองค์กรของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทำงานใน ภาคเอกชน (Private Sector) จำนวน 190 คน คิดเป็น 95.0% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่ทำงานในภาครัฐ (Government Sector) มีจำนวน 10 คน คิดเป็น 5.0% เท่านั้น สัดส่วนนี้สะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ที่ทำงานในองค์กรเอกชน ซึ่งอาจมีแนวปฏิบัติหรือนโยบายที่แตกต่างจากภาครัฐในด้านการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ ซึ่งการกระจายตัวของประเภทองค์กรในกลุ่มตัวอย่างนี้มีความสำคัญ เนื่องจากลักษณะขององค์กรอาจส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัล

ตารางที่ 3 ประเภทองค์กรของกลุ่มตัวอย่าง

Organization Type	Counts	% of Total	Cumulative %
Government sector	10	5.0%	5.0%
Private sector	190	95.0%	100.0%

การศึกษา

จากข้อมูลตารางที่ 4 การศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี (Bachelor's Degree) จำนวน 121 คน คิดเป็น 60.5% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด รองลงมาคือระดับปริญญาโท (Master's Degree) จำนวน 38 คน คิดเป็น 19.0% ระดับอนุปริญญาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (Associate Degree/Vocational Certificate) จำนวน 31 คน คิดเป็น 15.5% และระดับการศึกษาต่ำกว่าอนุปริญญาหรือประกาศนียบัตรวิชาชีพ (Less than Associate's Degree/Vocational Certificate) จำนวน 9 คน คิดเป็น 4.5% ส่วนระดับปริญญาเอก (Doctoral Degree) มีเพียง 1 คน คิดเป็น 0.5% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด สัดส่วนนี้สะท้อนให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้ที่มีการศึกษาระดับอุดมศึกษา ซึ่งอาจมีพื้นฐานความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับเทคโนโลยีดิจิทัลในระดับหนึ่ง ซึ่งการกระจายตัวของระดับการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างนี้มีความสำคัญ เนื่องจากระดับการศึกษาอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัล โดยเฉพาะในแง่ของความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวเข้ากับเทคโนโลยีใหม่ ๆ การมีกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีและสูงกว่าช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือและสามารถสะท้อนมุมมองของผู้ที่มีความรู้ความเข้าใจในเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 4 การศึกษาของกลุ่มตัวอย่าง

Education	Counts	% of Total	Cumulative %
Less than Associate's Degree/Vocational Certificate	9	4.5%	4.5%
Associate Degree/Vocational Certificate	31	15.5%	20.0%
Bachelor's degree	121	60.5%	80.5%
Master's degree	38	19.0%	99.5%
Doctoral degree	1	0.5%	100.0%

การใช้ลายมือดิจิทัล

จากข้อมูลตารางที่ 5 การใช้ลายมือดิจิทัลของกลุ่มตัวอย่าง (Do you use a digital signature?) พบว่า 83% ของกลุ่มตัวอย่าง (166 คน) ระบุว่าไม่ได้ใช้ลายมือดิจิทัล ขณะที่เพียง 17% (34 คน) ใช้ลายมือดิจิทัล ซึ่ง

ชี้ให้เห็นว่าการใช้ลายมือดิจิทัลยังไม่แพร่หลายในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมายและบัญชีในจังหวัดภูเก็ต สาเหตุที่ยังไม่ได้รับความนิยมอาจมาจากการขาดความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของเทคโนโลยี ความไม่คุ้นเคยกับวิธีการใช้งาน หรือข้อจำกัดทางเทคนิคและกฎหมายภายในองค์กร ส่วนกลุ่มที่ใช้ลายมือดิจิทัลอาจมาจากความพร้อมในการใช้เทคโนโลยีหรือทำงานในองค์กรที่สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีใหม่

ตารางที่ 5 การใช้ลายมือดิจิทัลของกลุ่มตัวอย่าง

Do you use a digital signature?	Counts	% of Total	Cumulative %
N	166	83.0%	83.0%
Y	34	17.0%	100.0%

นอกจากนี้ จากข้อมูลตารางที่ 6 การใช้ลายมือดิจิทัลขององค์กรของกลุ่มตัวอย่าง (Does your organization use digital signatures?) พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ระบุว่าองค์กรของตน ไม่ได้ใช้ลายมือชื่อดิจิทัล (N) จำนวน 165 คน คิดเป็น 82.5% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่ระบุว่าองค์กรของตน ใช้ลายมือชื่อดิจิทัล (Y) มีจำนวน 35 คน คิดเป็น 17.5% เท่านั้น สัดส่วนนี้สะท้อนให้เห็นว่าการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลในภูเก็ตยังไม่เป็นที่แพร่หลาย สาเหตุที่องค์กรส่วนใหญ่ยังไม่ใช้ อาจเกิดจาก ขาดความตระหนักถึงประโยชน์ของเทคโนโลยี กังวลเรื่องความปลอดภัยและความน่าเชื่อถือ มีข้อจำกัดด้านกฎหมายหรือระเบียบในองค์กร ในขณะที่องค์กรที่เริ่มใช้งานแล้วอาจเป็นเพราะมีความพร้อมทางเทคโนโลยีหรือมีนโยบายส่งเสริมนวัตกรรม

ตารางที่ 6 การใช้ลายมือดิจิทัลขององค์กรของกลุ่มตัวอย่าง

Does your organization use digital signatures?	Counts	% of Total	Cumulative %
N	165	82.5%	82.5%
Y	35	17.5%	100.0%

การบังคับใช้ลายมือชื่อดิจิทัล

จากข้อมูลตารางที่ 7 การบังคับใช้ลายมือดิจิทัลขององค์กรของกลุ่มตัวอย่าง (Does your organization enforce digital signatures?) พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ระบุว่าองค์กรของตนไม่ได้บังคับใช้ลายมือชื่อดิจิทัล (N) จำนวน 168 คน คิดเป็น 84.0% ของกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างที่ระบุว่าองค์กรของตน

บังคับใช้ลายมือชื่อดิจิทัล (Y) มีจำนวน 32 คน คิดเป็น 16.0% เท่านั้น สัดส่วนนี้ชี้ให้เห็นว่าการบังคับใช้ลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในจังหวัดภูเก็ตยังไม่เป็นนโยบายหลักขององค์กรส่วนใหญ่ ซึ่งการที่องค์กรส่วนใหญ่ยังไม่บังคับใช้ลายมือชื่อดิจิทัลอาจสะท้อนถึงความไม่พร้อมหรือความลังเลในการนำเทคโนโลยีนี้มาใช้อย่างเป็นทางการ ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การขาดความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์ของลายมือชื่อดิจิทัล ความกังวลเกี่ยวกับความปลอดภัยและความถูกต้องตามกฎหมาย หรือการขาดโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีที่เหมาะสม ในทางตรงกันข้าม องค์กรที่บังคับใช้ลายมือชื่อดิจิทัลแล้วอาจเป็นองค์กรที่มีวิสัยทัศน์ในการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อน

ตารางที่ 7 การบังคับใช้ลายมือดิจิทัลขององค์กรของกลุ่มตัวอย่าง

Does your organization enforce digital signatures?	Counts	% of Total	Cumulative %
N	168	84.0%	84.0%
Y	32	16.0%	100.0%

ค่าความเชื่อมั่นของชุดคำถาม

สถิติ Item Reliability Statistics ที่นำเสนอเป็นค่าความเชื่อมั่นของรายการคำถาม (items) โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's α และ McDonald's ω ซึ่งเป็นตัวชี้วัดความสอดคล้องภายในของแบบสอบถาม ทั้งสองค่ามีช่วงตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยค่าที่สูงกว่า 0.7 ถือว่าเป็นที่ยอมรับสำหรับการวิเคราะห์เชิงจิตวิทยาและพฤติกรรมศาสตร์ ในกรณีนี้ ค่า Cronbach's α และ McDonald's ω สำหรับแต่ละข้อมีค่าประมาณ 0.989–0.991 ซึ่งบ่งบอกว่ามีความสอดคล้องภายในที่สูงมาก แสดงถึงความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามในระดับดีเยี่ยม

ความสอดคล้องของโมเดล

การวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องของโมเดล (Fit Indices) ช่วยประเมินว่าโมเดลที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ดัชนีที่สำคัญในที่นี้ ได้แก่ CFI, TLI, RNI, GFI, RMSEA และ SRMR ซึ่งใช้เพื่อวัดความแตกต่างระหว่างโมเดลที่กำลังพิจารณากับโมเดลพื้นฐาน (null model) ผลลัพธ์แสดงว่า CFI = 0.982 และ TLI = 0.940 ซึ่งโดยทั่วไปค่าที่มากกว่า 0.90 ถือว่าอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ และค่าที่มากกว่า 0.95 ถือว่าดีมาก นอกจากนี้ GFI = 0.999 และ Adjusted GFI = 0.994 บ่งบอกว่าโมเดลนี้สามารถอธิบายข้อมูลได้ดี ในขณะเดียวกัน ค่าดัชนีที่เกี่ยวกับข้อผิดพลาดของโมเดล (Error-based Fit Indices) เช่น RMSEA = 0.182 และช่วงความเชื่อมั่น (95% CI) อยู่ที่ 0.117 – 0.255 ถือว่าสูงกว่าค่าที่แนะนำ ซึ่งโดยทั่วไป RMSEA ที่ต่ำกว่า 0.08

ถือว่าเป็นที่ยอมรับ และค่าที่ต่ำกว่า 0.05 ถือว่าดีมาก ดังนั้น โมเดลนี้อาจยังมีข้อผิดพลาดบางอย่างที่ต้องปรับปรุง ในทางตรงกันข้าม SRMR = 0.020 ซึ่งต่ำกว่าค่า 0.08 แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นอาจจากจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ค่อนข้างน้อยที่ประมาณ 200 คน อย่างไรก็ตาม AIC และ BIC ซึ่งใช้เปรียบเทียบโมเดล มีค่าอยู่ที่ 1229 และ 1279 ตามลำดับ ค่าที่ต่ำกว่าหมายถึงโมเดลที่เหมาะสมกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับโมเดลอื่น ๆ โดยสรุป โมเดลนี้มีความเหมาะสมในระดับดีตามค่าดัชนีบางตัว เช่น CFI, GFI และ SRMR แต่ยังมีข้อจำกัดในเรื่อง RMSEA ที่สูง ซึ่งอาจต้องปรับปรุงโมเดลเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่าง การเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องหรือปรับโครงสร้างโมเดลให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

การทดสอบสมมติฐาน

ตารางที่ 8 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) โดยมีตัวแปรตาม (Dependent: Dep) และตัวแปรพยากรณ์ (Predictor: Pred) รวมถึงค่าประมาณ (Estimate), ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ช่วงความเชื่อมั่น 95% (Lower – Upper) ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (β) ค่า z-score และค่านัยสำคัญทางสถิติ (p-value) โดยพบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัล ดังนี้

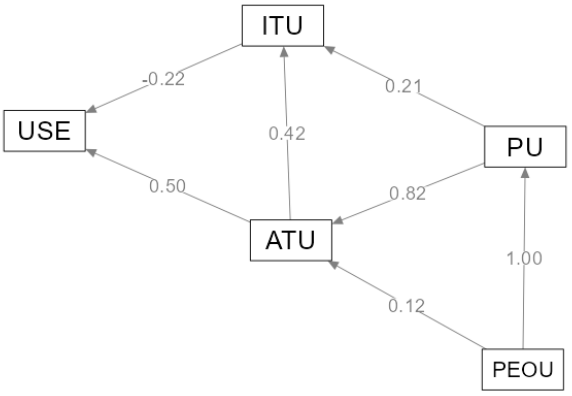
- ความตั้งใจในการใช้ (ITU) มีอิทธิพลเชิงลบต่อ พฤติกรรมการใช้ (USE) โดยมีค่าประมาณ (Estimate) เท่ากับ -0.216 และไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.124$) ซึ่งอาจสะท้อนว่าความตั้งใจในการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลอาจไม่ส่งผลโดยตรงต่อพฤติกรรมการใช้จริงในทางปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อ พฤติกรรมการใช้ (USE) อย่างมีนัยสำคัญ (Estimate = 0.501, $p < 0.001$) ชี้ให้เห็นว่าทัศนคติที่ดีต่อเทคโนโลยีมีส่วนสำคัญในการขับเคลื่อนพฤติกรรมการใช้งานจริง
- ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) มีอิทธิพลเชิงบวกต่อ ความตั้งใจในการใช้ (ITU) อย่างมีนัยสำคัญ (Estimate = 0.421, $p < 0.001$) และ การรับรู้ประโยชน์ (PU) ก็มีอิทธิพลเชิงบวกต่อ ความตั้งใจในการใช้ (ITU) เช่นกัน (Estimate = 0.210, $p = 0.048$) แสดงให้เห็นว่าทัศนคติที่ดีและการรับรู้ถึงประโยชน์ของลายมือชื่อดิจิทัลมีส่วนสำคัญในการเพิ่มความตั้งใจในการใช้เทคโนโลยีนี้
- การรับรู้ประโยชน์ (PU) มีอิทธิพลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อ ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) (Estimate = 0.819, $p < 0.001$) และ การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ก็มีอิทธิพลเชิงบวกต่อทั้ง ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) (Estimate = 0.123, $p = 0.011$) และ การรับรู้ประโยชน์ (PU)

(Estimate = 0.998, p < 0.001) สะท้อนให้เห็นว่าการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งานเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการรับรู้ประโยชน์และทัศนคติที่ดีต่อเทคโนโลยีลายมือชื่อดิจิทัล

ตารางที่ 8 การบังคับใช้ลายมือดิจิทัลขององค์กรของกลุ่มตัวอย่าง

				95% Confidence Intervals				
Dep	Pred	Estimate	SE	Lower	Upper	β	z	p
USE	ITU	-0.216	0.1406	-0.49208	0.0592	-0.173	-1.54	0.124
USE	ATU	0.501	0.1090	0.28746	0.7147	0.516	4.60	<.001
ITU	ATU	0.421	0.1105	0.20458	0.6378	0.543	3.81	<.001
ITU	PU	0.210	0.1059	0.00212	0.4173	0.282	1.98	0.048
ATU	PU	0.819	0.0435	0.73364	0.9042	0.854	18.82	<.001
ATU	PEOU	0.123	0.0483	0.02834	0.2176	0.116	2.55	0.011
PU	PEOU	0.998	0.0343	0.93086	1.0654	0.899	29.09	<.001

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยต่าง ๆ เช่น การรับรู้ความง่ายในการใช้งาน (PEOU) และการรับรู้ประโยชน์ (PU) มีบทบาทสำคัญในการกำหนดทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) และความตั้งใจในการใช้ (ITU) ซึ่งส่งผลต่อพฤติกรรมการใช้ลายมือชื่อดิจิทัล (USE) ในทางปฏิบัติ การวิเคราะห์นี้ช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบนโยบายหรือกลยุทธ์เพื่อส่งเสริมการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ภาพที่ 1 แสดง Path Diagram ของตัวแปร ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลองสมการโครงสร้างในตารางที่ 8



ภาพที่ 1 Path Diagram ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

วิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัล คือ การรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) และการรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในระดับนานาชาติ เช่น งานวิจัยของ Santosa & Alamsjah (2022) ที่พบว่า หากผู้ใช้เห็นว่าการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลสามารถลดเวลา ลดต้นทุน และเพิ่มความปลอดภัย พวกเขาจะมีแนวโน้มที่จะนำไปใช้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในกรณีของประเทศไทยยังมี ข้อกังวลด้านกฎหมายและความมั่นใจในเทคโนโลยี ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ngalomba & Mhina (2023) ที่ระบุว่า หากประเทศใดยังไม่มีกรอบกฎหมายที่ชัดเจนเกี่ยวกับลายมือชื่อดิจิทัล การนำไปใช้จะล่าช้าหรือถูกจำกัดในวงแคบ ในบริบทของประเทศไทย แม้ลายมือชื่อดิจิทัลจะได้รับการรับรองทางกฎหมายในบางแง่มุม แต่ยังไม่มีแนวทางที่ชัดเจนเกี่ยวกับการบังคับใช้ในภาครัฐและศาล โดยผู้ใช้ยังมีข้อกังวลเกี่ยวกับ ความปลอดภัยทางไซเบอร์ และความเสี่ยงในการปลอมแปลงลายมือชื่อดิจิทัล ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการยอมรับในวงกว้าง

สรุปผล

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลในหน่วยงานกฎหมายในจังหวัดภูเก็ต โดยใช้โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) เพื่อวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ เช่น การรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (ATU) ความตั้งใจที่จะใช้ (ITU) และพฤติกรรมการใช้งานจริง (USE) ซึ่งการวิจัยนี้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกฎหมาย นักบัญชี และเจ้าหน้าที่ฝ่ายธุรการที่เกี่ยวข้องกับการใช้เอกสารทางกฎหมายในจังหวัดภูเก็ต ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับลายมือชื่อดิจิทัลมากที่สุด คือ การรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) เช่น หากผู้ใช้เห็นว่าลายมือชื่อดิจิทัลช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน พวกเขาจะยอมรับและใช้งานมากขึ้น นอกจากนี้ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU) ยังมีผลต่อการรับรู้ถึงประโยชน์และทัศนคติที่มีต่อการใช้งาน (ATU) โดยหากการใช้ลายมือชื่อดิจิทัลง่ายและไม่ซับซ้อน ผู้ใช้จะยอมรับเทคโนโลยีนี้ได้ง่ายขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำภาคนิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จได้ ด้วยความขอบคุณที่มีต่อหลายท่าน ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. พิทา จารุพูนผล อาจารย์ที่ปรึกษาภาคนิพนธ์ในครั้งนี้ ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ ซึ่งช่วยให้การจัดทำภาคนิพนธ์ประสบความสำเร็จ ความรู้และประสบการณ์ที่อาจารย์ถ่ายทอดมาเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สามารถพัฒนาและเสริมสร้างความเข้าใจในหัวข้อที่ศึกษาได้อย่างลึกซึ้งยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Bawara, R., Saputra, A. S., Saputra, A. W., & Prasandy, T. (2023). Evaluation of user acceptance on the Lemihealth digital platform using the technology acceptance model (TAM) method. In 2023 8th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR) (pp. 609–614). Bangkok, Thailand.
2. Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. Psychological Bulletin, 107, 238-246
3. Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly, 13*(3), 319–340.
4. Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: System characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies, 38*(3), 475–487.
5. Enyenihi, O. A. & Orok, D. S. (2024). Business mobile application using technology acceptance model (TAM) for hospitality industry. British journal of computer, networking and information technology, 7(4), 154-164. https://doi.org/10.52589/bjcnit-xyesf3zd
6. Kitsios, F., Giatsidis, I., & Kamariotou, M. (2021). Digital transformation and strategy in the banking sector: evaluating the acceptance rate of e-services. Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.3390/joitmc7030204
7. Ngalomba, R. and Mhina, J. R. A. (2023). Assessing the factors influencing the adoption of digital signatures among government employees in Tanzania. European Journal of Theoretical and Applied Sciences, 1(6), 204-216.
8. Nihayah, N. and Purnama, N. (2024). Evaluation of digital banking application adoption based on the technology acceptance model (TAM). International Journal of Science, Technology & Management, 5(2), 424-430. https://doi.org/10.46729/ijstm.v5i2.1083
9. Santosa, A. A. & Alamsjah, F. (2022). The drivers of a digital signature system adoption: evidence from finance and information system departments. Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence. https://doi.org/10.20473/jisebi.8.1.80-90

10. Shih, C. (2024). Policy innovation diffusion via network embeddedness: a study of big data policing infrastructure adoptions among local police departments in Taiwan. Proceedings of the 25th Annual International Conference on Digital Government Research. https://doi.org/10.1145/3657054.3657142
11. Yamane, T. (1973). Statistics: An introductory statistics, (Second Edition). New York: Harper & Row.

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการอบรมการสร้างความตระหนักถึงภัยคุกคามไซเบอร์ของบุคลากรในธุรกิจท่องเที่ยวและการให้บริการในประเทศไทย

Factors Affecting the Acceptance of the Awareness for Cybersecurity Awareness Training in Thailand's Tourism and hospitality industry

อธิสิน ชิตรัตน์[1*] พิทา จารุพูนผล[1] วิภาวรรณ บัวทอง[1] ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[1]

Atisin Chitaratana[1*], Pita Jarupunphol[1], Wipawan Buathong[1] and Nasith Laosen[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

21 หมู่ 6 ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University

21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: s6381423110@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการอบรมความตระหนักถึงภัยคุกคามไซเบอร์ของบุคลากรในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและการให้บริการในประเทศไทย โดยใช้กรอบแนวคิด โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) ซึ่งเน้นปัจจัยหลัก ได้แก่ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU) และการรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) งานวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีเชิงปริมาณ โดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างบุคลากรในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการในประเทศไทยจำนวน 384 คน ซึ่งสุ่มตัวอย่างโดยวิธี Simple Random Sampling จากประชากรเป้าหมาย 2,000 คน เครื่องมือที่ใช้คือแบบสอบถามออนไลน์ที่มีค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดอยู่ในช่วง 0.78-0.79 การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้ แบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ผลการศึกษาพบว่า PEOU มีผลเชิงบวกต่อ PU อย่างมีนัยสำคัญ (Estimate = 0.5285, β = 0.5137, $p < 0.001$) หมายความว่าหากบุคลากรมองว่าการอบรมใช้งานง่าย พวกเขาจะมีแนวโน้มรับรู้ถึงประโยชน์ของมันมากขึ้น นอกจากนี้ PEOU มีอิทธิพลต่อ ATU (Estimate = 0.3273, β = 0.3229, $p < 0.001$) แสดงว่าหากพนักงานรับรู้ว่าการฝึกอบรมง่ายต่อการใช้งาน พวกเขาจะมีทัศนคติที่ดีขึ้น ในขณะเดียวกัน PU มีผลต่อ ATU (Estimate = 0.3243, β = 0.3292, $p < 0.001$) บ่งชี้ว่าหากพนักงานเชื่อว่าการอบรมให้ประโยชน์ พวกเขาจะมีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งาน ส่งผลให้ ATU มีผลต่อ ITU (Estimate = 0.3858, β = 0.3256, $p < 0.001$) หมายความว่าทัศนคติที่ดีต่อการฝึกอบรมสามารถเพิ่มความตั้งใจเข้าร่วมได้ อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่าง ITU และการเข้าร่วมจริง (USE) มีค่าต่ำมาก (Estimate = 0.0605, β = 0.0393, $p = 0.442$) แสดงให้เห็นว่าความตั้งใจเพียงอย่างเดียวไม่สามารถผลักดันให้เกิดการเข้าร่วมจริง ผลการศึกษานี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของ การสนับสนุนจากองค์กร และการออกแบบหลักสูตรอบรมให้สามารถเข้าถึงง่ายและสอดคล้องกับบริบทของบุคลากรในภาคการท่องเที่ยวและบริการ เพื่อเพิ่มอัตราการเข้าร่วมอบรมจริง และลดความเสี่ยงจากภัยคุกคามไซเบอร์ในอุตสาหกรรมนี้

คำสำคัญ : โมเดลการยอมรับเทคโนโลยี การฝึกอบรมความตระหนักถึงภัยคุกคามไซเบอร์ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน การรับรู้ถึงประโยชน์ อุตสาหกรรมท่องเที่ยวและการให้บริการ

Abstract

This study aims to examine the factors influencing cybersecurity awareness training (CAT) acceptance among personnel in Thailandvs tourism and hospitality industry, utilizing the Technology Acceptance Model (TAM). The model focuses on key determinants, including Perceived Ease of Use (PEOU) and Perceived Usefulness (PU). This quantitative research employed an online survey to collect data from 384 respondents, selected through simple random sampling from a target population of 2,000 individuals working in tourism and hospitality businesses in Thailand. The survey instrument demonstrated high reliability, with Cronbach's alpha values ranging from 0.78 to 0.79. Data analysis was conducted using descriptive statistics and Structural Equation Modeling (SEM). The findings revealed that PEOU positively influenced PU (Estimate = 0.5285, β = 0.5137, $p < 0.001$), indicating that if employees perceive the training as easy to use, they are more likely to recognize its usefulness. Moreover, PEOU significantly influenced ATU (Estimate = 0.3273, β = 0.3229, $p < 0.001$), suggesting that ease of use contributes to a more positive attitude toward training. In addition, PU directly impacted ATU (Estimate = 0.3243, β = 0.3292, $p < 0.001$), indicating that employees who perceive the training as applicable are more likely to develop a positive attitude toward participation. Consequently, ATU influenced ITU (Estimate = 0.3858, β = 0.3256, $p < 0.001$), meaning that a positive attitude toward training increases employees' intention to participate. However, the relationship between ITU and actual participation (USE) was weak (Estimate = 0.0605, β = 0.0393, $p = 0.442$), suggesting that intention alone may not drive actual engagement. These findings highlight the importance of organizational support and the design of accessible and contextually relevant training programs to increase actual participation rates and mitigate cybersecurity threats in the tourism and hospitality industry.

Keywords : Technology Acceptance Model (TAM), Cybersecurity Awareness Training (CAT), Perceived Ease of Use (PEOU), Perceived Usefulness (PU), Tourism and Hospitality Industry

บทนำ

อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของไทย โดยในปี 2564 มูลค่าการบริโภคเพื่อการท่องเที่ยวภายในประเทศมีมูลค่า 356,813.51 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 2.20 ของ GDP รวม โดยมีรายได้จากนักท่องเที่ยวต่างชาติร้อยละ 28.77 และนักท่องเที่ยวไทยร้อยละ 71.23 สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา (2565) ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวก็ต้องพึ่งพาแพลตฟอร์มออนไลน์และข้อมูลดิจิทัลในการดำเนินงาน ซึ่งทำให้ต้องเผชิญกับภัยคุกคามทางไซเบอร์ Shillair et al. (2022)

การอบรมการสร้างความตระหนักถึงภัยคุกคามไซเบอร์เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยลดความเสี่ยงจากภัยคุกคามเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยช่วยให้พนักงานมีทักษะในการระบุและป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์ Shillair et al. (2022) แต่ถึงแม้ว่าจะมีประโยชน์ที่ชัดเจน หลายองค์กรในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการของไทยยังพบว่า บุคลากรบางส่วนไม่เห็นความสำคัญของการอบรม และมองว่าเป็นภาระหน้าที่เพิ่มเติมจากงานประจำ ซึ่งอาจทำให้การอบรมไม่บรรลุเป้าหมายในการเพิ่มความตระหนักถึงภัยคุกคามทางไซเบอร์

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการอบรมการสร้างความตระหนักถึงภัยคุกคามไซเบอร์ โดยมุ่งเน้นไปที่ธุรกิจท่องเที่ยวและโรงแรม ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทย

วิธีการดำเนินการวิจัย

การกำหนดขอบเขตการวิจัย

ข้อมูลประชากรศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ ผู้ปฏิบัติงานที่รับผิดชอบและทำงานกับข้อมูลองค์กรในประเทศและต่างประเทศในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นผู้ที่ทำงานในบริษัทท่องเที่ยว โรงแรม สายการบิน ธุรกิจบริการ ไม่จำกัดเพศ อายุ 20 ปีขึ้นไป ไม่จำกัดวุฒิการศึกษา โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่มจำนวน 333 คน บนพื้นฐานของประชากรรวมในตำแหน่งที่กล่าวมาเท่ากับ 2,000 คน แต่เพื่อป้องกันข้อมูลผิดพลาดหรือสูญหาย จึงกำหนดไว้เพิ่มอีก 13.29% หรือเท่ากับ 384 คน โดยงานวิจัยนี้ใช้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ 0.05 ตามทฤษฎีของทาโร่ ยามาเน่ Yamane (1973) สำหรับวิธีการชักตัวอย่าง หรือ วิธีการเลือกหน่วยตัวอย่างจากประชากรศึกษาจะใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) กัลยา วานิชย์บัญชา (2542) คือ วิธีการเลือกหน่วยตัวอย่างโดยสุ่มจากประชากรทั้งหมด

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการเตรียมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดยใช้แบบสอบถาม 3 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลประชากรศาสตร์, CAT ในองค์กร และการรับรู้ต่อ CAT โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิตามขนาดและประเภทของธุรกิจในอุตสาหกรรมท่องเที่ยวและบริการ ผู้เข้าร่วมได้รับคำแนะนำชัดเจนและกำหนดระยะเวลาตอบแบบสอบถาม หลังจากเก็บข้อมูล ดำเนินการตรวจสอบและทำความสะอาดเพื่อหาความไม่สอดคล้องหรือข้อผิดพลาด แปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม เช่น การเข้ารหัสข้อมูลหมวดหมู่ ('ใช่' เป็น '1', 'ไม่' เป็น '0') และตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูลผ่านการสุ่มตรวจสอบตัวอย่างเพื่อลดข้อผิดพลาดในการป้อนและแปลงข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางสถิติ Jamovi ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์โอเพนซอร์สสำหรับการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพื่อทำความเข้าใจข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ CAT หลังจากนั้น จึงทำการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามตามส่วนประกอบของแบบจำลองการยอมรับเทคโนโลยี (TAM) Davis (1993) พร้อมกับประเมินความเหมาะสมของโมเดลโดยตรวจสอบดัชนีความพอดี (Fit Indices) Bentler (1990) และปรับแก้หากหากแบบจำลองเริ่มต้นไม่สามารถให้ความเหมาะสมได้ และขั้นตอนสุดท้ายคือการตีความพารามิเตอร์ของโมเดล วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์เส้นทาง ความนัยสำคัญ และ R-squared เพื่อนำไปสู่ข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับ CAT ในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและบริการ

ผลการวิจัย

บทนี้นำเสนอข้อค้นพบจากข้อมูลที่รวบรวมผ่านการสำรวจที่แจกจ่ายให้กับพนักงานในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริการของประเทศไทย ผลลัพธ์จะถูกนำเสนอในรูปแบบของสถิติเชิงพรรณนาและเชิงอนุมาน ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์ในอุตสาหกรรม

รูปแบบการทำธุรกรรม

พบว่าองค์กรภายในประเทศ ดำเนินธุรกรรมภายในประเทศ 75.62% ส่วนน้อย3.31% เกี่ยวข้องกับธุรกรรมระหว่างประเทศ และดำเนินธุรกรรมทั้งในและนอกประเทศอยู่ที่ 21.08% อย่างไรก็ตาม การสำหรับองค์กรต่างประเทศการทำธุรกรรมส่วนใหญ่ 56.34% ดำเนินการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ธุรกรรมระหว่างประเทศล้วนมีสัดส่วนที่มากเช่นกันอยู่ที่ 39.44% ของธุรกรรมทั้งหมด ส่วนธุรกรรมในประเทศขององค์กรต่างประเทศมีเพียง 4.23%

ตารางที่ 1 สัดส่วนขอบเขตการทำธุรกรรมขององค์กรที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจท่องเที่ยวและการบริการ

Organisational Types	Scope of Transactions	Counts	% of Total
Domestic	Both	51	21.08 %
	Domestic	183	75.62 %
	International	8	3.31 %
Foreign	Both	80	56.42 %
	Domestic	6	4.23 %
	International	56	39.44 %

ประสบการณ์ในการเข้าร่วม CAT

สำหรับองค์กรในประเทศมี 48.76% ที่เข้าร่วมกับ CAT ตรงกันข้ามกับสัดส่วนที่สูงขึ้นเล็กน้อยประมาณ 51.24% ที่ไม่ได้เข้าร่วมใน CAT เลย อย่างไรก็ตาม สถานการณ์ค่อนข้างแตกต่างสำหรับองค์กรต่างประเทศ คนส่วนใหญ่ 67.61% มีส่วนร่วมใน CAT มีเพียง 32.40% ที่ไม่ได้เข้าร่วมใน CAT เหตุผลหนึ่งที่เป็นไปได้คือองค์กรเหล่านี้ซึ่งอยู่ต่างประเทศ อาจเปิดรับมาตรฐานสากลและแนวทางปฏิบัติที่ดีที่สุดเกี่ยวกับความปลอดภัยทางไซเบอร์มากขึ้น ซึ่งน่าจะรวมถึง CAT ปกติด้วย สิ่งนี้สามารถขยายเพิ่มเติมได้จากการมีส่วนร่วมในการทำธุรกรรมทั้งในและต่างประเทศอย่างมีนัยสำคัญตามที่กล่าวไว้ก่อนหน้านี้

ตารางที่ 2 สัดส่วนของผู้ตอบแบบสอบถามที่มีประสบการณ์เข้าร่วม CAT

Organisational Types	Have you participated in CAT?	Counts	% of Total
Domestic	N	124	51.24 %
	Y	118	48.76 %
Foreign	N	46	32.40 %
	Y	96	67.61 %

การจัดอบรม CAT ของหน่วยงาน

พบว่าองค์กรในประเทศประมาณ 57.03% จัดหา CAT ให้กับสมาชิก ในทางกลับกัน 42.98% ไม่ได้จัดหา CAT ส่วนองค์กรต่างประเทศเสนอ CAT ให้กับสมาชิก 69.72% เสนอ CAT ให้กับสมาชิก ในขณะที่ 30.29% ที่ไม่จัดหา CAT ให้กับสมาชิก

ตารางที่ 3 สัดส่วนขององค์กรที่จัด CAT

Organisational Types	Does your organization have a CAT?	Counts	% of Total
Domestic	N	104	42.98 %
	Y	138	57.03 %
Foreign	N	43	30.29 %
	Y	99	69.72 %

การบังคับใช้ CAT ของหน่วยงาน

สำหรับองค์กรในประเทศ 50.83% มีการบังคับ CAT ในขณะที่สัดส่วนที่ใกล้เคียงกันที่ 49.18% ไม่บังคับ CAT ในส่วนของ องค์กรต่างประเทศส่วนใหญ่บังคับให้ CAT เป็นข้อบังคับ อยู่ที่ 67.61% มีเพียง 32.40% ไม่มีการบังคับ CAT

ตารางที่ 4 สัดส่วนขององค์กรที่บังคับใช้ CAT

Organisational Types	Does your organization have a mandatory CAT?	Counts	% of Total
Domestic	N	119	49.18 %
	Y	123	50.83 %
Foreign	N	46	32.40 %
	Y	96	67.61 %

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์

ส่วนนี้แสดงสถิติเชิงพรรณนาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการฝึกอบรมการรับรู้ด้านความปลอดภัยในโลกไซเบอร์ โดยวัดค่าความน่าเชื่อถือของเครื่องมือด้วยวิธีครอนบัคอัลฟา เพื่อวัดชุดคำถามแต่ละชุดว่าไปในทิศทางเดียวกันหรือไม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความน่าเชื่อถือของชุดคำถามทั้ง 6 มีค่าเท่ากับ 0.78 ขึ้นไป ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับความเชื่อมั่นที่สูง ตารางที่ 5 แสดงค่าความเชื่อมั่นของทั้ง 6 ชุดคำถามเพื่อใช้ในการประเมินปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์

ตารางที่ 5 ค่าความเชื่อมั่นของ 6 ชุดคำถาม ประกอบด้วย PEOU, PU, ATU และ ITU

			If item dropped	
	Mean	SD	Cronbach's **α**	McDonald's **ω**
PU1	5.07	1.37	0.781	0.783
PU2	5.18	1.32	0.779	0.780
PU3	5.05	1.37	0.781	0.782
PU4	5.08	1.31	0.781	0.782
PU5	5.05	1.34	0.782	0.783
PEOU1	5.11	1.34	0.783	0.785
PEOU2	5.03	1.39	0.781	0.783
PEOU3	4.93	1.33	0.780	0.782
PEOU4	4.99	1.33	0.781	0.783
PEOU5	5.02	1.33	0.783	0.785
ATU1	5.09	1.37	0.780	0.782
ATU2	4.96	1.33	0.783	0.785
ATU3	5.04	1.35	0.785	0.787
ATU4	4.98	1.33	0.779	0.781
ATU5	5.01	1.37	0.780	0.782
ITU1	4.99	1.41	0.787	0.788
ITU2	4.91	1.44	0.789	0.790
ITU3	4.86	1.38	0.786	0.788

ค่าความเหมาะสมของโมเดล

ค่าความเหมาะสมของโมเดลที่แสดงในตารางที่ 6 ใช้ตัวชี้วัดหลายตัวในการประเมินคุณภาพของแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) ที่พัฒนาในงานวิจัย โดยค่าต่างๆ ได้แก่ Akaike Information Criterion (AIC) และ Bayesian Information Criterion (BIC) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ใช้เปรียบเทียบโมเดลต่างๆ โดยค่า AIC และ BIC ที่ต่ำกว่ามักแสดงว่าโมเดลมีความเหมาะสมมากขึ้น นอกจากนี้ ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับความพอดีของโมเดล

ได้แก่ Standardized Root Mean Square Residual (SRMR) ซึ่งมีค่า 0.074 อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และ Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) ที่มีค่า 0.126 ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (< 0.08) แสดงว่าโมเดลอาจยังต้องการการปรับปรุงบางส่วน ขณะที่ Comparative Fit Index (CFI) และ Tucker-Lewis Index (TLI) มีค่า 0.909 และ 0.817 ตามลำดับ โดยค่า CFI ที่สูงกว่า 0.90 แสดงว่าโมเดลมีความเหมาะสมในระดับดี ส่วนค่า TLI ที่ต่ำกว่า 0.90 บ่งชี้ว่าอาจมีบางส่วนของโมเดลที่ยังสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ด้าน Relative Noncentrality Index (RNI) และ Goodness-of-Fit Index (GFI) มีค่า 0.909 และ 0.999 ตามลำดับ ซึ่งสะท้อนถึงความพอดีของโมเดลที่ดีขึ้นโดยรวม จากผลการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของโมเดล แสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์ได้ดี

ตารางที่ 6 ผลลัพธ์ของค่าความเหมาะสมของโมเดล

AIC	BIC	SRMR	RMSEA	CFI	TLI	RNI	GFI
4047	4098	0.074	0.126	0.909	0.817	0.909	0.999

ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ส่วนนี้นำเสนอผลลัพธ์ของการทดสอบไคสแควร์ อุทุมพร จามรมาน (2535) และการวิเคราะห์การถดถอยที่ดำเนินการเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับ) และตัวแปรตาม (การยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์) ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับ และการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์ โดยใช้ค่าประมาณการ (Estimate) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) ช่วงความเชื่อมั่น 95% (Lower, Upper) ค่าสัมประสิทธิ์มาตรฐาน (β) ค่า z และค่าระดับนัยสำคัญ (p) เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์เชิงสถิติของแต่ละตัวแปร ซึ่งผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า PEOU มีผลเชิงบวกที่มีนัยสำคัญต่อ PU (β = 0.5137, p < 0.001) ซึ่งหมายความว่าหากผู้เข้าร่วมรับรู้ว่าการฝึกอบรมใช้งานง่าย พวกเขาก็มีแนวโน้มที่จะมองว่าเป็นประโยชน์มากขึ้น นอกจากนี้ PEOU ยังส่งผลต่อ Attitude Towards Using (ATU) (β = 0.3229, p < 0.001) บ่งชี้ว่าการรับรู้ว่าการฝึกอบรมง่ายต่อการใช้งานสามารถช่วยพัฒนาทัศนคติในเชิงบวกต่อการใช้งานฝึกอบรม

ในส่วนของ PU มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ATU (β = 0.3292, p < 0.001) ซึ่งสะท้อนว่าหากบุคคลเชื่อว่าการฝึกอบรมให้ประโยชน์ ทัศนคติของพวกเขาต่อการใช้งานฝึกอบรมจะดีขึ้น และ ATU มีผลต่อ Intention to Use (ITU) อย่างมีนัยสำคัญ (β = 0.3256, p < 0.001) แสดงว่าทัศนคติที่ดีต่อการฝึกอบรมสามารถเพิ่มความตั้งใจที่จะใช้งาน อย่างไรก็ตาม ITU กับ Use (USE) มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ต่ำมาก (β = 0.0393, p = 0.442)

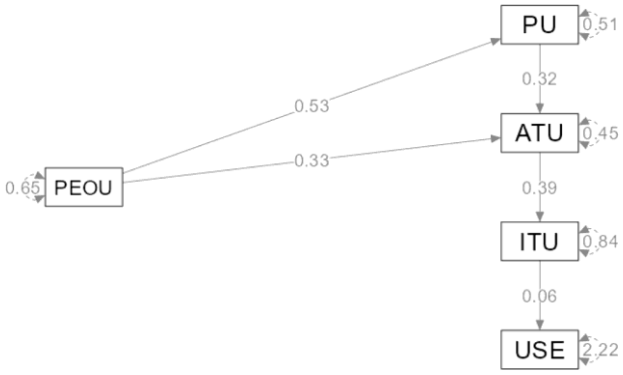
ซึ่งไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าผู้ใช้จะมีความตั้งใจที่จะเข้าร่วมฝึกอบรม แต่ปัจจัยอื่นๆ อาจส่งผลต่อการใช้งานจริง เช่น ความพร้อมขององค์กร หรือข้อจำกัดด้านเวลาและภาระงาน ซึ่งโมเดลนี้ชี้ให้เห็นว่า PEOU และ PU เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อ ATU ซึ่งต่อมามีผลต่อ ITU แต่ความตั้งใจในการใช้งานฝึกอบรมอาจไม่เพียงพอที่จะนำไปสู่การเข้าร่วมจริง จำเป็นต้องมีมาตรการเพิ่มเติมเพื่อให้แน่ใจว่าการตั้งใจใช้ (Intention to Use) สามารถแปรเปลี่ยนเป็นพฤติกรรมการใช้งานจริง (Use) ได้

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับ และการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์

				95% Confidence Intervals				
Dep	Pred	Estimate	SE	Lower	Upper	β	z	p
USE	ITU	0.0605	0.0787	-0.0938	0.215	0.0393	0.769	0.442
ITU	ATU	0.3858	0.0573	0.2736	0.498	0.3256	6.738	<.001
ATU	PU	0.3243	0.0483	0.2296	0.419	0.3292	6.711	<.001
ATU	PEOU	0.3273	0.0497	0.2299	0.425	0.3229	6.584	<.001
PU	PEOU	0.5285	0.0451	0.4401	0.617	0.5137	11.717	<.001

การทดสอบสมมติฐาน

ส่วนนี้นำเสนอผลการทดสอบสมมติฐานตามกรอบทฤษฎี สมมติฐานแต่ละข้อจะกล่าวถึงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการค้นพบทางสถิติ โดยภาพที่ 1 แสดงค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์ ตามหลักของโมเดลการยอมรับเทคโนโลยีบนเส้นทางการวิเคราะห์ (Path Analysis)



ภาพที่ 1 ค่าความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์

การรับรู้ถึงความง่ายในการฝึกอบรมและการรับรู้ถึงประโยชน์ในการฝึกอบรม

การศึกษาพบความสัมพันธ์เชิงบวกที่ชัดเจนระหว่าง Perceived Ease of Use (PEOU) และ Perceived Usefulness (PU) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.53 นี่หมายความว่ายิ่งผู้ตอบเห็นว่าการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยในโลกไซเบอร์นั้นง่ายเพียงใด พวกเขาก็จะพิจารณาว่ามีประโยชน์มากขึ้นเท่านั้น การค้นพบนี้สอดคล้องกับ TAM ดั้งเดิมของ Davis (1989) ซึ่ง PEOU ถูกเสนอให้มีผลโดยตรงต่อ PU ซึ่งเป็นที่เข้าใจได้ว่าหากพนักงานในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริการของไทยพบว่าการฝึกอบรมเรื่องความปลอดภัยทางไซเบอร์เข้าใจและใช้งานได้ง่าย พวกเขามีแนวโน้มที่จะรับรู้ว่าเป็นประโยชน์ต่อการทำงาน

ผลลัพธ์นี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการทำให้แน่ใจว่าการฝึกอบรมการรับรู้ความปลอดภัยทางไซเบอร์นั้นใช้งานง่ายและเข้าถึงได้

การรับรู้ถึงความง่ายในการฝึกอบรมและทัศนคติต่อการฝึกอบรม

การวิเคราะห์พบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.33 ระหว่าง PEOU และ ATU ในการฝึกอบรมความปลอดภัยทางไซเบอร์ ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกระดับต่ำถึงปานกลาง สอดคล้องกับโมเดล TAM ที่เสนอว่า PEOU ส่งผลต่อทัศนคติของผู้ใช้ หากการฝึกอบรมใช้งานง่าย พนักงานจะมีทัศนคติเชิงบวกมากขึ้น เนื่องจากลดความยุ่งยากและเพิ่มความมั่นใจ อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ที่ต่ำบ่งชี้ว่าปัจจัยอื่น เช่น การรับรู้ประโยชน์ อิทธิพลทางสังคม และทักษะคอมพิวเตอร์ อาจมีบทบาทสำคัญ ดังนั้น การออกแบบการฝึกอบรมควรคำนึงถึงปัจจัยหลายด้านเพื่อเพิ่มการยอมรับและประสิทธิภาพสูงสุด

การรับรู้ถึงประโยชน์ในการฝึกอบรมและทัศนคติต่อการฝึกอบรม

ผลการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ 0.32 ระหว่าง PU และ ATU ในการฝึกอบรมความปลอดภัยทางไซเบอร์ของพนักงานในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริการของไทย แสดงให้เห็นว่าหากพนักงานรับรู้ว่าการฝึกอบรมมีประโยชน์ พวกเขาจะมีทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้งานมากขึ้น ความสัมพันธ์นี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบหลักสูตรให้สอดคล้องกับงานจริง เพื่อเพิ่มการยอมรับ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยอื่นๆ เช่น ความง่ายในการใช้งาน การสนับสนุนจากองค์กร และการรับรู้ถึงภัยคุกคาม อาจมีบทบาทสำคัญ ดังนั้น ควรใช้แนวทางที่ครอบคลุมในการพัฒนาการฝึกอบรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการยอมรับจากพนักงาน

ทัศนคติต่อการฝึกอบรมและความตั้งใจในการฝึกอบรม

ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์เชิงบวกที่อ่อนแอที่ 0.39 ระหว่าง ATU และ ITU ในการฝึกอบรมความปลอดภัยทางไซเบอร์ ซึ่งขัดแย้งกับสมมติฐานของโมเดล TAM อาจเป็นเพราะปัจจัยอื่น เช่น การรับรู้ประโยชน์ แรงกดดันจากองค์กร หรือข้อกำหนดของงาน มีอิทธิพลต่อ ITU มากกว่า ตัวอย่างเช่น แม้พนักงานจะมีทัศนคติเชิงลบ แต่ยังคงตั้งใจใช้การฝึกอบรมเนื่องจากข้อบังคับ การค้นพบนี้ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบการฝึกอบรมควร

พิจารณาปัจจัยหลายด้านเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการยอมรับ การวิจัยในอนาคตควรตรวจสอบตัวแปรไกล่เกลี่ยและผลกระทบของรูปแบบการฝึกอบรมที่แตกต่างกัน

ความตั้งใจในการฝึกอบรมและพฤติกรรมการฝึกอบรม

ผลการศึกษาพบความสัมพันธ์เชิงลบที่อ่อนแอที่ 0.06 ระหว่าง ITU และ USE ในการฝึกอบรมความปลอดภัยทางไซเบอร์ของพนักงานไทย ซึ่งขัดแย้งกับโมเดล TAM โดยปกติ ITU ควรส่งผลบวกต่อ USE แต่ในบริบทนี้ อุปสรรค เช่น ภาระงานสูง ขาดเวลา หรือการเข้าถึงทรัพยากรที่จำกัด อาจทำให้พนักงานไม่สามารถใช้งานจริงได้ แม้ว่าจะมีความตั้งใจสูง อีกปัจจัยอาจเป็นการขาดการบังคับใช้หรือความเกี่ยวข้องโดยตรงกับงาน การค้นพบนี้เน้นว่าควรสนับสนุนให้พนักงานนำความตั้งใจไปสู่การปฏิบัติ และออกแบบการฝึกอบรมให้สอดคล้องกับงานจริงเพื่อเพิ่มอัตราการใช้งาน

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยหลักในโมเดล TAM ได้แก่ การรับรู้ถึงความง่ายในการใช้งาน (PEOU) และการรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) มีบทบาทสำคัญในการกำหนดทัศนคติของผู้ใช้ (ATU) ต่อการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยไซเบอร์ อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่าง ATU และ ความตั้งใจใช้งาน (ITU) มีค่าเพียงปานกลาง สะท้อนถึงปัจจัยภายนอก เช่น ข้อบังคับองค์กร หรือแรงจูงใจจากผู้บริหารที่อาจมีอิทธิพลมากกว่า นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่าง ITU และ พฤติกรรมการใช้งานจริง (USE) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าถึงแม้มีความตั้งใจสูง แต่ข้อจำกัดอาจทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมฝึกอบรมได้ ผลการศึกษาเน้นว่า การสนับสนุนจากองค์กรและมาตรการจูงใจ อาจช่วยให้ ITU แปรเปลี่ยนเป็นการใช้งานจริงได้ โมเดล TAM แม้จะอธิบายพฤติกรรมการยอมรับเทคโนโลยีได้ดีระดับหนึ่ง แต่ยังต้องพิจารณาปัจจัยภายนอกอื่น ๆ ในงานวิจัยต่อไป

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่า PEOU และ PU มีอิทธิพลต่อทัศนคติของบุคลากรในธุรกิจท่องเที่ยวและการให้บริการต่อการเข้าร่วมฝึกอบรมความปลอดภัยทางไซเบอร์ โดยที่ PU มีอิทธิพลโดยตรงต่อ ITU แสดงให้เห็นว่าหากบุคคลรับรู้ว่าการฝึกอบรมมีประโยชน์ ก็จะมีแนวโน้มที่จะเข้าร่วม อย่างไรก็ตาม พบว่าความสัมพันธ์ระหว่าง ITU และ การเข้าร่วมจริง (USE) มีค่าน้อยมาก ชี้ให้เห็นว่าปัจจัยด้านโครงสร้างขององค์กร เช่น นโยบายสนับสนุนหรือข้อจำกัดด้านเวลา อาจมีบทบาทสำคัญกว่าความตั้งใจส่วนบุคคล งานวิจัยนี้ช่วยให้เข้าใจถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ในภาคธุรกิจบริการและการท่องเที่ยว และเน้นย้ำถึงความสำคัญของการสนับสนุนจากองค์กรเพื่อเพิ่มอัตราการเข้าร่วมฝึกอบรมอย่างแท้จริง นอกจากนี้ ควรมีการพัฒนาแนวทางการฝึกอบรมที่เน้นความยืดหยุ่นและสามารถนำไปใช้ได้จริง รวมถึงเพิ่มมาตรการจูงใจให้บุคลากร

เข้าร่วมมากขึ้น งานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่อาจส่งผลต่อการตัดสินใจเข้าร่วมการฝึกอบรม เพื่อพัฒนากลยุทธ์ที่เหมาะสมในการเพิ่มอัตราการเข้าร่วมการฝึกอบรมด้านความปลอดภัยทางไซเบอร์ในอุตสาหกรรมนี้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำภาคนิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จได้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาภาคนิพนธ์ และอาจารย์ทุกท่านที่ถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆให้ ซึ่งช่วยในการทำงานวิจัยฉบับนี้ รวมถึงผู้เข้าร่วมการสำรวจและองค์กรต่างๆ ในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและการบริการที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ การวิจัยนี้จะเป็นไปไม่ได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากพวกท่าน

เอกสารอ้างอิง

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2542. การวิเคราะห์สถิติ : สถิติเพื่อการตัดสินใจ. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมาน. 2535. ไคสแควร์ (Chi-Square) : การทดสอบทางสถิติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ.

สำนักงานปลัดกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (n.d.). รายงานสรุปการจัดทำบัญชีประชาชาติด้านการท่องเที่ยว ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565. โครงการค่าใช้จ่ายในการพัฒนาและจัดทำบัญชีประชาชาติด้านการท่องเที่ยว. https://www.mots.go.th/download/article/article_20211001101334.pdf. ค้นเมื่อ 31 กรกฎาคม 2567.

Bentler, P. M. 1990. Comparative fit indexes in structural models. Psychological Bulletin, 107, 238-246.

Cronbach, L. J. 1990. Essentials of psychological testing. Harper Collins Publishers. 5th Edition. New York.

Davis, F. D. 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340.

Davis, F. D. 1993. User acceptance of information technology: System characteristics, user perceptions and behavioral impacts. International Journal of Man-Machine Studies, 38(3), 475–487.

Shillair, R., Esteve-González, P., Dutton, W. H., Creese, S., Nagyfejeo, E., & von Solms, B. 2022. Cybersecurity education, awareness raising, and training initiatives: National level evidence-based results, challenges, and promise. Computers & Security, 119, 102756. https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102756. Accessed Aug. 17, 2024.

Yamane, T. 1973. Statistics: An introductory statistics. 2nd Edition Harper & Row. New York.

การวิเคราะห์รูปแบบความล้มเหลวในการพัฒนาบล็อกเชนในจังหวัดภูเก็ตผ่านเหมืองกฎความสัมพันธ์

Analyzing Patterns of Failure in Blockchain Development in Phuket through Association Rule Mining

ประคอง เอี่ยมพิกุล[1*] พิทา จารุพูนผล[1] วิภาวรรณ บัวทอง[1] และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[1]

Prakong Eiampikul[1*], Pita Jarupunphol[1], Wipawan Buathong[1] and Nasith Laosen[1]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต

21 ม.6 ต.รัษฎา อ.เมือง ภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Rajabhat Phuket University

21 Moo 6, Ratsada, Muang District , Phuket 83000

***Corresponding author E-mail: s6381423105@pkru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายเพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาและการนำเทคโนโลยีบล็อกเชน ไปใช้ในจังหวัดภูเก็ต ผ่านการทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining: ARM) โดยใช้อัลกอริธึม Apriori เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์พบว่ามีกฎความสัมพันธ์ทั้งหมด 12 กฎ โดยมีค่า Support = 0.55, Confidence = 0.78 และ Lift อยู่ระหว่าง 1.3 - 1.4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปัจจัยบางอย่างมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจนำบล็อกเชนมาใช้มากกว่าปัจจัยอื่นๆ ผลการศึกษาระบุว่า องค์กรที่มีการฝึกอบรมบุคลากรด้านบล็อกเชนมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้มากกว่าองค์กรที่ไม่มีการฝึกอบรม นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีและการสนับสนุนจากภาครัฐเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการนำบล็อกเชนไปใช้ในภูเก็ต ซึ่งประโยชน์ของงานวิจัยนี้ ได้แก่ การให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับแนวโน้มและอุปสรรคของการนำบล็อกเชนไปใช้ การช่วยหน่วยงานภาครัฐและเอกชนกำหนดนโยบายและกลยุทธ์ที่เหมาะสม และส่งเสริมให้ธุรกิจสามารถปรับใช้เทคโนโลยีบล็อกเชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ เทคโนโลยีบล็อกเชน การยอมรับเทคโนโลยี โครงสร้างพื้นฐานบล็อกเชน การตัดสินใจทางธุรกิจ

Abstract

This research analyzes the factors influencing the adoption and development of blockchain technology in Phuket using Association Rule Mining (ARM), specifically the Apriori algorithm. The results revealed 12 association rules with Support = 0.55, Confidence = 0.78, and Lift ranging from 1.3 to 1.4, indicating significant influencing factors in blockchain adoption. The

findings indicate that organizations that provide blockchain training to employees are more likely to adopt the technology than those that do not. Infrastructure readiness and government support were also identified as key factors affecting blockchain adoption in Phuket. Key Benefits of this Research include providing insights into blockchain adoption trends and challenges, supporting policymakers and private sector decision-making in blockchain implementation, and helping businesses effectively integrate blockchain technology.

Keywords: Association Rule Mining, Blockchain Technology, Technology Adoption, Blockchain Infrastructure, Business Decision Making

บทนำ

เทคโนโลยีบล็อกเชนเป็นระบบบัญชีแยกประเภทแบบกระจายศูนย์ที่สามารถบันทึกธุรกรรมได้อย่างปลอดภัยบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ แต่ละบล็อกประกอบด้วยรายการธุรกรรม, ตราประทับเวลา, และแฮชเข้ารหัสของบล็อกก่อนหน้า ทำให้เกิดห่วงโซ่ข้อมูลที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขได้ ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยและความโปร่งใสของข้อมูล (McKinsey & Company, 2024) แม้ว่าบล็อกเชนจะถูกพัฒนาขึ้นในตอนแรกเพื่อใช้เป็นเทคโนโลยีพื้นฐานของบิตคอยน์ แต่ปัจจุบันในระดับโลกได้มีการศึกษาเพื่อนำไปใช้อย่างกว้างขวาง (Treiblmaier, 2018; Casino et al, 2019) ในหลากหลายอุตสาหกรรม เช่น การบริหารจัดการซัพพลายเชน การดูแลสุขภาพ การเงิน และระบบการลงคะแนนเสียง (National Institute of Standards and Technology, 2018) ความสำคัญของบล็อกเชนในระดับโลกอยู่ที่ความสามารถในการเปลี่ยนแปลงระบบแบบดั้งเดิม โดยการเพิ่มความปลอดภัย ลดการฉ้อโกง และกำจัดตัวกลางในการทำธุรกรรม เทคโนโลยีนี้ให้ความโปร่งใสและเชื่อถือได้ในการบันทึกข้อมูล ซึ่งเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ ตัวอย่างเช่น ในภาคการเงิน บล็อกเชนช่วยเร่งกระบวนการชำระเงินข้ามพรมแดนให้รวดเร็วขึ้น และในระบบซัพพลายเชน บล็อกเชนสามารถช่วยติดตามสินค้าแบบเรียลไทม์ (Nakamoto, 2008) ทำให้มั่นใจได้ว่าสินค้ามีที่มาอย่างถูกต้องและลดปัญหาสินค้าปลอมแปลง (IBM, 2024)

ประเทศไทยได้ตระหนักถึงศักยภาพของเทคโนโลยีบล็อกเชนและมีการพยายามผลักดันให้ใช้งานในหลายภาคส่วน รัฐบาลไทยโดยธนาคารแห่งประเทศไทยและสำนักงานคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ ได้ออกกฎระเบียบเพื่อรองรับการนำบล็อกเชนมาใช้ (The Securities and Exchange Commission Thailand, 2023) หนึ่งในโครงการสำคัญคือการพัฒนา “สกุลเงินดิจิทัลของธนาคารกลาง” (CBDC) ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการชำระเงิน รวมถึงการนำบล็อกเชนมาใช้ในด้านซัพพลายเชนทางการเงิน เพื่อช่วยให้ธุรกิจสามารถทำธุรกรรมได้อย่างปลอดภัยและมีต้นทุนต่ำลง (Bangkok Post, 2025) ในภาคการท่องเที่ยว ซึ่งเป็นเสาหลักของเศรษฐกิจไทย บล็อกเชนถูกนำมาพิจารณาเพื่อปรับปรุงระบบการชำระเงินและยกระดับประสบการณ์ของนักท่องเที่ยว โดยรัฐบาลไทยมีแผนจะเปิดตัว ‘Crypto Sandbox’ ในภูเก็ตภายในเดือนตุลาคม

2025 ซึ่งจะเป็นโครงการทดลองที่อนุญาตให้นักท่องเที่ยวใช้สกุลเงินดิจิทัลในการชำระเงินภายในพื้นที่ได้อย่างเสรี (Bangkok Post, 2025)

ด้วยสาเหตุที่กล่าวมา งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาการนำบล็อกเชนไปใช้ในจังหวัดภูเก็ต ซึ่งเป็นภูมิภาคที่มีเศรษฐกิจดิจิทัลเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีขอบเขตของการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการนำบล็อกเชนไปใช้ในภาคส่วนต่างๆ (เช่น การท่องเที่ยว การเงิน ภาครัฐ) เนื่องจากเทคโนโลยีบล็อกเชนได้รับการพัฒนาให้มีบทบาทในหลายภาคส่วน เช่น สัญญาอัจฉริยะในธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ การเงินแบบกระจายศูนย์ (DeFi) และการบริหารห่วงโซ่อุปทานที่โปร่งใส งานวิจัยนี้จะวิเคราะห์ระดับการยอมรับและอุปสรรคของบล็อกเชนในภาคส่วนเหล่านี้ (Casino et al., 2019) โดยแหล่งข้อมูลจะมาจากรายงานของหน่วยงานภาครัฐ งานวิจัยทางวิชาการ และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งการศึกษาแนวโน้มและรูปแบบการพัฒนาของบล็อกเชนในภูเก็ตจะช่วยประเมินผลกระทบของโครงการนี้ และเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการกำหนดนโยบายและแนวทางขยายการใช้งานบล็อกเชนทั่วประเทศ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ การออกแบบการวิจัยเชิงปริมาณ เพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปใช้ในหมู่นักพัฒนาซอฟต์แวร์และวิศวกรในจังหวัดภูเก็ต โดยเลือกใช้ กฎการขุดค้นความสัมพันธ์ (Association Rule Mining - ARM) ซึ่งเป็นเทคนิคการขุดข้อมูลที่ระบุความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนและมีความหมายระหว่างตัวแปรในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ เป็นหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมในศาสตร์ข้อมูล (Agrawal et al., 1993) อัลกอริธึม Apriori ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้อย่างแพร่หลายสำหรับ ARM ถูกนำมาใช้เพื่อค้นหารูปแบบและความสัมพันธ์ (Han et al., 2011) ระหว่างปัจจัยทางประชากรศาสตร์ องค์กร และความเชี่ยวชาญ (แอตทริบิวต์ด้านซ้ายหรือ LHS) กับการตัดสินใจในการนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปใช้ (แอตทริบิวต์ด้านขวาหรือ RHS)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ชุดข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ได้รับการรวบรวมจาก นักพัฒนาซอฟต์แวร์ วิศวกร และผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องจำนวน 102 คน ที่ทำงานในจังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย ระยะเวลาการเก็บข้อมูลครอบคลุมช่วง มิถุนายน ถึงธันวาคม 2024 ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมโดยใช้ แบบสอบถามออนไลน์ ที่กำหนดเป้าหมายไปยังชุมชนเทคโนโลยีในภูเก็ต แบบสอบถามได้รับการออกแบบเพื่อจับข้อมูลดังต่อไปนี้:

1) ข้อมูลประชากรศาสตร์: อายุ เพศ ภูมิหลังทางการศึกษา และประสบการณ์การทำงาน
2) ความเชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับบล็อกเชน: ความคุ้นเคยกับแนวคิดบล็อกเชน ภาษาโปรแกรม และประสบการณ์ก่อนหน้าในโครงการบล็อกเชน
3) ความท้าทายในการนำเทคโนโลยีไปใช้: อุปสรรคที่รับรู้ในการนำบล็อกเชนไปใช้ เช่น ความซับซ้อนทางเทคนิค การขาดทรัพยากร หรือความไม่แน่นอนด้านกฎระเบียบ
4) ปัจจัยองค์กร: กลุ่มอุตสาหกรรม ขนาดบริษัท ความพร้อมของทรัพยากรทางการเงิน และการสนับสนุนองค์กรต่อการสร้างนวัตกรรม

การประมวลผลข้อมูลล่วงหน้า

การประมวลผลข้อมูลล่วงหน้าเป็นขั้นตอนสำคัญในการรับรองความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ มีการดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้เพื่อเตรียมชุดข้อมูลสำหรับ ARM ดังนี้

1) การทำความสะอาดข้อมูล โดยคำตอบที่ซ้ำกันได้รับการระบุและลบออกเพื่อป้องกันความซ้ำซ้อน สำหรับรายการที่ไม่สมบูรณ์หรือไม่สอดคล้องกันได้รับการยกเว้นเพื่อรักษาความสมบูรณ์ของข้อมูล
2) การเข้ารหัสข้อมูลเชิงหมวดหมู่สำหรับคำตอบที่ไม่ใช่ตัวเลข (เช่น กลุ่มอุตสาหกรรม ภูมิหลังทางการศึกษา) ได้รับการแปลงเป็นค่าเชิงหมวดหมู่โดยใช้ one-hot encoding ซึ่งเป็นการทำข้อมูลที่ถูกเก็บในลักษณะ categorical ทั้งในลักษณะที่มีลำดับ (ordinal number) และไม่มีลำดับ (nominal number) เปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของ 0 หรือ 1 เพื่อรับประกันความเข้ากันได้กับอัลกอริธึม Apriori ซึ่งต้องการข้อมูลตัวเลข
3) การแปลงรูปแบบการทำธุรกรรม โดยชุดข้อมูลได้รับการจัดโครงสร้างใหม่ในรูปแบบการทำธุรกรรม โดยแต่ละแถวแสดงคำตอบของผู้ตอบเป็นชุดของแอตทริบิวต์ รูปแบบนี้มีความสำคัญสำหรับ ARM เนื่องจากช่วยให้อัลกอริธึมสามารถระบุเซตไอเท็มที่พบบ่อยและสร้างกฎความสัมพันธ์
4) การเลือกแอตทริบิวต์สำหรับการวิเคราะห์ ประกอบด้วย แอตทริบิวต์ด้านซ้าย (LHS) ที่รวมถึงปัจจัยทางประชากรศาสตร์ (เช่น อายุ ประสบการณ์) ปัจจัยองค์กร (เช่น อุตสาหกรรม ทรัพยากรทางการเงิน) และความเชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับบล็อกเชน และแอตทริบิวต์ด้านขวา (RHS) ที่เป็นคำตอบไบนารีต่อคำถาม “คุณกำลังพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนในโครงการของคุณหรือไม่” ทำหน้าที่เป็นตัวแปรเป้าหมาย

การกำหนดเครื่องมือเพื่อทำเหมืองกฎความสัมพันธ์

ในการประมวลผลข้อมูล การวิเคราะห์ และการสร้างภาพ ได้มีการเลือกใช้เครื่องมือและซอฟต์แวร์ RStudio เป็นแพลตฟอร์มหลักสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากความสามารถในการรองรับการทำงานด้านสถิติและการวิเคราะห์ขั้นสูง สำหรับการทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ โดยได้มีการใช้แพ็กเกจต่าง ๆ ใน R ดังนี้:

1) arules: แพ็กเกจสำคัญที่ใช้สำหรับการขุดค้นกฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining)
2) arulesViz: ใช้สำหรับสร้างภาพกราฟิกที่แสดงผลกฎความสัมพันธ์ที่ถูกขุดพบ
3) dplyr: ใช้สำหรับการจัดการและแปลงข้อมูลเบื้องต้น เช่น การทำความสะอาดข้อมูล การกรองข้อมูลที่ไม่จำเป็น การรวมตารางข้อมูล และการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์
4) ggplot2 และ tidyverse: ใช้สำหรับการสร้างกราฟและแผนภูมิที่สวยงามและชัดเจน เพื่อช่วยในการนำเสนอข้อมูลเชิงลึก เช่น การกระจายตัวของคำตอบและความแข็งแกร่งของกฎความสัมพันธ์

การทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ (ARM)

อัลกอริธึม Apriori ดำเนินการในสองขั้นตอนหลัก คือ การขุดเซตไอเท็มที่พบบ่อย ที่ทำหน้าที่ระบุเซตของแอตทริบิวต์ที่มักเกิดร่วมกันในชุดข้อมูล และการสร้างกฎ ที่สกัดกฎความสัมพันธ์ที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างแอตทริบิวต์ LHS และ RHS ซึ่งในการวิเคราะห์นี้ได้ดำเนินการโดยใช้ไลบรารี arules พร้อมพารามิเตอร์สำคัญดังนี้

1) Support ที่วัดความถี่ของเซตไอเท็มในชุดข้อมูล กำหนดค่า support ขั้นต่ำเพื่อกรองข้อมูลที่พบไม่บ่อย
2) Confidence ที่ระบุความน่าจะเป็นของการเกิดแอตทริบิวต์ RHS เมื่อมีแอตทริบิวต์ LHS กฎที่มี confidence สูงถือว่าเชื่อถือได้มากกว่า
3) Lift ทำหน้าที่ประเมินความแข็งแกร่งของความสัมพันธ์ระหว่างแอตทริบิวต์ LHS และ RHS ค่า lift ที่มากกว่า 1 แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวก

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาและความล้มเหลวของเทคโนโลยีบล็อกเชนในจังหวัดภูเก็ต ผ่านการทำเหมืองกฎความสัมพันธ์ (ARM) โดยใช้อัลกอริธึม Apriori ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากนักพัฒนาซอฟต์แวร์ วิศวกร และองค์กรที่เกี่ยวข้อง การวิจัยนี้มุ่งเน้นการระบุความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจนำบล็อกเชนไปใช้ รวมถึงปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าว การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบธุรกรรม (transactions) เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการขุดค้นกฎความสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอัลกอริธึม Apriori ถูกนำมาใช้ในการค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ประสบการณ์ของนักพัฒนา ทรัพยากรขององค์กร ระดับความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีบล็อกเชน ปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ และกฎระเบียบที่อาจมีผลต่อแนวโน้มการพัฒนาและการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ในภูเก็ต ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่ออัตราการนำบล็อกเชนไปใช้ รวมถึงอุปสรรคที่อาจขัดขวางการเติบโตของเทคโนโลยีนี้ในภูมิภาค ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในแบบสอบถามสามารถแบ่งออกเป็นหลายหมวดหมู่ตามลักษณะของคำถาม ดังนี้

ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม

1) Gender (เพศ): เพศของผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น ชาย, หญิง, หรืออื่น ๆ
2) Age (อายุ): อายุผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งสะท้อนถึงประสบการณ์และความคุ้นเคยกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ
3) Income (รายได้): ระดับรายได้ของผู้ตอบแบบสอบถาม
4) Education (ระดับการศึกษา): ระดับการศึกษาของผู้ตอบแบบสอบถาม
5) Organization (ประเภทหน่วยงาน): ประเภทขององค์กรที่ผู้ตอบทำงานอยู่ เช่น ภาครัฐ หรือ เอกชน
6) SDE (จำนวนพนักงานในหน่วยงาน): ขนาดขององค์กร

7) ประสบการณ์และความเชี่ยวชาญด้านการพัฒนาซอฟต์แวร์
8) NSDO (ประสบการณ์การพัฒนาซอฟต์แวร์): จำนวนปีที่ผู้ตอบมีประสบการณ์ในการพัฒนาซอฟต์แวร์
9) SDR (จำนวนนักพัฒนาซอฟต์แวร์ในหน่วยงาน): จำนวนนักพัฒนาในองค์กร
10) BCRole (บทบาทในการพัฒนาซอฟต์แวร์): บทบาทหลักของผู้ตอบในการพัฒนาซอฟต์แวร์

การใช้งานและการพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชน

1) Implementation (กำลังพัฒนาบล็อกเชนหรือไม่): ระบุว่าผู้ตอบหรือองค์กรกำลังพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนอยู่หรือไม่
2) EBC (เคยพัฒนาบล็อกเชนหรือไม่): ระบุว่าผู้ตอบหรือองค์กรเคยพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนหรือไม่
3) EBCP (รูปแบบของบล็อกเชนที่พัฒนา): หากเคยพัฒนา ระบุรูปแบบของบล็อกเชนที่ใช้ เช่น Public Blockchain, Private Blockchain หรือ Consortium Blockchain
4) FBC (ประเภทโครงการบล็อกเชน): ระบุประเภทของโครงการบล็อกเชนที่พัฒนา เช่น การเงิน การแพทย์ หรือโลจิสติกส์
5) FBCF (พิจารณานำบล็อกเชนมาใช้ในอนาคตหรือไม่): หากไม่เคยพัฒนา ระบุว่ามีแผนจะนำบล็อกเชนมาใช้ในอนาคตหรือไม่

ความคุ้นเคยและความเชี่ยวชาญด้านบล็อกเชน

1) BC_Cert (คุ้นเคยกับกรอบการทำงานบล็อกเชนหรือไม่): ระบุว่าผู้ตอบหรือทีมคุ้นเคยกับแพลตฟอร์มบล็อกเชน เช่น Ethereum, Hyperledger หรือ Solana หรือไม่
2) dAppsR (ได้รับการฝึกอบรมหรือรับรองด้านบล็อกเชนหรือไม่): ระบุว่าผู้ตอบหรือทีมได้รับการฝึกอบรมหรือการรับรองอย่างเป็นทางการด้านบล็อกเชนหรือไม่
3) Sensitive (ต้องการฟีเจอร์ Smart Contract หรือ dApps หรือไม่): ระบุว่าโครงการผู้ตอบต้องการฟีเจอร์เฉพาะ เช่น สัญญาอัจฉริยะ (Smart Contract) หรือแอปพลิเคชันแบบกระจายอำนาจ (dApps) หรือไม่

ทรัพยากรและความพร้อมในการนำบล็อกเชนมาใช้

1) BC_Resou (มีทรัพยากรเพียงพอหรือไม่): ระบุว่าองค์กรมีทรัพยากรเทคโนโลยี (ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ เครือข่าย) ที่เพียงพอสำหรับการนำบล็อกเชนมาใช้หรือไม่
2) BC_Safe (บล็อกเชนปลอดภัยหรือไม่): ความคิดเห็นของผู้ตอบเกี่ยวกับความปลอดภัยของบล็อกเชน
3) BC_Scale (ปัญหาด้านการปรับขนาด): ระบุว่าปัญหาด้านการปรับขนาด (Scalability) ส่งผลกระทบต่อการประยุกต์ใช้บล็อกเชนหรือไม่

4) BC_Integrate (การบูรณาการกับระบบที่มีอยู่): ความคิดเห็นเกี่ยวกับความง่ายในการบูรณาการบล็อกเชนกับระบบที่มีอยู่แล้ว

การสนับสนุนและการยอมรับในตลาด

1) BC_Leader (มีผู้นำสนับสนุนหรือไม่): ระบุว่ามีองค์กรในภูเก็ตที่แสดงความเป็นผู้นำและสนับสนุนการนำบล็อกเชนมาใช้หรือไม่
2) BC_FIN (มีกฎระเบียบชัดเจนหรือไม่): ระบุว่ามีกฎระเบียบที่ชัดเจนในการสนับสนุนการนำบล็อกเชนมาใช้ในภูเก็ตหรือไม่
3) BC_Expert (มีความเชี่ยวชาญภายในองค์กรหรือไม่): ระบุว่าองค์กรมีความเชี่ยวชาญภายในองค์กรเพียงพอในด้านบล็อกเชนหรือไม่
4) BC_Recom (ร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญภายนอกหรือไม่): ระบุว่าองค์กรร่วมมือกับผู้เชี่ยวชาญหรือที่ปรึกษาด้านบล็อกเชนภายนอกหรือไม่

ความเชื่อมั่นและมูลค่าของบล็อกเชน

1) BC_Value (บล็อกเชนเพิ่มมูลค่าหรือไม่): ความคิดเห็นของผู้ตอบเกี่ยวกับการที่บล็อกเชนช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับงานหรือธุรกิจ
2) BC_Sensitive (จัดการข้อมูลละเอียดอ่อนได้หรือไม่): ความเชื่อมั่นเกี่ยวกับความสามารถของบล็อกเชนในการจัดการข้อมูลที่ละเอียดอ่อน
3) BC_Obs (อุปสรรคสำคัญคืออะไร): ระบุอุปสรรคสำคัญในการนำบล็อกเชนมาใช้ เช่น ต้นทุนสูง ขาดความรู้ หรือกฎระเบียบ
4) BC_Publicized (มีการประชาสัมพันธ์หรือไม่): ระบุว่ามีการประชาสัมพันธ์บล็อกเชนในภูเก็ตหรือไม่

A tibble: 102 x 33

Gender	Age	Income	Education	Organization	TEO	SDE	NSDO	SDR	Implementation
M	45-54	55,000 baht or more	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	N
F	35-44	45,001-55,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	N
M	35-44	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	N
M	25-34	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
F	18-24	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
F	35-44	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	Y
M	18-24	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
M	35-44	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
F	25-34	25,001-35,000 baht	Associate Degree/Vocational Certificate	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	Y
F	25-34	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	35-44	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Government sector	41-60 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	N
M	25-34	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
F	25-34	25,001-35,000 baht	Associate Degree/Vocational Certificate	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	25-34	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
F	35-44	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	45-54	45,001-55,000 baht	Master's degree	Government sector	41-60 people	6 to 10 years	6-10 people	Full-Stack Developer	Y
M	45-54	45,001-55,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Full-Stack Developer	Y
F	25-34	25,001-35,000 baht	Associate Degree/Vocational Certificate	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	18-24	15,000-25,000 baht	Associate Degree/Vocational Certificate	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	35-44	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	41-60 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
F	25-34	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	18-24	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
F	18-24	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	35-44	25,001-35,000 baht	Associate Degree/Vocational Certificate	Private sector	41-60 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	25-34	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
F	25-34	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	35-44	45,001-55,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	6 to 10 years	1-5 people	Full-Stack Developer	Y
M	45-54	55,000 baht or more	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	6 to 10 years	1-5 people	Full-Stack Developer	N
M	25-34	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
M	25-34	25,001-35,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	1-20 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	N
F	18-24	15,000-25,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	1 to 5 years	1-5 people	Frontend Developer	Y
M	25-34	35,001-45,000 baht	Bachelor's degree	Private sector	21-40 people	6-10 people	Full-Stack Developer	Y
M	18-24	15,000-25,000 baht	Associate Degree/Vocational Certificate	Private sector	41-60 people	1 to 5 years	6-10 people	Full-Stack Developer	Y

1-33 of 102 rows | 1-10 of 33 columns

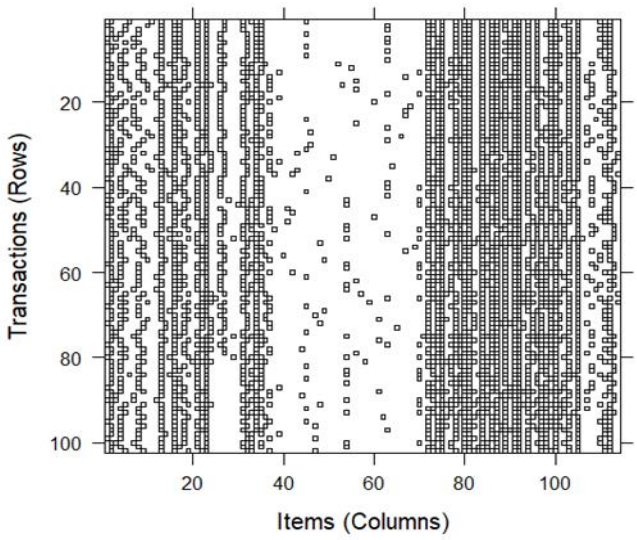
Previous 1 2 3 4 Next

ภาพที่ 1 ตารางข้อมูลที่รวบรวมจากแบบสอบถาม

ผลการเตรียมข้อมูลในรูปแบบธุรกรรม

ข้อมูลทั้งหมดได้รับการจัดเตรียมและแปลงให้อยู่ในรูปแบบธุรกรรม เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์เหมืองกฎความสัมพันธ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแต่ละธุรกรรมในชุดข้อมูลจะแทนผู้ตอบแบบสอบถามหนึ่งคน และแต่ละ attribute หรือคุณลักษณะของข้อมูลจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของ items ซึ่งใช้ในการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ หลังจากที่ชุดข้อมูลทั้งหมดถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบธุรกรรมเรียบร้อยแล้ว จะมีการกำหนดป้ายกำกับรายการ (itemLabels) ให้กับธุรกรรมแต่ละรายการ กระบวนการนี้ช่วยให้สามารถระบุและอ้างอิงแต่ละปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้ง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น คุณลักษณะ “คุณกำลังพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนในโครงการของคุณหรือไม่” อาจถูกแปลงเป็น “Implementation_Yes” หรือ “Implementation_No” เพื่อให้ระบบสามารถระบุได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามรายนั้นกำลังพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนอยู่หรือไม่

การใช้ itemLabels(trans) ในการกำหนดป้ายกำกับรายการช่วยให้ข้อมูลมีโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้กับอัลกอริธึมการขุดกฎความสัมพันธ์ เช่น Apriori ซึ่งจะสามารถดึงความสัมพันธ์ที่สำคัญออกมาวิเคราะห์ได้ เช่น “องค์กรที่มีทรัพยากรเพียงพอ (BC_Resou_Yes) มีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปใช้ (Implementation_Yes)” การกำหนดป้ายกำกับที่เหมาะสมยังช่วยให้การสร้างภาพข้อมูล (Data Visualization) มีความชัดเจนขึ้น เนื่องจากสามารถจัดหมวดหมู่ข้อมูลที่สัมพันธ์กันและนำเสนอในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ขั้นตอนต่อไปคือการใช้ฟังก์ชัน image(trans) เพื่อสร้างภาพแสดงการกระจายตัวของข้อมูลในชุดธุรกรรมในรูปแบบภาพ ตามภาพที่ 2 โดยแต่ละแถวของภาพที่ได้จะแสดงถึง ธุรกรรมหนึ่งรายการ (transaction) และแต่ละคอลัมน์จะแสดงถึง รายการสินค้า (items) หรือปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การมีทรัพยากรเทคโนโลยี (BC_Resou) การมีประสบการณ์พัฒนา Blockchain (EBC) หรือการได้รับการฝึกอบรม (dAppsR)

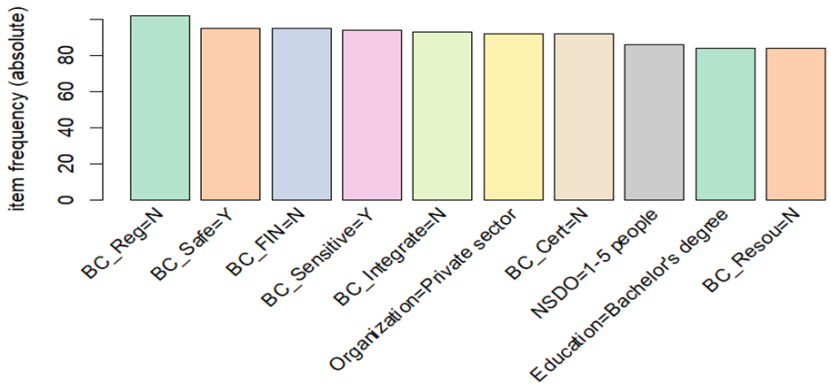


ภาพที่ 2 ตารางข้อมูลที่จัดเตรียมและแปลงให้อยู่ในรูปแบบธุรกรรม

การจัดลำดับไอเท็มที่มีความถี่สูงสุด

หลังจากที่ได้เตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบธุรกรรม (transactions) และตรวจสอบโครงสร้างของข้อมูลด้วย image(trans) แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการใช้ฟังก์ชัน itemFrequencyPlot() เพื่อวิเคราะห์และแสดงความถี่ของไอเท็มแต่ละรายการในชุดข้อมูล เพื่อจัดลำดับไอเท็มที่มีความถี่สูงสุด พบว่า 5 ปัจจัยข้างล่างอยู่ใน 10 ลำดับแรก โดยเฉพาะ BC_Reg = N อยู่ในลำดับที่ 1 และ BC_Resou = N อยู่ที่ลำดับ 10 รายละเอียดตามภาพที่ 3

1) BC_Reg = N (ไม่มีองค์กรในภูเก็ตที่แสดงบทบาทเป็นผู้นำในการสนับสนุน Blockchain)
2) BC_Fin = (ปัจจัยทางการเงินที่เกี่ยวข้องกับ Blockchain)
3) BC_Fin = N (ไม่มีการจัดสรรงบประมาณเพียงพอสำหรับการพัฒนา Blockchain)
4) BC_Cert = N (ไม่มีความคุ้นเคยกับ Framework การพัฒนา Blockchain เช่น Ethereum ฯลฯ)
5) BC_Resou = N (ไม่มีทรัพยากรทางเทคโนโลยีที่เพียงพอสำหรับการรองรับการนำ Blockchain มาใช้)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงความถี่ของไอเท็มแต่ละรายการในชุดข้อมูลธุรกรรม

การสร้างกฎความสัมพันธ์

หลังจากที่ได้ค่าความถี่ของไอเท็มในข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการใช้ อัลกอริธึม Apriori เพื่อสร้างกฎความสัมพันธ์ (Association Rules) โดยใช้ค่าความน่าสนใจของกฎ (interestingness measures) ได้แก่ support (supp) และ confidence (conf) ซึ่งกำหนดไว้ที่ supp = 0.55 และ conf = 0.78 ค่าทั้งสองนี้เป็นค่าที่เหมาะสมจากการทดลองหลายค่า เพื่อให้สามารถดึงกฎที่มีความน่าสนใจและมีความหมายเชิงวิเคราะห์ออกมาได้ โดยในกรณีนี้ appearance = list(default = “lhs”, rhs = “Implementation=N”) กำหนดให้ตัวแปรที่ให้ปรากฏใน ด้านขวาของกฎ (Right-Hand Side *หรือ* RHS) คือ Implementation=N ซึ่งหมายความว่ากฎที่สร้างขึ้นทั้งหมดจะเป็นกฎที่มีการ ไม่ได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Implementation=N) เป็นผลลัพธ์ ขณะที่ ด้านซ้ายของกฎ (Left-Hand Side หรือ LHS) จะเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดการไม่มีบทบาทในพัฒนาซอฟต์แวร์

จากการใช้คำสั่ง inspect(block_no_rules) พบว่าได้กฎความสัมพันธ์ทั้งหมด 12 กฎ ตามภาพที่ 4 ซึ่งแต่ละกฎจะระบุถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลต่อการ ไม่มีบทบาทในการพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยค่า Support (supp = 0.55) หมายถึงสัดส่วนของธุรกรรมทั้งหมดที่มีกฎความสัมพันธ์นี้เกิดขึ้น กล่าวคือ กฎที่สร้าง

ขึ้นจะต้องปรากฏใน 55% ของข้อมูลทั้งหมด และค่า Confidence (conf = 0.78) หมายความว่า 78% ของกรณีที่เงื่อนไขด้านซ้ายของกฎเกิดขึ้น จะนำไปสู่ผลลัพธ์ที่ระบุไว้ในด้านขวาของกฎ ซึ่งค่า lift ที่ได้จากการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์อยู่ที่ 1.3 และ 1.4 ซึ่งหมายความว่า ความน่าจะเป็นที่เกิดเหตุการณ์ฝั่งขวา (RHS) เมื่อฝั่งซ้าย (LHS) ปรากฏขึ้น สูงกว่าความน่าจะเป็นของ RHS ที่เกิดขึ้นโดยบังเอิญเพียงเล็กน้อย

Description: df [12 × 8]

	lhs <chr>		rhs <chr>	support <dbl>	confidence <dbl>	coverage <dbl>	lift <dbl>
[1]	{BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.80	0.70	1.4
[2]	{BC_Cert=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.81	0.69	1.4
[3]	{BC_FIN=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.81	0.69	1.4
[4]	{BC_Reg=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.80	0.70	1.4
[5]	{BC_Cert=N, BC_FIN=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.83	0.68	1.4
[6]	{BC_Cert=N, BC_Reg=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.81	0.69	1.4
[7]	{BC_Reg=N, BC_FIN=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.81	0.69	1.4
[8]	{BC_Cert=N, BC_Resou=N, BC_Expert=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.78	0.72	1.3
[9]	{BC_Cert=N, BC_Reg=N, BC_FIN=N, BC_Phuket=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.83	0.68	1.4
[10]	{BC_Cert=N, BC_Resou=N, BC_FIN=N, BC_Expert=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.78	0.72	1.3
[11]	{BC_Cert=N, BC_Resou=N, BC_Reg=N, BC_Expert=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.78	0.72	1.3
[12]	{BC_Cert=N, BC_Resou=N, BC_Reg=N, BC_FIN=N, BC_Expert=N}	=>	{Implementation=N}	0.56	0.78	0.72	1.3

1-12 of 12 rows | 1-8 of 8 columns

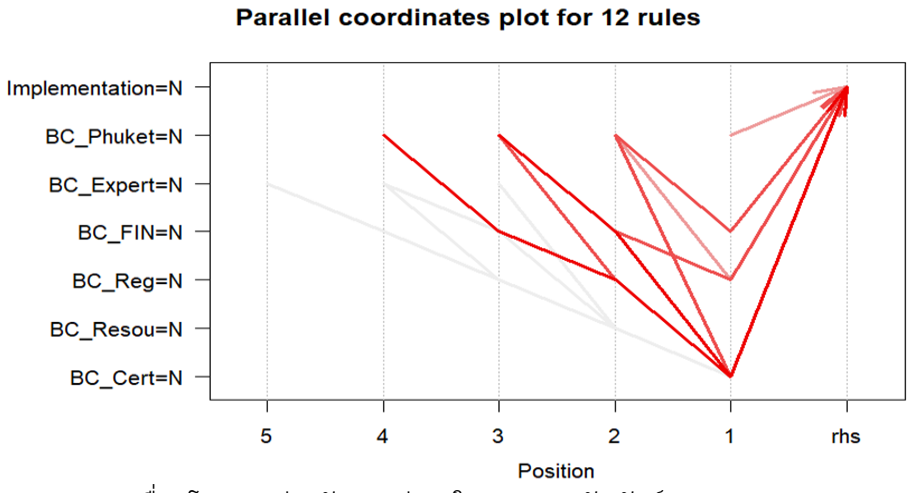
ภาพที่ 4 ตารางแสดงกฎความสัมพันธ์ 12 กฎ ที่ได้จากอัลกอริธึม Apriori

การนำเสนอกฎความสัมพันธ์

หลังจากที่ได้สร้างกฎความสัมพันธ์โดยใช้ Apriori Algorithm แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการแสดงผลกฎความสัมพันธ์ในรูปแบบภาพเพื่อให้เข้าใจโครงสร้างของข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยใช้คำสั่ง plot(block_no_rules, method = “paracoord”, control = list(reorder = TRUE)) คำสั่งนี้ใช้ Parallel Coordinates Plot (Paracoord Plot) ซึ่งเป็นกราฟที่ช่วยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยที่มีผล (LHS) และ ผลลัพธ์ (RHS) โดยใช้เส้นเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต่างๆ กราฟนี้ช่วยให้เห็นว่า ปัจจัยใดส่งผลต่อการไม่มีบทบาทในการพัฒนาซอฟต์แวร์ (Implementation = N) อย่างชัดเจน การกำหนด control = list(reorder = TRUE) ทำให้โปรแกรมจัดเรียงกฎโดยอัตโนมัติเพื่อให้การแสดงผลมีลำดับที่เหมาะสมและอ่านค่าได้ง่ายขึ้น

จากกราฟ Paracoord Plot ตามภาพที่ 5 พบว่า ปัจจัยสำคัญที่เชื่อมโยงกับการไม่ได้มีบทบาทในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ได้แก่การขาดทรัพยากรทางเทคโนโลยี (BC_Resou = N) การไม่มีความคุ้นเคยกับ Framework Blockchain (BC_Cert = N) ขาดงบประมาณสนับสนุน (BC_Fin = N) ขาดองค์กรผู้นำที่สนับสนุน Blockchain (BC_Reg = N) และ ความเชื่อมั่นต่ำต่อศักยภาพของตลาดภูเก็ต (BC_Phuket = N) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ นอกจากนี้ กราฟแสดงให้เห็นว่าปัจจัยบางอย่างมักเกิดขึ้นพร้อมกัน เช่น BC_Resou = N และ BC_Cert = N บ่งบอกว่าหากองค์กรขาดทรัพยากรทางเทคโนโลยี ก็มักจะขาดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ Blockchain ด้วย นอกจากนี้ การที่ BC_Phuket = N ปรากฏในกฎความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่า ความเชื่อมั่นของผู้ตอบต่อศักยภาพของตลาดภูเก็ตอาจเป็นอุปสรรคสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนา Blockchain ซึ่งอาจหมายถึงการขาดโครงการนำร่อง หรือการที่องค์กรในพื้นที่ยังไม่ได้รับการสนับสนุนเพียงพอ โดยรวมแล้ว Parallel Coordinates Plot เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้มและความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผล

ต่อการพัฒนา Blockchain ได้อย่างชัดเจน การวิเคราะห์นี้สามารถนำไปใช้ในการกำหนดกลยุทธ์สนับสนุนการใช้ Blockchain ในองค์กร เช่น การจัดหาเงินทุนสนับสนุน การเพิ่มโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยี การให้ความรู้เกี่ยวกับ Blockchain และการส่งเสริมความมั่นใจในตลาด Blockchain ของภูเก็ต



ภาพที่ 5 กราฟแสดงความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรต่างๆในกฎความสัมพันธ์

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีบล็อกเชนในจังหวัดภูเก็ตสามารถจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่ (1) ปัจจัยด้านบุคคลและทักษะของนักพัฒนา (เช่น ระดับประสบการณ์ในการพัฒนาซอฟต์แวร์และความคุ้นเคยกับบล็อกเชน) (2) ปัจจัยด้านองค์กรและทรัพยากร (เช่น ขนาดองค์กร การสนับสนุนจากผู้บริหาร และการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน) และ (3) ปัจจัยด้านกฎระเบียบและการสนับสนุนจากภาครัฐ (เช่น ความชัดเจนของกฎหมายและการยอมรับของตลาด) จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า องค์กรที่มีทรัพยากรทางเทคโนโลยีที่เพียงพอและได้รับการฝึกอบรมเกี่ยวกับบล็อกเชนมีแนวโน้มที่จะนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้มากขึ้น นอกจากนี้ การสนับสนุนจากภาครัฐและการมีกฎระเบียบที่ชัดเจน เป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อการยอมรับ อย่างไรก็ตาม อุปสรรคสำคัญที่พบ ได้แก่ ต้นทุนที่สูง ความซับซ้อนทางเทคนิค และการขาดบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญด้านบล็อกเชน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้หลายองค์กรยังลังเลที่จะลงทุนในเทคโนโลยีนี้

สรุปผล

การนำเทคโนโลยีบล็อกเชนไปใช้ในจังหวัดภูเก็ตมีความเป็นไปได้ เนื่องจากภูเก็ตเป็นเมืองที่มีความพร้อมในหลายด้าน อีกทั้งโครงการริเริ่มอย่าง Crypto Sandbox ยังแสดงให้เห็นถึงความพยายามของภาครัฐในการผลักดันให้ภูเก็ตเป็นศูนย์กลางของการพัฒนาและทดสอบเทคโนโลยีบล็อกเชนในประเทศไทย แต่การจะนำบล็อกเชนมาใช้อย่างแพร่หลาย ยังคงเผชิญกับอุปสรรคสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไข ได้แก่ การสนับสนุนจากภาครัฐ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการลงทุนและการพัฒนา ทรัพยากรองค์กร เช่น ฮาร์ดแวร์

ซอฟต์แวร์ และเงินทุน รวมถึงความพร้อมด้านบุคลากรโดยเฉพาะผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และความเชี่ยวชาญบล็อกเชน ก็เป็นอีกปัจจัยหลักที่กำหนดศักยภาพในการนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ และมีผลโดยตรงต่อความสำเร็จ

นอกจากนี้ ความไม่แน่นอนของกฎระเบียบ รวมถึงข้อจำกัดทางเทคนิค เช่น ความซับซ้อนของระบบและการขาดความสามารถในการบูรณาการกับโครงสร้างพื้นฐานไอทีเดิม ทำให้การนำบล็อกเชนมาใช้ในวงกว้างยังคงอยู่ในช่วงเริ่มต้นและไม่สามารถเติบโตได้อย่างเต็มศักยภาพ การส่งเสริมการฝึกอบรมและการพัฒนาทักษะบุคลากรในท้องถิ่นก็เป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ที่จะช่วยลดช่องว่างของการขาดแคลนผู้เชี่ยวชาญ หากสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ก็จะช่วยให้ภูเก็ตกลายเป็นศูนย์กลางเทคโนโลยีบล็อกเชนที่แข็งแกร่ง และมีศักยภาพได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบพระคุณอย่างสูงต่อ รศ.ดร.พิทา จารุพูนผล ผศ.ดร.วิภาวรรณ บัวทอง ดร.ณ สิทธิ์ เหล่าเส็น คณะอาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะอันทรงคุณค่า และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ในภูเก็ตทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

Agrawal, R., Imielinski, T., & Swami, A. (1993). Mining association rules between sets of items in large databases. ACM SIGMOD Record, 22(2), 207–216. https://doi.org/10.1145/170036.170072

Bangkok Post. (2025, January 19). Crypto 'sandbox' to be launched later this year in Phuket. Retrieved from https://www.bangkokpost.com/business/general/2942782/crypto-sandbox-to-be-launched-later-this-year-in-phuket

Casino, F., Dasaklis, T. K., & Patsakis, C. (2019). A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification, and open issues. Telecommunications Policy, 42(10), 188-204. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2018.11.006

Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2022). Data mining: Concepts and techniques (4th ed.). Morgan Kaufmann. https://doi.org/10.1016/C2017-0-01759-5

IBM. (2024). What is blockchain? IBM. Retrieved from https://www.ibm.com/think/topics/blockchain

McKinsey & Company. (2024). What is blockchain technology? Retrieved from https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-blockchain

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Bitcoin.org. https://bitcoin.org/bitcoin.pdf

National Institute of Standards and Technology. (2018). Blockchain technology overview. NIST. Retrieved from https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2018/nist.ir.8202.pdf

The Securities and Exchange Commission Thailand. (2023). Blockchain regulations and policy framework in Thailand. https://www.sec.or.th

Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action. Supply Chain Management: An International Journal, 23(6), 545-559. https://doi.org/10.1108/SCM-01-2018-0029

TAM เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแชตบอตให้ข้อมูลห้องพักและอาหาร: กรณีศึกษาโรงแรมเดอะแกลอลี่ ในหาน

TAM for understanding factors affecting the acceptance of chatbots for providing Room and Food Information: A Case Study of The Gallery Hotel Nai Harn.

อทิพร เข็มทอง[1*] พิทา จารุพูนผล[1] วิภาวรรณ บัวทอง[1] ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[1]

Athiphorn Khemthong[1*] Pita Jarupunphol[1] Wipawan Buathong[1] Nasith Laosen[1]

[1] **คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ต.รัษฎา อ.เมือง ภูเก็ต 83000**

[1] **Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6 T. Ratsada, Muang District, Phuket 83000**

***Corresponding author E-mail: s6381423109@pkru.ac.th**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้แชตบอตในการให้บริการข้อมูลห้องพักและอาหารภายในโรงแรมเดอะแกลอลี่ในหานโดยใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณการศึกษานี้เริ่มต้นจากการสอบถามผู้มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อพัฒนาต้นแบบแชตบอตที่ให้บริการข้อมูลเกี่ยวกับที่พักและอาหารของโรงแรมตลอด 24 ชั่วโมง 7 วัน ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมผ่านแบบสอบถามเพื่อศึกษาถึงปัจจัยการยอมรับเทคโนโลยีภายใต้กรอบแนวคิดทฤษฎี TAM ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มเพศหญิงมีความสนใจหรือการยอมรับเทคโนโลยีแชตบอตมากกว่าในด้านอายุ กลุ่มอายุ 31 – 40 ปี เป็นกลุ่มหลักที่ใช้งานแชตบอตมากที่สุด ส่วนปัจจัยด้านรายได้ พบว่า กลุ่มรายได้ 15,000–30,000 บาท เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่มีศักยภาพสูงสุด นอกจากนี้ปัจจัยด้านประสบการณ์การใช้งานแชตบอตพบว่าผู้ที่มีประสบการณ์การใช้แชตบอตมาก่อนมีสัดส่วนที่สูงกว่า สะท้อนถึงความคุ้นเคยและความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีแชตบอตที่มากขึ้นในกลุ่มผู้ใช้ที่มีประสบการณ์ ผลการวิเคราะห์ SEM พบว่าความง่ายต่อการใช้งาน (PEOU) มีบทบาทสำคัญที่สุด โดยส่งผลต่อทั้ง ความรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) และเจตคติในการใช้งาน (ITU)

คำสำคัญ : ทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี แชตบอต ปัญญาประดิษฐ์ โมเดลสมการโครงสร้าง

Abstract

This research aims to investigate the factors influencing the acceptance of using chatbots for providing room and Food information services at The Gallery Hotel in Han, employing a quantitative research methodology. The study began by consulting stakeholders to develop a chatbot prototype that offers 24/7 information on hotel Room and Food. Data were collected

through questionnaires to examine technology acceptance factors under the framework of the Technology Acceptance Model (TAM). The findings revealed that females showed greater interest in or acceptance of the chatbot technology for room and Food information. In terms of age, the primary users of the chatbot were in the 31–40 age group. Regarding income, the target group with the highest potential was those earning between 15,000–30,000 baht. Additionally, the factor of prior chatbot usage experience indicated that users with previous experience had a higher proportion, reflecting greater familiarity and confidence in chatbot technology among experienced users. The Structural Equation Modeling (SEM) analysis highlighted that Perceived Ease of Use (PEOU) played the most significant role, influencing Perceived Usefulness (PU), Attitude Toward Using (ATU), and Intention to Use (ITU).

Keywords : TAM, Chatbot, Artificial Intelligence (AI), Structural Equation Modelling (SEM)

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน เทคโนโลยีดิจิทัลได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการให้บริการและการติดต่อสื่อสารกับลูกค้า แชตบอต (**Chatbot)** ได้รับการพัฒนาและนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากแชตบอตสามารถให้บริการได้ตลอด 24 ชั่วโมง 7 วัน การพัฒนาต้นแบบแชตบอตจากประสบการณ์ของเจ้าของกิจการถือเป็นการนำข้อมูลและความรู้จากการตอบคำถามที่พบบ่อยจากลูกค้ามารวบรวมและจัดหมวดหมู่ เพื่อใช้ในการตอบกลับโดยอัตโนมัติผ่านช่องทางที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดพัฒนาต้นแบบแชตบอตสำหรับให้ข้อมูลที่พักและอาหารสำหรับโรงแรมเดอะแกลอลี่ ในหาน โดยสร้างต้นแบบแชตบอตชื่อ “ **Gallery Hotel Bot”** ซึ่งทำหน้าที่ให้ข้อมูลห้องพักและอาหารภายในโรงแรม อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาและเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมของลูกค้าผู้ใช้บริการ จำเป็นต้องอาศัยกรอบแนวคิดทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (**Technology Acceptance Model: TAM)** เพื่อวิเคราะห์และอธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและใช้งานแชตบอต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบแชตบอตให้ข้อมูลเกี่ยวกับที่พักและอาหารภายในโรงแรม The Gallary Hotel Naiharn
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการใช้แชตบอตในบริบทของโรงแรม โดยใช้ โมเดล TAM

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้จะมุ่งเน้นในการศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับการใช้แชตบอต เพื่อให้เข้าใจถึงทัศนคติและพฤติกรรมของผู้ใช้บริการ โดยใช้กรอบแนวคิด TAM (Technology Acceptance Model) ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากรในที่นี้คือกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแชตบอตโรงแรม ลูกค้าที่พักในโรงแรม ผู้ที่เคยพักหรือมีแนวโน้มจะพักที่โรงแรม จำนวน 200 คน ขึ้นไป ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบ

ง่าย ขอบเขตด้านเทคโนโลยี งานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาการใช้แชตบอตในรูปแบบที่สามารถทำงานได้ตลอด 24 ชั่วโมง 7 วัน โดยเน้นการใช้เทคโนโลยีที่เข้าถึงง่ายและสามารถปรับตัวให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้บริการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ใช้วิธีวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยเก็บข้อมูลผ่านแบบสอบถามที่ส่งถึงกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งถูกเลือกด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Sampling) ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย ดังนี้

การเก็บรวบรวมความต้องการ

ขั้นตอนแรกของการวิจัยคือ การเก็บรวบรวมความต้องการ (Requirement Gathering) เกี่ยวกับการพัฒนาแชตบอต โดยมุ่งเน้นไปที่การรวบรวมข้อมูลจาก เจ้าของโรงแรมและผู้บริหาร ของ The Gallery Hotel Nai Harn รวมทั้งหมด 3 คน การเก็บข้อมูลในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำความเข้าใจความต้องการของธุรกิจโรงแรม และ ระบุข้อมูลที่สำคัญสำหรับการให้บริการลูกค้าผ่านแชตบอต

วิธีการเก็บข้อมูลใช้ การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) และการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับ:

- ประเภทข้อมูลที่ต้องการให้แชตบอตให้บริการ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับประเภทห้องพัก ราคา สิ่งอำนวยความสะดวก และเมนูอาหาร
- ลักษณะการโต้ตอบของแชตบอต เช่น คำถามที่พบบ่อย (FAQ) และวิธีการตอบสนองต่อคำขอของลูกค้า
- แพลตฟอร์มที่เหมาะสมในการใช้งาน โดยพิจารณาว่าลูกค้าของโรงแรมมีแนวโน้มใช้ช่องทางไหนมากที่สุด (เช่น LINE Official Account)
- ฟีดแบ็กและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานเทคโนโลยี AI เพื่อให้แน่ใจว่าแชตบอตสามารถตอบสนองความต้องการของทั้งโรงแรมและลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กระบวนการเก็บข้อมูลนี้ใช้เวลา 2 เดือน ระหว่าง มิถุนายน - สิงหาคม 2566 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นช่วงที่โรงแรมมีการดำเนินธุรกิจตามปกติ ทำให้สามารถรวบรวมความคิดเห็นจากผู้บริหารที่เกี่ยวข้องได้อย่างครอบคลุม ข้อมูลที่ได้รับจากขั้นตอนนี้ถูกนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาแชตบอตให้เหมาะสมกับบริบทของธุรกิจโรงแรมโดยเฉพาะ

การพัฒนาต้นแบบแชตบอต

การพัฒนาต้นแบบแชตบอตเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับที่พักและอาหารของโรงแรม The Gallery Hotel Nai Harn ดำเนินการตามกระบวนการที่เป็นระบบ โดยใช้ LINE Official Account (LINE OA) เป็นแพลตฟอร์มหลักสำหรับการให้บริการลูกค้า ขั้นตอนการพัฒนาต้นแบบแชตบอตนี้ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 4 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2566 ถึงกุมภาพันธ์ 2567 เพื่อให้แน่ใจว่าแชตบอตสามารถตอบสนองต่อความต้องการของทั้งผู้บริหารโรงแรมและลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยขั้นตอนแรกของการพัฒนาคือ การกำหนดวัตถุประสงค์ของแชตบอต โดย

เน้นที่การให้บริการข้อมูลเกี่ยวกับ ที่พักและอาหารของโรงแรม อย่างครบถ้วนและสะดวกต่อผู้ใช้ แชตบอตต้องสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับ ประเภทห้องพัก ราคา สิ่งอำนวยความสะดวก เมนูอาหาร โปรโมชั่น และบริการเสริมอื่น ๆ ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ การกำหนดวัตถุประสงค์นี้อ้างอิงจากข้อมูลที่รวบรวมจากเจ้าของโรงแรมและผู้บริหาร เพื่อให้มั่นใจว่าแชตบอตสามารถตอบโจทย์ทางธุรกิจของโรงแรมได้อย่างแท้จริง

เมื่อกำหนดวัตถุประสงค์เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการทำงานของแชตบอต ซึ่งรวมถึงข้อมูลเกี่ยวกับห้องพัก อาหาร และบริการต่าง ๆ ภายในโรงแรม แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสำรวจประกอบด้วย 1) เว็บไซต์ของโรงแรม เพื่อดึงข้อมูลที่เป็นปัจจุบันเกี่ยวกับห้องพักและเมนูอาหาร 2) API และฐานข้อมูลภายในของโรงแรม เพื่อให้แชตบอตสามารถเข้าถึงข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ และ 3) รีวิวและคำถามที่พบบ่อยจากลูกค้า เพื่อให้แชตบอตสามารถตอบสนองต่อข้อสงสัยของลูกค้าได้อย่างครบถ้วน หลังจากรวบรวมข้อมูลแล้ว ทีมพัฒนาได้ทำการ ออกแบบ Flow การโต้ตอบของแชตบอต เพื่อให้สามารถสื่อสารกับผู้ใช้ได้อย่างเป็นธรรมชาติและมีประสิทธิภาพ การออกแบบ Flow นี้กำหนดให้แชตบอตสามารถทำงานในรูปแบบข้อความอัตโนมัติ (Automated Responses) และ การแสดงผลแบบอินเทอร์แอคทีฟ

ขั้นตอนสุดท้ายคือ การพัฒนาระบบแชตบอต โดยใช้ LINE Messaging API เพื่อเชื่อมต่อแชตบอตกับ LINE Official Account ของโรงแรม ทีมพัฒนาได้ทำการ เขียนโค้ดและสร้างระบบประมวลผลข้อความ ให้สามารถตอบกลับข้อความของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นได้ทำ การทดสอบระบบ (Testing Phase) โดยให้กลุ่มผู้ใช้ทดลองใช้งานจริง ซึ่งประกอบด้วย 1) พนักงานโรงแรม เพื่อประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่แชตบอตให้บริการ และ 2) ลูกค้าโรงแรมกลุ่มเล็ก เพื่อทดสอบประสบการณ์การใช้งาน ซึ่งการทดสอบนี้ช่วยให้สามารถปรับปรุงและแก้ไขข้อผิดพลาดก่อนนำแชตบอตไปใช้งานจริง โดยมุ่งเน้นที่ ความถูกต้องของข้อมูล ความรวดเร็วในการตอบสนอง และประสิทธิภาพของส่วนปฏิสัมพันธ์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากผ่านกระบวนการพัฒนาและทดสอบต้นแบบแชตบอต Gallery Hotel Bot แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการ เก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้ใช้งานจริง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับและใช้งานแชตบอตภายในบริบทของโรงแรม The Gallery Hotel Nai Harn โดยอ้างอิงจาก Technology Acceptance Model (TAM) ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลนี้ดำเนินการเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม 2567 โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมิน ประสบการณ์การใช้งาน (User Experience) และทัศนคติของผู้ใช้ต่อแชตบอต กระบวนการเก็บข้อมูลเริ่มต้นด้วยการ นำแชตบอตไปทดสอบกับกลุ่มผู้ใช้จริง ซึ่งประกอบด้วย ลูกค้าโรงแรมที่เข้าพักในช่วงเวลาดังกล่าว ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่ใช้บริการแชตบอตเพื่อสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับห้องพัก อาหาร และบริการต่าง ๆ และพนักงานโรงแรม เพื่อประเมินความสามารถของแชตบอตในการตอบสนองต่อคำถามและความแม่นยำของข้อมูล ผู้ใช้กลุ่มดังกล่าวได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับวิธีการใช้งานแชตบอต ผ่าน LINE Official Account (LINE OA) ของโรงแรม ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มหลักในการให้บริการแชตบอต จากนั้นพวกเขาได้รับโอกาสให้โต้ตอบกับแชตบอตในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เช่น การสอบถามเกี่ยวกับ

ประเภทห้องพัก ราคา โปรโมชั่น สิ่งอำนวยความสะดวก และเมนูอาหาร รวมถึงการทดสอบความสามารถของแชตบอตในการให้คำตอบที่ถูกต้องและตรงกับความต้องการของลูกค้า

หลังจากที่ผู้ใช้งานได้ทดลองใช้แชตบอตแล้ว ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นภายใต้กรอบแนวคิด TAM เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับแชตบอต ข้อมูลที่เก็บรวบรวมครอบคลุมตัวแปรสำคัญ ได้แก่ การรับรู้ของผู้ใช้ว่าแชตบอตใช้งานง่ายและสะดวกเพียงใด (PEOU) ความรู้สึกของผู้ใช้ว่าแชตบอตให้ประโยชน์ในการค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับโรงแรม (PU) ทัศนคติของผู้ใช้ต่อการใช้แชตบอต เช่น ความพึงพอใจและความมั่นใจในการใช้งาน (ATU) และความตั้งใจของผู้ใช้ที่จะใช้แชตบอตอีกในอนาคต (ITU)

เพื่อให้การเก็บข้อมูลมีความครอบคลุมและแม่นยำ ผู้วิจัยได้ใช้การแจกแบบสอบถามในรูปแบบออนไลน์ที่ถูกเผยแพร่ผ่านช่องทางโซเชียลมีเดียของโรงแรม เช่น Facebook และ LINE Official Account ซึ่งในระหว่างกระบวนการเก็บข้อมูล มีการติดตามและรวบรวมความคิดเห็นของผู้ใช้ ผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) กับกลุ่มตัวอย่างบางส่วนเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับจุดเด่นและจุดที่ควรปรับปรุงของแชตบอต นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้งานแชตบอตผ่าน Log Data เพื่อตรวจสอบว่าผู้ใช้มีปฏิสัมพันธ์กับแชตบอตอย่างไร เช่น คำถามที่ถูกถามบ่อยที่สุด หรือปัญหาที่พบระหว่างการใช้งาน

การออกแบบเครื่องมือรวบรวมข้อมูล

การออกแบบเครื่องมือรวบรวมข้อมูลเป็นขั้นตอนสำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนและมีความน่าเชื่อถือ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบเครื่องมือในช่วงระยะเวลา 2 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน 2567 โดยเน้นพัฒนาแบบสอบถามที่สามารถสะท้อนปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้งานแชตบอตได้อย่างแม่นยำ ซึ่งขั้นตอนแรกของการออกแบบเครื่องมือ คือ การกำหนดตัวแปรและข้อมูลพื้นฐานที่ต้องเก็บรวบรวม ผู้วิจัยเริ่มต้นด้วยการเก็บข้อมูลประชากรศาสตร์ของผู้เข้าร่วมการศึกษา ซึ่งประกอบด้วย อายุ เพศ รายได้ และประสบการณ์การใช้งานแชตบอต เพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับกลุ่มตัวอย่างและนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการวิเคราะห์เชิงบริบท นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแชตบอตผ่านกรอบแนวคิด TAM ซึ่งครอบคลุมตัวแปรสำคัญ ได้แก่ 1) ความง่ายต่อการใช้งานที่รับรู้ (Perceived Ease of Use - PEOU) 2) ความเป็นประโยชน์ที่รับรู้ (Perceived Usefulness - PU) 3) ทัศนคติต่อการใช้งาน (Attitude Towards Using - ATU) และ 4) ความตั้งใจใช้งาน (Intention to Use - ITU) จากนั้น ผู้วิจัยได้ พัฒนาแบบสอบถาม เพื่อใช้วัดปัจจัยข้างต้น โดยออกแบบคำถามให้ครอบคลุมแต่ละตัวแปรและใช้มาตรวัดแบบ Likert Scale 7 ระดับ เพื่อให้สามารถประเมินระดับความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามได้อย่างละเอียด แบบสอบถามที่พัฒนาขึ้นถูกเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์จำนวน 3 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีเพื่อการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาพิเศษ โดยกลุ่มผู้ทรงคุณวุฒิได้ทำการ ประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมของแบบสอบถามสำหรับการใช้งานจริง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งกำหนดให้ต้องมีค่า มากกว่า 0.8 ขึ้นไป เพื่อรับรองว่าแบบสอบถามมีความถูกต้อง สามารถสะท้อนปัจจัยที่ศึกษาได้อย่างแม่นยำ และมีความน่าเชื่อถือเพียงพอสำหรับการนำไปใช้เก็บข้อมูลจริงในขั้นตอนถัดไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้แชตบอตให้ข้อมูลที่พักและอาหารของโรงแรม The Gallery Hotel Naiharn ประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ การใช้สถิติพื้นฐานและการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modelling: SEM) โดยข้อมูลประชากรศาสตร์ เช่น อายุ เพศ รายได้ และประสบการณ์การใช้งานเทคโนโลยี จะถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติพื้นฐานเพื่อให้เห็นภาพรวมของกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย ในขณะที่ SEM ถูกใช้สำหรับประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและการใช้งานแชตบอตให้ข้อมูลที่พักและอาหารของโรงแรม โดยชุดคำถามในแบบสอบถามใช้มาตรวัดระดับ Likert 7 ระดับ ปัจจัยเหล่านี้ครอบคลุมถึง ความง่ายในการใช้งานที่รับรู้ (Perceived Ease of Use – PEOU) การรับรู้ถึงประโยชน์ (Perceived Usefulness – PU) ทัศนคติต่อการใช้ (Attitude Toward Use – ATU) และความตั้งใจเชิงพฤติกรรมที่จะใช้ (Behavioral Intention to Use – ITU) นอกจากนี้มีการประเมินความเชื่อมั่นของชุดคำถามด้วยการคำนวณค่า Cronbach's α ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ใช้ตรวจสอบความสอดคล้องภายในของคำถามในแต่ละปัจจัย โดยผลการวิเคราะห์ยืนยันว่าชุดคำถามที่ใช้มีความน่าเชื่อถือและสามารถสะท้อนความคิดเห็นของกลุ่มเป้าหมายได้อย่างแม่นยำ การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของโมเดล (Model Fit Indices) เป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยประเมินว่าโมเดลที่พัฒนาขึ้นสามารถสะท้อนความสัมพันธ์ในข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ดีเพียงใด (Shi et al., 2019) ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินค่าความเหมาะสมของโมเดลประกอบด้วยหลายมิติ ตัวชี้วัดเหล่านี้ทำให้สามารถวิเคราะห์ความเหมาะสมของโมเดลได้อย่างครอบคลุม หลังจากนั้น จึงใช้สถิติพื้นฐานในการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรโดยใช้การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) หรือการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis) เพื่อศึกษาว่า PEOU และ PU ส่งผลต่อ ATU และ ITU อย่างไร และ ITU ส่งผลต่อ USE อย่างไร การใช้ตัวชี้วัดต่าง ๆ เหล่านี้ร่วมกันช่วยให้กระบวนการประเมินโมเดลมีความน่าเชื่อถือและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การใช้ตัวชี้วัดทั้งจากสถิติพื้นฐานและ SEM ช่วยเสริมความมั่นใจในความถูกต้องและความแม่นยำของผลการวิเคราะห์

ผลการวิจัย

ต้นแบบแชตบอต ภายใต้ ชื่อ Gallery Hotel Bot เพื่อให้บริการข้อมูลเกี่ยวกับที่พักและอาหารของโรงแรมตลอด 24 ชั่วโมง 7 วันผู้วิจัยจึงได้แนวคิดในการพัฒนาต้นแบบแชตบอตที่ถูกออกแบบมาเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ใน 3 หัวข้อหลัก ดังนี้

1. Room ห้องพัก แชตบอตจะแสดงข้อมูลห้องพักในรูปแบบของ Carousel Template ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถดูข้อมูลห้องพักให้ง่ายดายและเป็นระเบียบ โดยเรียงลำดับ ประเภทห้องพักจาก Deluxe และGrand Deluxe พร้อมแสดงรายละเอียดสิ่งอำนวยความสะดวกภายในห้องพักแต่ละประเภท ราคา และนอกจากนี้ยัง

รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกอื่นๆ ภายในโรงแรม เช่น สระว่ายน้ำ 2 สระ (สระผู้ใหญ่ และ สระเด็ก) ห้องฟิตเนส ห้องอาหาร ห้อง Kid club

2. Food & Drinks อาหารและเครื่องดื่ม แชตบอตจะ แสดง เมนูอาหารและเครื่องดื่ม ในรูปแบบของ Carousel Template เช่นเดียวกัน ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถดูเมนูได้อย่างสะดวกรวดเร็ว โดยแสดงทั้งข้อความและภาพประกอบแต่ละเมนู เพื่อให้ผู้ใช้ตัดสินใจเลือกได้ง่ายขึ้น

3. Contact ช่องทางการติดต่อ แชตบอตจะให้ข้อมูลช่องทางการติดต่อทางโรงแรมทุกช่องทาง ได้แก่ เบอร์โทรศัพท์: มีปุ่มทางลัดเพื่อโทรหาทางโรงแรมได้ทันที อีเมล์ที่แสดงข้อความและลิงค์เพื่อส่งอีเมล์ถึงทางโรงแรม ที่อยู่ที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งของโรงแรม ในรูปแบบแผนที่ และเว็บไซด์ ที่แสดงลิงค์ไปยังเว็บไซด์ของทางโรงแรม

ภาพที่ 1 แสดงผังโครงสร้างต้นแบบแชตบอต Gallery Hotel Bot

แบบสอบถามจำนวน 258 คน โดยสามารถแบ่งเป็นเพศหญิง 143 คน (55.40%) เพศชาย 105 คน 40.70% และไม่ระบุ 10 คนมีสัดส่วนเพียง 3.90% จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามเพศหญิง (F) มีสัดส่วนการใช้งานแชตบอตสูงที่สุด ซึ่งอาจสะท้อนว่าเพศหญิงมีแนวโน้มที่จะใช้แชตบอตมากกว่าเพศชาย หรืออาจมีความสนใจในบริการหรือฟีเจอร์ที่แชตบอตนำเสนอมากกว่า

ข้อมูลด้านอายุ พบว่า กลุ่มอายุ 31 – 40 ปี เป็นกลุ่มหลักที่ใช้งานแชตบอตมากที่สุด เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ใช้งานเทคโนโลยีบ่อยและคุ้นเคยกับการสื่อสารแบบออนไลน์ กลุ่มอายุ 20 – 30 ปี เป็นกลุ่มรองลงมา ที่มักเปิดรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ และชอบความรวดเร็ว กลุ่มอายุ 41 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนการใช้งานน้อยลง เนื่องจากอาจยัง

ไม่คุ้นเคยหรือไม่สะดวกในการใช้แชตบอต การออกแบบแชตบอตควรคำนึงถึงความต้องการและพฤติกรรมของแต่ละกลุ่มอายุ เพื่อสามารถให้ตอบโจทย์ผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยด้านรายได้พบว่า กลุ่มรายได้ 15,000–30,000 บาท เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่มีศักยภาพสูงสุด เนื่องจากมีสัดส่วนมากที่สุด (48.10%) และมีความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยี กลุ่มรายได้ 35,001–45,000 บาท เป็นกลุ่มรองที่มีศักยภาพ แต่มีสัดส่วนน้อยลง (36%) กลุ่มรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท และ กลุ่มรายได้สูงกว่า 45,001 บาท มีสัดส่วนน้อยและอาจไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายหลัก เนื่องจากข้อจำกัดด้านรายได้หรือขนาดกลุ่มที่เล็กเกินไป

การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นของชุดคำถาม ค่า Scale Reliability Statistics ที่แสดงในงานวิจัยนี้สะท้อนถึงความสอดคล้องและความเชื่อถือได้ของชุดคำถาม (หรือมาตรวัด) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล โดยค่าที่สำคัญคือ ค่า Cronbach's α เท่ากับ 0.956 แสดงให้เห็นว่าชุดคำถามที่ใช้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันอย่างดีเยี่ยม ส่งผลให้การวัดตัวแปรในงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้สนับสนุนผลการวิจัยได้อย่างมั่นใจและ McDonald's ω เท่ากับ 0.957 ค่านี้ยืนยันว่าชุดคำถามที่ใช้ในงานวิจัยมีความสอดคล้องภายในสูง และสามารถวัดตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้อย่างแม่นยำและเชื่อถือได้ ความสอดคล้องและความเชื่อถือได้ของชุดคำถามที่สูงในงานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีคุณภาพสูง การประเมินค่าความเหมาะสมของโมเดล ค่าความเหมาะสมของโมเดล (Model Fit) โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยเฉพาะค่า CFI (0.977), TLI (0.920), RNI (0.977) และ GFI (1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดี อย่างไรก็ตาม ค่า RMSEA (0.88) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (≤ 0.06–0.08) อาจบ่งชี้ถึงความไม่เหมาะสมบางประการในโครงสร้างของโมเดล เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางคู่อาจไม่ได้รับการอธิบายอย่างครบถ้วน ซึ่งควรได้รับการตรวจสอบและปรับปรุงเพิ่มเติมในงานวิจัยอนาคต

การวิเคราะห์แบบสมการโครงสร้าง (SEM) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาและประเมินปัจจัยที่ส่งผลต่อความตั้งใจในการใช้งาน (Intention to Use: ITU) แชตบอตให้ข้อมูลห้องพักและอาหาร โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ทัศนคติต่อการใช้งาน (Attitude Towards Using: ATU) ความเป็นประโยชน์ที่รับรู้ (Perceived Usefulness: PU) และความง่ายในการใช้งานที่รับรู้ (Perceived Ease of Use: PEOU) ตาราง 1 แสดงผลการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างสมการ (SEM) ในบริบทปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับแชตบอตให้ข้อมูลห้องพักและอาหารของลูกค้า สามารถประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการยอมรับเทคโนโลยี โดยอาศัยกรอบแนวคิด TAM ดังนี้

1. ความง่ายต่อการใช้งาน (PEOU) มีผลกระทบโดยตรงต่อความรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) ด้วยค่า Estimate = 0.662, β = 0.655 และ $p < .001$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลูกค้ารู้สึกว่าแชตบอตใช้งานง่าย จะรับรู้ถึงประโยชน์ของแชตบอตมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เช่น การช่วยค้นหาข้อมูลห้องพักและอาหารได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ

2. ความรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) ส่งผลต่อ ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) ด้วยค่า Estimate = 0.382, β = 0.384 และ p < .001 ซึ่งหมายความว่าเมื่อลูกค้าเห็นว่าแชตบอตมีประโยชน์ เช่น ช่วยประหยัดเวลาในการค้นหาข้อมูล พวกเขาจะมีทัศนคติที่ดีต่อการใช้งานแชตบอตในโรงแรม

3. ความง่ายต่อการใช้งาน (PEOU) ยังส่งผลโดยตรงต่อทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) ด้วยค่า Estimate = 0.349, β = 0.346 และ p < .001 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสะดวกสบายในการใช้งานแชตบอต เช่น การตอบสนองที่รวดเร็วและการใช้งานที่ไม่ซับซ้อน มีผลต่อการสร้างทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้งาน

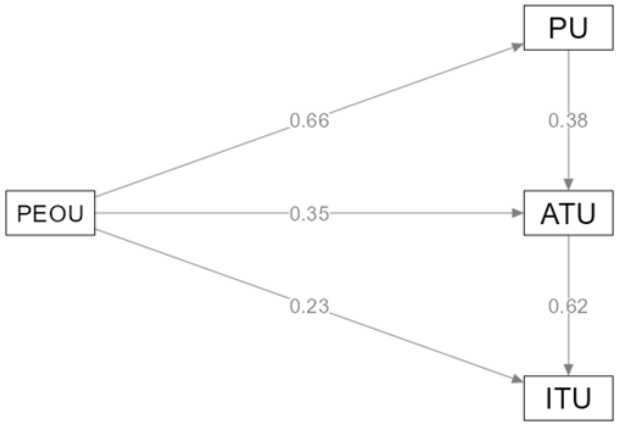
4. ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) ส่งผลต่อเจตคติในการใช้งาน (ITU) ด้วยค่า Estimate = 0.618, β = 0.510 และ p < .001 ซึ่งบ่งชี้ว่าทัศนคติเชิงบวกต่อการใช้งานแชตบอตเป็นปัจจัยสำคัญที่กระตุ้นให้ลูกค้ามีเจตคติที่จะใช้งานแชตบอตในอนาคต เช่น การเลือกห้องพักหรือสอบถามข้อมูลผ่านแชตบอต

5. ความง่ายต่อการใช้งาน (PEOU) ส่งผลโดยตรงต่อเจตคติในการใช้งาน (ITU) ด้วยค่า Estimate = 0.228, β = 0.187 และ p = 0.002 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสะดวกในการใช้งานแชตบอต เช่น อินเทอร์เฟซที่เข้าใจง่ายและการตอบคำถามที่ตรงประเด็น มีผลต่อการสร้างเจตคติในการใช้งานแชตบอตในระยะยาว

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์แบบสมการโครงสร้าง (SME)

				95% Confidence Intervals				
Dep	**Pred**	**Estimate**	**SE**	**Lower**	**Upper**	**β**	**z**	**p**
ITU	ATU	0.618	0.0724	0.4760	0.760	0.510	8.54	<.001
ITU	PEOU	0.228	0.0729	0.0850	0.371	0.187	3.12	0.002
ATU	PU	0.382	0.0615	0.2620	0.503	0.384	6.22	<.001
ATU	PEOU	0.349	0.0621	0.2269	0.470	0.346	5.61	<.001
PU	PEOU	0.662	0.0475	0.5693	0.756	0.655	13.94	<.001

จากการวิเคราะห์ SEM ในบริบทงานวิจัยนี้ พบว่าความง่ายต่อการใช้งาน (PEOU) เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อทั้งความรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) และ เจตคติในการใช้งาน (ITU) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มลูกค้าที่มองหาความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการค้นหาข้อมูลห้องพักและอาหาร นอกจากนี้ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อเจตคติในการใช้งาน (ITU) ซึ่งสะท้อนถึงความสำคัญของการออกแบบแชตบอตให้มีประสิทธิภาพและตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งาน เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ที่ดีและเพิ่มโอกาสในการยอมรับเทคโนโลยีในโรงแรมเดอะแกลอลี่ ในหาน ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ผลการวิเคราะห์โมเดลโครงสร้างสมการ (SEM) ดังตาราง และ สามารถแสดงผลด้วย Path Analysis ดังภาพ



ภาพที่ 2 แบบจำลองเส้นทางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรการวิเคราะห์เส้นทาง (Path Analysis)

วิจารณ์ผล

ผลวิจัยนี้ศึกษาการใช้แชตบอตในกลุ่มตัวอย่าง 258 คน พบว่าเพศหญิงมีสัดส่วนการใช้สูงกว่าเพศชาย กลุ่มอายุ 31–40 ปีเป็นกลุ่มหลักที่ใช้งานมากที่สุด เนื่องจากคุ้นเคยกับเทคโนโลยี ในขณะที่กลุ่มอายุ 41 ปีขึ้นไปใช้น้อยลง อาจเพราะไม่สะดวกหรือไม่คุ้นเคย ด้านรายได้ กลุ่มที่มีรายได้ 15,000–30,000 บาทเป็นกลุ่มเป้าหมายหลัก (48.10%) เนื่องจากมีศักยภาพในการเข้าถึงเทคโนโลยี ส่วนผู้ที่มีประสบการณ์ใช้แชตบอตมาก่อนมีสัดส่วนสูงกว่า (171 คน) สะท้อนความคุ้นเคยและความเชื่อมั่นในเทคโนโลยี การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นพบว่าค่า Cronbach's α และ McDonald's ω สูง (0.956 และ 0.957) แสดงความสอดคล้องภายในของคำถาม ส่วนการวิเคราะห์ SEM ชี้ว่าทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) เป็นปัจจัยสำคัญที่สุดที่ส่งผลต่อเจตคติในการใช้งาน (ITU) โดยรวมโมเดลมีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือ

ค่าความเหมาะสมของโมเดล (Model Fit) โดยรวมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยเฉพาะค่า CFI (0.977), TLI (0.920), RNI (0.977) และ GFI (1) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดี อย่างไรก็ตาม ค่า RMSEA (0.88) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (≤ 0.06–0.08) อาจบ่งชี้ถึงความไม่เหมาะสมบางประการในโครงสร้างของโมเดล เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรบางคู่อาจไม่ได้รับการอธิบายอย่างครบถ้วน ซึ่งควรได้รับการตรวจสอบและปรับปรุงเพิ่มเติมในงานวิจัยอนาคต

สรุปผล

ข้อมูลเชิงสถิติเกี่ยวกับประชากรที่ตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับการใช้แชตบอตให้ข้อมูลห้องพักและอาหาร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามมีจำนวนทั้งสิ้น 258 คน เพศหญิง จำนวน 143 คน เพศชาย (M) มีจำนวน 105 คน

และไม่ระบุ ข้อมูลนี้สะท้อนถึงความสนใจหรือการยอมรับเทคโนโลยีแชตบอตในกลุ่มเพศหญิงที่มีมากกว่า จากข้อมูลปัจจัยด้านอายุพบว่า กลุ่มอายุ 31 – 40 ปี เป็นกลุ่มหลักที่ใช้งานแชตบอตมากที่สุด เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ใช้งานเทคโนโลยีบ่อยและคุ้นเคยกับการสื่อสารแบบออนไลน์ กลุ่มอายุ 20 – 30 ปี เป็นกลุ่มรองลงมา ที่มักเปิดรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ และชอบความรวดเร็ว กลุ่มอายุ 41 ปีขึ้นไป มีสัดส่วนการใช้งานน้อยลง เนื่องจากอาจยังไม่คุ้นเคยหรือไม่สะดวกในการใช้แชตบอต และเมื่อจำแนกผู้ตอบแบบสอบถามตามกลุ่มรายได้ พบว่า กลุ่มรายได้ 15,000–30,000 บาท เป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่มีศักยภาพสูงสุด เนื่องจากมีสัดส่วนมากที่สุด (48.10%) และมีความสามารถในการเข้าถึงเทคโนโลยี กลุ่มรายได้ 35,001–45,000 บาท เป็นกลุ่มรองที่มีศักยภาพ แต่มีสัดส่วนน้อยลง (36%) กลุ่มรายได้ต่ำกว่า 15,000 บาท และ กลุ่มรายได้สูงกว่า 45,001 บาท มีสัดส่วนน้อยและอาจไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายหลัก เนื่องจากข้อจำกัดด้านรายได้หรือขนาดกลุ่มที่เล็กเกินไปของกลุ่มตัวอย่างปัจจัยด้านประสบการณ์การใช้งานแชตบอตมีผลต่อการเลือกใช้งานแชตบอต พบว่าผู้ที่มีประสบการณ์การใช้แชตบอตมาก่อนมีสัดส่วนที่สูงกว่า อยู่ที่จำนวน 171 คน และ ผู้ที่ไม่เคยใช้มีจำนวน 87 คน ซึ่งสะท้อนถึงความคุ้นเคยและความเชื่อมั่นในเทคโนโลยีแชตบอตที่มากขึ้นในกลุ่มผู้ใช้ที่มีประสบการณ์ ความเชื่อมั่นของชุดคำถาม จากการวิเคราะห์พบว่าค่า Cronbach's α เท่ากับ 0.956 และ ค่า McDonald's ω เท่ากับ 0.957 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแต่ละข้อคำถามในมาตรวัดมีความสอดคล้องภายในสูง สำหรับตัวชี้วัดความสอดคล้องของโมเดล (Fit Indices) โมเดลมีความเหมาะสมและน่าเชื่อถือ ผลการวิเคราะห์ SEM พบว่าความง่ายต่อการใช้งาน (PEOU) มีบทบาทสำคัญที่สุด โดยส่งผลต่อทั้ง ความรับรู้ถึงประโยชน์ (PU) ทัศนคติต่อการใช้งาน (ATU) และเจตคติในการใช้งาน (ITU)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำภาคนิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จได้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาภาคนิพนธ์ รศ.ดร.พิทา จารุพูนผล ที่ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิภาวรรณ บัวทอง ดร.ณสิทธิ์ เหล่าเส็น และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านในอดีต ที่ถ่ายทอดความรู้ในด้านต่างๆให้ ซึ่งช่วยในการทำงาน ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง โรงแรมเดอะแกลอลี่ในหาน โดยคุณมณทิชา และ คุณเลิศศักดิ์ จันทร์ชูวนิชกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการจัดทำภาคนิพนธ์ ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ครอบครัว ที่ได้ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือจนกระทั่งผู้จัดทำสามารถทำภาคนิพนธ์ในครั้งนี้ สำเร็จได้ด้วยดีทุกประการ สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่เข้าร่วมในการศึกษาครั้งนี้ การวิจัยนี้จะเป็นไปไม่ได้หากไม่ได้รับความร่วมมือจากพวกท่าน

เอกสารอ้างอิง

Calvaresi, D., Ibrahim, A., Calbimonte, J.-P., Schegg, R., Fragniere, E., & Schumacher, M. (2021). The evolution of chatbots in tourism: A systematic literature review. In Lecture Notes in Business Information Processing (pp. 3–16). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-65785-7_1#citeas

Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13(3), 319–340. https://doi.org/10.2307/249008

Dexin, S., & Taehun, L. (2018). Understanding the model size effect on SEM fit indices. Sage Journals, 79(2). https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0013164418783530

Kelly, S., Kaye, S., & Oviedo-Trespalacios, O. (2022). A multi-industry analysis of the future use of AI chatbots. Human Behavior and Emerging Technologies, 2022, 1-14. https://doi.org/10.1155/2022/2552099

Kim, A. J., Yang, J., Jang, Y., & Baek, J. S. (2021). Acceptance of an informational antituberculosis chatbot among Korean adults: Mixed methods research. JMIR mHealth and uHealth, 9(11), e26424. https://doi.org/10.2196/26424

Lei, S. I., Shen, H., & Ye, S. (2021). A comparison between chatbot and human service: Customer perception and reuse intention. International Journal of Contemporary Hospitality Management, 33(11), 3977-3995. https://doi.org/10.1108/ijchm-12-2020-1399

Lin, S., Juan, P., & Lin, S. (2020). A TAM framework to evaluate the effect of smartphone application on tourism information search behavior of foreign independent travelers. Sustainability, 12(22), 9366. https://doi.org/10.3390/su12229366

Nicolescu, L., & Tudorache, M. T. (2022). Human-computer interaction in customer service: The experience with AI chatbots—A systematic literature review. Electronics, 11(10), 1579. https://doi.org/10.3390/electronics11101579

Streiner, D. L. (2005). Finding our way: An introduction to path analysis. Canadian Journal of Psychiatry,50(2),115-122. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/070674370505000207

Terblanche, N., & Kidd, M. (2022). Adoption factors and moderating effects of age and gender that influence the intention to use a non-directive reflective coaching chatbot. Sage Open, 12(2). https://doi.org/10.1177/21582440221096136

.

การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกฎความสัมพันธ์: กรณีศึกษาโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 1

Analysis of Factors Influencing Academic Achievement Using Association Rules: A Case Study of Rajaprachanugroh 1 School

ชิตนภัส มาศชาย[1] พิทา จารุพูนผล[2] และ ณสิทธิ์ เหล่าเส็น[3*]

Chitnaphat Maschai[1], Pita Jarupunphol[2] and Nasith Laosen[3*]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต 21 ม.6 ถ.เทพกระษัตรี ต.รัษฎา อ.เมือง จ.ภูเก็ต 83000

[1]Department of Digital Technology, Faculty of Science & Technology, Phuket Rajabhat University 21 Moo 6, Ratsada Subdistrict, Mueang District, Phuket 83000

*Corresponding author E-mail: nasith.l@pkru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 1 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ (Association Rules) ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 ข้อมูลเหล่านี้ถูกนำมาผ่านกระบวนการเตรียมข้อมูลโดยลบแถวข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ คัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่จำเป็น และแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลขให้อยู่ในรูปแบบหมวดหมู่ (Nominal Data) เพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ ผู้วิจัยใช้ไลบรารี MLxtend ในภาษา Python ในการสร้างกฎความสัมพันธ์ จากนั้นจึงเรียงลำดับกฎตาม ค่า Lift, Confidence, Support, Leverage และ Conviction เพื่อประเมินระดับความสำคัญและความน่าเชื่อถือของกฎที่ได้ ผลการวิเคราะห์พบว่ากฎความสัมพันธ์ 10 อันดับแรกของแต่ละระดับผลการเรียนมีความแข็งแกร่งและน่าเชื่อถือ โดยมีค่า Lift และ Conviction มากกว่า 1 และมีค่า Leverage มากกว่า 0 กฎความสัมพันธ์ที่ได้ระบุว่าปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อระดับผลการเรียนของนักเรียน ได้แก่ เพศ สุขภาพ รายได้ครอบครัว และโครงสร้างครอบครัว ข้อค้นพบที่ได้จากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเรียนการสอน พัฒนาแผนสนับสนุนทางการศึกษา และออกแบบมาตรการช่วยเหลือนักเรียนที่มีความเสี่ยงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ

คำสำคัญ: กฎความสัมพันธ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษา

Abstract

This study aims to analyze the factors Influencing the academic achievement of students at Rajaprachanugroh 1 School using the Association Rule Mining technique. The data used in this study includes basic student information and academic achievement records of primary school students from grades 1 to 6. These data were processed through a data preparation process,

which involved removing incomplete rows, selecting only the essential variables, and converting numerical data into nominal data, to ensure compatibility with the association rule analysis. The researcher utilized the MLxtend library in Python to generate association rules. The rules were then ranked based on Lift, Confidence, Support, Leverage, and Conviction to assess their significance and reliability. The analysis revealed that the top 10 association rules for each academic achievement level were strong and reliable, with Lift and Conviction values greater than 1 and Leverage values greater than 0. The association rules identified key factors influencing students' academic achievement, including gender, health, family income, and family structure. The findings from this study can be used as a basis for improving teaching methodologies, developing educational support plans, and designing interventions for students at risk of low academic achievement.

Keywords: Association Rules, Academic Achievement, Educational Data Analysis

บทนำ

หลักการและเหตุผล

ในยุคที่เทคโนโลยีและข้อมูลมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ การวิเคราะห์ข้อมูลกลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจและการกำหนดนโยบายในหลายด้าน รวมถึงการศึกษา การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล เช่น การค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association Rules) การจัดกลุ่มข้อมูล (Clustering) และการจำแนกประเภทข้อมูล (Classification) ช่วยให้สามารถระบุปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้อย่างแม่นยำ การวิเคราะห์ดังกล่าวไม่เพียงแต่ช่วยในการระบุปัจจัยเสี่ยงหรือจุดอ่อนในระบบการศึกษา แต่ยังช่วยเสนอแนวทางการพัฒนาที่เหมาะสมเพื่อลดความเหลื่อมล้ำและเพิ่มศักยภาพการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนทุกคนอย่างมีประสิทธิภาพ

โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 1 ในพระบรมราชูปถัมภ์ ตั้งอยู่ในตำบลเหนือคลอง อำเภอเหนือคลอง จังหวัดกระบี่ เป็นสถาบันการศึกษาที่มุ่งมั่นพัฒนาการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานในระดับประถมศึกษา อย่างไรก็ตาม จากรายงานการประเมินตนเองย้อนหลังพบว่านักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ไม่ผ่านตัวชี้วัดที่สถานศึกษากำหนดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวทำให้เกิดข้อกังวลต่อประสิทธิภาพของการจัดการเรียนการสอนและการสนับสนุนผู้เรียนในทุกมิติ ดังนั้นโรงเรียนจึงต้องการทำความเข้าใจและระบุปัจจัยที่อาจส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อให้สามารถกำหนดกลยุทธ์และแนวทางการสนับสนุนผู้เรียนอย่างเหมาะสมและตรงกับบริบทของโรงเรียน

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและนำข้อมูลของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 มาวิเคราะห์เพื่อระบุปัจจัยที่อาจส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเริ่มจากการสร้างกฎความสัมพันธ์ขึ้นมาและคัดเลือกเฉพาะ

กฎที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นผลลัพธ์ จากนั้นทำการเรียงลำดับกฎตามค่า Lift, Confidence, Support, Leverage และ Conviction เพื่อจัดลำดับปัจจัยตามระดับความสำคัญและความน่าเชื่อถือของกฎ ส่วนที่เป็นเงื่อนไขของกฎเหล่านี้สะท้อนถึงปัจจัยที่เป็นเหตุของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับนั้น ๆ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน นโยบายด้านการศึกษา และมาตรการสนับสนุนที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน นอกจากนี้ การวิเคราะห์ดังกล่าวยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการช่วยสถานศึกษาวางแผนเชิงรุกเพื่อยกระดับคุณภาพการศึกษา ลดความเหลื่อมล้ำทางการเรียนรู้ และเสริมสร้างโอกาสทางการศึกษาที่เท่าเทียมสำหรับนักเรียนทุกคนในโรงเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษามากขึ้น โดยมีการใช้ทั้งวิธีการทางสถิติและวิธีการเหมืองข้อมูล ตัวอย่างเช่น ชนิดา ยอดสาลี และ กาญจนา บุญส่ง (2559) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์ เขต 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือ ผู้บริหารสถานศึกษาและครูผู้สอน จำนวน 353 คน โดยใช้แบบสอบถามที่มีมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการศึกษาพบว่า (1) ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าปัจจัยด้านครูผู้สอนมีอิทธิพลมากที่สุด รองลงมาคือปัจจัยด้านนักเรียน และสุดท้ายคือปัจจัยด้านผู้บริหาร (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยเมื่อจำแนกตามกลุ่มสาระการเรียนรู้ พบว่า กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพและเทคโนโลยีมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือสุขศึกษาและพลศึกษา และต่ำสุดคือกลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาต่างประเทศ (3) การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอนแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านครูผู้สอน ปัจจัยด้านนักเรียน และปัจจัยด้านผู้บริหารสามารถร่วมกันพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ถึง 48.30%

ชลชาติ สร้อยทอง และ อุทัยวรรณ สายพัฒนา (2562) ได้ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปทุมคงคา กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 170 คน โดยใช้แบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 50 ข้อ ซึ่งมีค่าความเชื่อมั่น 0.97 การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุคูณ และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ผลการศึกษาพบว่า (1) ปัจจัยด้านบุคคล เช่น เจตคติต่อการเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และความรับผิดชอบ และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมในโรงเรียน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับเพื่อนและนักเรียนกับครู มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยรวมอยู่ในระดับสูง ส่วนปัจจัยด้านพฤติกรรมการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (2) เจตคติต่อการเรียน พฤติกรรมการเรียน แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ ความรับผิดชอบ สัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับเพื่อน และสัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับครู มีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.454 และ (3) การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบ

ขั้นตอนแสดงให้เห็นว่า ปัจจัยส่วนบุคคลด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และด้านเจตคติต่อการเรียน เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากที่สุด โดยมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.567 และ 0.316 ตามลำดับ

ปฏิพัทธ์ ปฤชานนท์ และ วงกต ศรีอุไร (2561) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้กฎความสัมพันธ์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงการออกกลางคันของนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยใช้ข้อมูลจากทะเบียนนักศึกษาในช่วงปีการศึกษา 2553-2556 ซึ่งประกอบด้วยผลการเรียนรายวิชาศึกษาทั่วไป ผลการเรียนรายวิชาเฉพาะ และจังหวัดของสถาบันการศึกษาก่อนเข้าศึกษาในมหาวิทยาลัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คืออัลกอริทึม Apriori ผ่านโปรแกรม Weka ผลการศึกษาพบว่า กฎความสัมพันธ์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้วิเคราะห์ความเสี่ยงของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของกฎมากกว่า 90% ตัวอย่างกฎความสัมพันธ์ เช่น นักศึกษาที่ได้รับเกรด F ในวิชาภาษาอังกฤษพื้นฐาน 1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ หรือองค์ประกอบและสถาปัตยกรรมคอมพิวเตอร์ มีแนวโน้มสูงที่จะออกกลางคัน ในขณะที่นักศึกษาที่ได้รับเกรด B+ หรือสูงกว่าในวิชาการสร้างและออกแบบเว็บ หรือวิชาฐานข้อมูล มีแนวโน้มต่ำที่จะออกกลางคัน ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์สามารถใช้เป็นแนวทางให้หลักสูตรพัฒนาแผนช่วยเหลือนักศึกษาที่มีความเสี่ยง เช่น การจัดกิจกรรมเสริมทักษะ การแนะแนวทางการเรียนเพิ่มเติม และการปรับโครงสร้างหลักสูตร เพื่อช่วยลดอัตราการออกกลางคันและเพิ่มโอกาสสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาในอนาคต

เสกสรรค์ และคณะ (2558) ได้ใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน โดยสร้างคลังข้อมูลนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 525 รายการ ซึ่งประกอบด้วย 16 คุณลักษณะสำคัญ จากนั้นใช้วิธีการคัดเลือกคุณลักษณะ (Feature Selection) ได้แก่ Correlation-based Feature Selection (CFS) และ Information Gain (IG) เพื่อลดจำนวนตัวแปรและเลือกเฉพาะตัวแปรที่มีผลต่อผลการเรียนมากที่สุด และเปรียบเทียบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมแบบมัลติเลเยอร์เพอร์เซ็ปตรอน (MLP) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) ผ่านการทดสอบแบบ 10-fold Cross Validation ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าตัวแบบที่ใช้ CFS ร่วมกับ MLP มีค่าความถูกต้องสูงสุดที่ 94.48% และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนต่ำสุดที่ 0.1880

วิธีการดำเนินการวิจัย

การรวบรวมข้อมูล (Data Collection)

ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลของนักเรียนจากโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 1 ผ่านระบบสารสนเทศของโรงเรียน โดยได้รับอนุญาตจากผู้อำนวยการสถานศึกษาก่อนดำเนินการ ทั้งนี้จะไม่มีการรวบรวมข้อมูลที่สามารถระบุตัวตนของนักเรียนได้ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้อมูลพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน รวมทั้งสิ้น 680 รายการ

การเตรียมข้อมูล (Data Preparation)

กระบวนการเตรียมข้อมูลเริ่มจากการทำความสะอาดข้อมูล โดยลบแถวที่มีข้อมูลไม่สมบูรณ์หรือผิดพลาดออก เพื่อคงไว้เฉพาะข้อมูลที่ครบถ้วนและเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ และคัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่

จำเป็นเพื่อลดความซับซ้อนและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเหมืองข้อมูล จากนั้นจึงทำการแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Numeric) ให้อยู่ในรูปแบบหมวดหมู่ (Nominal) โดยกำหนดช่วงของค่าในแต่ละคอลัมน์ที่เป็นตัวเลข

ตารางที่ 1 ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์

คอลัมน์	**ค่าที่เป็นไปได้**	**จำนวนรายการ**
Sex	Sex_Female	298
	Sex_Male	265
BMI (ดัชนีมวลกาย)	BMI_Overweight	148
	BMI_HealthyWeight	364
	BMI_Underweight	51
Religion	Religion_Buddhist	337
	Religion_Muslim	225
	Religion_Christian	1
ParentStatus	ParentStatus_StayTogether	412
	ParentStatus_NotStayTogether	151
Siblings	Siblings_=1	184
	Siblings_>1	379
ParentIncome	ParentIncome_High	55
	ParentIncome_Moderate	131
	ParentIncome_Low	377
District	District_NueaKlhong	219
	District_HuaiYung	114
	District_Klongkanan	59
	District_Pakasai	56
	District_KhokYang	29
	District_Other	27
	District_Talingchan	18
	District_Klongkamao	17
	District_KhaoPhanom	15
	District_Other	9
ParentOccupation	ParentOccupation_Laborer	306
	ParentOccupation_Farmer	96
	ParentOccupation_BusinessOwner	74
	ParentOccupation_GovOfficer	46
	ParentOccupation_Other	26
	ParentOccupation_Jobless	15
PFAR (สมรถนะทางกาย)	PFAR_Good	194
	PFAR_Moderate	282

	PFAR_Low	87
GPA	GPA_High	144
	GPA_Medium	294
	GPA_Low	125

เพื่อให้สอดคล้องกับการค้นหากฎความสัมพันธ์ในข้อมูล กระบวนการเตรียมข้อมูลนี้ทำให้เหลือข้อมูลที่สามารถนำไปวิเคราะห์จำนวน 10 คอลัมน์ 563 รายการ รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 1

การวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ (Association Rule Mining)

ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมภาษา Python บน Google Colab และใช้ไลบรารี MLxtend (Raschka, 2018) ในการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ โดยมีการหากลุ่มข้อมูลที่เกิดร่วมกันบ่อย (Frequent Itemsets) ด้วยอัลกอริทึม Apriori จากนั้นจึงสร้างกฎความสัมพันธ์ (Association Rules) จากกลุ่มข้อมูลที่เกิดร่วมกันบ่อยที่ได้มาเพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

กฎความสัมพันธ์จะอยู่ในรูป LHS $\Rightarrow$ RHS โดยที่ LHS (Left-Hand Side) หรือ Antecedent คือ กลุ่มรายการ (Itemsets) หรือปัจจัยที่เป็นเงื่อนไข ส่วน RHS (Right-Hand Side) หรือ Consequent คือ กลุ่มรายการที่เป็นผลลัพธ์ที่คาดการณ์ได้จาก LHS ความหมายของกฎ LHS $\Rightarrow$ RHS คือ หากเกิด LHS แล้ว มีแนวโน้มที่จะเกิด RHS ตามมา ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้ตัวชี้วัด 5 ตัว ในการประเมินความแข็งแกร่งและความน่าเชื่อถือของกฎความสัมพันธ์ ได้แก่ ค่า Support, Confidence, Lift, Leverage และ Conviction โดยแต่ละตัวมีความหมายและการคำนวณดังนี้

1. *ค่า Support*: เป็นตัววัดความถี่ของกฎในชุดข้อมูลทั้งหมด มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หากมีค่าสูงหมายความว่ากฎนั้นเกิดขึ้นบ่อยในชุดข้อมูล ค่า Support คำนวณจาก Support(LHS $\Rightarrow$ RHS) $=$|T(LHS $\cap$ RHS)| / |T| โดยที่ |T(LHS $\cap$ RHS)| คือจำนวนแถวข้อมูล (ธุรกรรม) ที่มีทั้ง LHS และ RHS และ |T| คือจำนวนแถวข้อมูลทั้งหมด
2. *ค่า Confidence*: เป็นตัววัดความแม่นยำของกฎ โดยบอกว่าเมื่อ LHS ปรากฏแล้ว RHS มีแนวโน้มที่จะเกิดตามมามากน้อยเพียงใด ค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 หากมีค่าสูงหมายความว่ากฎมีความน่าเชื่อถือสูงและ RHS มีแนวโน้มเกิดขึ้นเมื่อ LHS ปรากฏ หากมีค่าต่ำหมายความว่าถึงแม้ LHS เกิดขึ้น RHS ก็อาจไม่เกิดตามเสมอ คำนวณจาก Confidence(LHS $\Rightarrow$ RHS) $=$ Support(LHS $\cap$ RHS) / Support(LHS)
3. *ค่า Lift*: เป็นตัวชี้วัดหลักในการพิจารณาว่ากฎความสัมพันธ์มีความน่าสนใจมากเพียงใด ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่าง LHS และ RHS ว่าแข็งแกร่งกว่าความน่าจะเป็นอิสระหรือไม่ หากค่าสูงกว่า 1 หมายความว่า LHS และ RHS มีแนวโน้มเกิดร่วมกันมากกว่าที่คาดจากความน่าจะเป็นอิสระ หากค่าเท่ากับหนึ่งหมายความว่า LHS และ RHS เป็นอิสระต่อกัน และหากค่าต่ำกว่า 1 หมายความว่าความสัมพันธ์ระหว่าง LHS และ RHS อาจเกิดขึ้นโดยบังเอิญ คำนวณจาก Lift(LHS $\Rightarrow$ RHS) $=$ Confidence(LHS $\Rightarrow$ RHS) / Support(RHS)

4. *ค่า Leverage*: เป็นตัววัดที่บอกว่าความถี่ที่ LHS กับ RHS ปรากฏพร้อมกันจริงต่างจากความถี่ที่คาดว่าจะเกิดถ้าทั้งสองเป็นอิสระต่อกันเท่าใด หากมีค่าเป็นบวกหมายความว่าทั้งสองรายการ (LHS, RHS) มักปรากฏพร้อมกันมากกว่าที่คาดจากการสุ่มอิสระ หากมีค่าติดลบหมายความว่าการปรากฏร่วมกันนั้นอาจเป็นไปโดยบังเอิญ ค่า Leverage คำนวณจาก Leverage(LHS $\Rightarrow$ RHS) = Support(LHS $\cap$ RHS) – (Support(LHS) × Support(RHS))
5. *ค่า Conviction*: ใช้เพื่อวัดความน่าเชื่อถือของกฎโดยเปรียบเทียบโอกาสที่ RHS จะเกิดขึ้นเมื่อมี LHS กับโอกาสที่ RHS จะเกิดขึ้นโดยไม่ขึ้นกับ LHS หาก Conviction มีค่ายิ่งมาก (มากกว่า 1 เป็นต้นไป) หมายความว่าโอกาสที่ LHS จะเกิดโดยที่ RHS ไม่ตามมามีน้อย ค่า Conviction คำนวณจาก Conviction(LHS $\Rightarrow$ RHS) = 1 – Support(RHS) / 1 – Confidence(LHS $\Rightarrow$ RHS)

```
procedure:  association_rule_mining(grade, dataset)
input:      grade: A specific level of academic achievement under consideration
            dataset: A table containing all relevant data
output:     rules: A table of sorted association rules where the right-hand side (RHS) contains only the grade

# Step 1: Define minimum support and confidence thresholds
min_support := 0.1
min_confidence := 0.1

# Step 2: Find frequent itemsets using the Apriori algorithm
freq_itemsets := apriori(dataset, min_support)

# Step 3: Generate association rules from frequent itemsets
# Rules are returned as a table with lift, confidence, support, leverage, and conviction values
rules := generate_association_rules(freq_itemsets, min_confidence)

# Step 4: Filter rules to keep only those where RHS contains only 'grade'
rules := filter_rules_by_rhs(rules, grade)

# Step 5: Sort the rules based on multiple criteria (lift, confidence, support, leverage, conviction)
rules := sort_rules(rules, criteria_order=["lift", "confidence", "support", "leverage", "conviction"])

# Step 6: Return the sorted rules
return rules
```

ภาพที่ 1 ขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์

ขั้นตอนวิธีที่ผู้วิจัยใช้ในการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์แสดงได้ดังภาพที่ 1 โดยรับข้อมูลเข้าสองตัว ได้แก่ (1) ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ ได้แก่ เกรดสูง (Grade_High) เกรดปานกลาง (Grade_Medium) หรือ เกรดต่ำ (Grade_Low) และ (2) ชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ เริ่มต้นผู้วิจัยกำหนดค่า Minimum Support และ Minimum Confidence ไว้ในระดับต่ำ (0.1) เพื่อให้สามารถดึงกฎความสัมพันธ์จำนวนมากมาก่อน แล้วค่อยพิจารณาความแข็งแกร่งและคัดกรองกฎเหล่านั้นในภายหลัง จากนั้นจึงใช้อัลกอริทึม Apriori เพื่อตรวจหากลุ่มข้อมูลที่เกิดร่วมกันบ่อยในชุดข้อมูลโดยใช้ค่า Minimum Support ที่กำหนด และทำการค้นหากฎความสัมพันธ์ (Association Rules) โดยใช้ค่า Minimum Confidence ที่กำหนดเป็นเกณฑ์ตัดสิน เมื่อได้กฎความสัมพันธ์ทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยทำการกรอง (Filter) ให้เหลือเฉพาะกฎที่มี RHS เป็นระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ต้องการ และทำการเรียงลำดับกฎตามตัวชี้วัดต่าง ๆ (Multicriteria Sorting) โดยเรียงลำดับตามค่า Lift เป็นอันดับแรก จากนั้นจึงเรียงตามค่า Confidence, Support, Leverage และ Conviction ตามลำดับ โดยทุกค่าจะเรียงลำดับจากมากไปน้อย ลำดับการจัดเรียงดังกล่าวช่วยให้ผู้วิจัยสามารถระบุและเลือกกฎที่มีความแข็งแกร่งมากที่สุดได้ ทั้งในแง่ของความสัมพันธ์เชิงสถิติ (Lift), ความแม่นยำ (Confidence), ความถี่ในการเกิดขึ้น (Support), ความแตกต่างจากความเป็นอิสระ (Leverage) และความน่าเชื่อถือในการทำนาย (Conviction) ซึ่งทำให้สามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์ตามขั้นตอนที่แสดงในภาพที่ 1 โดยพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแต่ละระดับ ได้แก่ เกรดสูง (Grade_High) เกรดปานกลาง (Grade_Medium) และเกรดต่ำ (Grade_Low) ผลการวิเคราะห์พบว่ามีกฎความสัมพันธ์สำหรับเกรดสูง (กฎที่มี Grade_High อยู่ด้านขวามือ) จำนวน 26 กฎ กฎสำหรับเกรดปานกลางจำนวน 130 กฎ และกฎสำหรับเกรดต่ำจำนวน 17 กฎ

กฎความสัมพันธ์ของแต่ละระดับเกรดที่ได้มานั้น จะถูกเรียงลำดับตามความแข็งแกร่งและความน่าเชื่อถือ (รายละเอียดอยู่ในหัวข้อการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์) โดยกฎความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งที่สุด 10 อันดับแรกของเกรดสูง เกรดปานกลาง และเกรดต่ำ แสดงได้ดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตามลำดับ ซึ่งกฎที่อยู่ในลำดับต้นของตารางจะมีความแข็งแกร่งมากกว่ากฎที่อยู่ลำดับถัดไป ตัวอย่างกฎความสัมพันธ์ในตารางที่ 2-4 ได้แก่

1. นักเรียนที่เป็นเพศหญิงและนับถือศาสนาพุทธ มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดสูง (แถวที่ 1 ตารางที่ 2)
2. นักเรียนที่มีสมรรถนะทางกายระดับปานกลาง (PFAR_Moderate) และเป็นเพศหญิง มีแนวโน้มที่จะมีเกรดสูง (แถวที่ 2 ตารางที่ 2)
3. นักเรียนที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ปกติ ครอบครัวอยู่ด้วยกัน และเป็นเพศหญิง มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดสูง (แถวที่ 3 ตารางที่ 2)
4. นักเรียนที่มีรายได้ครอบครัวต่ำและเป็นเพศหญิง มีแนวโน้มที่จะมีเกรดสูง (แถวที่ 5 ตารางที่ 2)

5. นักเรียนที่มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ปกติและเป็นลูกคนเดียว (Siblings=1) มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดปานกลาง (แถวที่ 1 ตารางที่ 3)
6. นักเรียนที่ มีพ่อแม่ประกอบอาชีพลูกจ้างทั่วไป (Laborer) และมีพี่น้องมากกว่า 1 คน มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดปานกลาง (แถวที่ 2 ตารางที่ 3)
7. นักเรียนเพศหญิงที่นับถือศาสนาอิสลาม มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดปานกลาง (แถวที่ 3 ตารางที่ 3)
8. นักเรียนที่มีรายได้ครอบครัวต่ำและเป็นลูกคนเดียว มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดปานกลาง (แถวที่ 5 ตารางที่ 3)
9. นักเรียนเพศชายที่มีพี่น้องมากกว่า 1 คน และพ่อแม่ยังอยู่ด้วยกัน มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดต่ำ (แถวที่ 1 ตารางที่ 4)
10. นักเรียนที่มีรายได้ครอบครัวต่ำและเป็นเพศชาย มีโอกาสสูงขึ้นที่จะมีเกรดต่ำ (แถวที่ 4 ตารางที่ 4)

นอกจากนั้น เมื่อพิจารณากฎในตารางที่ 2-4 จะพบว่าทุกกฎมีค่า Lift มากกว่า 1 มีค่า Conviction มากกว่า 1 และมีค่า Leverage มากกว่า 0 ซึ่งบ่งชี้ว่ากฎเหล่านี้แข็งแกร่งและน่าเชื่อถือ (กฎที่อยู่ในลำดับต่ำกว่านี้จะมีค่า Lift, Conviction และ Leverage ที่ต่ำกว่านี้และอาจไม่น่าเชื่อถือ) ทั้งนี้ทุกกฎในตารางที่ 2-4 มีค่า Confidence และ Support มากกว่า 0.1 ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในภาพที่ 1

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 2-4 เพิ่มเติมโดยการนับความถี่การเกิดของปัจจัย พบว่าในตารางที่ 2 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเกรดสูง ได้แก่ เพศหญิง (ปรากฏใน 8 กฎจาก 10 กฎ) นับถือศาสนาพุทธ (3 กฎ) พ่อแม่อยู่ด้วยกัน (3 กฎ) น้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ปกติ (2 กฎ) รายได้ครอบครัวต่ำ (2 กฎ) ในตารางที่ 3 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเกรดปานกลาง ได้แก่ เป็นลูกคนเดียว (5 กฎ) พ่อแม่ประกอบอาชีพลูกจ้างทั่วไป (5 กฎ) เพศหญิง (4 กฎ) รายได้ครอบครัวต่ำ (3 กฎ) พ่อแม่อยู่ด้วยกัน (2 กฎ) และในตารางที่ 4 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับเกรดต่ำ ได้แก่ เพศชาย (6 กฎ) มีพี่น้องมากกว่า 1 คน (5 กฎ) พ่อแม่อยู่ด้วยกัน (4 กฎ) รายได้ครอบครัวต่ำ (3 กฎ) จากผลการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

1. เพศหญิงที่นับถือศาสนาพุทธมีแนวโน้มที่จะมีเกรดสูง
2. เพศหญิงมีแนวโน้มที่จะมีเกรดสูงหรือปานกลาง มากกว่าเพศชาย
3. สุขภาพที่ดี (BMI ปกติ) อาจช่วยให้มีเกรดสูง
4. พ่อแม่ประกอบอาชีพลูกจ้างทั่วไปมีแนวโน้มไปทางเกรดปานกลาง
5. นักเรียนที่เป็นลูกคนเดียวมีแนวโน้มไปทางเกรดปานกลาง
6. รายได้ครอบครัวต่ำพบได้บ่อยในกฎที่เกี่ยวข้องกับเกรดต่ำและปานกลาง มากกว่าสูง
7. เพศชาย โดยเฉพาะผู้ที่มีพี่น้องมากกว่า 1 คน มีแนวโน้มที่จะมีเกรดต่ำ
8. พ่อแม่อยู่ด้วยกันไม่เป็นตัวชี้วัดที่ชัดเจนต่อเกรด

ตารางที่ 2 กฎความสัมพันธ์สำหรับเกรดสูง

Rule	Lift	Confidence	Support	Leverage	Conviction
{'Sex_Female', 'Religion_Buddhist'} ⇒ {GPA_High}	1.56	0.40	0.13	0.05	1.24
{'PFAR_Moderate', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_High}	1.54	0.39	0.10	0.04	1.23
{'BMI_HealthyWeight', 'ParentStatus_StayTogether', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_High}	1.47	0.38	0.10	0.03	1.19
{'BMI_HealthyWeight', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_High}	1.42	0.36	0.13	0.04	1.17
{'Sex_Female', 'ParentIncome_Low'} ⇒ {GPA_High}	1.40	0.36	0.13	0.04	1.16
{'Sex_Female'} ⇒ {GPA_High}	1.39	0.36	0.19	0.05	1.16
{'Siblings_>1', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_High}	1.38	0.35	0.13	0.04	1.15
{'ParentStatus_StayTogether', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_High}	1.36	0.35	0.14	0.04	1.14
{'ParentStatus_StayTogether', 'Religion_Buddhist'} ⇒ {GPA_High}	1.12	0.29	0.12	0.01	1.04
{'ParentIncome_Low', 'Religion_Buddhist'} ⇒ {GPA_High}	1.12	0.29	0.11	0.01	1.04

ตารางที่ 3 กฎความสัมพันธ์สำหรับเกรดปานกลาง

Rule	Lift	Confidence	Support	Leverage	Conviction
{'BMI_HealthyWeight', 'Siblings_=1'} ⇒ {GPA_Medium}	1.24	0.65	0.13	0.03	1.35
{'ParentOccupation_Laborer', 'Siblings_=1'} ⇒ {GPA_Medium}	1.22	0.64	0.12	0.02	1.32
{'Religion_Muslim', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_Medium}	1.18	0.62	0.13	0.02	1.24
{'ParentOccupation_Laborer', 'Sex_Female', 'ParentIncome_Low'} ⇒ {GPA_Medium}	1.16	0.61	0.11	0.02	1.21
{'ParentIncome_Low', 'Siblings_=1'} ⇒ {GPA_Medium}	1.16	0.60	0.13	0.02	1.21
{'ParentStatus_StayTogether', 'Siblings_=1'} ⇒ {GPA_Medium}	1.14	0.60	0.12	0.01	1.18
{'ParentOccupation_Laborer', 'Sex_Female'} ⇒ {GPA_Medium}	1.13	0.59	0.17	0.02	1.16
{'ParentOccupation_Laborer', 'Sex_Female', 'ParentStatus_StayTogether'} ⇒ {GPA_Medium}	1.13	0.59	0.13	0.01	1.17
{'Siblings_=1'} ⇒ {GPA_Medium}	1.11	0.58	0.19	0.02	1.14
{'ParentOccupation_Laborer', 'ParentIncome_Low', 'Religion_Buddhist'} ⇒ {GPA_Medium}	1.11	0.58	0.11	0.01	1.13

ตารางที่ 4 กฎความสัมพันธ์สำหรับเกรดต่ำ

Rule	Lift	Confidence	Support	Leverage	Conviction
{'Siblings_>1', 'ParentStatus_StayTogether', 'Sex_Male'} ⇒ {GPA_Low}	1.86	0.41	0.10	0.05	1.33
{'Siblings_>1', 'Sex_Male'} ⇒ {GPA_Low}	1.80	0.40	0.12	0.06	1.30
{'BMI_HealthyWeight', 'Sex_Male'} ⇒ {GPA_Low}	1.65	0.37	0.10	0.04	1.23
{'ParentIncome_Low', 'Sex_Male'} ⇒ {GPA_Low}	1.64	0.36	0.12	0.04	1.22
{'Sex_Male'} ⇒ {GPA_Low}	1.61	0.36	0.17	0.06	1.21
{'ParentStatus_StayTogether', 'Sex_Male'} ⇒ {GPA_Low}	1.59	0.35	0.12	0.04	1.20
{'Siblings_>1', 'ParentIncome_Low'} ⇒ {GPA_Low}	1.21	0.27	0.12	0.02	1.06
{'Siblings_>1', 'ParentStatus_StayTogether'} ⇒ {GPA_Low}	1.16	0.26	0.14	0.02	1.05

{'Siblings_>1'} ⇒ {GPA_Low}	1.11	0.25	0.17	0.02	1.03
{'ParentStatus_StayTogether', 'ParentIncome_Low'} ⇒ {GPA_Low}	1.07	0.24	0.11	0.01	1.02

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัยพบว่างานวิจัยนี้สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานของนักเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างเป็นระบบ โดยใช้วิธีวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีแนวโน้มส่งผลต่อเกรดของนักเรียน การวิเคราะห์พบว่าปัจจัยบางอย่าง เช่น เพศ สุขภาพ รายได้ครอบครัว และโครงสร้างครอบครัว มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับผลการเรียนของนักเรียน ตัวอย่างเช่น

- นักเรียนที่เป็นเพศหญิงและนับถือศาสนาพุทธมีแนวโน้มที่จะได้เกรดสูงมากกว่า ซึ่งอาจสะท้อนถึงปัจจัยทางสังคม วัฒนธรรม หรือพัฒนาการที่เร็วกว่าเพศชายในช่วงวัยเดียวกัน ในขณะที่เพศชายโดยเฉพาะผู้ที่มีพี่น้องมากกว่า 1 คน มีแนวโน้มที่จะมีเกรดต่ำมากกว่า ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านความรับผิดชอบในครอบครัวและภาระค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นของครอบครัว
- รายได้ของครอบครัวมีความสัมพันธ์กับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยนักเรียนจากครอบครัวที่มีรายได้ต่ำมักมีแนวโน้มที่จะอยู่ในกลุ่มเกรดปานกลางหรือต่ำมากกว่า อย่างไรก็ตาม นักเรียนบางกลุ่มที่มาจากครอบครัวที่มีรายได้ต่ำแต่เป็นเพศหญิงยังสามารถทำผลการเรียนได้ดี ซึ่งอาจเป็นเพราะความขยันและความมุ่งมั่นของนักเรียนกลุ่มนี้ที่จะลดข้อจำกัดด้านเศรษฐกิจของครอบครัว
- นักเรียนที่มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) อยู่ในเกณฑ์ปกติมีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่อยู่ในกลุ่มน้ำหนักต่ำหรือเกินมาตรฐาน ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสุขภาพที่ดีขึ้นส่งผลต่อสมาธิและประสิทธิภาพในการเรียนรู้
- นักเรียนที่พ่อแม่ประกอบอาชีพลูกจ้างทั่วไปมีแนวโน้มที่จะอยู่ในกลุ่มเกรดปานกลาง สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของสถานะทางเศรษฐกิจและรูปแบบการใช้ชีวิตของครอบครัว
- ครอบครัวที่พ่อแม่อยู่ด้วยกันอาจมีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบางกรณี แต่ปัจจัยนี้ไม่ได้เป็นตัวชี้วัดที่ชัดเจนต่อระดับเกรดของนักเรียน ซึ่งหมายความว่าปัจจัยอื่น ๆ เช่น การเลี้ยงดู การสนับสนุนด้านการศึกษา และบรรยากาศภายในครอบครัว อาจมีบทบาทที่สำคัญมากกว่าการอยู่ร่วมกันของพ่อแม่เพียงอย่างเดียว

แม้ว่างานวิจัยนี้สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานของนักเรียนกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ แต่ยังมีแนวทางในการพัฒนาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นได้อีกในอนาคต เช่น การเพิ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องและการเพิ่มขนาดตัวอย่างให้มากขึ้น เพื่อให้ได้มุมมองที่ครอบคลุมและลดความผิดพลาดจากการใช้ข้อมูลขนาดเล็ก รวมทั้งการใช้วิธีการวิเคราะห์รูปแบบอื่น ๆ มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อเสริมความแม่นยำและเพิ่มความสามารถในการอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 1 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์กฎความสัมพันธ์เพื่อค้นหาความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยพื้นฐานของนักเรียนกับระดับผลการเรียน โดยเริ่มต้นจากการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 จากระบบสารสนเทศของโรงเรียน และทำการเตรียมข้อมูลโดยลบค่าที่ไม่สมบูรณ์ คัดเลือกเฉพาะตัวแปรที่จำเป็น และแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลขให้อยู่ในรูปแบบหมวดหมู่เพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ด้วยกฎความสัมพันธ์ จากนั้นจึงเขียนโปรแกรมภาษา Python และใช้ไลบรารี MLxtend ในการสร้างกฎความสัมพันธ์ โดยพิจารณาตัวชี้วัด 5 ตัว ได้แก่ Lift, Confidence, Support, Leverage และ Conviction เพื่อประเมินความแข็งแกร่งและความน่าเชื่อถือของกฎที่ได้ ผลการวิเคราะห์ระบุว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับระดับผลการเรียน ได้แก่ เพศ สุขภาพ รายได้ครอบครัว และโครงสร้างครอบครัว โดยสรุปพบว่านักเรียนเพศหญิงมีแนวโน้มที่จะมีเกรดสูงมากกว่าเพศชาย และนักเรียนที่มีสมรรถนะทางกายดีและมีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ปกติมีโอกาสที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น ในขณะที่นักเรียนเพศชายที่มีพี่น้องมากกว่า 1 คน และมาจากครอบครัวที่มีรายได้ต่ำมีแนวโน้มที่จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ กฎความสัมพันธ์ที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนานโยบายด้านการศึกษาและมาตรการสนับสนุนที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน

เอกสารอ้างอิง

ชนิดา ยอดสาลี และ กาญจนา บุญส่ง. 2559. ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในโรงเรียนที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาประจวบคีรีขันธ์ เขต 2. วารสาร Veridian E-Journal มหาวิทยาลัยศิลปากร. 9(1): 1208–1223.

ชลชาติ สร้อยทอง และ อุทัยวรรณ สายพัฒนะ. 2562. ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปทุมคงคา. น. 1235-1244. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 14. กรุงเทพฯ.

ปฏิพัทธ์ ปฤชานนท์ และ วงกต ศรีอุไร. 2561. การประยุกต์ใช้กฎความสัมพันธ์เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงการออกกลางคันของนักศึกษาสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา. 1(2): 123-133.

เสกสรรค์ วิลัยลักษณ์, วิภา เจริญภัณฑารักษ์, และ ดวงดาว วชิาดากุล. 2558. การใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพยากรณ์ผลการเรียนของนักเรียนโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา. วารสาร Veridian E-Journal Science and Technology มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2(2): 1-17.

Raschka, S. (2018). MLxtend: Providing machine learning and data science utilities and extensions to Python’s scientific computing stack. The Journal of Open Source Software. 3(24): 638. https://doi.org/10.21105/joss.00638

การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวด

Wireless Power Transfer Two Winding

นที บุตรน้ำเพชร[1*] ภานุวัฒน์ สาตะถา[1] และบัญชา หิรัญสิงห์[1]

Natee Butnampet[1*] ,Panuwat Satatha [1] and Bancha Hiransing [1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000

[1] Department of Electrical Engineering Faculty of Science and Technology Nakhon Pathom Rajabhat University 73000

[*]Corresponding author E-mail: 644604013@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอการออกแบบการสร้างวงจรแปลงผันกระแสเป็นกระแสตรงแบบไร้สาย และทดลองหาประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวด การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายจะอาศัยหลักการของวงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรมทั้งขดส่งและขดรับ หรือการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กระหว่างขดลวด โดยรูปแบบการพันขดลวดจะพันแบบก้นหอยทั้งสองขด ซึ่งใช้เทคนิคการควบคุมสัญญาณขับเกตมอสเฟตกำลัง ด้วยการมอดูเลตความกว้างพัลส์ของสัญญาณจากบอร์ด Arduino UNO R3 สำหรับการส่งผ่านกำลังใช้วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ และทดสอบส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายในกรณีความถี่เรโซแนนซ์คงที่ 100 kHz และจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลดขนาด 100 W ในช่วงระยะห่างของขดลวด 1-10 cm ใช้แรงดันป้อนเข้าวงจรแบบกระแสตรง 48 V ผลการทดลองพบว่า สามารถส่งผ่านกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดร้อยละ 90.659 ที่ระยะห่างของขดลวด 1 cm และแรงดันสูงสุดด้านโหลดที่วัดได้คือ 97.3 V

คำสำคัญ : วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงเป็นกระแสตรง การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย

Abstract

This research paper presents the design and development of a wireless DC to DC converter circuit and test the efficiency of a wireless power transfer system using two coils. The wireless power transfer is based on the principle of series resonance circuits for both the transmitting and receiving coils, utilizing magnetic field induction between the coils. The coils are wound in a spiral configuration for both the transmitter and receiver. The system employs pulse width modulation (PWM) signal control to drive the power MOSFET gates, with the PWM signals generated by an Arduino UNO R3 board. Power transmission is achieved using a full-bridge converter circuit, and the wireless power transfer is tested at a fixed resonant frequency of 100 kHz, supplying power to a 100 Watt load over coil distances ranging from 1 to 10 centimeters. The input voltage for the circuit is a 48 Volt DC supply.

Experimental results reveal that the system achieves a maximum wireless power transfer efficiency of 90.659 % at a coil distance of 1 centimeter, with a maximum load side voltage of 97.3 Volts.

Keywords : DC-DC full-bridge converter, wireless power transfer

บทนำ

การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าไร้สาย เป็นการส่งกำลังไฟฟ้าจากปฐมภูมิไปยังทุติยภูมิ โดยไม่อาศัยตัวนำทางไฟฟ้าและมีอากาศเป็นตัวกลางห่างกันตามระยะที่กำหนด ซึ่งการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายหรือระบบถ่ายโอนพลังงานแบบไร้สาย (Wireless Power Transfer : WPT) ใช้หลักการเรโซแนนซ์ตามแนวคิดของนิโคลา เทสลา (Nicola Tesla) ในปี พ.ศ. 2442 เทสลาเป็นบุคคลแรกผู้บุกเบิกระบบส่งไฟฟ้าไร้สาย โดยได้ใช้ระบบ Magnetic Induction หรือการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก ซึ่งใช้ขดลวดพันเป็นหม้อแปลงแกนอากาศ ป้อนแรงดันและความถี่สูงเข้าไป เมื่อเกิดการเหนี่ยวนำที่ขดลวดทั้งสองฝั่ง จะเกิดการส่งกำลังไฟฟ้าขึ้น

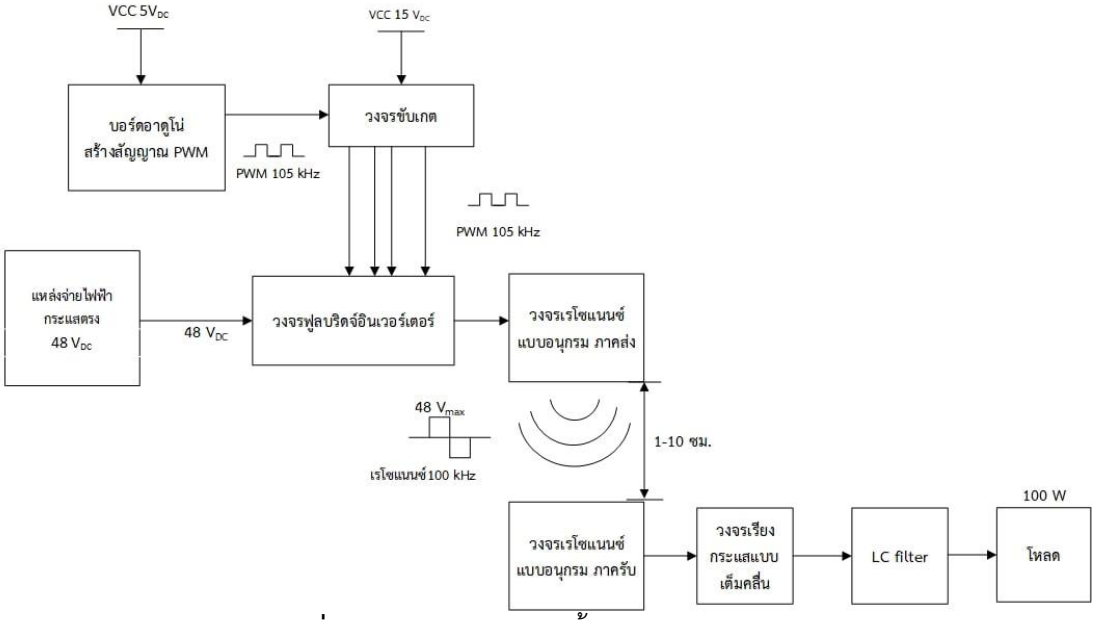
ปัจจุบันการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายมีการพัฒนา วิจัย และมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ ได้มีการศึกษาหาวิธีส่งกำลังไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในระยะห่างไม่เกิน 1 เมตร รวมทั้งการพัฒนาการส่งกำลังไฟฟ้าให้ไกลมากขึ้น ซึ่งการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายมีหลายรูปแบบ เช่น การส่งด้วยไมโครเวฟ การส่งด้วยสนามแม่เหล็ก และการส่งด้วยแสงเลเซอร์ ทั้งนี้ระบบที่กล่าวมา มีวิธีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม คือ การส่งด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งใช้หลักการเรโซแนนซ์ โดยใช้ความเหนี่ยวนำร่วมของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า และมีวงจรสองรูปแบบโดยจะต่อแบบขนานและอนุกรม ดังต่อไปนี้ 1) การต่อแบบขนาน จะมีอิมพีแดนซ์และแรงดันตกคร่อมในวงจรมาก แต่มีกระแสไหลผ่านในวงจรได้น้อย ส่งผลให้สามารถส่งแรงดันได้มาก 2) การต่อแบบอนุกรม จะมีอิมพีแดนซ์และแรงดันตกคร่อมในวงจรน้อย แต่มีกระแสไหลผ่านในวงจรได้มาก ส่งผลให้สามารถส่งกระแสได้มาก ซึ่งวงจรเรโซแนนซ์ภายในจะประกอบไปด้วย ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ โดยสนามแม่เหล็กที่แผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา จะเกิดที่ตัวเหนี่ยวนำหรือขดลวด การเรโซแนนซ์จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อค่าผลรวมทั้งภาครับและภาคส่งเท่ากัน โดยค่ารีแอคแตนซ์ความจุและรีแอคแตนซ์เหนี่ยวนำทั้งสองฝั่งจะต้องไม่เท่ากัน

จากการศึกษาและค้นคว้าพบว่า การส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่เหมาะกับการใช้งานต่อสิ่งแวดล้อมนั้น คือ การส่งกำลังไฟฟ้าด้วยสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากระดับความถี่ที่ต่ำกว่าการส่งด้วยไมโครเวฟและการส่งด้วยเลเซอร์ ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการออกแบบจะใช้วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม ซึ่งในวงจรจะใช้แหล่งจ่ายที่เป็นแรงดันกระแสตรง ป้อนเข้าไปในวงจรแปลงไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นกระแสสลับ โดยใช้บอร์ด Arduino UNO R3 สร้างสัญญาณความถี่และขยายสัญญาณแรงดันโดยใช้วงจรขับเกตมอสเฟตกำลัง ให้ได้ระดับที่ขาเกตของมอสเฟตทำงานได้เต็มที่และป้อนให้วงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่ความถี่สวิตช์ 105 kHz นอกจากนี้เมื่อได้ลูกคลื่นแรงดันและกระแสจากภาครับแล้ว จะทำการแปลงผันเป็นไฟฟ้ากระแสตรง และทดสอบต่อตัวต้านทานเข้าไปที่ด้านเอาท์พุตของวงจร เพื่อหาประสิทธิภาพของการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวด ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัย จึงได้ออกแบบชิ้นงานในส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 หลักการออกแบบเบื้องต้น

1.1 วงจรไฟฟ้าในสถาวะรีโซแนนซ์

รูปแบบพื้นฐานของวงจรรีโซแนนซ์คือ แบบอนุกรมและแบบขนาน ภายในวงจรประกอบไปด้วยความเหนี่ยวนำ (L) ตัวเก็บประจุ (C) ความต้านทาน (R) วงจรไฟฟ้าจะอยู่ในสภาวะเรโซแนนซ์ขึ้นทั้งในวงจรอนุกรมและขนาน RLC จะทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ (Z) จะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทาน (R) กระแสรวมที่ไหลในวงจรจะอินเฟสกับค่าแรงดันรวมของวงจร มุมเฟส (θ) มีค่าเท่ากับศูนย์องศา เพราะเฟสเซอร์ของกระแสรวมกับแรงดันไฟฟ้ารวม โดยสมการหาค่าความถี่เรโซแนนซ์จะหาได้จากสมการที่ 1

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

1.2 วงจรคอนเวอร์เตอร์

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการแปลงรูปแบบหรือระดับของพลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยสามารถแปลงได้ทั้งแรงดัน กระแส และรูปแบบของไฟฟ้า เช่น จากแปลงไฟฟ้ากระแสตรง (DC) จากแรงดันหนึ่งไปยังแรงดันอื่น เช่น ฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

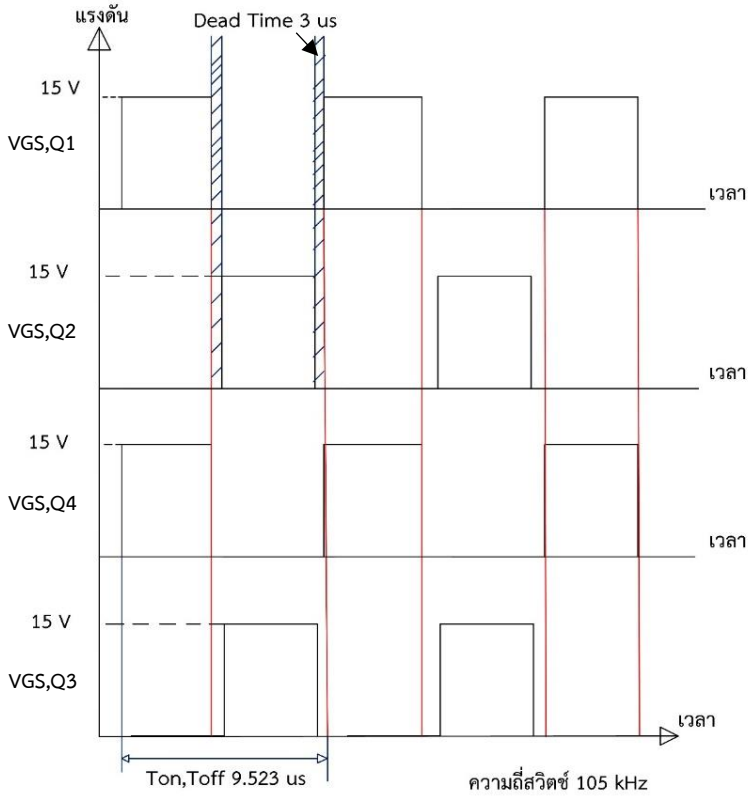
1.3 วงจรกรองกระแสแบบแบบตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุ LC

วงจรกรองกระแสแบบ LC ใช้คุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำที่สามารถต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของลูกคลื่นกระแสต่ออนุกรมในวงจรกรอง และตัวเก็บประจุใช้คุณสมบัติการต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของลูกคลื่นแรงดันการใช้งานของวงจรกรอง LC ค่ารีแอคแตนซ์ของตัวเหนี่ยวต้องมากกว่าค่ารีแอคแตนซ์ตัวเก็บประจุขนานกับค่าความต้านทานของโหลด และค่ารีแอคแตนซ์ตัวเก็บประจุน้อยกว่าค่าความต้านทานโหลด

2. การออกแบบวงจร

2.1 วงจรสร้างความถี่สูง

วงจรสร้างสัญญาณความถี่ออกแบบโดยใช้ Arduino UNO R3 แสดงดังภาพที่ 2 เพื่อสร้างสัญญาณความถี่ในรูปแบบของสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) สามารถสร้างความถี่สูงสุดที่สามารถทำได้ขึ้นอยู่กับการตั้งค่ารีจิสเตอร์ของ Timer และโหมดการทำงานที่เลือก ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟเลี้ยงขนาด 5 V



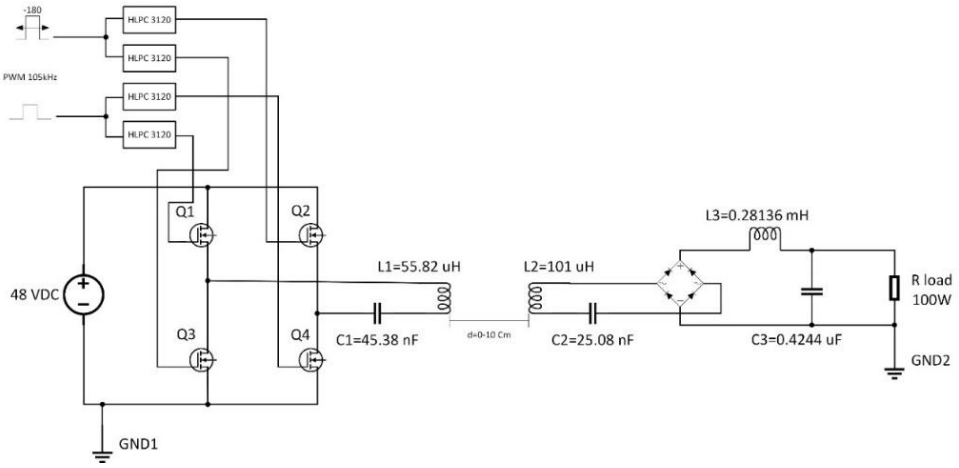
ภาพที่ 2 สัญญาณควบคุมการทำงานของมอสเฟตกำลัง

2.2 วงจรขับเกตสำหรับมอสเฟตกำลัง

วงจรสร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มจ่ายแรงดันมาที่ระดับ 5 V ส่งผลให้ไม่เพียงพอต่อการจ่ายแรงดันให้มอสเฟตทำงานได้เต็มที่ โดยได้เลือกใช้วงจรขยายสัญญาณด้วย HLCP 3120 เพื่อขยายระดับแรงดันของสัญญาณตัวอุปกรณ์ สามารถรองรับความถี่สวิตช์ 500 ns และแรงดันที่สามารถขยายออกมาได้อยู่ในช่วง 15-30 V

2.3 วงจรคอนเวอร์เตอร์

วงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่แสดงในภาพที่ 3 ถูกออกแบบด้วยวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งออกแบบมาเพื่อรับสัญญาณ PWM ความถี่สูง ดังนั้นจึงเลือกใช้มอสเฟตกำลังเบอร์ IRFP460 เป็นชนิด N-Channel มีพิกัดกระแสที่ 20 A ที่อุณภูมิ 25 °C พิกัดแรงดันสูงสุด 500 V พิกัดกำลังไฟฟ้า 250 W



ภาพที่ 3 วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์

2.4 ขดลวดตัวนำด้านรับและส่ง

การออกแบบขดลวดเลือกออกแบบให้พันขดลวดเป็นรูปก้นหอยรูปแบบวงกลมเพื่อลดผลของการรั่วไหลของฟลักซ์สนามแม่เหล็กและมีกระแสไหลวนน้อยทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่ำจึงเป็นที่นิยมนำมาใช้ในการวิจัยโดยขนาดของภาคส่งพลังงานไฟฟ้าและภาครับพลังงานไฟฟ้าอาจมีขนาดเท่ากันหรือต่างกันได้ สมการการคำนวณค่าความเหนี่ยวนำหาได้จากสมการดังนี้ [ชาญณรงค์ เรืองขจร, 2562]

$$L = \frac{n^2 \times A^2}{30A - 11D_i} \tag{2}$$

$$A = \frac{D_i + n(W + S)}{2} \tag{3}$$

จากสมการ (2) และ (3) ทำการออกแบบค่าความเหนี่ยวนำโดยกำหนดพารามิเตอร์ดังนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางภายในขดลวด 40 mm (Di = 40 mm) และขนาดของขดลวดมีค่าเท่ากับ 1.7 mm (W = 1.7 mm) ระยะห่างระหว่างรอบ 2.75 mm (S = 2.75 mm) จำนวนรอบที่ 22 รอบ (N = 22) เพื่อหาปริมาณพื้นที่หน้าตัดรวม (A)

$$A = \frac{40 + 22(1.7 + 2.75)}{2}$$
$$= 61.25$$

นำค่า ปริมาณพื้นที่หน้าตัดรวม (A) ไปแทนในสมการ (2) จะได้

$$L = \frac{22^2 \times 61.25^2}{30(64.25) - 11(40)}$$
$$= 55.627\mu H$$

2.5 การออกแบบอุปกรณ์เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น LC

การออกแบบวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น จะออกแบบให้มีแรงดันอัตราระลอกคลื่นที่ร้อยละ 1 โดยจะใช้สมการดังนี้ [สุวัฒน์ แซ่ตัน, 2558]

$$C = \frac{10}{2\pi f\sqrt{R_{load}^2 + (2\pi f L_{load})^2}} \quad (4)$$

และ

$$\%V_r = \frac{\sqrt{2}}{3}\left[\frac{1}{(2\pi f)^2 \times L \times C - 1}\right] \quad (5)$$

จากสมการที่ (4) ใช้ในการออกแบบ เพื่อหาค่าความจุที่ใช้กรองแรงดัน

$$C = \frac{10}{2\pi(100k)(37.5\Omega)}$$
$$= 0.4244\mu F \quad (6)$$

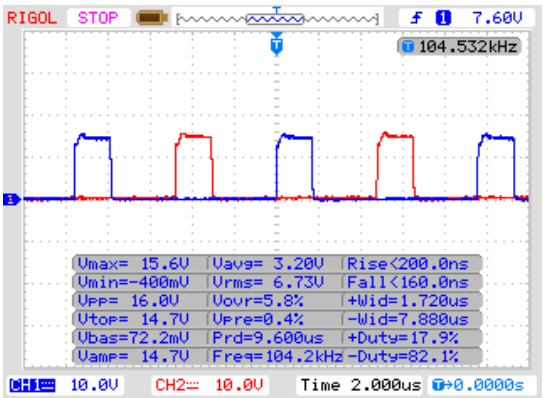
จากสมการที่ (5) ใช้ในการออกแบบเพื่อหาค่าความเหนี่ยวนำ

$$0.01 = \frac{\sqrt{2}}{3}\left[\frac{1}{(2\pi(100k))^2 \times L \times 0.4244\mu F}\right] \quad (7)$$
$$L = 0.28136mH$$

ผลการวิจัย

1 การทดลองวงจรขับเกตมอสเฟตกำลัง

จากการออกแบบวงจรขับเกตมอสเฟตกำลังด้วยไอซี จะได้สัญญาณจาก Arduino UNO R3 โดยแรงดันที่ป้อนเข้ามาเป็นระดับ 15 V กระแสตรงจากวงจรกรองกระแสโดยใช้ลิเนียร์ไอซี LM7815 จึงจะได้สัญญาณที่ใช้ในการขับขาเกตของมอสเฟตกำลังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สัญญาณที่จะใช้ในการขับขาเกตของมอสเฟตกำลัง

2 การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการเรโซแนนซ์

1) วัดประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าในระยะห่างขดลวดที่ 1-10 cm

การทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายจะวัดกำลังที่ป้อนเข้าระบบที่แหล่งจ่าย 48 V และเทียบกับกำลังที่ออกมาจากระบบ ที่โหลด 100 W ในระยะห่างขดลวดที่ 1-10 cm ในระดับความถี่เรโซแนนซ์ที่ 100 kHz และความถี่ในการสวิตช์มอสเฟตกำลังที่ 105 kHz โดยเครื่องวัดจะวัดระดับแรงดันกับกระแส แล้วผลที่ได้นำไปคูณเพื่อให้ได้มาซึ่งค่ากำลังไฟฟ้า และหาประสิทธิภาพของระบบ จึงจะได้ตามตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

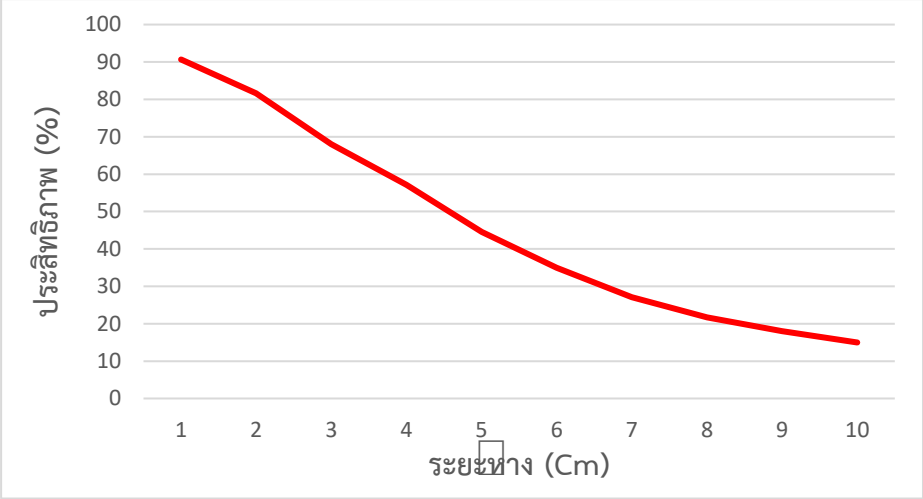
ระยะห่าง (Cm)	แหล่งจ่าย		
	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)
1	47.7	2.97	141.669
2	47.4	2.97	140.778
3	47.7	3.22	153.594
4	47.9	3.61	172.919
5	47.8	3.66	174.948
6	48.8	3.67	179.096
7	48	3.67	176.160
8	47.8	3.72	177.816
9	47.6	3.77	179.452
10	47.8	3.76	179.728

ตารางที่ 2 ผลการทดลองวัดกำลังไฟฟ้าที่ขาออกโหลด 100 W

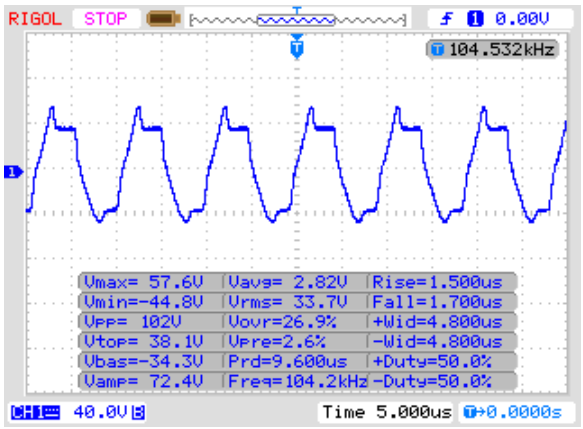
ระยะห่าง (Cm)	โหลด			ประสิทธิภาพ (%)
	แรงดัน (V)	กระแส (A)	กำลังไฟฟ้า (W)	
1	97.3	1.32	128.436	90.659
2	89.1	1.29	114.939	81.645
3	82.2	1.27	104.394	67.967
4	78.4	1.26	98.784	57.127
5	61.8	1.26	77.868	44.509

6	50.9	1.23	62.607	34.957
7	40.1	1.19	47.719	27.088
8	32.7	1.18	38.586	21.699
9	27.9	1.16	32.364	18.034
10	23.4	1.15	26.91	14.972

แผนภูมิที่ 1 ประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยความถี่เรโซแนนซ์ 100 kHz

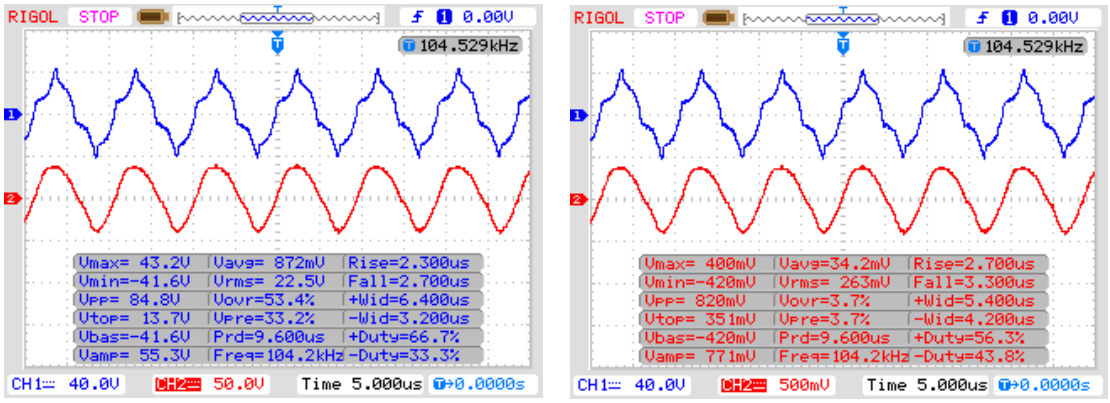


2) ผลทดลองวัดสัญญาณแรงดันและกระแสด้วยออสซิลโลสโคป



ภาพที่ 5 ระดับแรงดันจากวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะไม่มีโหลด

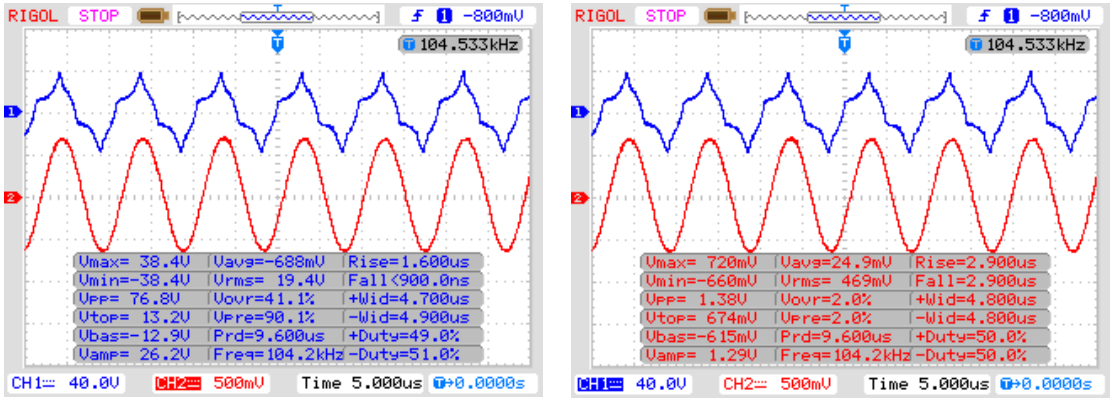
แรงดันและกระแสที่วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะเรโซแนนซ์ที่ 1 cm



(ก) (ข)

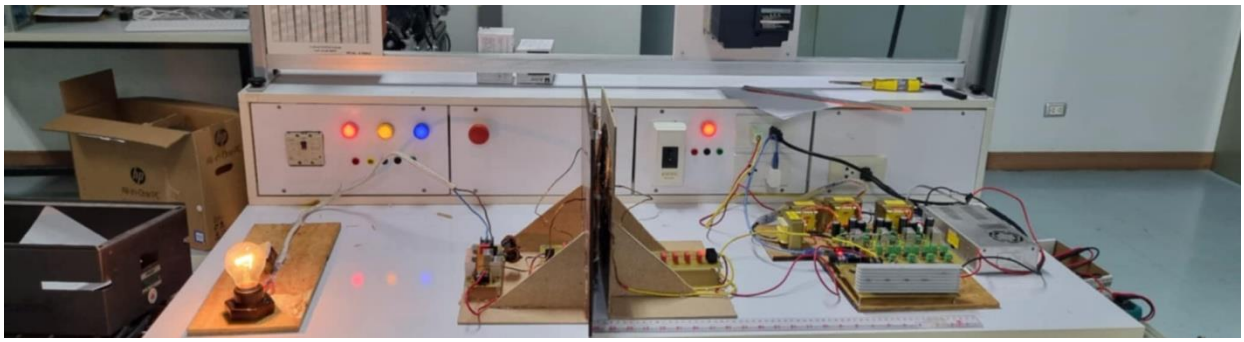
ภาพที่ 6 (ก) ระดับแรงดันจากวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะเรโซแนนซ์
(ข) ระดับกระแสจากวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะเรโซแนนซ์

แรงดันและกระแสที่วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะเรโซแนนซ์ที่ 10 cm



(ก) (ข)

ภาพที่ 7 (ก) ระดับแรงดันจากวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะเรโซแนนซ์
(ข) ระดับกระแสจากวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ขณะเรโซแนนซ์



ภาพที่ 8 ทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่ระยะห่างขด 1 cm

วิจารณ์ผล

จากผลการทดลองส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวดด้วยหลักการเรโซแนนซ์ในความถี่ที่ 100 kHz และใช้ความถี่สวิตช์วงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ ที่ความถี่ 105 kHz พบว่าในระยะห่างของขดลวดที่ 1 cm มีประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 90.659 เมื่อระยะห่างของขดลวดมีระยะที่ 10 cm จะมีประสิทธิภาพที่ร้อยละ 14.972 ดังตารางที่ 1 และ 2 จึงสามารถสร้างแผนภูมิเปรียบเทียบประสิทธิภาพได้ใน แผนภูมิที่ 1 แสดงถึงประสิทธิภาพในการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวดที่ผกผันตามระยะห่างของขดลวด

อีกทั้งยังพบมุมของกระแสที่แปรเปลี่ยนตามระยะห่างของขดลวด เมื่อระยะห่างเพิ่มมากขึ้นทำให้มุมของกระแสเริ่มนำหน้ามุมแรงดันไฟฟ้าห่างออกไป จากการเปรียบเทียบ ภาพที่ 6 กับ ภาพที่ 7 รวมทั้งตลอดการทดลอง

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความถี่เรโซแนนซ์มีผลต่อการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวดเป็นอย่างมาก และประสิทธิภาพในการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายนั้นขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ความถี่เรโซแนนซ์และการสร้างความถี่สวิตช์ให้กับวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ที่เหมาะสม

สรุปผล

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวดด้วยความถี่เรโซแนนซ์ 100 kHz โดยใช้ความถี่สวิตช์ควบคุมมอสเฟตกำลังที่ความถี่ 105 kHz สร้างสัญญาณด้วย Arduino UNO R3 แล้วขยายแรงดันด้วยวงจรขับเกต HCPL 3120 ถึงจะได้สัญญาณขับขาเกตของวงจรฟูลบริดจ์คอนเวอร์เตอร์ จึงได้ผลตอบสนองเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีแรงดัน 48 V ซึ่งพบว่าวงจรสามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงสุดในช่วงระยะห่างของสองขดลวดที่ 1 cm และมีประสิทธิภาพที่ร้อยละ 90.659 ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วงจรแปลงผันกระแสสลับเป็นกระแสตรงแบบเต็มคลื่น โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุในการกรองแรงดันและกระแส หรือวงจรกรองกระแสแบบเต็มคลื่น LC ซึ่งได้ผลตอบสนองเป็นลูกคลื่นใกล้เคียงกับกระแสตรง โดยมีระลอกคลื่นที่ร้อยละ 1 ในระดับแรงดันที่กรองได้ 97.3 V ซึ่งจะเห็นได้ว่าวงจรมีการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ฉะนั้นการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดกระแสตรงจึงมีประสิทธิภาพที่ดีและเสถียร

เทคนิคในการออกแบบและการประยุกต์ใช้ โดยเทคนิคที่นำมาใช้ในการสร้างความถี่สัญญาณสวิตช์มอสเฟตกำลังที่สูงกว่าความถี่เรโซแนนซ์เล็กน้อยนั้น เพื่อให้การส่งกำลังไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น และใช้ความถี่เรโซแนนซ์ที่ 100 kHz จะเห็นได้ว่าการเลือกย่านความถี่ส่งผลให้เกิดประสิทธิผลที่ดี และกำลังสูญเสียที่เกิดน้อยลงในช่วงระยะห่าง 1-2 cm ทำให้มีการส่งกำลังไฟฟ้าดีขึ้นและลดการสูญเสียของเส้นแรงแม่เหล็กในอากาศ สำหรับเทคนิคการออกแบบขดลวดเหนี่ยวนำจากผลคูณพื้นที่ ทำให้การออกแบบตัวเหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพและเป็นระเบียบ ส่งผลให้วงจรส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังมีเทคนิคสำคัญอีกหนึ่งเทคนิคคือ การจัดระเบียบสายและระเบียบของเส้นลายทองแดงในแผงวงจร ที่มีระยะทางของทองแดงที่เหมาะสมจะส่งผลให้สัญญาณมีความเสถียรและไม่เกิดสนามแม่เหล็กรบกวนอุปกรณ์อื่น ๆ ในวงจรอีกด้วย ดังนั้นเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้เกิดการเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบสองขดลวด

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากโครงการวิจัยโครงการวิจัยบูรณาการนักศึกษาและอาจารย์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นและความเป็นเลิศทางวิชาการ ปีงบประมาณ 2567 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

เอกสารอ้างอิง

ชาญณรงค์ เรืองขจร. (2562). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบการถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าแบบไร้สายสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

บุญทัน สนั่นน้ำหนัก. (2566). ชุดสาธิตการส่งจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบไร้สาย. วารสารเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี, 4(2).

บัญชา หิรัญสิงห์. (2559). เอกสารประกอบการสอนรายวิชาอิเล็กทรอนิกส์กำลัง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ภริดา จีบกล่ำ. (2564). การศึกษาเชิงเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งพลังงานไฟฟ้าไร้สายแบบพลวัตด้วยความถี่เรโซแนนซ์. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 31(4).

พิเชษฐ์ วิสารทพงศ์. (2654). การถ่ายโอนพลังงานแบบไร้สาย. Engineering Transactions, 24(2), 51.

สมยศ เกียรติวนิชวิไล และ ภัทรธร เผ่าจินดา. (2556). การส่งกำลังไฟฟ้าผ่านอากาศสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต]. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.

วัชระ อมศิริ. (2560). ระบบรักษาประสิทธิภาพการส่งพลังงานไฟฟ้าไร้สายด้วยการปรับความถี่เรโซแนนซ์อัตโนมัติ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 25(5).

วิสิทธิ์ ลุมชะเนาว์. (2559). การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่งกำลังไฟฟ้าแบบไร้สายระหว่างแผ่นพีซีบีกับขดลวดทอง. วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเทพสตรี I-Tech, 11(1).

วีรเชษฐ์ ขันเงิน. (2557). อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics (พิมพ์ครั้งที่ 14), สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง.

สุวัฒน์ แซ่ตัน. (2558). เทคนิคการออกแบบสวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ, สำนักพิมพ์หุ้นไข่ไก่.

เอกชัย ชัยดี. (2559). ผลกระทบทางความถี่ที่มีต่อสมรรถนะการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สาย. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(2).

เอกชัย ชัยดี. (2560). การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายแบบใช้ขดส่งกำลังงานสองขด. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2(1)

อิทธิพล เหลาพรม. (2560). ชุดสาธิตการส่งกำลังไฟฟ้าไร้สายด้วยหลักการความถี่สภาวะเรโซแนนซ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สทวท.), 4(2).

อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง (Optocouplers). (24 สิงหาคม 2556)[ออนไลน์]. https://brushlessservocontrolr-ccar.blogspot.com/2013/08/optocouplers.html.

Batarseh, I. (2004). Power electronics circuits. John Wiley & Sons.

Daniel, W. H. (2010). Power electronics. McGraw Hill.

Rashid, M. H. (2004). Power electronics: Circuits, devices and applications (3rd ed.). Prentice Hall.

วงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วน

DC - DC Converter under Partial Shading Condition for PV Arrays

คัชชพงษ์ หงษ์เวียงจันทร์[1*] ณัฐธัญ ดอกกุหลาบ[1] และบัญชา หิรัญสิงห์[1]

Khachaphong Hongwaingjun [1*] , Natthan Dokkularb[1] and Bancha Hiransing[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 73000

[1] Department of Electrical Engineering Faculty of Science and Technology Nakhon Pathom Rajabhat University 73000

[*]Corresponding author E-mail: 644604008@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ทดลองวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วนพลังงานแสงอาทิตย์ให้ประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อออกแบบและทำการจำลองแผงโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์ขณะถูกบดบังแสงแดดบางส่วนจำนวน 6 แผง กำลังไฟฟ้าแผงละ150 วัตต์ รวมกัน 6 แผง กำลังไฟฟ้ารวม 900 วัตต์ หลักการทำงานของแผงโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์ขณะถูกบดบังแสงแดดบางส่วนและเพื่อศึกษาตรวจสอบการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์จำนวน 6 แผง กำลังไฟฟ้าแผงละ 150 วัตต์ รวมกัน 6 แผงกำลังไฟฟ้ารวม 900 วัตต์และออกแบบสร้างระบบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าโซล่าเซลล์แสงอาทิตย์ขณะถูกบดบังแสงแดดบางส่วนและวงจรป้อนกลับ วงจรแบ่งแรงดัน สามารถความคุมแรงดันในแผงโซล่าเซลล์ได้ขณะถูกบดบังแสงแดดบางส่วนจำนวน 6 แผงกำลังไฟฟ้าแผงละ 150 วัตต์ รวมกัน 6 แผง กำลังไฟฟ้ารวม 900 วัตต์ เพื่อในการใช้งานในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับเป็นพลังงานไฟฟ้า วงจรโซล่าเซลล์ภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วน

คำสำคัญ แผงเซลล์แสงอาทิตย์ วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ วงจรควบคุมแบบป้อนกลับ

Abstract

This research aims to analyze and experiment with a DC-DC power conversion circuit under conditions where solar panels are partially shaded to maximize efficiency. The study involves the design and simulation of a solar panel system under partial shading conditions, consisting of six solar panels, each with a power capacity of 150 watts, resulting in a total power capacity of 900 watts.The research focuses on the operation of solar panels under partial shading conditions and investigates the power generation performance of the six solar panels, each rated at 150 watts, with a combined power capacity of 900 watts. Additionally, it involves the design

and construction of a boost converter circuit to measure the voltage of solar panels under partial shading conditions, along with feedback and voltage divider circuits, enabling voltage control of the solar panels. The study ensures efficient power generation from the six solar panels, each with a capacity of 150 watts (totaling 900 watts), even under partial shading conditions, for application in DC electronic devices. The system converts solar energy into electrical energy, addressing the functionality of solar cell circuits under partial shading conditions.

Keywords PV Arrays , Boost converter , Feedback Loop Control System

บทนำ

เนื่องจากปัจจุบันการใช้ทรัพยากรทางธรรมชาตินำมาสร้างการผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มที่มีการพัฒนาเพิ่มยิ่งขึ้นเนื่องจากการใช้งานพลังงานไฟฟ้าในการดำเนินชีวิตอยู่เป็นชีวิตประจำทุกวันซึ่งคาดว่าในอนาคตทรัพยากรทางธรรมชาติจะมีการลดน้อยลงมากขึ้นทำให้การผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอต่อความต้องการของประชาชนที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวันซึ่งทำให้ค่าการใช้ไฟฟ้ามีมูลค่าเพิ่มขึ้น การเกิดปัญหาค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวันที่มีเพิ่มมากขึ้นประชาชนจึงต้องประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานให้น้อยลงซึ่งต้องการหาพลังงานมาทดแทน จะเห็นได้ว่าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจากธรรมชาติที่เป็นพลังงานสะอาดไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ได้อีกเพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในชีวิตประจำวัน จึงมีการใช้เทคโนโลยีหลากหลายแบบในการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นความร้อนและไฟฟ้านั้นคือเซลล์แสงอาทิตย์

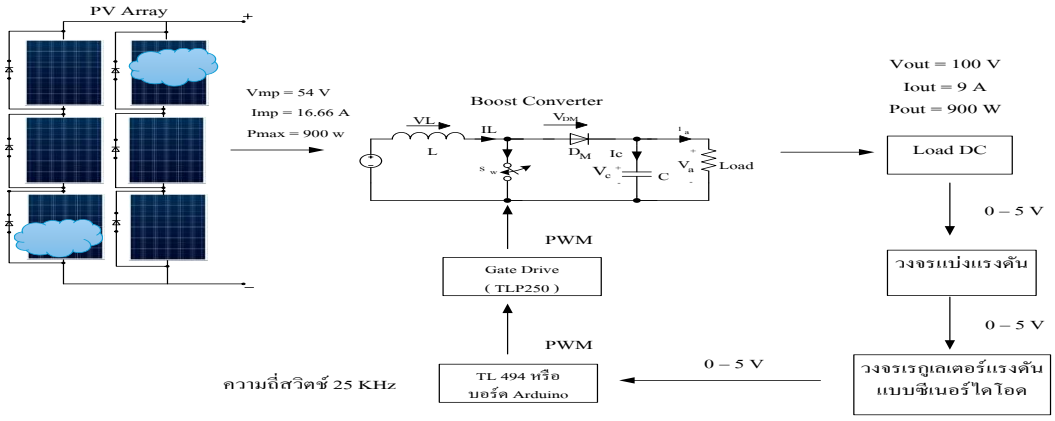
ระบบไฟฟ้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรงจากแสงอาทิตย์ ปัจจุบันสามารถแปรสภาพพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยตรงด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ การนำเอาเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

ดังนั้นกลุ่มผู้จัดทำจึงได้ศึกษาเงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วนโดยใช้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์และสามารถพัฒนานำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ได้ในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการออกแบบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัย จึงได้ออกแบบชิ้นงานในส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1



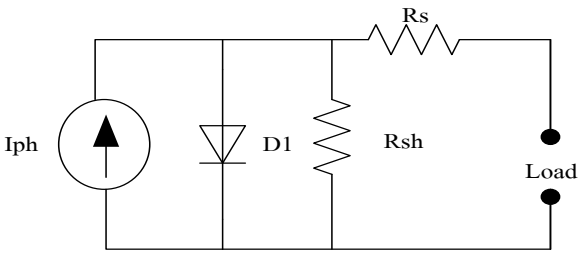
ภาพที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแนวคิดการดำเนินงาน

1.1 เซลล์แสงอาทิตย์

กระแสไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์ (Photo current) เกิดจากแสงสว่างไปทำให้เซลล์แสงอาทิตย์สร้างประจุพาหะอิสระให้ ไหลผ่านโหลดที่ต่ออยู่เป็นสัดส่วนตรงกับความเข้มแสงที่ตกกระทบรอยต่อ PN Junction ซึ่งจะเขียนแทนด้วยไดโอดและ แหล่งจ่ายกระแส ในสมการที่ (1) นำมาจากสมการดังนี้ [เดชนิติธร อิ่มปรีดา, 2554] แสดงถึงคุณลักษณะทางกระแสและแรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งจะเขียนอยู่ในรูปของฟังก์ชันเอกโพเนนเชียล (exponential equation)

$$I = I_{ph} - I_s(\exp\frac{q(V+IR_s)}{N.K.T} - 1) - \frac{(V+IR_s)}{R_{sh}} \quad \textbf{(1)}$$

ค่า Ideal factor นั้นขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีในการผลิตโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ตามตารางที่ 1 และจากสมการที่ (1) นำมาจากสมการดังนี้ [เดชนิติธร อิ่มปรีดา, 2554] สามารถ เขียนเป็นวงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ดังแสดงในภาพที่



ภาพที่ 2 วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์

ตารางที่ 1 แสดงค่า Ideal factor

Technology	N	Technology	N
Si-mono	1.2	a-Si H triple	5
Si-poly	1.3	CdTe	1.5
a-Si H	1.8	CIS	1.5
a-Si H tandem	3.3	AsGa	1.3

จาก วงจรสมมูลของเซลล์แสงอาทิตย์ในรูปที่1 จะเห็นว่ามี 5 ตัวแปรที่มีผลต่อกระแสและแรงดันขาออกของเซลล์แสงอาทิตย์ คือ I_s , N เป็นผลของไดโอด ค่า I_{ph} เป็นผลของแสงที่ตกกระทบ และค่า R_s , R_{sh} เป็นค่าความต้านทานซึ่งถือเป็นการสูญเสียที่เซลล์แสงอาทิตย์

1.2 ผลกระทบจากระดับของแสงอาทิตย์

ค่า I_{ph} เป็นกระแสที่สร้างขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์โดยใช้แสงในการเปลี่ยนรูปพลังงาน ซึ่งค่ากระแสที่สร้างขึ้นเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความเข้มแสง (radiation intensity) และอุณหภูมิตามสมการที่2

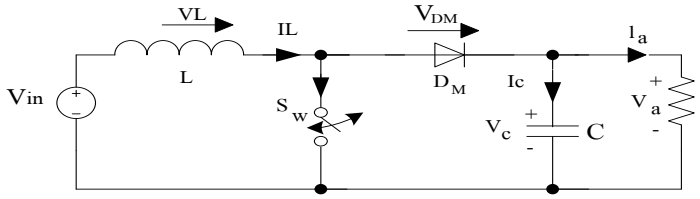
$$I_{ph} = \left[I_{sc} + K_I (T - T_{ref}) \right] \lambda \qquad (2)$$

1.3 ผลกระทบของอุณหภูมิ

หากกำหนดให้ความเข้มแสงมีค่าคงที่จากสมการที่ (2) นำมาจากสมการดังนี้ [เดชนิติธร อิ่มปรีดา, 2554] ค่าอุณหภูมิมีผลกระทบตอกำลงไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์เนื่องจากค่ากระแสลัดวงจรสัมพันธ์อุณหภูมิ อีกทั้งอุณหภูมิยังมีผลกระทบต่อกระแสไบอัสอิ่มตัวย้อนกลับของไดโอดที่เรียกว่า Reverse saturation current of diode I_s ดังสมการที่ (2) และ (3) นำมาจากสมการดังนี้ [เดชนิติธร อิ่มปรีดา , 2554]

$$I_s(t) = I_s[\frac{T}{T_{ref}}]\exp[(\frac{T}{T_{ref}} - 1)\frac{Eg}{N.V_t}] \qquad (3)$$

2. วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์



ภาพที่ 3. วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

ออกแบบจำลองให้ใช้งานที่ระดับแรงดันไฟฟ้าขาเข้า 100 โวลล์จึงต้องออกแบบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยได้ใช้แผงโซล่าเซลล์ชนิด Polycrystalline Silicon Solar Cells ซึ่งมีค่ากำลังกำลังฟ้าขนาด 150 วัตต์ จำนวน 6 แผงจะได้แรงดันไฟฟ้าทั้งหมด54 โวลต์ ให้มีแรงดันไฟฟ้าขาออกเป็น 100 โวลต์ มีความถี่สวิตซ์ซิ่ง 25000 เฮิรตซ์ ซึ่งได้ทำการหาค่าดิวตี้ไซเคิลจากสมการที่ (4) [วีรเชษฐ์ ขันเงิน., 2557] ค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้าจากสมการที่ (6) [วีรเชษฐ์ ขันเงิน., 2557] ค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้าจากสมการที่ (10) [วีรเชษฐ์ ขันเงิน., 2557]
หาค่าดิวตี้ไซเคิล

$$\frac{V_0}{V_d} = \frac{1}{1-D} \tag{4}$$

$$1-\frac{54}{100} = 0.46$$

หาค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่เล็กที่สุด

$$R = \frac{100^2}{900} = 11.111\,\Omega \tag{5}$$

$$L_{\min} = \frac{DR(1-D)^2}{2f} \tag{6}$$

$$L_{\min} = \frac{0.46\times(1-0.46)^2\times 11.111}{2\times 25000} = 29.807\ uH \tag{7}$$

ดังนั้น ค่าเหนี่ยวนำไฟฟ้า เท่ากับ 36.8 ไมโครเฮนรี่ ได้เลือกใช้ตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่มีค่า 37 ไมโครเฮนรี่

หาค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ทำให้ค่าอัตราระลอกคลื่นเท่ากับ 1 %

$$C = \frac{0.46}{11.111\times(0.01)\times 25\times 10^3} = 165.001\,uF \tag{8}$$

ดังนั้น ค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า เท่ากับ 165.001 ไมโครฟารัด ได้เลือกใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้าที่ค่า200 ไมโครฟารัด

3. สร้างระบบควบคุมแบบวงปิดของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การควบคุมแบบวงปิดใช้แปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (DC) ที่เปลี่ยนแปลงได้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตามที่ต้องการ โดยตัวแปลงบูสต์ถูกใช้เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่สูงกว่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนเข้า การควบคุมแบบปิดลูป (Closed Loop Control) เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าขาออกให้คงที่ โดยการรับค่าป้อนกลับจากลูป

คำนวณค่าเกนเชิงสัดส่วน

$$K_{cr} = 1.5 \tag{9}$$

$$K_p = 0.45K_{cr} \tag{10}$$

$$K_p = 0.45(1.5) \tag{11}$$

$$K_p = 0.675 \tag{12}$$

คำนวณค่าเกนเชิงอินทิกรัล

$$P_{cr} = 0.12ms / 0.00012s \tag{13}$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \tag{14}$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} \tag{15}$$

$$K_i = \frac{0.675}{\left(\frac{0.00012}{1.2}\right)} \tag{16}$$

$$K_i = 6750 \tag{17}$$

4. สูตรหาแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าของเซลล์แสงอาทิตย์

$$V_{in} = 18 + 18 + 18 = 54\,V \tag{18}$$

$$I_{in} = 8.33 + 8.33 = 16.66\,A \tag{19}$$

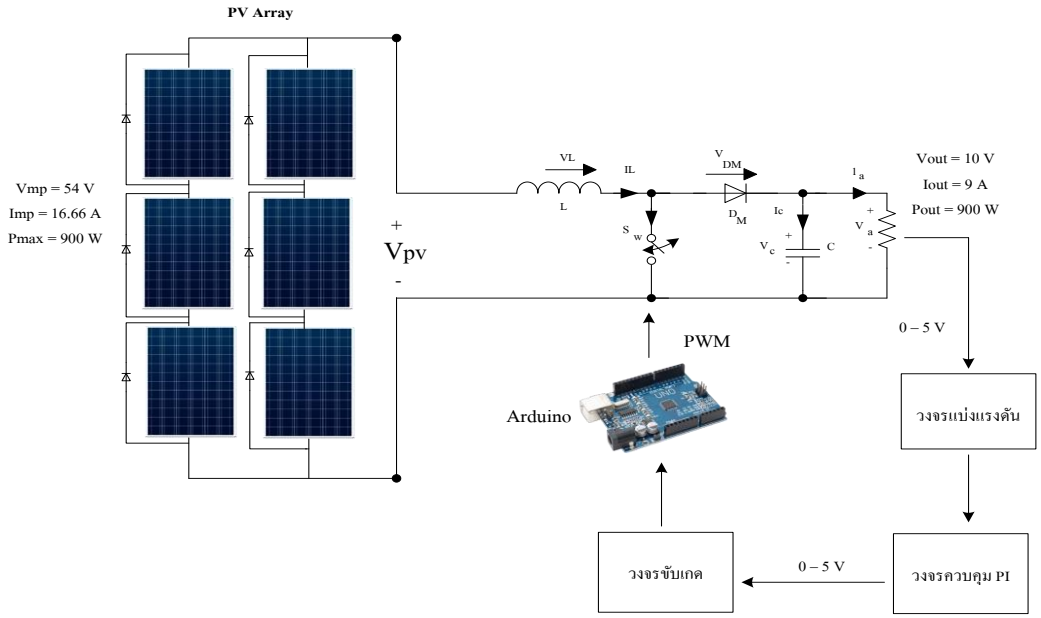
$$P_{in} = 150 + 150 + 150 + 150 + 150 + 150 = 900\,W \tag{20}$$

5. สูตรหาแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

$$V_{out} = 9 \times 11.111 = 99.999\,V \tag{21}$$

$$I_{out} = \frac{100}{11.111} = 9.00\,A \tag{22}$$

$$P_{out} = \frac{100^2}{11.111} = 900.00\,W \tag{23}$$

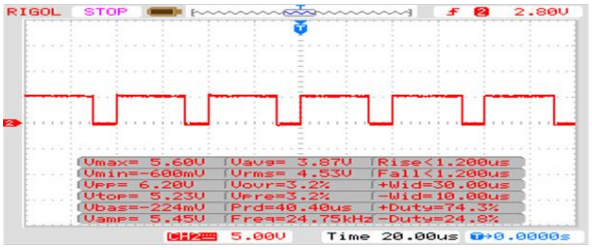


ภาพที่ 4 ระบบควบคุมแบบวงปิดของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

ผลการวิจัย

1. การทดลองวงจรขับเกตมอสเฟตกำลัง

จากการออกแบบวงจรขับเกตมอสเฟตกำลังที่ออกแบบมาสำหรับงานที่ต้องการการจัดการกระแสและแรงดันสูง เหมาะสำหรับการใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จะได้สัญญาณจาก อาดูโน่ UNO โดยแรงดันที่ป้อนเข้ามาเป็นระดับ 15 โวลต์ กระแสตรงจากวงจรกรองกระแสโดยใช้มอสเฟตเบอร์ IRFP460 จึงจะได้สัญญาณที่ใช้ในการขับขาเกตของมอสเฟตกำลังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 สัญญาณที่ใช้ในการขับขาเกตของมอสเฟตกำลังดิวตี้ไซเคิล 74 %

2. การทดลองผลการทำงานของวงจรวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์และวงจรป้อนกลับ

การทดลองวงจรวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์และวงจรป้อนกลับจะวัดกำลังที่ป้อนเข้าระบบที่แหล่งจ่าย 12-60 โวลต์ออกมาจากระบบ ที่โหลด 100 วัตต์ ในระดับความถี่ที่ 25 กิโลเฮิรตซ์ โดยเครื่องวัดจะวัดระดับ

เอาต์พุตวงจรป้อนกลับ

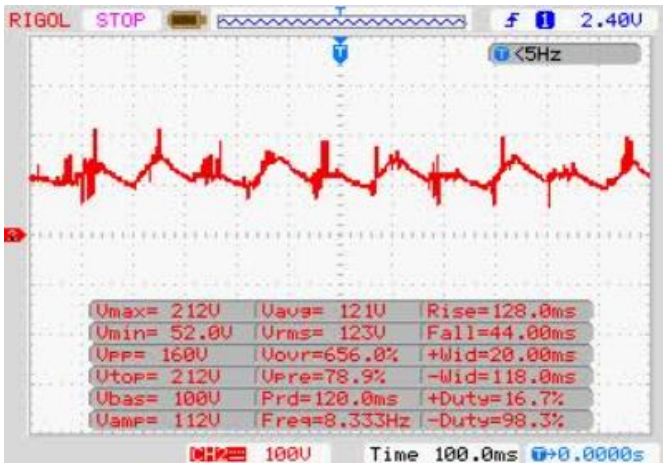
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (โวลต์)	แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (โวลต์)	กระแสไฟฟ้าเอาต์พุต (แอมแปร์)
12	47.5	0.15
24	84.1	0.09
36	91.4	0.11
48	104	0.10
60	125	0.14

แรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าจึงจะได้ตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขาออกโหลด 100 วัตต์

3. ผลทดลองวัดสัญญาณแรงดันด้วย Oscilloscope

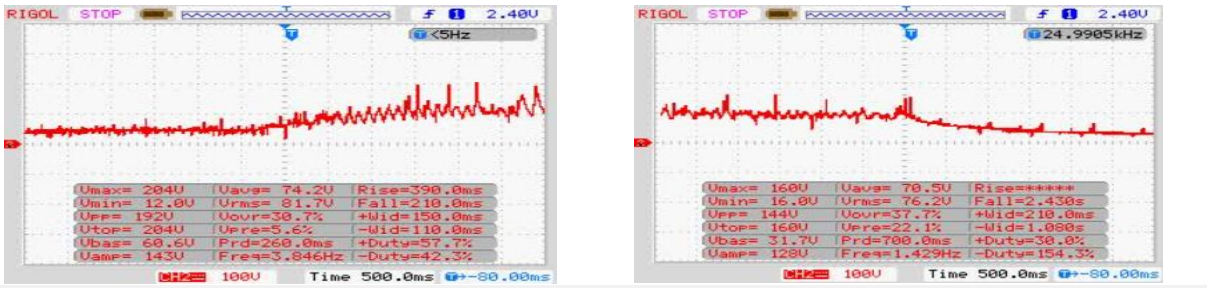
จากภาพนี้เป็นการวัดสัญญาณไฟฟ้าที่มีค่าแรงดันสูงสุด 212 โวลต์ และต่ำสุด 52.0 โวลต์ โดยสัญญาณค่อนข้างคงที่ ไม่ได้แสดงลักษณะของคลื่นสัญญาณพัลส์ที่เปลี่ยนแปลงเร็วการทำงานของอุปกรณ์เปิด-ปิดแบบเป็นช่วง หรือการวิเคราะห์สัญญาณในระบบไฟฟ้าแรงสูงที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา



ภาพที่ 6 สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงของโหลดที่แหล่งจ่าย 60 โวลต์

4. ผลการวงจรควบคุมแบบป้อนกลับ

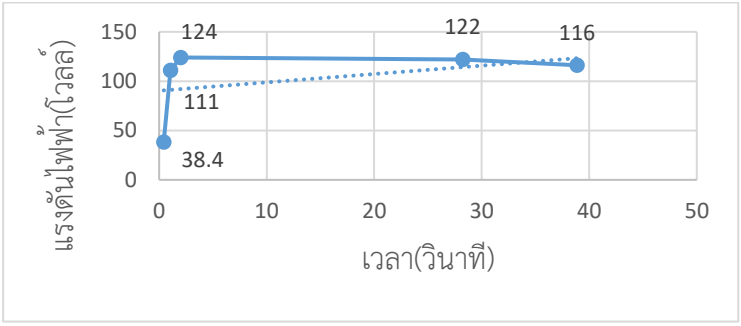
สัญญาณจากออสซิลโลสโคปแสดงลักษณะการลดลงหรือการลดทอน เช่น การคายประจุของตัวเก็บประจุ โดยแรงดันเริ่มต้นสูงและลดลงตามเวลา ซึ่งพบในระบบไฟฟ้าแรงดันสูงหรือวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงช้า



(ก) (ข)

ภาพที่ 7 (ก) ระดับแรงดันสัญญาณวงจรป้อนกลับของโหลด 0-50 โวลต์
(ข) ระดับแรงดันสัญญาณวงจรป้อนกลับของโหลด 60-34 โวลต์

5. ผลการหน่วงของวงจรวงจรบูสคอนเวอร์เตอร์และวงจรควบคุมป้อนกลับ



ภาพที่ 8 ผลการหน่วงแรงดันไฟฟ้า 60 โวลต์

ภาพนี้แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา (วินาที) กับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์) ในการทดลองที่แรงดันไฟฟ้าเริ่มต้น 60 โวลต์ โดยมีการบันทึกค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นตามเวลา จุดข้อมูลแสดงการเพิ่มขึ้นของแรงดันจากประมาณ 38.4 โวลต์ที่เวลา 1.065 วินาที จนถึง 116 โวลต์ที่เวลา 38.87 วินาที ซึ่งบ่งบอกถึงการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของแรงดันไฟฟ้าตามเวลาในการทดลองนี้

ภาพที่ 9 โครงแผงเซลล์แสงอาทิตย์ 6 แผงกับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาและสร้างวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วน โดยทำการสร้างวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยใช้การเขียนวงจรจำลองวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วน เพื่อตรวจสอบการความถูกต้องผลการทดลองวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรงภายใต้เงื่อนไขแผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วนในเวลาจริงควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ที่ออกแบบมาใช้กับวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อเก็บข้อมูลแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต แสดงให้เห็นว่าระบบวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องหลักการทำงานวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ ในความถี่ที่ 25 กิโลเฮิรตซ์โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนต่อใช้งานร่วมกับทำงานวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ วงจรป้อนกลับ วงจรแบ่งแรงดัน และให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนทำงานอัตโนมัติเมื่อแรงดันอินพุตมีการเปลี่ยนแปลง ไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนจะปรับดิวดิวตี้ไซเคิลถูกดำเนินการผ่านการควบคุมเพื่อลดข้อผิดพลาด ค่าดิวตี้ไซเคิลที่ถูกจำกัดอยู่ในช่วง 0-480 หากค่าที่อ่านได้ feedbackADC ต่ำกว่า 555 ซึ่งแสดงว่าแรงดันไฟฟ้าจริงต่ำกว่าที่ 100 โวลล์ จะใช้ค่าปรับดิวดิวตี้ไซเคิลให้ตรงสำหรับการปรับดิวดิวตี้ไซเคิลและหากค่าที่อ่านได้มากกว่า 555 จะเพิ่มค่าดิวตี้ไซเคิลแสดงว่าแรงดันใกล้เคียงหรือสูงกว่า 100 โวลต์ ด้วยค่าข้อผิดพลาด (x = dutyCycle + error) เพื่อปรับการตอบสนองเพิ่มเติมการเพิ่มค่าข้อผิดพลาด (error) ลงไปใน Duty Cycle จะช่วยให้ PWM มีการตอบสนองไวขึ้นเมื่อป้อนกลับใกล้ถึงหรือเกินเกณฑ์การปรับนี้ช่วยรักษาเสถียรภาพของระบบและลดโอกาสที่แรงดันจะคงอยู่ในช่วงใกล้ 555 โดยไม่ปรับอย่างมีประสิทธิภาพใช้ค่า x = dutyCycle + error ในกรณีที่ป้อนกลับเกินเกณฑ์ (555) ช่วยให้ PWM ตอบสนองไวขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าระบบวงจรแปลงผันกำลังไฟฟ้ากระแสตรง (DC-DC Converter)ที่ควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์อาดุยโนสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในสภาพแวดล้อมที่แผงเซลล์แสงอาทิตย์ถูกบดบังบางส่วน โดยระบบสามารถปรับดิวตี้ไซเคิลของ PWM โดยอัตโนมัติเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในแรงดันอินพุต เพื่อรักษาแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตให้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการและเพิ่มเสถียรภาพของระบบ ทำให้วงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่องในสภาวะแสงที่เปลี่ยนแปลงไปการใช้ป้อนกลับในระบบนี้ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถตรวจสอบค่าปัจจุบันของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต (feedbackADC) และใช้ค่าดังกล่าวในการปรับค่าดิวตี้ไซเคิลโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด การเพิ่มค่าข้อผิดพลาด (error) ลงในดิวตี้ไซเคิลเมื่อป้อนกลับเกินเกณฑ์นั้นมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ระบบตอบสนองได้ไวขึ้นและสามารถแก้ไขข้อผิดพลาดได้รวดเร็วขึ้นเมื่อแรงดันใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ การเพิ่มข้อผิดพลาดในดิวตี้ไซเคิลจะ

ช่วยให้การปรับเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลมีความแม่นยำและรวดเร็วขึ้น ลดโอกาสที่แรงดันจะไม่สอดคล้องกับค่าที่ต้องการและช่วยรักษาเสถียรภาพของระบบในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม ที่อนุญาตให้อุปกรณ์วัดการสนับสนุนเครื่องมือและทดสอบ ห้องเรียนของอาคาร ตลอดจนสนับสนุนเครื่องมือวัด และทดสอบที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ อีกทั้งยังขอขอบคุณอาจารย์แผนกวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้คำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

รุ่งเพชร ก่อนนอก, และ รุ่งเรือง วังไธสง. (2566). การออกแบบใช้งานต้นแบบโซล่าเซลล์ในงานเกษตรกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.

สุขรักษ์ แซ่เจี้ย, และ วรวิทย์ สุทธิชาติ. (2565). เครื่องผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กอเนกประสงค์ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

ศังกร สิ้มศรีสุข. (2552). เครื่องจำลองกลุ่มแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 8 กิโลวัตต์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นภัทร วัจนเทพินทร์. (2549). การวิจัยและพัฒนาระบบการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาอาคาร. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี.

วราภรณ์ พรมมาศ, และคณะ. (2550). เครื่องควบคุมแผงโซล่าเซลล์ตามทิศทาง. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กชพรรณ สาครจิตร์, และ ชนาธิป ปานผอบ. (2560). การออกแบบและติดตั้งระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยใช้โซล่าเซลล์แบบออนกริด. มหาวิทยาลัยสยาม.

เดชนิติธร อิ่มปรีดา. (2555). แผงเซลล์แสงอาทิตย์จำลองด้วยการเชื่อมต่อโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

มณฑล นาวงษ์. (2556). การออกแบบวงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์เพื่อการประจุแบตเตอรี่โดยใช้พลังงานจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์. มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

เอกวัฒน์ บุพิ. (2559). การศึกษาแบบจำลองการผลิตไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม MATLAB/SIMULINK. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อนนท์ นำอิน, และคณะ. (2560). ผลตอบสนองเวลาของแผงเซลล์แสงอาทิตย์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

Gold Stone Energy (Thailand) Co., Ltd. (2562). รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar Radiation**)**. สืบค้นจาก https://www.gsenergy.co.th/2019/04/09/

วินัย แสนจันทร์. (2554). ทฤษฎีบูสต์คอนเวอร์เตอร์. มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

บริษัท ที เอ็น เมตัลเวิร์ค จำกัด. (2557). วงจรอนุกรมขนาน. สืบค้นจาก https://www.euroventblower.com

บริษัท อินไซเดอร์ ซิสเต็ม จำกัด. (2544). คำศัพท์ที่เกี่ยวกับ Solar Cell. สืบค้นจาก https://insidersystem.co.th/

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2565). การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์. สืบค้นจาก https://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/

Electric Circuit Theory. (2562). วงจรแบ่งแรงดันและวงจรแบ่งกระแส. สืบค้นจาก https://tahmidmc.blogspot.com/2013/05/using-tlp250-for-isolated-mosfet-gate.html

เดชนิติธร อิ่มปรีดา และวันชัย ทรัพย์สิงห์ (2554) แผงเซลล์แสงอาทิตย์จาลองด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink แบบทันเวลา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

วีรเชษฐ์ ขันเงิน. (2557). อิเล็กทรอนิกส์กำลัง Power Electronics (พิมพ์ครั้งที่ 14), สำนักพิมพ์ห้างหุ้น ส่วนจำกัด วี.เจ. พริ้นติ้ง.

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนโดยอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงปีกตัววีที่ผลิตจากเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ

THE STUDY OF HEAT TRANSFER ENHANCEMENT WITH 3D PRINTED V-SHAPED WING INSERT

อัษฎาวุฒิ เดชะบุญ[1*] สมพล สกุลหลง[1] และสืบสกุล คุรุรัตน์[1]

Assadavuth Dechaboon[1*], Sompol Skullong[1] and Suabsakul Gururatana[1]

[1]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

เลขที่ 199 หมู่ที่ 6 ถนนสุขุมวิท จังหวัดชลบุรี 20230

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus,

199 M.6, Sukhumvit Rd., Chonburi 20230, Thailand

*Corresponding author E-mail: Assadavuth.de@ku.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนของท่อกลมในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนโดยใช้อุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงปีกตัววีที่ผลิตจากเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติ จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการถ่ายเทความร้อน (Nu/Nu_0) สามารถเพิ่มขึ้นสูงสุด 1.63 เท่า ในขณะที่อัตราการสูญเสียความดัน (f/f_0) เพิ่มขึ้นสูงสุด 5.38 เท่า นอกจากนี้ค่าการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน (HTEP) มีค่า 1.06 ภายใต้เงื่อนไข PR และ BR มีค่า 0.5 และ 0.020 ตามลำดับ สำหรับรูปแบบการจัดวางแบบ V-Up ถัดมาผลการเปรียบเทียบรูปแบบ V-Up และ V-Down พบว่า รูปแบบ V-Down มีค่า Nu/Nu_0 และ f/f_0 ลดลงร้อยละ 27.81 และ 26.67 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่า HTEP แล้วรูปแบบ V-Up ยังคงมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุด จึงเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อน

คำสำคัญ: เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน การเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน

Abstract

This present study explores improving the heat transfer performance of circular tubes in heat exchangers using V-shaped wing vortex generators produced through 3D printing technology. The experimental results indicate that the heat transfer rate (Nu/Nu_0) can be enhanced by up to 1.63 times, with a maximum increase in pressure drop (f/f_0) of 5.38 times. Additionally, the heat transfer enhancement performance (HTEP) reaches 1.06 under the conditions where PR and BR are 0.5 and 0.020, respectively, for the V-Up arrangement. Later, the comparison of V-Up and V-Down configurations reveals that the V-Down setup decreases Nu/Nu_0 and f/f_0 by 27.81% and 26.67%, respectively. Finally, when considering the HTEP, the V-Up arrangement remains the most thermally efficient, making it the optimal choice for improving heat transfer efficiency.

Keywords: Heat Exchanger, Vortex Generator, Heat transfer enhancement

บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีการคิดค้นและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งอุตสาหกรรมด้านการแลกเปลี่ยนความร้อนได้รับผลกระทบเชิงบวกส่งผลให้อุตสาหกรรมด้านนี้นั้นได้รับประโยชน์จากการเติบโตของเทคโนโลยีเช่นเดียวกัน อุตสาหกรรมด้านพลังงานนำเทคโนโลยีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) มาใช้กันอย่างหลากหลายเช่น อุตสาหกรรมสารทำความเย็น, อุตสาหกรรมระบบปรับอากาศ, อุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า, อุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร เป็นต้น

การทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนคือการถ่ายโอนความร้อนระหว่างของไหลสองชนิดขึ้นไป ซึ่งวิธีที่ถูกนำมาใช้คือการแลกเปลี่ยนความร้อนคือการพาความร้อน ในระหว่างกระบวนการพบว่าเกิดการสูญเสียทางความร้อนภายในระบบ ซึ่งเป็นเหตุให้นักวิจัยได้ตระหนักและริเริ่มศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนแก่เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

รูปแบบวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนสามารถแบ่งได้ 3 ประเภทได้แก่ Active Techniques, Passive Techniques และ Compound Techniques ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายได้แก่ Passive Techniques คือการปรับปรุงหรือปรับแต่งการไหลของของไหลภายในระบบให้มีความปั่นป่วนยิ่งขึ้นโดยใช้

อุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน (Vortex Generator หรือ **VG**) เป็นอุปกรณ์เสริมติดตั้งภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Kiran et al., 2016)

VG มีหน้าที่เพิ่มการผสม (Mixing) ให้กับของไหลภายในท่อของของไหล ส่งผลให้เกิดการพาความร้อนดียิ่งขึ้น อุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนนั้นเป็นที่นิยมที่ถูกนำมาใช้ในการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน โดยอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนนั้นมีรูปทรงหลากหลายเช่น Twisted tapes, Helical tapes เป็นต้นและนอกเหนือจากรูปทรงที่ส่งผลต่อการไหลของของไหลยังมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ของอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน เช่น ระยะ Pitch, มุมปะทะ, ความหนา เป็นต้น

มีการศึกษาอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงปีกกั้นทรงตัววี (V-Shaped Winglet) เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลทางการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนโดยทำการศึกษาทางด้านรูปทรงและพารามิเตอร์ต่างได้แก่ รูปทรงของปีกกั้น, อัตราส่วนระยะ Pitch (Pitch Ratio), อัตราส่วนความหนา (Blockage Ratio), จากผลการทดลองพบว่ารูปทรงของปีกแผ่นกั้นแบบสามเหลี่ยมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนได้ดีที่สุดและสูงกว่าแบบปีกแผ่นกั้นทรงสี่เหลี่ยมเมื่อเทียบกับพารามิเตอร์เดียวกัน (Promvonge and Skullong, 2020a.)

ต่อมาได้ศึกษารูปทรงแบบปีกแผ่นกั้นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าทรงปีกตัววี (V-Baffle) โดยทำการศึกษาปัจจัยหลักได้แก่ รูปแบบการวางอุปกรณ์ (V-Up, V-Down), Pitch Ratio, Blockage Ratio และมุมปะทะคงที่ที่ 30 องศา จากการศึกษาพบว่าการวางอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนแบบ V-Down มีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงที่สุดและประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่ารูปแบบ V-Up ที่มีพารามิเตอร์เท่ากัน (Promvonge and Skullong, 2020b.)

Gururatana and Skullong (2020) ได้ทำการต่อยอดงานวิจัยโดยการนำเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติมาประยุกต์ใช้ในการสร้าง VG โดยการผลิตชิ้นส่วนของอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงแบบหยักที่ผลิตมาจากพลาสติก Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) และติดตั้งลงบนแผ่นอะลูมิเนียมโดยเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองจะมีปัจจัยหลักเพียงด้านพารามิเตอร์คือ อัตราส่วนความสูงของคลื่น (Amplitude Ratio) ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนได้สูงสุดที่ 1.51

Gururatana et al. (2021) ได้ทำการทดลองที่ต่อยอดมาจากการศึกษาของ Gururatana and Skullong (2019) ซึ่งนำรูปทรงจาก Gururatana and Skullong (2019) มาปรับปรุงโดยการใช้การพิมพ์สามมิติมาผลิตชิ้นงานและโดยรูปทรงจะลักษณะคล้ายรูปทรงปีกกั้นทรงตัววีที่ถูกออกแบบในรูปทรงที่ถูกดัดแปลงมาจาก Airfoil NACA0024 โดยใช้วัสดุในการผลิตคือ พลาสติก Polylactic Acid (PLA) แล้วนำไปติดตั้งบนแผ่นอะลูมิเนียม จากการทดลองพบว่าความสามารถของอุปกรณ์สร้างความปั่นป่วนนั้นมีขีดความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนสูงกว่า Gururatana and Skullong (2019) และความสามารถสูงสุดในการเพิ่ม

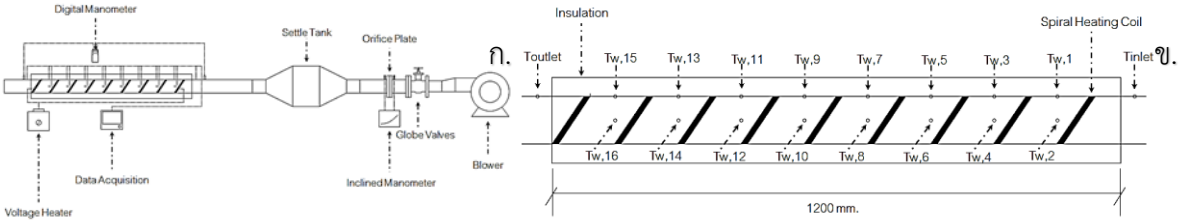
ประสิทธิภาพทางความร้อน 1.62 วิธีการพิมพ์สามมิติสามารถลดเวลาในการผลิตชิ้นงานที่มาจากการตัดแผ่นอะลูมิเนียมและเป็นตัวเลือกที่ดีในการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก

จากการตรวจเอกสาร พบว่างานวิจัยของ Gururatana and Skullong (2020) และ Gururatana et al. (2021) ได้มีการนำวิธีการพิมพ์สามมิติในการผลิตชิ้นงานเพื่อความรวดเร็วในการผลิตชิ้นงานและความแม่นยำการผลิตรูปทรงและนำประยุกต์ใช้ในการคิดค้นการสร้างอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงใกล้เคียงกับ Promvonge (2020a.) และ Promvonge (2020b.) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนได้แก่ อัตราส่วนระยะ Pitch, อัตราส่วนความหนา, รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์การสร้างกระแสไหลวน

วิธีการดำเนินการวิจัย

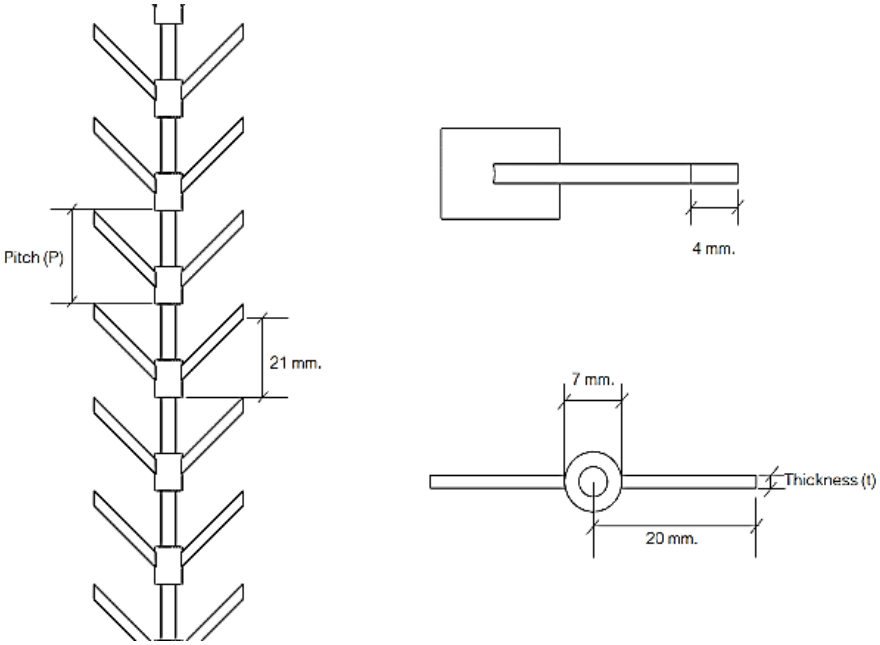
ชุดการทดลองมีส่วนประกอบคือ เครื่องเป่าลมแรงดันสูง (Pressure Blower) ขนาดมอเตอร์ 2 แรงม้า ระบบไฟ 3 เฟส ใช้ในการสร้างสารทำงาน (Working Fluid) แก่ชุดทดลองซึ่งในการทดลองนี้ใช้อากาศเป็น Working Fluid และมีการติดตั้งบอลวาล์ว (Ball Valve) เพื่อควบคุมอัตราการไหลของอากาศ, แผ่น Orifice Plate จำนวน 1 ชิ้นสำหรับช่วยวัดอัตราการไหลของอากาศ, มานอมิตอร์แบบหลอดเอียง (Inclined Manometer), ถังกรองฝุ่น (Settle Tank) ตามลำดับ โดยทางเดินของอากาศในการทดลองใช้ท่อทองแดงขนาด 2 นิ้ว ซึ่งในส่วนท่อทองแดงจะถูกใช้ในการเป็นพื้นที่ทดสอบ (Test Section) ดังภาพที่ 1ก.

ท่อทองแดงความยาว 1.8 เมตรถูกแบ่งออกเป็น Test Section 1.2 เมตรซึ่งในส่วน Test Section ได้ถูกติดตั้งขดลวดทองแดงพันรอบบริเวณผนังท่อด้านนอกซึ่งขดลวดทองแดงและถูกติดตั้งกับอุปกรณ์จ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อเป็นระบบให้ความร้อนแก่ช่วง Test Section และทำการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิชนิด J (Thermocouple type J) สำหรับวัดอุณหภูมิที่ผิวหนังท่อบริเวณ Test Section 16 ตัว โดยต่อเข้ากับเครื่องเก็บข้อมูล จากนั้นทำการหุ้มฉนวนบริเวณ Test section เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนภายใน Test Section เนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อนภายนอก โดยทางเข้าและออกทำการติดตั้ง Thermocouple type J ด้านละ 1 ตัวเพื่อวัดอุณหภูมิของอากาศภายในท่อและบันทึกลงใน เครื่องเก็บข้อมูล ในชุดการทดลองมีการติดตั้ง Digital Manometer เพื่อวัดความดันตกคร่อมหรือการสูญเสียแรงดันระหว่าง Test Section ดังภาพที่ 1ข.

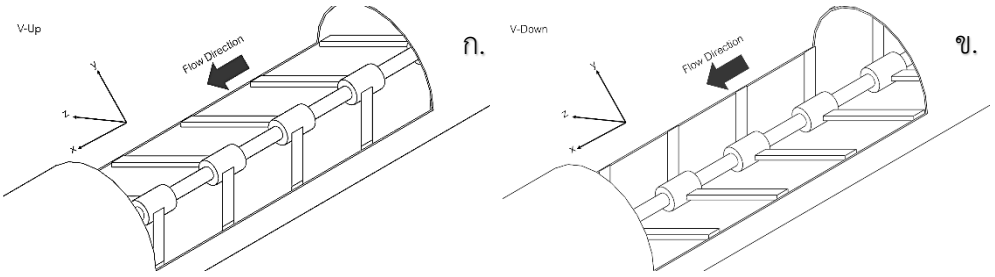


ภาพที่ 1 ก.) ชุดอุปกรณ์การทดลอง, ข.) ภาพแสดงตำแหน่งการติดตั้ง Thermocouple type J รอบบริเวณ Test section

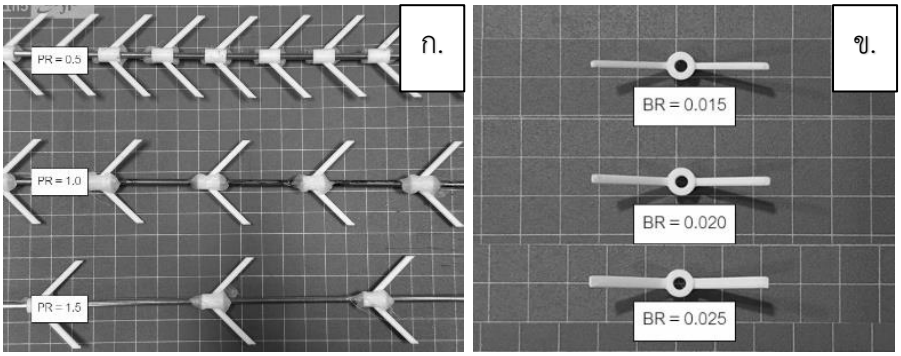
ในส่วนถัดไปคือ การสร้าง VG ซึ่งออกแบบรูปทรง และนำมาผลิตชนิดโดยการพิมพ์สามมิติ ซึ่งวัสดุที่เลือกใช้เป็นพลาสติก Polylactic (PLA) และนำชิ้นงานมาร้อยใส่แกนลวดอะลูมิเนียมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3.2 มม. และมีความยาวที่ 1,200 มม. โดยขอบเขตในการทดลองแบ่งเป็น 3 เงื่อนไขได้คือ อัตราส่วนระยะ Pitch, อัตราส่วนความหนา, รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์การสร้างกระแสไหลวนแสดงดัง ภาพที่ 2, ภาพที่ 3, ภาพที่ 4 และ รายละเอียดเงื่อนไขการทดลองดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 รายละเอียดรูปทรงอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน 3D Printed V-Shaped wing Insert



ภาพที่ 3 การติดตั้งอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนในพื้นที่ Test section ในรูปแบบ ก.) V-Up, ข.) V-Down



ภาพที่ 4 อุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน 3D Printed V-Shaped wing Insert ที่ ก.) PR ต่าง ๆ, ข.) BR ต่าง ๆ

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดและเงื่อนไขสำหรับการทดลอง

ลำดับ	ตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง	ค่า
1	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (D)	50 mm.
2	ความยาวส่วนทดสอบ (L)	1,200 mm.
3	วัสดุของ VG	Polylactic Acid (PLA)
4	อุณหภูมิทางเข้า (T_{inlet})	298 K
5	ความร้อนที่ผนังท่อ	800 w/m^2
6	ทิศทางการไหลของอากาศ	ตามแนวท่อ (X – direction)
7	Reynolds number (Re)	8,098.20–13,709.55
8	มุมปะทะของ VG	45°
9	ระยะ Pitch (P)	25, 50, 75 mm.
10	ความหนา (t)	1.5, 2.0, 2.5 mm.

ลำดับ	ตัวแปรและเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลอง	ค่า
11	อัตราส่วนระยะ Pitch (PR = P/D)	0.5, 1.0, 1.5
12	อัตราส่วนความหนา (BR = (0.5t/D)	0.015, 0.020, 0.025
13	รูปแบบการติดตั้ง VG	V-Up, V-Down

การศึกษาขีดความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนของอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงตัววีแบบพิมพ์สามมิติคือการนำข้อมูลที่ได้จากการการทดลองมาวิเคราะห์ในแต่ละเงื่อนไข จากการทดลองพบว่าอากาศไหลภายในท่อที่มีการให้พลังงานความร้อนที่คงที่อย่างต่อเนื่องทำระบบให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนอย่างสมดุลส่งผลให้อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศภายในท่อเท่ากับอัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบพาความร้อนดังสมการต่อไปนี้

$$Q=hA_c(\tilde{T}_w-T_b)=\dot{m}C_{p,air}(T_{outlet}-T_{inlet}) \quad (1)$$

เมื่อ h คือสัมประสิทธิ์การพาความร้อน, A_c คือพื้นที่ที่เกิดการพาความร้อนบน Test section, $\tilde{T}_w$ คืออุณหภูมิเฉลี่ยของผนังท่อในส่วนที่ถูกทดสอบ, T_b คืออุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างอุณหภูมิของอากาศ ณ ทางเข้าและอุณหภูมิของอากาศ ณ ทางออก, $\dot{m}$ คืออัตราการไหลของอากาศ, T_{outlet} คืออุณหภูมิของอากาศ ณ ทางออก, T_{inlet} คืออุณหภูมิของอากาศ ณ ทางเข้า ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$h=\frac{\dot{m}C_{p,air}(T_{outlet}-T_{inlet})}{A_c(\tilde{T}_w-T_b)} \quad (2)$$

จากข้อมูลดังกล่าวสามารถวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาตัวเลข Reynolds, การถ่ายเทความร้อน, ตัวประกอบเสียดทานในระบบและค่าการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน (HTEP) ตาม สมการที่ 3, สมการที่ 4, สมการที่ 5 และ สมการที่ 6

$$Re=\frac{\rho UD}{\mu} \quad (3)$$

$$Nu=\frac{hD}{k} \quad (4)$$

$$f=\frac{2\Delta PD}{L\rho U^2} \quad (5)$$

$$HTEP = \left(\frac{Nu}{Nu_0}\right)\left(\frac{f_0}{f}\right)^{0.33} \quad (6)$$

เมื่อ; Re คือตัวเลข Reynolds, μ คือค่าความหนืดของของไหล, Nu คือตัวเลขนัสเซลล์ของการทดลอง, D เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ, k คือค่าสภาพการนำความร้อน, f คือตัวประกอบเสียดทานของการทดลอง, ΔP คือค่าความต่างของแรงดัน, L คือความยาว test section, HTEP คือขีดความสามารถในการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อน, Nu_0 คือตัวเลขนัสเซลล์ของการทดลองท่อผนังเรียบ, f_0 ตัวประกอบเสียดทานของการทดลองท่อผนังเรียบ

การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแปรสำคัญทั้งสองตัวแปรคือ Nu และ f ที่ได้จากการทดลองสามารถตรวจสอบได้โดยเปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ได้แก่ Dittus-Boelter และ Blasius ตามลำดับ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลการทดลองโดยมีสมการดัง สมการที่ 7 และ สมการที่ 8

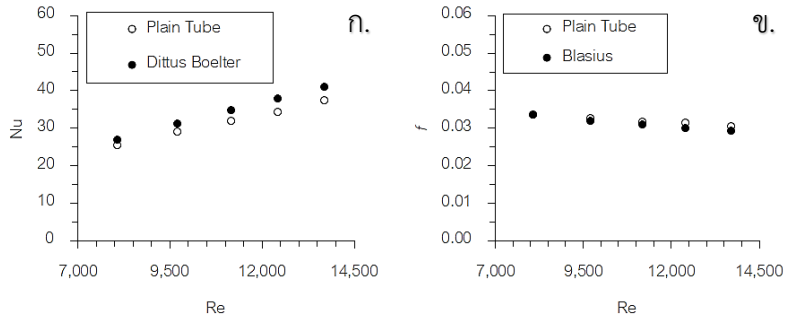
$$Nu = 0.023Re^{0.8}Pr^{0.4} \quad ; \text{Dittus-Boelter} \quad (7)$$

$$f = 0.316Re^{-0.25} \quad ; \text{Blasius} \quad (8)$$

ผลและวิจารณ์การวิจัย

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของผลทดลอง (Validation)

จากผลการศึกษาเมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ตัวแปรของท่อเปล่าก่อนติดตั้งอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน พบว่า Nu และ f จากการทดลองมีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกับสหสัมพันธ์ Dittus-Boelter และ Blasius ตามลำดับดังภาพที่ 5 ในการทดลอง Nu และ f มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงสุดร้อยละ 10.60 และ 4.08 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้

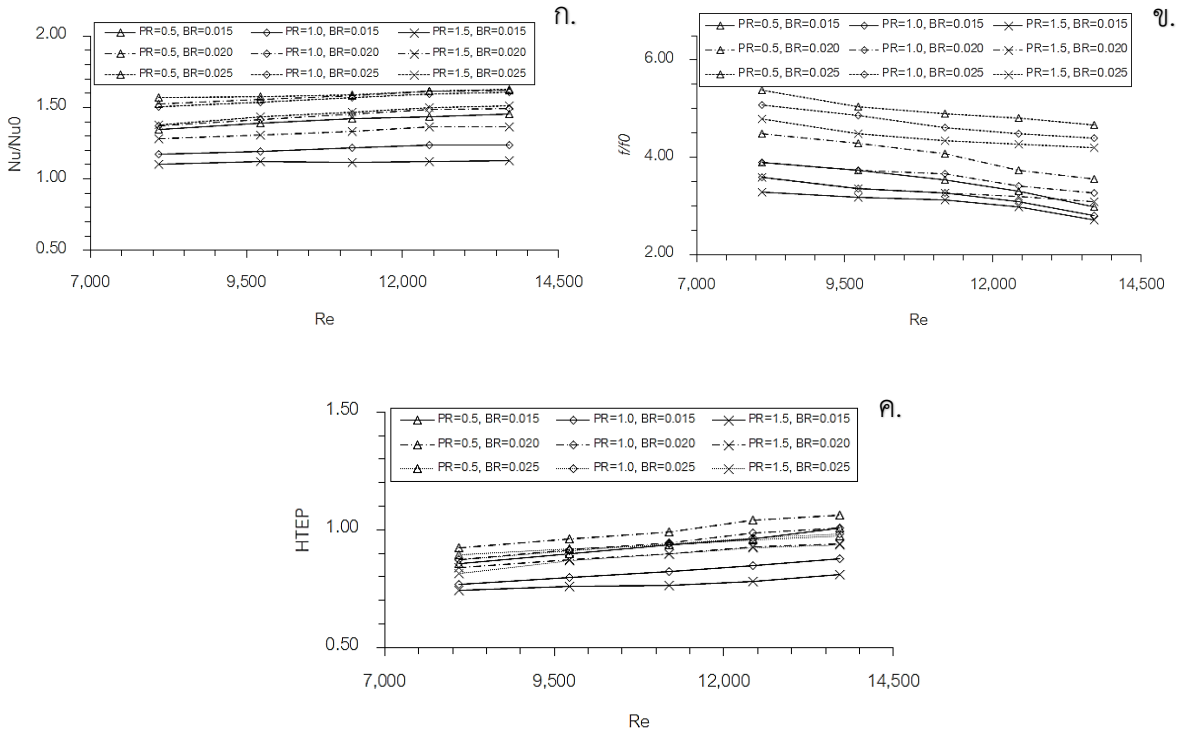


ภาพที่ 5 ตรวจสอบความถูกต้องเทียบตัวแปร Re ของท่อผนังเรียบ ก.) Nu, ข.) f

ผลการศึกษาปัจจัยด้านอัตราส่วน Pitch และด้านอัตราส่วนความหนา

จากภาพที่ 6 พบว่าการศึกษาอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนรูปทรงปีกตัววีที่ผลิตจากเทคโนโลยีการพิมพ์สามมิติที่พารามิเตอร์ที่แตกต่างกันพบว่าที่ PR ต่ำส่งผลให้อัตราการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าค่า PR ที่สูง เนื่องจากระยะ Pitch ที่น้อยส่งผลให้อากาศภายในท่อเกิดการผสมภายในท่อได้ดีกว่าระยะ Pitch ที่มาก ต่อมาเมื่ออากาศเกิดการผสมกันมากขึ้นจึงส่งผลให้อากาศไหลผ่าน VG ได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงส่งผลให้เกิดอัตราการสูญเสียเพิ่มขึ้นเช่นกัน

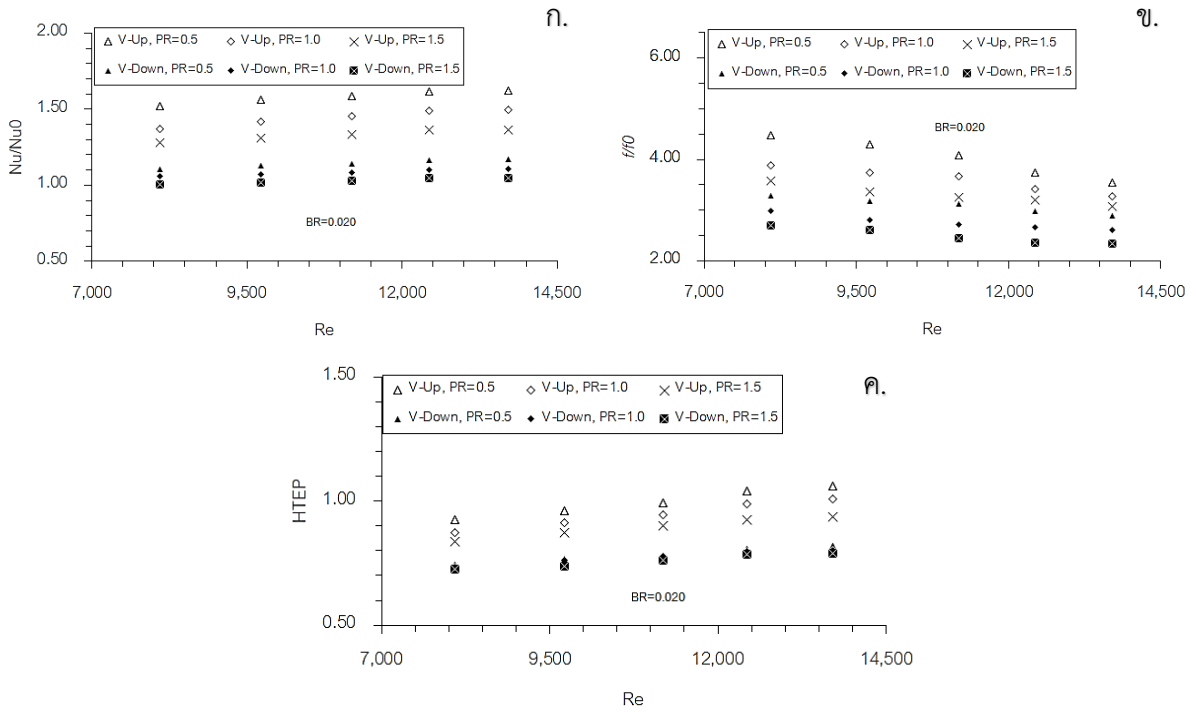
ต่อมาพิจารณากรณีที่ PR เท่ากันเมื่อ BR มีค่าสูงขึ้นส่งผลให้อากาศภายในท่อถูกกีดขวางเป็นเหตุให้เกิดอัตราการสูญเสียสูงกว่าค่า BR ต่ำและยิ่งความหนาของ VG มากทำให้มีพื้นผิวสัมผัสในการปะทะกับอากาศเพิ่มขึ้นจึงทำให้อากาศเกิดการผสมยิ่งขึ้น โดยผลลัพธ์การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าที่ PR เท่ากับ 0.5 และ BR เท่ากับ 0.025 มี Nu/Nu_0 สูงที่สุดเท่ากับ 1.63 ที่ Re เท่ากับ 13,709.55 อีกทั้งในส่วนของ VG ที่ค่า PR เท่ากับ 1.5 และ BR เท่ากับ 0.015 มี f/f_0 ต่ำที่สุดเท่ากับ 1.11 ในการศึกษาครั้งนี้อุปกรณ์สร้างกระแสไหลวนที่มีค่า HTEP สูงสุดเท่ากับ 1.06 ที่ Re เท่ากับ 13,709.55



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับ Re สำหรับ 3D printed V-Shaped Insert และรูปแบบ V-Up: ก.) Nu/Nu_0, ข.) f/f_0, ค.) HTEP ที่ PR และ BR ต่าง ๆ

ผลการศึกษาปัจจัยของรูปแบบการจัดวางอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน

ผลการศึกษาปัจจัยรูปแบบการจัดวางแบบ V-Up และ V-Down ถูกแสดงดังภาพที่ 7 พบว่ารูปแบบ V-Down มีค่า Nu/Nu_0 ลดลงจากรูปแบบ V-Up มากที่สุดที่ร้อยละ 27.81 ที่ Re เท่ากับ 13,709.55 และส่วนค่า f/f_0 ของ V-Down มีค่าลดลงจากรูปแบบ V-Up มากที่สุดที่ร้อยละ 26.67 ที่ Re เท่ากับ 13,709.55 โดยมีปัจจัยมาจากลักษณะกายภาพของอุปกรณ์ โดยอากาศสามารถไหลผ่านผ่าน V-Down ได้ง่ายกว่ารูปแบบ V-Up จึงทำให้อากาศเกิดการผสมกันได้น้อยกว่าและเกิดแรงต้านน้อยกว่าจึงส่งผลให้ Nu/Nu_0 และ f/f_0 ลดลง จากผลการศึกษาเมื่อ ค่า f/f_0 และ Nu/Nu_0 ลดลงจึงส่งผลให้ HTEP ของรูปแบบ V-Down นั้นลดลงจากรูปแบบ V-Up มากที่สุดที่ร้อยละ 22.61



ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับ Re สำหรับ 3D printed V-Shaped Insert และที่ BR = 0.020: ก.) Nu/Nu_0, ข.) f/f_0, ค.) HTEP

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนในท่อกลมที่ติดตั้งอุปกรณ์สร้างกระแสไหลวน 3D Printed V-Shaped wing Insert สามารสรุปผลได้ดังนี้:

- 3D Printed V-Shaped wing Insert ชนิด V-up ที่ค่า PR = 0.5 และ BR = 0.020 ให้ค่าประสิทธิภาพการถ่ายโอนความร้อนสูงสุด (HTEP) ที่ 1.06 เมื่อค่า Re เท่ากับ 13,709.55
- รูปแบบการติดตั้ง VG มีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพ โดยรูปแบบ V-Up ให้ผลการถ่ายโอนความร้อนที่ดีกว่ารูปแบบ V-Down

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ในการสนับสนุนวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Kiran, K., & Nagaraj, Y. R. (2016). A review on effect of augmentation techniques on performance parameters of shell and tube heat exchangers. Int. J. Adv EngTechnol Manag Appl Sci., 3, 245-54.

Gururatana, S., & Skullong, S. (2019). Experimental investigation of heat transfer in a tube heat exchanger with airfoil-shaped insert. Case Studies in Thermal Engineering, 14, 100462.

Promvonge, P., & Skullong, S. (2020a). Thermo-hydraulic performance in heat exchanger tube with V-shaped winglet vortex generator. Applied Thermal Engineering, 164, 114424.

Promvonge, P., & Skullong, S. (2020b). Augmented heat transfer in tubular heat exchanger fitted with V-baffled tapes. International Journal of Thermal Sciences, 155, 106429.

Gururatana, S., & Skullong, S. (2020). Heat transfer augmentation in a pipe with 3D printed wavy insert. Case Studies in Thermal Engineering, 21, 100698.

Gururatana, S., Prapainop, R., Chuepeng, S., & Skullong, S. (2021). Development of heat transfer performance in tubular heat exchanger with improved NACA0024 vortex generator. Case Studies in Thermal Engineering, 26, 101166.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง จากโรงงานแปรรูปอาหาร กรณีศึกษา

A Feasibility Study on the Production of Briquette Fuel from Mangrove Charcoal Waste in Food Processing Factory: A Case Study

กฤษณศักดิ์ แก้วสนิท[1*] ดุสิต งามรุ่งโรจน์[2] และกนกพร ศรีปฐมสวัสดิ์[1]

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[1] Bachelor of Engineering Program in Industrial Engineering Technology King Mongkut's University of Technology North Bangkok

[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

[2] Department of Social and Applied Science King Mongkut's University of Technology North Bangkok

*Corresponding author E-mail: boat007za@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อนำเศษถ่านที่เหลือจากการผลิตมาทำการขึ้นรูปใหม่ ตามอัตราส่วนที่ต้องการศึกษา แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพการให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้ โดยใช้เครื่องอัดถ่านแบบมือหมุนเป็นเครื่องขึ้นรูป โดยได้นำหลักการที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ผลการวิจัยพบว่า คุณสมบัติของหลังการอัดแท่งขึ้นรูปของอัตราส่วนผสมที่ 1 มีความแตกร่วนไม่สามารถอัดแท่งขึ้นรูปได้ อัตราส่วนผสมที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,349.718 cal/g ถ่านอัดออกมาเป็นแท่ง มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ มีการแตกร้าวทั่วทั้งก้อนถ่านอัดแท่ง อัตราส่วนผสมที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,311.176 cal/g มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว อัตราส่วนผสมที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,372.249 cal/g มีความแฉะเปียกชุ่มหลังการอัดขึ้นรูป ไม่มีรอยแตกร้าว มีการคดงอหลังอัดแท่ง ไม่เป็นไปตามแบบแม่พิมพ์ จึงสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำที่ใช้ในการผสมมีผลต่อการยึดเกาะของเชื้อเพลิงอัดแท่ง ทำให้อัตราส่วนผสมที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,311.176 cal/g มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าวสมบูรณ์มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,311.176 cal/g เหมาะสำหรับนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งทำให้ทางโรงงานแปรรูปอาหารสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่อได้

ความสำคัญ : เชื้อเพลิงอัดแท่ง เศษถ่านไม้โกงกาง โรงงานแปรรูปอาหาร

Abstract

The objective of this research is to utilize leftover charcoal from production, reform it according to specific ratios being studied, and test the efficiency of the heat value of the resulting briquettes. A manual charcoal press was employed as the shaping machine, focusing on an experimental study of producing briquette fuel from mangrove wood charcoal waste generated in the case study's industrial factory. Relevant principles were applied as a framework for problem-solving. After pelletizing, Sample Ratio 1 showed no average heat value and was crumbly, making it unsuitable for briquette formation. Sample Ratio 2 had an average heat value of 6,349.718 cal/g and formed pellets that retained their mold shape, though they exhibited cracks throughout. Sample Ratio 3 achieved an average heat value of 6,311.176 cal/g, producing pellets with a smooth surface and no cracks. Sample Ratio 4 recorded an average heat value of 6,372.249 cal/g but appeared wet and moist after pelletizing. While it had no cracks, it became warped upon exiting the pellet press and did not conform to the mold shape. Based on these findings, Sample Ratio 3, with an average heat value of 6,311.176 cal/g, maintained its mold shape and is deemed suitable for use by the industrial factory.

Keyword: Briquette fuel, Mangrove charcoal waste, Food processing factory.

บทนำ

ปัจจุบันเศรษฐกิจของประเทศไทยนั้นขยายตัวได้เป็นอย่างดี โดยเกิดจากการผลักดันจากการส่งออกสินค้าที่ดีขึ้น ตามเศรษฐกิจประเทศคู่ค้าและปริมาณการค้าโลกที่ขยายตัวได้ดีอย่างต่อเนื่อง มีการขยายกำลังการผลิตและการย้ายฐานการผลิตของผู้ผลิตต่างชาติมายังประเทศไทยในหลายอุตสาหกรรม สำหรับสภาวะเศรษฐกิจไทยปี 2566 คาดว่าจะขยายตัวที่ 1.8% ต่อปี และขยายตัวที่ 2.8% ต่อปี ในปี 2567 ยังต้องติดตามปัจจัยเสี่ยงด้านภูมิรัฐศาสตร์โลกและความผันผวนของนโยบายทางการเงินและตลาดเงินโลกที่อาจส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจไทยอย่างใกล้ชิด (กระทรวงการคลัง, 2566)

ในการส่งออกของอุตสาหกรรมอาหาร ปี พ.ศ. 2565 มีมูลค่าการส่งออกรวม 1 ล้าน 4 แสนล้านบาท ขยายตัวสูงถึง 23% ตามความต้องอาหารของโลกที่เพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งมีการปรับปรุงขอบเขตสินค้าอาหาร จากเดิมใช้ 24 กลุ่ม เพิ่มเป็น 25 กลุ่มสินค้า เพิ่มกากและเศษที่เหลือจากอุตสาหกรรมผลิต อาหารสัตว์ และอาหารสัตว์

เลี้ยงเข้ามาใหม่ ทำให้มูลค่าการส่งออกอาหารของไทยเพิ่มขึ้นจากเดิม 8% โดยประมาณ ขณะที่มูลค่าการค้าอาหารโลกในปี 2565 ขยายตัว 7.4% เมื่อเทียบกับปีก่อนหน้า ซึ่งไทย อยู่ในอันดับ 15 ของประเทศผู้ส่งออกอาหารของโลก จากอันดับ 11 ในปี 2562 โดยในช่วงไตรมาสแรกของปี 2566 มูลค่าการส่งออกอาหารไทยขยายตัว 10% มีสินค้าส่งออกสำคัญ ได้แก่ น้ำตาลทราย ข้าว ไก่ และผลไม้สด มีการขยายตัว 2.1% ซึ่งในส่วนของอุตสาหกรรมอาหารประเภทไก่แปรรูปจะเป็นสินค้าที่มีปริมาณส่งออกจำนวนมาก ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของไก่แช่เย็น (Chilled Chicken), ไก่แช่แข็ง (Frozen Chicken), และไก่แปรรูปหรือไก่ปรุงสุกปรุงรสแช่แข็ง (Processed Chicken) โดยปัจจุบันไทยเป็นผู้ส่งออกอันดับ 4 ของโลก (สภาหอการค้าไทย, 2566)

สำหรับอุตสาหกรรมอาหารประเภท ไก่ มีปริมาณการส่งออกไก่สดแช่แข็ง และเนื้อไก่แปรรูปของไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2.84% ต่อปี โดยในปี 2565 มีปริมาณการส่งออกรวม เพิ่มขึ้น 1.19% จากปี 2564 โดยแบ่งเป็น

1. การส่งออกเนื้อไก่แปรรูป 1.15% จากปี 2564 โดยตลาดส่งออกเนื้อไก่แปรรูปที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น 47.87%, สหราชอาณาจักร 26.01%, สหภาพยุโรป 13.2%, และเกาหลี 5.04 %

2. การส่งออกไก่สดแช่แข็ง เพิ่มขึ้น 1.24% จากปี 2564 โดยตลาดส่งออกไก่สดแช่แข็งที่สำคัญ ได้แก่ ญี่ปุ่น 38.60%, จีน 23.40%, และมาเลเซีย 19.53%

ด้วยโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารปรุงสุกแช่แข็งนั้น จะเป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารประเภทเนื้อสัตว์แปรรูปปรุงสุกแช่งแข็ง โดยจะแบ่งกระบวนการผลิตเป็น 3 กระบวนการใหญ่ๆ

- กระบวนการก่อนปรุงสุก เช่น การนวดผสม, การเตรียมวัตถุดิบเสียบไม้ ตัดแต่งชิ้นส่วน, ปรุงแต่งรสชาติ, โรยแป้ง, โรยเกล็ดขนมปัง เป็นต้น

- กระบวนการปรุงสุก มี 5 รูปแบบ คือ ต้ม, นึ่ง, อบ, ย่าง, ทอด

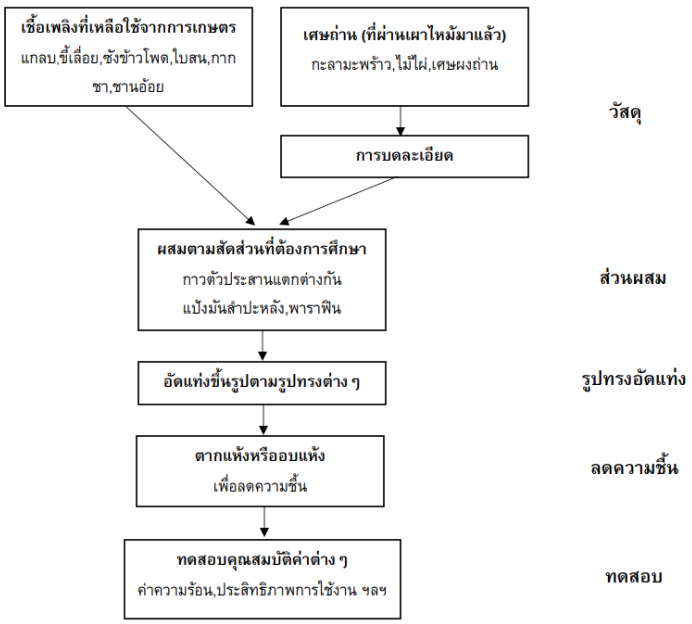
- กระบวนการหลังปรุงสุก เช่น แช่งแข็ง, บรรจุภัณฑ์, จัดเก็บสินค้าภายในห้องเย็น เป็นต้น

กระบวนการปรุงสุกด้วยวิธีการย่าง ซึ่งเป็นสินค้าขายดีและมีจุดเด่นหลายด้านที่สามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ซึ่งมีวิธีผลิตโดยการใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนตะแกรงย่าง เพื่อเป็นการปรุงสุกให้กับผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นก็จะนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์แล้วนำไปแช่แข็งต่อไป โดยรูปแบบการย่างนี้จะมีการหลงเหลือของเศษถ่านไม้ที่เกิดการเผาไหม้ไม่หมด โดยเศษถ่านไม้ที่หลงเหลืออยู่นี้จะมีที่มาจากการที่พนักงานฝ่ายผลิดจะดำเนินการทิ้งขี้เถ้าที่อยู่ในถาดรองรับทุก 3-4 ชั่วโมง ซึ่งภายในถาดรองรับขี้เถ้านี้จะมีเศษถ่านที่เผาไหม้ไม่หมดเป็นชิ้นเล็กๆ ตกลงมาจากช่องว่างของตะแกรงใส่ถ่าน โดยพนักงานฝ่ายผลิตทำการดับไฟเศษถ่าน และนำไปบรรจุลงกระสอบเพื่อทำการทิ้ง จากกระบวนการนี้เศษถ่านที่หลงเหลืออยู่บางส่วนจะมีชิ้นใหญ่กว่าเศษถ่านจากถาดรองรับขี้เถ้า โดยจะพบหลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการย่างในทุกๆวัน พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการใช้น้ำดับถ่านที่หลงเหลืออยู่บนตะแกรงใส่ถ่าน โดยเศษถ่านนั้นยังมีการไฟลุกไหม้อยู่ และเมื่อไฟที่ถ่านดับลง

พนักงานฝ่ายผลิตจะตักเศษถ่านเหล่านั้นใส่บรรจุกระสอบเพื่อนำไปทิ้ง ซึ่งเศษถ่านไม้ที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิต ทางโรงงานอุตสาหกรรมมิได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อแต่อย่างใด

โดยจากงานวิจัยที่ผู้ศึกษาได้ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่ามีความคล้ายคลึงกันในส่วนของกรรมวิธีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพียงแต่ใช้วัสดุ รูปทรงเชื้อเพลิงอัดแท่ง และสูตรส่วนผสมต่างกันเท่านั้น โดยผู้ศึกษาจะสรุปมาในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่าย ดังนี้

- ด้านวัสดุเชื้อเพลิงตั้งต้น แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่ 1 เชื้อเพลิงเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ, ขี้เลื่อย, ซังข้าวโพด, ใบไม้, ชานอ้อย เป็นต้น ชนิดที่ 2 เศษถ่าน(ที่ผ่านการเผามาแล้ว) เช่น กะลามะพร้าว, กะลาปาร์ม, ไม้ไผ่, เศษผงถ่านไม้ต่างๆ เป็นต้น แต่ทั้งนี้ชนิดที่ 2 ต้องผ่านการบดละเอียดก่อนนำไปผสม
- ด้านส่วนผสม โดยจะมีการกำหนดสูตรต่างๆ ตามที่ผู้วิจัยเห็นควร ตามอัตราส่วนที่กำหนด ดำเนินการนำวัสดุเชื้อเพลิงต้นมาผสมกับน้ำและตัวประสาน เช่น แป้งมันสำปะหลัง, พาราฟิน
- ด้านการขึ้นรูปอัดแท่ง โดยผู้วิจัยจะทำการออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปตามรูปทรงที่ต้องการศึกษา โดยจะมีการอัดขึ้นรูปอยู่ 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 การอัดร้อน และ วิธีที่ 2 คือ การอัดเย็น
- ด้านการลดความชื้น ผู้วิจัยจะทำการลดความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผ่านขึ้นรูปมาแล้ว โดยนำไปตากแห้งหรือการอบ เพื่อลดความชื้นของเชื้อเพลิงอัดแท่งให้เหลือประมาณ 7-8%
- ด้านการทดสอบ โดยผู้วิจัยจะนำเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้ มาทำการทดสอบหาค่าต่างๆ เช่น ค่าปริมาณความร้อน, ค่าปริมาณเถ้า, ประสิทธิภาพการใช้งาน



แผนผังที่ 1 แสดงรูปแบบการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเล็งเห็นว่าเศษถ่านไม้ที่เหลือจากกระบวนการผลิตเหล่านี้ สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปได้ โดยการทำเป็นเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง แล้วนำไปกลับไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตใหม่ได้ ถือเป็นการลดต้นทุนการผลิต โดยจะนำเศษถ่านที่หลงเหลืออยู่นี้นำกลับไปใช้ในกระบวนการย่างอีกครั้ง แต่เชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้นี้จะต้องคงคุณสมบัติให้ใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกางเดิมให้ได้มากที่สุด และคงการให้ค่าความร้อนและกลิ่นของถ่านที่เป็นเอกลักษณ์ของสินค้าเป็นสำคัญ

- **วัตถุประสงค์ของการศึกษา**

1. เพื่อศึกษาและทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง ที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร

2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการให้ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ผลิตได้

- **ขอบเขตของการศึกษา**

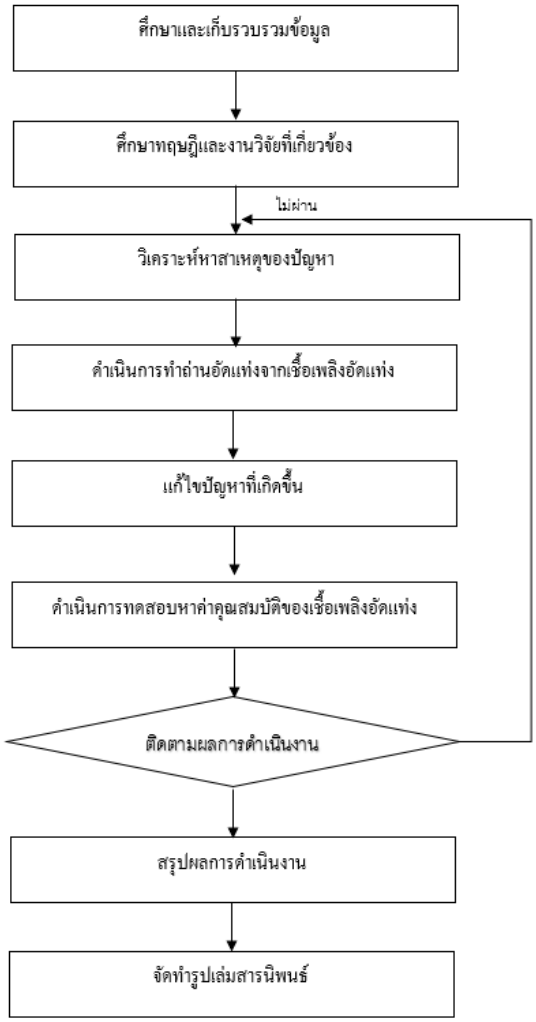
1. ศึกษาและทดลองเฉพาะการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง ที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปอาหาร กรณีศึกษา

2. ขึ้นรูปเชื้อเพลิงแท่งด้วยเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน

- **สภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษา**

กระบวนการผลิตสินค้าประเภทย่าง จะเป็นสินค้าขายดีและมีจุดเด่นหลายด้าน ที่สามารถแข่งขันผู้ผลิตคู่แข่งได้ ของโรงงานแปรรูปอาหาร กรณีศึกษา จะมีกรรมวิธีผลิตโดยการใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์ที่วางอยู่บนตระแกรงย่าง เพื่อเป็นการปรุงสุกให้กับผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นก็จะนำไปบรรจุในบรรจุภัณฑ์แล้วนำไปแช่แข็งต่อไป โดยรูปแบบการย่างนี้จะมีการหลงเหลือของเศษถ่านไม้ที่เกิดการเผาไหม้ไม่หมด โดยเศษถ่านไม้ที่หลงเหลืออยู่นี้จะมีที่มาจากการที่พนักงานฝ่ายผลิดจะดำเนินการทิ้งขี้เถ้าที่อยู่ในถาดรองรับทุก 3-4 ชั่วโมง ซึ่งภายในถาดรองรับขี้เถ้านี้จะมีเศษถ่านที่เผาไหม้ไม่หมดเป็นชิ้นเล็กๆตกลงมาจากช่องว่างของตระแกรงใส่ถ่าน พนักงานฝ่ายผลิตก็จะดับไฟเศษถ่าน แล้วนำไปบรรจุลงกระสอบเพื่อทำการทิ้ง และมีเศษถ่านที่หลงเหลืออยู่นี้อีกบางส่วนจะมีชิ้นใหญ่กว่าเศษถ่านจากถาดรองรับขี้เถ้าขึ้นมาเล็กน้อยนั้น จะมาจากการเสร็จสิ้นการผลิตสินค้าย่างประจำวันหรือการตัดล้างทำความสะอาดที่เป็นข้อกำหนด 4-5 ชั่วโมง พนักงานฝ่ายผลิตจะทำการใช้น้ำดับไฟถ่านที่หลงเหลืออยู่บนตระแกรงใส่ถ่าน ซึ่งเศษถ่านนั้นยังมีไฟลุกไหม้อยู่ เมื่อไฟที่ถ่านดับลงพนักงานฝ่ายผลิตจะตักเศษถ่านเหล่านั้นใส่บรรจุกระสอบแล้วนำไปทิ้ง ซึ่งเศษถ่านไม้ที่หลงเหลือจากกระบวนการผลิต ทางโรงงานอุตสาหกรรมมิได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อแต่อย่างใด

วิธีการดำเนินงานวิจัย



แผนผังที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

- **อัตราส่วนการผสมการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง**

ในการทดลองจะใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำคนให้ละลาย นำไปต้มให้แป้งสุกจนเกิดความหนืดเป็นสีขาวใส แล้วนำไปผสมกับเศษถ่านที่ผ่านการบดละเอียดมาคนให้เข้ากัน แล้วนำไปอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน โดยมีอัตราส่วนการผสมการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งของตัวอย่าง 4 ชุด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนผสมการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งของตัวอย่าง 4 ชุด (เศษถ่าน : แป้งมันสำปะหลัง : น้ำ)

ตัวอย่าง	อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง		
	เศษถ่านไม้โกงกาง กิโลกรัม	แป้งมันสำปะหลัง กรัม	น้ำ มิลลิลิตร
1	1	50	400
2	1	50	500
3	1	50	600
4	1	50	700

- **ขั้นตอนการทำเชื้อเพลิงอัดแท่ง**

1. ทำการนำเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตมาตากให้แห้งด้วยแสงแดด ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 ตากถ่านให้แห้งด้วยแสงแดด

2. ทำการแยกขี้เถ้าที่ติดมากับเศษถ่านออก ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 2 แยกขี้เถ้าออกจากเศษถ่าน

3. นำถ่านที่ผ่านการตากแห้งมาบดด้วยเครื่องบดเครื่องบดให้และเอียด ดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 บดเศษถ่านให้ละเอียด

4. ทำการนำแป้งมันสำปะหลังละลายกับน้ำ แล้วนำไปต้มให้สุกจนเกิดความหนืดเป็นสีขาวใส โดยใช้เตาตั้งไฟอ่อนๆ ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 ต้มน้ำที่ผสมแป้งมันสำปะหลัง ให้สุก

5. นำเศษถ่านที่ผ่านบดละเอียดผสมกับน้ำแป้งมันสำหลังที่ผ่านการต้มแล้ว มาผสมให้เข้ากันเป็นเนื้อเดียวกัน ดังภาพที่ 5

ภาพที่ 5 ผสมผงถ่านให้เข้ากับน้ำแป้งมันสำปะหลังต้มสุก

6. นำเศษถ่านที่ผ่านผสมเป็นเนื้อเดียวกัน เข้าเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน ดังภาพที่ 6

ภาพที่ 6 นำเศษถ่านที่ผสมเข้ากันแล้วเข้าเครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน

7. ทำการหมุนเครื่องอัดถ่านด้วยมือหมุน เพื่อขึ้นรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง โดยมีการเติมเศษถ่านที่ผ่านการผสมแล้วเข้าเครื่องอัดถ่านอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ ดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 หมุนเครื่องอัดถ่าน ด้วยมือ

8. ทำการใช้มีดตัดเชื้อเพลิงอัดแท่ง ที่ออกจากแม่พิมพ์เครื่องอัดถ่านแบบมือหมุน ดังภาพที่ 8

ภาพที่ 8 ตัดเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ออกจากเครื่องอัดถ่าน แบ่งเป็นท่อนๆ

9. นำเชื้อเพลิงอัดแท่ง วางลงภาชนะ ดังภาพที่ 9

ภาพที่ 9 วางเชื้อเพลิงอัดแท่งในภาชนะ

10. นำเชื้อเพลิงอัดแท่งไปตากแดดให้แห้ง เพื่อลดความชื้น ดังภาพที่ 10

ภาพที่ 10 ตากชื้อเพลิงอัดแท่ง

ผลการวิจัย

ตารางที่ 2 แสดงคุณสมบัติหลังการอัดแท่งขึ้นรูป

อัตราส่วนผสม	คุณสมบัติหลังการอัดแท่งขึ้นรูป
1	เชื้อเพลิงอัดออกมาไม่เป็นแท่ง มีความแตกร่วนไม่สามารถอัดแท่งขึ้นรูปได้
2	เชื้อเพลิงอัดออกมาเป็นแท่ง มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ แต่มีการแตกร้าวทั่วทั้งก้อนถ่านอัดแท่ง
3	เชื้อเพลิงอัดออกมาเป็นแท่ง มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว
4	เชื้อเพลิงอัดออกมาเป็นแท่ง มีความแฉะเปียกชุ่ม ไม่มีรอยแตกร้าว แต่มีการคดงอ ไม่เป็นไปตามแบบแม่พิมพ์

อัตราส่วนผสมที่ 1 ใช้ ผงถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 400 มิลลิลิตร ผลที่ได้ เชื้อเพลิงอัดแท่งออกมาพบว่ามีความแตกร่วนไม่สามารถอัดแท่งขึ้นรูปได้ อัตราส่วนผสมที่ 2 ใช้ เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 500 มิลลิลิตร ผลที่ได้ ถ่านอัดออกมาเป็นแท่ง ถ่านมีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ แต่มีการแตกร้าวทั่วทั้งก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง อัตราส่วนผสมที่ 3 ใช้ ผงถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 600 มิลลิลิตร ผลที่ได้ เชื้อเพลิงอัดออกมาเป็นแท่ง มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว อัตราส่วนผสมที่ 4 ใช้ ผงถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 700 มิลลิลิตร ผลที่ได้ เชื้อเพลิงอัดแท่งมีความแฉะเปียกชุ่มหลังการอัด ไม่มีรอยแตกร้าว มีการคดงอหลังออกจากเครื่องอัดแท่ง ไม่เป็นไปตามแบบแม่พิมพ์ ดังภาพที่ 11- ภาพที่ 17

ภาพที่ 11 อัตราส่วนผสมที่ 1 ไม่สามารถอัดขึ้นรูปได้

ภาพที่ 12 อัตราส่วนผสมที่ 2 สามารถขึ้นรูปได้ มีการแตกร้าวทั่วทั้งก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง

ภาพที่ 13 อัตราส่วนผสมที่ 2 หลังจากตากแห้ง

ภาพที่ 14 อัตราส่วนผสมที่ 3 สามารถขึ้นรูปได้ มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว

ภาพที่ 15 อัตราส่วนผสมที่ 3 หลังจากตากแห้ง

ภาพที่ 16 อัตราส่วนผสมที่ 4 สามารถขึ้นรูปได้ มีความแฉะเปียกชุ่ม คดงอ ไม่มีรอยแตกร้าว

ภาพที่ 17 อัตราส่วนผสมที่ 4 หลังจากตากแห้ง

การทดสอบค่าความร้อน พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 400 มิลลิลิตร ไม่สามารถอัดแท่งขึ้นรูปได้ ไม่มีค่าเฉลี่ยของความร้อน อัตราส่วนผสมที่ 2 เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 500 มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,349.718 cal/g อัตราส่วนผสมที่ 3 เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 600 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,311.176 cal/g อัตราส่วนผสมที่ 4 เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 700 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,372.249 cal/g ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการทดสอบค่าความร้อน

อัตราส่วนผสม	อัตราส่วนผสมของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง			ทดสอบครั้งที่ 1 ค่าความร้อน	ทดสอบครั้งที่ 2 ค่าความร้อน	ทดสอบครั้งที่ 3 ค่าความร้อน	ทดสอบครั้งที่ 4 ค่าความร้อน	ค่าเฉลี่ยค่าความร้อน	ค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน	ค่าผลิตภัณฑ์ มก.-ธกส. ถ่านอัดแท่ง
	เศษถ่านไม้โกงกาง	แป้งมันสำปะหลัง	น้ำ	1	2	3	4	average	(มผช. 238/2547)	(มก.-ธกส. NF030/2549
	กิโลกรัม	กรัม	มิลลิลิตร	cal/g	to cal/g	to cal/g	to cal/g	cal/g	cal/g	cal/g
1	1	50	400	เชื้อเพลิงไม่สามารถ อัดแท่งขึ้นรูปได้					>5000	>5500
2	1	50	500	6,310.547	6,308.159	6,430.448	6,517.388	6,349.718	>5000	>5500
3	1	50	600	6,214.293	6,321.296	6,397.941	6,425.910	6,311.176	>5000	>5500
4	1	50	700	6,418.028	6,293.589	6,405.130	6,467.947	6,372.249	>5000	>5500
5	ถ่านไม้โกงกางที่ใช้ผลิต			6,089.854	6,351.868	6,013.423	6,083.405	6,151.715	>5000	>5500

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษา พบว่า อัตราส่วนผสมที่ 3 ใช้ เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 600 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยของความร้อน 6,311.718 cal/g เชื้อเพลิงอัดออกมาเป็นแท่ง เป็นไปตามรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าว มีอัตราส่วนการผสมที่มีความเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งต่อไป ซึ่งสามารถทำให้ทางโรงงานอุตสาหกรรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ ถือเป็นการลดต้นทุนการผลิต และผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. โรงงานอุตสาหกรรมควรมีการลงทุนในเทคโนโลยีที่ทันสมัย เช่น เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงในการอัดถ่าน รวมถึงการใช้ระบบอัตโนมัติในการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนการผลิต

2. โรงงานอุตสาหกรรมควรกำหนดมาตรฐานการควบคุมคุณภาพของถ่านอัดแท่งอย่างเข้มงวด เพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ออกมามีคุณภาพดีและตรงตามความต้องการของตลาด

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกางจากโรงงานแปรรูปอาหาร กรณีศึกษา จึงสรุปได้ว่า อัตราส่วนผสมที่ 1 ใช้ เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 400 มิลลิลิตร ไม่สามารถอัดแท่งขึ้นรูปได้ อัตราส่วนผสมที่ 2 ใช้ เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 500 มิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ค่าความร้อน 6,349.718 cal/g เชื้อเพลิงอัดออกมาเป็นแท่ง แต่มีการแตกร้าวทั่วทั้งก้อนเชื้อเพลิงอัดแท่ง อัตราส่วนผสมที่ 3 ใช้ เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 600 มิลลิลิตร ค่าความร้อน 6,311.176 cal/g มีค่าความร้อนน้อยกว่าอัตราส่วนผสมที่ 2 เล็กน้อย แต่สามารถอัดแท่งเชื้อเพลิงออกมาเป็นแท่ง มีรูปทรงตามแบบแม่พิมพ์ ผิวมีความเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกร้าวสมบูรณ์มากที่สุด อัตราส่วนผสมที่ 4 เศษถ่าน 1 กิโลกรัม : แป้งมัน 50 กรัม : น้ำ 700 มิลลิลิตร ค่าความร้อน 6,372.246 cal/g ไม่มีรอยแตกร้าว มีการคดงอหลังออกจากเครื่องอัดแท่ง ไม่เป็นไปตามแบบแม่พิมพ์ ซึ่งการทดสอบค่าความร้อนอัตราส่วนผสมทั้ง 3 ที่สามารถขึ้นรูปได้ มีค่าความร้อนมากกว่า 5,000 cal/g เป็นไปตามมาตรฐานชุมชน (มผช. 238/2547) และ มีค่าความร้อนมากกว่า 5,500 cal/g เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มก.-ธกส. ถ่านอัดแท่ง (มก.-ธกส. NF030/2549) ด้วยเช่นกัน รวมไปถึง อัตราส่วนผสมทั้ง 3 ที่มีการขึ้นรูปได้ ให้ค่าความร้อนเฉลี่ยมากกว่า ค่าความร้อนของถ่านไม้โกงกางที่ใช้ในการผลิตเดิมด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการทำเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษถ่านไม้โกงกาง จากโรงงานแปรรูปอาหาร กรณีศึกษา ของนักศึกษาระดับปริญญาโท สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจาก ได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอุตสาหการ และ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อคิด ข้อแนะนำ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงการคลัง. (2022). ประมาณการเศรษฐกิจไทยปี 2566. สืบค้นจาก www.mof.go.th

สภาหอการค้าไทย. (2022). สภาหอการค้าฯ – สภาอุตสาหกรรม – สถาบันอาหาร เผยส่งออกอาหารไตรมาสแรกปี 2566. สืบค้นจาก https://www.thaichamber.org/news/view/87/1748/

อานันต์ วาชัยสี, คุณภัทร ศรีเปารยะ, วิมล พรหมแช่ม, พีรพงศ์ หนูช่วย, สุจิตรา แสงชัยศรี, กิตติคุณ เชียวสกุล และ ชิโนรส ละอองวรรณ. (2022). กระบวนการผลิตถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านเหลือใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม, 32(2), 87-94.

กานต์ วิรุณพันธ์, ธนารักษ์ สายเปลี่ยน และ ภาคภูมิ ใจ ชมพู. (2017). การผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษวัสดุเหลือใช้ ในการผลิตข้าวหลาม. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 2(1), 1-15.

ปฐมศก วิไลพล. (2019). การวิเคราะห์อัตราส่วนผสมสำหรับการผลิตเชื้อเพลิงถ่านอัดแท่งจากเศษถ่านของกระบวนการ เผาอิฐมอญ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, 4(1), 40-50.

นเรศ สิริวราวุธ, ปราโมทย์ สุขศิริศักดิ์, นุกูล สุขุประการ และ ประยูร กันอยู่. (2021). การศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเชื้อเพลิงอัดแท่งจากวัสดุชีวมวล. NKRAFA JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, 17(2), 31-44.

ณัฐพล วิชาญ. (2020). การผลิตถ่านอัดแท่งด้วยเศษถ่านที่เหลือจากกระบวนการผลิตกล้วยทอดกรอบ. วารสารวิจัย เทคโนโลยีนวัตกรรม, 3(2), 11-22.

ระบบอันดับสองแบบมาตรฐานโดยออปแอมป์ป้อนกลับกระแส

A CFOA based standard second-order prototype system

อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์[1*]

ittipong chaisayun[1*]

[1]**สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ กรุงเทพฯ 10160**

[1]**Department of Electrical Engineering, Faculty of engineering, Southeast Asia university**

[*]**Corresponding author E-mail: ittipongc@sau.ac.th**

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบวงจรระบบอันดับสองสำหรับการทดลองในวิชาปฏิบัติการระบบควบคุม ป้อนกลับ วงจรระบบอันดับสองนี้ได้สร้างจาก ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และออปแอมป์ป้อนกลับกระแส วงจรที่นำเสนอนี้ สามารถปรับค่าอัตราหน่วง(damping ratio)และ ความถี่ธรรมชาติ(natural frequency) ได้อิสระจากกัน ผลการทดสอบถูกกระทำด้วยโปรแกรม LTspice และ MATLAB ได้เปรียบเทียบกับผลของทฤษฎีโดยใช้สูตรคำนวณ

คำสำคัญ: ระบบอันดับสองมาตราฐาน วงจรกรองผ่านต่ำ วงจรขยายป้อนกลับ

Abstract

The design of a second-order system circuit for experiment in feedback control system laboratory is shown in this paper. The second-order system circuit consists of resistors, capacitors and current feedback operational amplifiers. The proposed circuit can adjust damping ratio and natural frequency independently. Test results, obtained through simulations using LTspice and MATLAB programs, are compared with theoretical calculations.

Keywords : standard second-order system, low pass filter circuit, feedback amplifier circuit

บทนำ

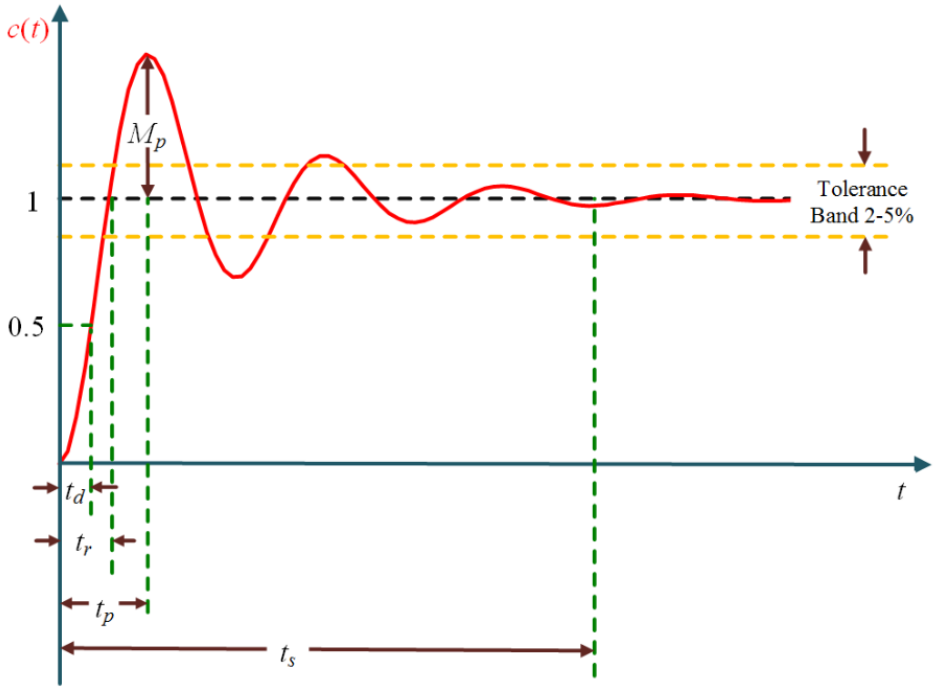
การเรียนวิชาปฏิบัติการทางด้านวิศวกรรมเป็นสิ่งที่จำเป็นเพราะจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจวิชาทฤษฎีได้อย่างดียิ่งขึ้น Kheir et al.(1996), Chen & Naughton(2000) และ การสำรวจงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าการเรียนวิชาปฏิบัติเป็นพื้นฐานในการเสริมพื้นฐานการเรียนวิชาทฤษฎีให้แข็งแกร่ง Goodwin et al.(2011) เช่นเดียวกับการพัฒนาทฤษฎีใหม่ ๆ Bernstein(1998) ในระดับปริญญาตรีหลักสูตรวิศวกรรมไฟฟ้า การเรียนวิชาปฏิบัติการระบบควบคุมป้อนกลับมีความจำเป็นอย่างมาก เพราะจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจวิชาทฤษฎี ระบบควบคุมป้อนกลับได้ง่ายขึ้น และช่วยให้มองเห็นภาพของการนำไปใช้งานจริง การวิเคราะห์ระบบอันดับสองเป็นหัวข้อหนึ่งที่สำคัญของการเรียนวิชาระบบควบคุมป้อนกลับ ที่ผ่านมาหัวข้อนี้จะถูกอธิบายได้ดีด้วยโปรแกรม MATLAB แต่ในการทดลองจริง ระบบอันดับสองต้นแบบของเดชา พวงดาวเรือง(2552) จะถูกสร้างด้วยวงจรกรองต่ำผ่านของ Sallen–Key filter ซึ่งมีข้อดีคือ มีโครงสร้างง่าย ใช้ออปแอมป์เพียงหนึ่งตัว แต่มีข้อเสียที่สำคัญคือค่าอัตราหน่วง (damping ratio)และ ความถี่ธรรมชาติ(natural frequency) ไม่สามารถปรับได้อิสระจากกัน ทำให้เกิดปัญหาว่านักศึกษาไม่เข้าใจอย่างชัดเจนว่า การปรับค่าอัตราหน่วงและความถี่ธรรมชาติ มีผลการตอบสนองของสัญญาณเอาต์พุตอย่างไร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวบทความวิจัยของ ปัญญา มาลีวัตรและ อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์(2567) ได้นำเสนอวงจรระบบอันดับสองต้นแบบโดยออปแอมป์ป้อนกลับแรงดัน โดยที่ลักษณะเด่นของวงจรระบบอันดับสองนี้ คือ ค่าอัตราหน่วงและ ความถี่ธรรมชาติสามารถปรับได้อิสระจากกัน แต่ยังมีข้อเสียตรงที่ใช้จำนวนอุปกรณ์จำนวนมาก ดังนั้นบทความนี้จึงได้นำเสนอวงจรระบบอันดับสองต้นแบบ ที่สร้างจากออปแอมป์ป้อนกลับกระแสที่มีจำนวนอุปกรณ์ที่ลดลง ขณะที่ยังมีความสามารถปรับค่าอัตราหน่วงและความถี่ธรรมชาติได้อย่างอิสระ นอกจากนี้ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส มีข้อดีกว่าออปแอมป์ป้อนกลับแรงดันในหลายเรื่อง เช่น ตอบสนองความถี่และอัตราสลูว์ ที่สูงกว่า เป็นต้น และที่สำคัญคือปัจจุบันนี้ออปแอมป์ป้อนกลับกระแสเป็นอุปกรณ์ที่ราคาไม่แพงและสามารถหาซื้อได้ทั่วไป ในการนำวงจรระบบอันดับสองที่นำเสนอนี้ไปใช้ในการเรียนวิชาปฏิบัติการระบบควบคุมป้อนกลับ สามารถทำได้ทั้งต่อวงจรจริงลงบอร์ดทดลอง หรือจะให้จำลองการทำงานใน LTspice ก็ได้ ซึ่งทดแทนชุดทดลองที่มีราคาแพง และโปรแกรมที่มีค่าลิขสิทธิ์ วงจรที่นำเสนอนี้เหมาะสำหรับสถาบันการศึกษาขนาดเล็กที่มีงบประมาณไม่มาก เพราะ LTspice เป็นโปรแกรมที่ให้ฟรี หรือถ้าจะสร้างวงจรจริงก็ทำงานง่าย เพราะใช้อุปกรณ์น้อย ราคาถูกและหาซื้อได้ทั่วไป

ทฤษฎีและหลักการทำงานของวงจร

ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรระบบอันดับสองแบบมาตรฐาน แสดงได้ดังนี้

$$\frac{v_o(s)}{v_i(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2} \quad (1)$$

สมการ (1) ถ้ากำหนดให้ อินพุตเป็นสัญญาณขั้น 1 หน่วย (unit step) เอาต์พุตสามารถแสดงได้ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ผลตอบสนองในสภาวะชั่วขณะกรณีหน่วงต่ำ ของ Ogata (1990)

ช่วงเวลาขึ้น (rise time , tr) ในบทความนี้ คิด tr จากเวลา 0-100% ของอินพุต เวลาค่ายอด (peak time , tp) การพุ่งเกินสูงสุด (maximum overshoot , Mp) ช่วงเวลาเข้าที่ (settling time , ts) ในบทความนี้ คิด ts ที่แรงดันเอาต์พุต 1±0.018 V สามารถหาได้จากสูตรของ Ogata (1990)

$$t_r = \frac{\pi-cos^{-1}\zeta}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (2)$$

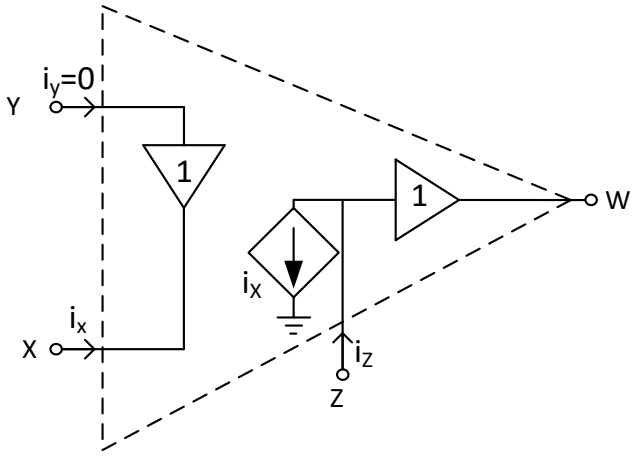
$$t_p = \frac{\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (3)$$

$$t_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad (4)$$

$$\%M_p = 100e^{-\frac{\zeta\pi}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad (5)$$

1. ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส

ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส ประกอบด้วยวงจรตามแรงดัน 2 วงจรและวงจรตามกระแส 1 วงจร ตามภาพที่ 2



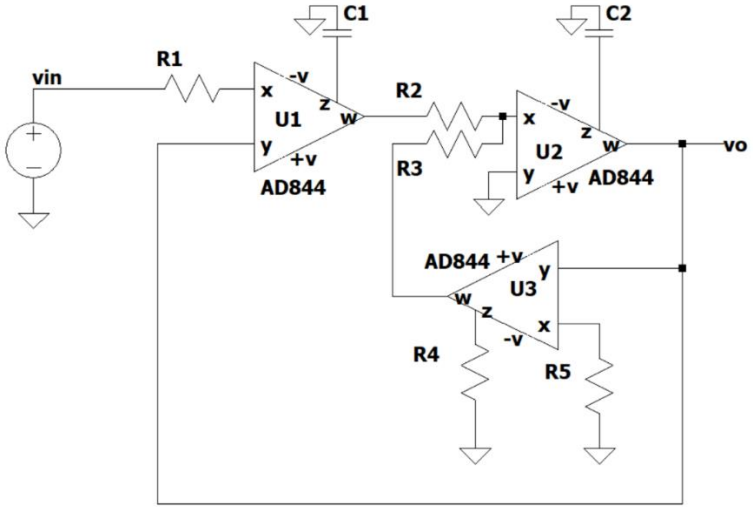
ภาพที่ 2 แบบจำลองอย่างง่ายของออปแอมป์ป้อนกลับกระแส

จากภาพที่ 2 ขา y เป็นอินพุตแรงดันที่มีอิมพีแดนซ์สูง ของออปแอมป์ป้อนกลับกระแส ทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจรตามแรงดันที่ให้เอาท์พุตเป็นแรงดันที่ ขา x ขณะที่ ขา x ยังเป็นอินพุตกระแสด้วยที่ทำหน้าที่เป็นวงจรตามกระแสที่ให้เอาต์พุตเป็นกระแสที่ ขา z และ ที่ขา z นี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตของวงจรตามแรงดันที่ให้เอาต์พุตเป็นแรงดันที่ ขา w ความสัมพันธ์ของ กระแสและแรงดันที่ขาต่างๆเป็นดังนี้

$$i_y = 0, i_z = i_x, v_x = v_y, v_w = v_z \tag{6}$$

2. วงจรระบบอันดับสองโดยใช้ออปแอมป์ป้อนกลับกระแส

วงจรระบบอันดับสองสร้างจากวงจรขยายป้อนกลับที่ประกอบด้วยออปแอมป์ป้อนกลับกระแสจำนวน 3 ตัว ตัวต้านทาน 5 ตัว และตัวเก็บประจุ 3 ตัว แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 วงจรระบบอันดับสองที่นำเสนอ

ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรภาพที่ 3 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{v_o(s)}{v_i(s)} = \frac{\frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}{s^2+\frac{R_4}{C_2R_3R_5}s+\frac{1}{C_1C_2R_1R_2}} \quad (7)$$

เมื่อเปรียบเทียบสมการ(1) และ (7) จะได้ค่าความถี่ธรรมชาติ ω_n และอัตราหน่วง ς ดังนี้

$$\omega_n = \frac{1}{R_1C_1} \quad (8)$$

และ

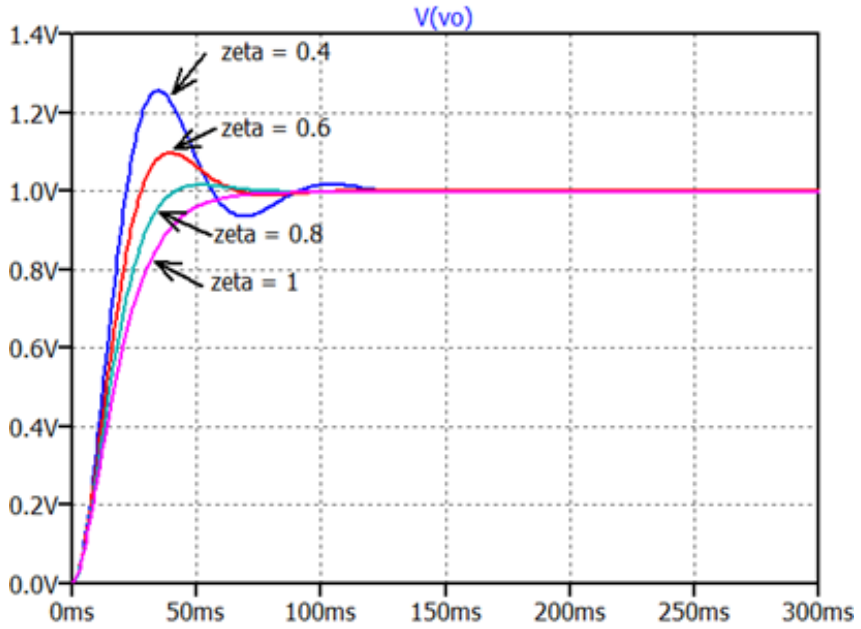
$$\varsigma = \frac{R_4}{2R_5} \quad (9)$$

เมื่อ $R_1 = R_2 = R_3$ และ$C_1 = C_2$

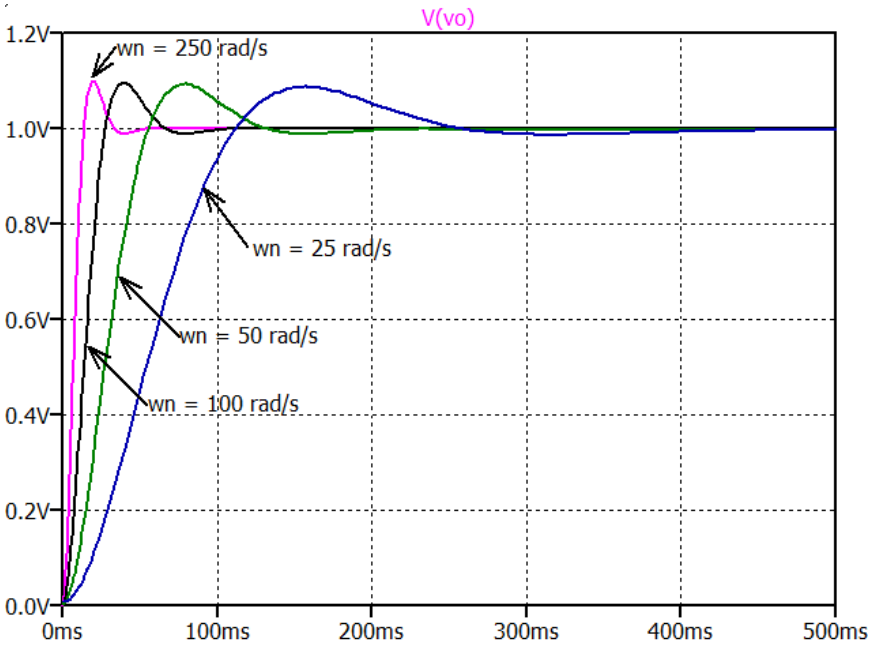
จากสมการ (8) แสดงให้เห็นความถี่ธรรมชาติ ω_n สามารถปรับได้อย่างอิสระด้วย R_1 และ C_1 ขณะที่สมการ (9) จะเห็นได้ว่าค่า อัตราหน่วง ς สามารถปรับได้อย่างอิสระด้วย R_4 และ R_5

ผลการทดลอง

เพื่อจะตรวจสอบการทำงานของวงจรระบบอันดับสองที่นำเสนอ โปรแกรม LTspice ถูกใช้ในการจำลองการทำงาน โดยใช้แบบจำลองของออปแอมป์ป้อนกลับกระแส AD844 แรงดันไฟเลี้ยง ±10 V และอินพุตเป็นสัญญาณแรงดัน 1 V (unit step) ในภาพที่ 4 กำหนดให้ $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = 10k\Omega$, $R_4 = 12k\Omega$ และกำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1\mu F$ จะทำให้ได้ ω_n คงที่ =100 ขณะที่ ς (zeta) มีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.4 ถึง 1 สเต็บละ 0.2 (โดยการปรับค่าของ R_4) และในภาพที่ 5 ให้ ς คงที่ =0.6 ขณะที่ ω_n มีค่าเปลี่ยนแปลงดังนี้ 25 rad/s, 50 rad/s, 100 rad/s และ 200 rad/s โดยการปรับ $R_1 = 5k\Omega,\ 10k\Omega,\ 20k\Omega, 40k\Omega$ ตามลำดับ

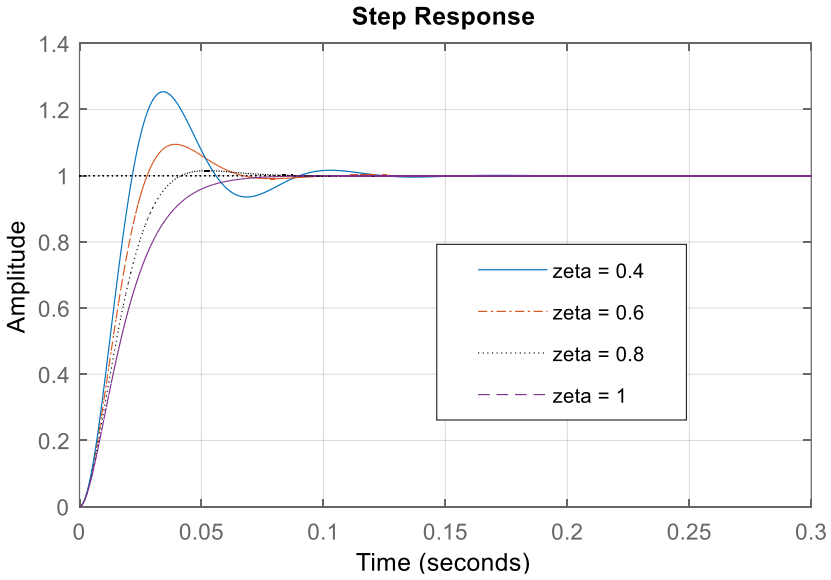


ภาพที่ 4 แรงดันเอาต์พุตขณะที่ ς เปลี่ยนแปลง โดยใช้ Ltspice

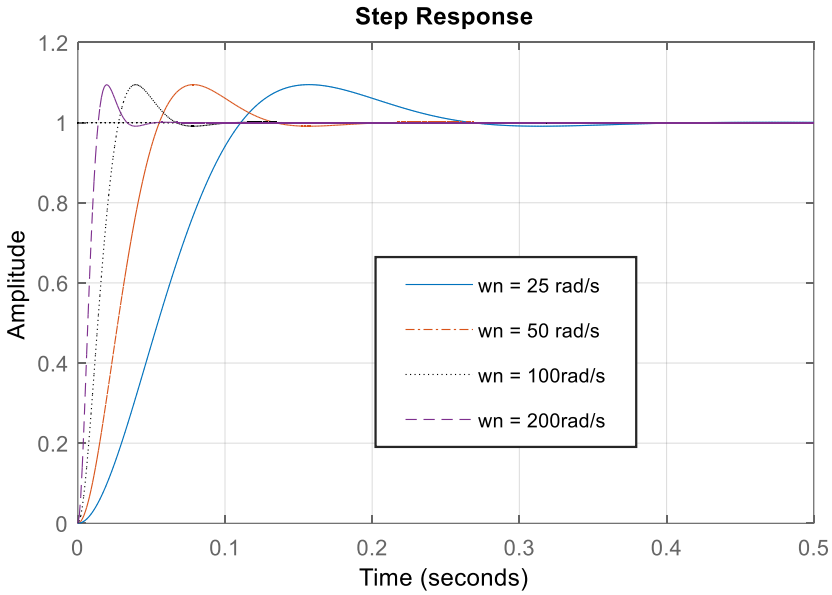


ภาพที่ 5 แรงดันเอาต์พุตขณะที่ ω_n เปลี่ยนแปลง โดยใช้ LTspice

เพื่อจะเปรียบเทียบกับผลที่ได้จาก การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ โปรแกรม MATLAB version 2017b (License No.#40637337) ถูกใช้เพื่อแสดงผลทางทฤษฎี โดยการเขียน code สมการ (1) เพื่อดูสัญญาณเอาต์พุต โดยที่ให้ ω_n และ ς (zeta) มีการสลับการเปลี่ยนแปลง โดยที่อินพุตเป็นสัญญาณขั้นหนึ่งหน่วย (unit step) ในภาพที่ 6 ให้ ω_n คงที่ =100 ขณะที่ ς มีค่าเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 0.4 ถึง 1 สเต็บละ 0.2 และในภาพที่ 7 ให้ ς คงที่ =0.6 ขณะที่ ω_n มีค่าเปลี่ยนแปลงดังนี้ 25 rad/s, 50 rad/s, 100 rad/s และ 200 rad/s



ภาพที่ 6 เอาต์พุตขณะที่ ς (zeta) เปลี่ยนแปลง โดยใช้ MATLAB



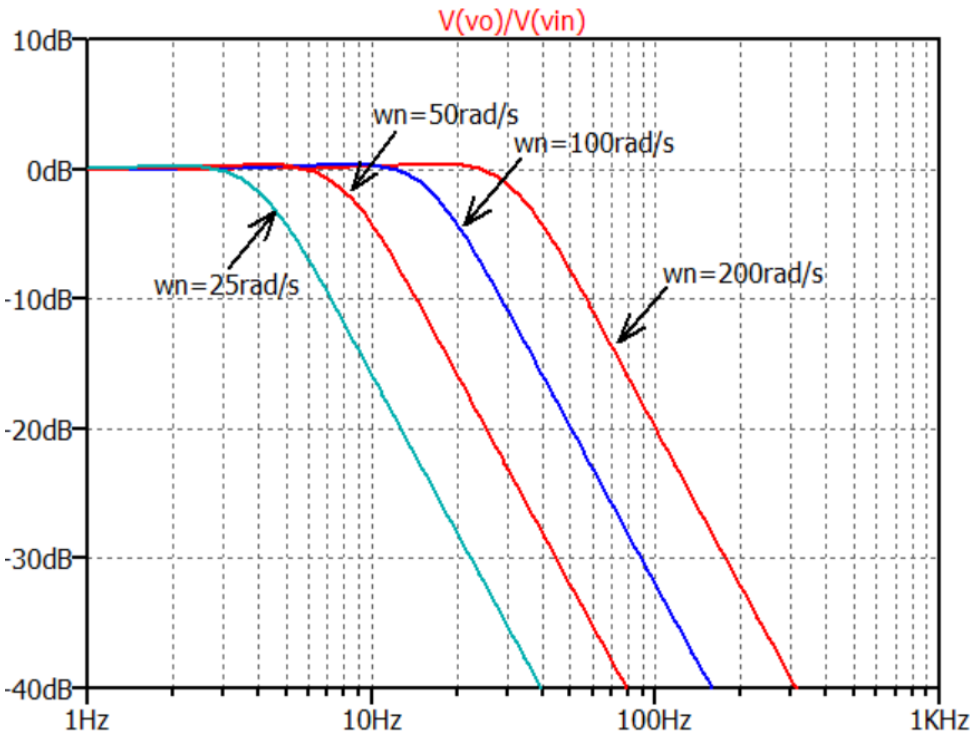
ภาพที่ 7 เอาต์พุตขณะที่ ω_n เปลี่ยนแปลง โดยใช้ MATLAB

เมื่อเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงของ ς จาก 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 พบว่า สัญญาณเอาต์พุตจาก LTspice (ภาพที่ 4)และจาก MATLAB (ภาพที่ 6) ให้ผลที่สอดคล้องกันคือมีการพุ่งเกินเปลี่ยนแปลงจาก 25%, 9%, 2% และ 0% เมื่อเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงของ ω_nจาก 25 rad/s, 50 rad/s,100 rad/s และ 200 rad/s พบว่า สัญญาณเอาต์พุตจาก LTspice (ภาพที่ 5) และจาก MATLAB (ภาพที่ 7) ให้ผลที่สอดคล้องกันคือมีการพุ่งเกินประมาณ 9% ขณะที่มีค่าเวลาคงตัว(settling time)เปลี่ยนแปลงจาก 0.24s, 0.12s 0.06s และ 0.03s

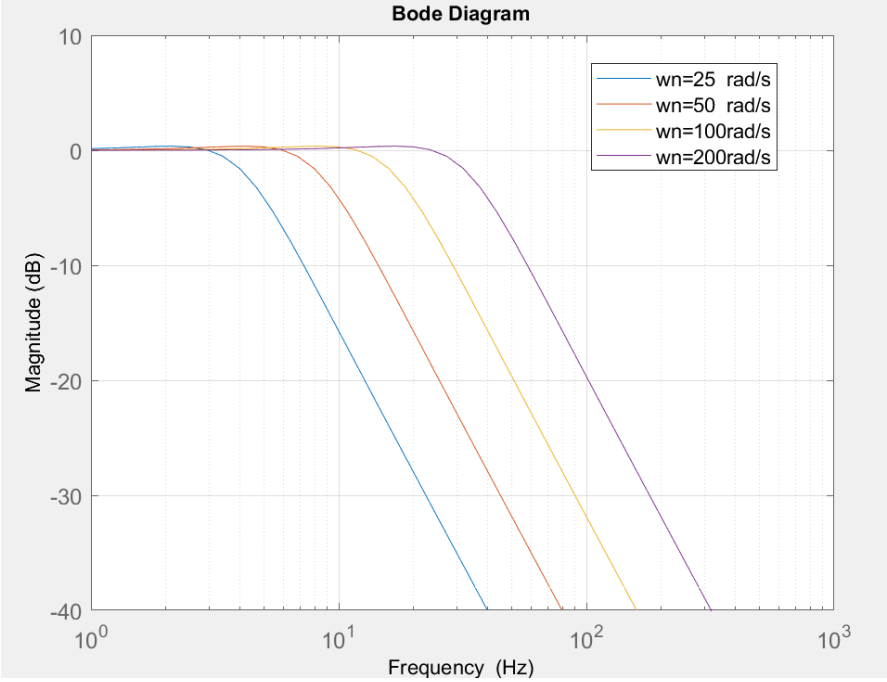
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลลัพธ์ เมื่อ ω_n=100 rad/s, ς=0.6

พารามิเตอร์	ผลลัพธ์ของLtspice	ผลลัพธ์ของMATLAB	ผลลัพธ์ของสมการ(2)-(5)
tr	27.7 ms	27.7 ms	27.7 ms
tp	39.3 ms	39.1 ms	39.3 ms
ts	60.1 ms	61.4 ms	66.7 ms
Mp	9.60 %	9.48 %	9.48 %

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์(tr, tp ,ts ,Mp)ที่ได้จาก การทดสอบด้วยโปรแกรม Ltspice และ MATLAB และที่คำนวณได้จากสูตร พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยค่า tr มีค่าเหมือนกันทุกกรณี ขณะที่ tp มีค่าเหมือนกันการทดสอบด้วย Ltspice และที่คำนวณได้จากสูตร และ Mp มีค่าเหมือนกันของการทดสอบด้วย MATLAB และการคำนวณด้วยสูตร นอกจากทดสอบวงจรระบบอันดับสองในโดเมนเวลาแล้วบทความนี้ได้ทดสอบวงจรระบบอันดับสองในโดเมนความถี่ โดยให้ระบบมีค่า ω_nเปลี่ยนแปลงดังนี้ 25 rad/s, 50 rad/s, 100 rad/s และ 200 rad/s และ ς คงที่ =0.6 ป้อนอินพุตเป็นสัญญาณไซน์ มีแรงดันคงที่ 1 v ขณะที่ปรับค่าความถี่จาก 1Hz-1kHz วัดขนาดของเอาต์พุตโดยใช้ Ltspice และ MATLAB ดังแสดงในภาพที่ 8



(ก)



(ข)

ภาพที่ 8 ขนาดเอาต์พุตของระบบขณะที่ ω_n เปลี่ยนแปลง และ ς = 0.6 (ก) LTspice (ข) MATLAB

ในทดสอบวงจรระบบอันดับสองในโดเมนความถี่ พบว่า สัญญาณเอาต์พุตจาก Ltspice (ภาพที่ 8(ก)) และจาก MATLAB (ภาพที่ 8(ข)) ให้ผลที่สอดคล้องกัน

วิจารณ์ผลการทดลอง

ในความเห็นของของผู้วิจัยในตารางที่ 1 ค่าที่วัดได้จาก Ltspice MATLAB และสูตรของ Ogata (1990) มีความแตกต่างกันเพราะค่าจาก MATLAB ได้มาจากสูตรที่มีความละเอียดและไม่คิดผลกระทบของความไม่เป็นอุดมคติของอุปกรณ์ ขณะที่ค่าจาก Ltspice ได้มาจากสูตรที่มีความละเอียดและคิดผลกระทบของความไม่เป็นอุดมคติของอุปกรณ์ สำหรับค่าจากสมการ(2)-(5) ได้มาจากสูตรของ Ogata (1990) ที่อาจเป็นสูตรอย่างง่ายสำหรับการคำนวณ ดังนั้นค่าจาก MATLAB ควรเป็นค่าในทางทฤษฎี ค่าจาก Ltspice เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการทดลองจริงมากที่สุด และค่าจากสมการ(2)-(5) ควรเป็นค่าในทางทฤษฎีอย่างง่าย

สรุปผลการวิจัย

การออกแบบวงจรระบบอันดับสองสำหรับการศึกษาวิชาปฏิบัติการระบบควบคุมป้อนกลับได้แสดงในบทความนี้ ลักษณะเด่นของวงจรที่นำเสนอ คือ ค่าอัตราหน่วงสามารถปรับได้อิสระจากกันด้วยตัวต้านทาน ขณะที่ ความถี่ธรรมชาติสามารถปรับได้อิสระจากกันด้วยตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ การทดสอบวงจรระบบอันดับสองในโดเมนเวลาด้วย LTspice ถูกเปรียบเทียบกับผลของ MATLAB และการคำนวณจากสูตร พบว่าให้

ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันมาก การทดสอบวงจรระบบอันดับสองในโดเมนความถี่ด้วย LTspice เปรียบเทียบกับผลของ MATLAB พบว่าให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกัน วงจรที่นำเสนอนี้เหมาะสำหรับการศึกษาวิชาปฏิบัติการระบบควบคุมป้อนกลับ ในสถาบันการศึกษาขนาดเล็กที่มีงบประมาณไม่มาก เพราะ LTspice เป็นโปรแกรมที่ให้ฟรี หรือถ้าจะสร้างวงจรจริงก็ทำงานง่ายเพราะใช้อุปกรณ์น้อย ราคาถูกและหาซื้อได้ทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

เดชา พวงดาวเรือง. 2552. ปฏิบัติการระบบควบคุม, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.

ปัญญา มาลีวัตรและ อิทธิพงศ์ ชัยสายัณห์. 2567. ระบบอันดับสองแบบมาตรฐานโดยออปแอมป์. น.1-5 ใน: ประชุมวิชาการสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ครั้งที่ 11, 24-25 พฤษภาคม 2567. มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.

Bernstein, D.S. 1998. Control experiments and what I learned from them: A personal journey. IEEE Control Systems Magazine,18:81-88.

Chen, Y.C. and J.M. Naughton. 2000. An undergraduate laboratory platform for control system design, simulation, and implementation. Control Systems Magazine. 20:12-20.

Goodwin, G. C. , A. M. Medioli, W. Sher, L. B. Vlacic, and J. S. Welsh. 2011. Emulation-based virtual laboratories: A low-cost alternative to physical experiments in control engineering education. IEEE Transactions on Education. 54:48-55.

Kheir, N. A., K. J. Åström, D. Auslander, K. C. Cheok, G. F. Franklin, M. Masten, and M. Rabins. 1996. Control systems engineering education. Automatica. 32:147-166.

Ogata,K. 1990. Modern Control Engineering. Prentice-Hall.

การวิเคราะห์เชิงสมรรถนะของการอพยพหนีไฟ ด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารหอพัก

PERFORMANCE-BASED ANALYSIS OF FIRE EVACUATION USING PATHFINDER PROGRAM : A CASE STUDY OF DORMITORY BUILDING

สุรีรัตน์ มะณีรัตน์[1*] และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]

Sureerat Maneerat[1*] and Supat patvichaichod[2]

[1]สาขา วิศวกรรมความปลอดภัย และการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
199 หมู่ที่ 6 อำเภอศรีราชา ชลบุรี 20230

[1]Safety Engineering and Environment Management Program, Faculty of Engineering Sriracha, Kasetsart University
199 Moo 6, Sriracha District, Chonburi 20230

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 199 หมู่ที่ 6 อำเภอศรีราชา ชลบุรี 20230

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Siracha Campus, Kasetsart University
199 Moo 6, Sriracha District, Chonburi 20230

*Corresponding author Email : sureerat.man@ku.th

บทคัดย่อ

การอพยพหนีไฟในอาคารเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของการอพยพหนีไฟในอาคารหอพัก โดยใช้โปรแกรม Pathfinder ร่วมกับมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ เช่น เวลาการอพยพ เส้นทางการอพยพ ในการศึกษาผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ 6 รูปแบบ โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Deterministic Hazard Assessment และการประเมินแบบ Probabilistic Risk Assessment และทำการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม Pathfinder เพื่อประเมินผลกระทบต่อเวลาและรูปแบบการอพยพของผู้ใช้อาคาร ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า เวลาการอพยพในอาคารเกินกว่า 5 นาที ดังนั้นผู้วิจัยจึงวิเคราะห์ผลการศึกษาพบว่า บันไดหนีไฟที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้อาคาร ทำให้เกิดการรอคิวและการล่าช้าในการอพย พ เมื่อทำการปรับปรุงโดยเพิ่มบันไดหนีไฟและแต่งตั้งผู้ประจำอาคารเพื่อค้นหาและแจ้งเหตุ ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าเวลาในการอพยพลดลง 8.59% และ 7.77% ตามลำดับ ส่งผลให้ผู้ใช้อาคารใช้เวลาอพยพไม่เกิน 5 นาที ตามที่กฎหมายกำหนด งานวิจัยนี้มีคุณค่า ในการช่วยออกแบบและปรับปรุงมาตรการความปลอดภัย สำหรับอาคารหอพัก โดยเน้นถึงความสำคัญของความปลอดภัยในชีวิต การจัดการทรัพยากรและเส้นทางการอพยพ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารประเภทอื่นในอนาคตได้

คำสำคัญ : อพยพหนีไฟ โปรแกรม Pathfinder อาคารหอพัก

Abstract

Fire evacuation in buildings is a critical issue that directly affects the safety of lives and property. This study aims to evaluate the performance of fire evacuation in a dormitory building by using the Pathfinder software in conjunction with the NFPA 101, Life Safety Code. It analyzes factors such as evacuation time and evacuation routes. In this study, the researchers defined six fire scenarios using Deterministic Hazard Assessment and Probabilistic Risk Assessment methods and conducted simulations with the Pathfinder software to assess the impacts on evacuation time and patterns. The findings indicate that the evacuation time in the building exceeds 5 minutes. Further analysis revealed that the existing fire escape stairs are insufficient for the number of building occupants, causing queuing and delays during evacuation. After implementing improvements, including adding fire escape stairs and appointing building personnel to assist with fire detection and reporting, the simulation results showed a reduction in evacuation time by 8.59% and 7.77%, respectively. These improvements allowed the building occupants to evacuate within the legally required 5-minute timeframe. This research is valuable for designing and improving safety measures in dormitory buildings, emphasizing the importance of life safety, resource management, and evacuation routes. Moreover, it can be adapted for application in other types of buildings in the future.

Keywords : Fire evacuation, Pathfinder program, Dormitory building

บทนำ

อัคคีภัย (หรือไฟไหม้) หมายถึง ภัยหรือเหตุการณ์อันตรายที่เกิดจากไฟที่ขาดการควบคุมดูแล ทำให้เกิดการลุกลามไปตามบริเวณที่มีเชื้อเพลิงและเกิดการลุกไหม้อย่างต่อเนื่อง สภาวะของไฟจะรุนแรงมากขึ้นถ้าการลุกไหม้ที่มีเชื้อเพลิงหรือมีไอของเชื้อเพลิงถูกขับออกมามากความร้อนแรงก็จะมากยิ่งขึ้น สร้างความสูญเสียให้ชีวิตและทรัพย์สิน

ปัจจัยที่เมื่อเกิดอัคคีภัยแล้วทำให้เกิดการเสียชีวิต หรือการบาดเจ็บสูง แบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ 1. ปัจจัยด้านสภาพอาคารสถานที่ เช่น อาคารไม่ได้ออกแบบให้มีเส้นทางหนีไฟ ประตูทนไฟ และบันไดหนีไฟ ฯลฯ

2. ปัจจัยด้านระบบความปลอดภัย เช่น ระบบเตือนภัย ระบบดับเพลิง 3. ปัจจัยด้านคน เช่น ความรู้ของบุคคล ความเข้าใจเรื่องอันตรายจากอัคคีภัย รวมถึงขาดการซ้อมอพยพหนีไฟ แต่หากมีการปรับปรุงแก้ไขและจัดการปัจจัยทั้ง 3 ด้านนี้อย่างเหมาะสมก็จะสามารถช่วยลดการเสียชีวิตและการบาดเจ็บเมื่อเกิดอัคคีภัยได้เช่นกัน ซึ่งการแก้ไขและจัดการปัจจัยทั้ง 3 ด้านมีดังนี้ 1. การออกแบบสภาพอาคาร 2. การออกแบบระบบความปลอดภัยให้เป็นไปตามกฎหมายด้านอัคคีภัย 2. ปัจจัยด้านคน ต้องได้รับการฝึกอบรมให้มีความรู้ความเข้าใจ รวมทั้งฝึกซ้อมอพยพหนีไฟ

การจัดการเรื่องอัคคีภัยของอาคาร เพื่อให้ผู้ใช้อาคารมีความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง และเป็นเรื่องที่ประเทศไทยให้ความสำคัญ เนื่องจากเหตุการณ์ที่เกิดเพลิงไหม้ในแต่ละครั้งได้สร้างความสูญเสียเป็นอย่างมาก ทั้งชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงสภาพจิตใจของผู้ประสบเหตุและผู้เกี่ยวข้อง จากข้อมูลสถิติของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย (ปภ.) ปี พ.ศ. 2564 (ม.ค. 64 – ธ.ค. 64) เกิดเหตุอัคคีภัย 1,999 ครั้ง บาดเจ็บ 190 ราย เสียชีวิต 51 ราย ปี พ.ศ. 2565 (ม.ค. 65 – ธ.ค. 65) เกิดเหตุอัคคีภัย 3,007 ครั้ง บาดเจ็บ 360 ราย เสียชีวิต 110 ราย พ.ศ 2566 (ม.ค. 66 – ธ.ค. 66) เกิดเหตุอัคคีภัย 3,050 ครั้ง บาดเจ็บ 308 ราย เสียชีวิต 78 ราย จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าอุบัติเหตุจากการเกิดอัคคีภัยมีแนวโน้มเพิ่มจำนวนขึ้นทุกปี รวมถึงมีผู้ได้รับบาดเจ็บและสูญเสียชีวิตเป็นจำนวนมาก

โปรแกรม Pathfinder เป็นหนึ่งในโปรแกรมที่ใช้สำหรับจำลองและวางแผนการอพยพกรณีฉุกเฉินในอาคารหรือพื้นที่ต่าง ๆ โดยมีข้อดีดังนี้ มีการจำลองการอพยพที่แม่นยำและมีความเชื่อถือได้ เนื่องจากมีการใช้โมเดลที่ถูกต้อง โดยนำพฤติกรรมมนุษย์เข้ามาทดสอบ Pathfinder มีความสามารถในการแสดงผลแบบสมจริงของการอพยพ โดยการจำลองการเคลื่อนไหวของบุคคลในอาคารหรือพื้นที่อื่น ๆ ในสถานการณ์ฉุกเฉิน การทดสอบแผนการอพยพสามารถใช้เพื่อทดสอบและดูผลการอพยพจริง สามารถปรับแก้แผนการอพยพได้อย่างรวดเร็ว ในกรณีที่พบปัญหาหรือสถานการณ์ที่ไม่คาดคิด และวิเคราะห์ออกแบบอาคารเพื่อให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นในสถานการณ์ฉุกเฉิน รวมทั้งมีการใช้งานที่สะดวกและเข้าใจง่าย ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถทำการจำลองและวางแผนอพยพ เตรียมความพร้อมในกรณีฉุกเฉินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นระบบ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำโปรแกรม Pathfinder มาเป็นเครื่องมือในการจำลองการอพยพหนีไฟในอาคารหอพัก จำนวน 4 ชั้น สูง 14.7 เมตร ขนาดพื้นที่ใช้สอยรวม 300.47 ตารางเมตร โดยมีพนักงานของโรงงานเข้าพัก ภายในอาคารหอพักมีการใช้ไฟฟ้า การใช้แก๊ส LPG ซึ่งมีความเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้ยังนำมาซึ่งความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ประกอบกับพนักงานที่เข้าพักมีบางส่วนเป็นพนักงานใหม่ ทำให้ขาดความรู้ความเข้าใจในเส้นทางหนีไฟ ซึ่งการนำโปรแกรม Pathfinder มาใช้ในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาพฤติกรรมมนุษย์ที่อพยพโดยกำหนดสถานการณ์ต่างๆ เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการอพยพหนีไฟที่มี และป้องกันการสูญเสียชีวิตได้ก่อนเกิดเหตุ สามารถทำนายเวลาอพยพหนีไฟ ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และสามารถวางแผนการอพยพหนีไฟได้

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อดังนี้

1. เพื่อใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองการอพยพหนีไฟของพนักงานในอาคารหอพัก
2. เพื่อใช้โปรแกรม Pathfinder ในการวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการอพยพหนีไฟ

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองและวิเคราะห์การอพยพหนีไฟ ของอาคารหอพักพนักงาน จำนวน 4 ชั้น สูง 14.7 เมตร ขนาดพื้นที่ใช้สอยรวม 300.47 ตารางเมตร

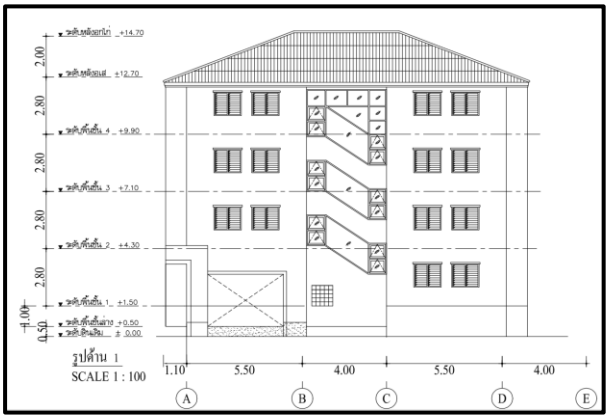
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นงานวิจัยเชิงทดลองโดยใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์เพลิงไหม้ที่กำหนด

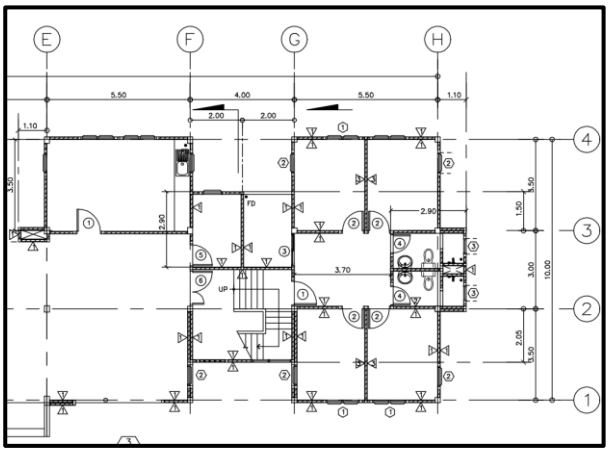
วิธีการ

1. ศึกษาแปลนของอาคาร วิเคราะห์พื้นที่การใช้งานของแต่ละชั้น

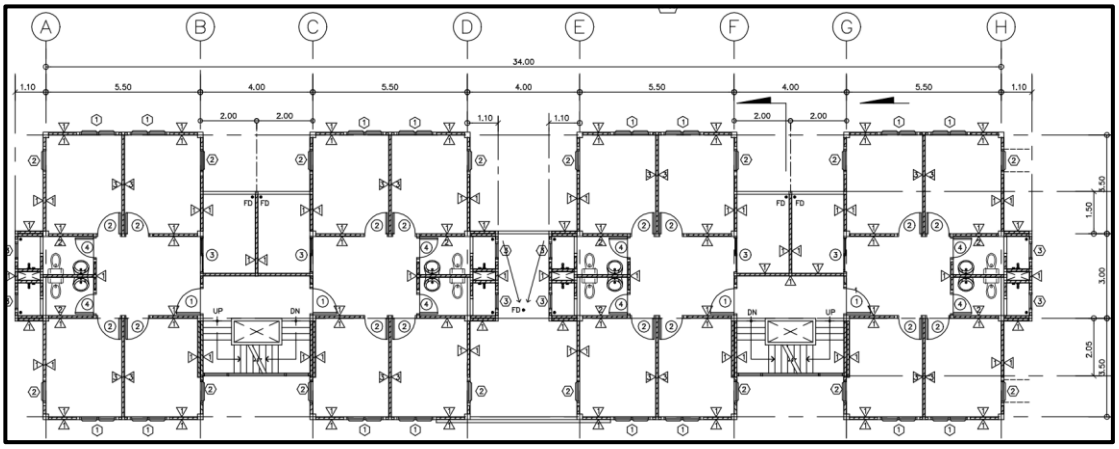
จากการศึกษาอาคารหอพักพนักงานที่ใช้เป็นอาคารในการจำลองการอพยพหนีไฟ เป็นอาคาร 1 หลัง ตั้งอยู่ในบริษัท เบทาโกรแลนด์ จำกัด เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ จำเป็นต้องอพยพพนักงานที่อยู่ในอาคารหอพักไปยังจุดที่ปลอดภัย ซึ่งผู้อพยพต้องใช้เส้นทางหนีไฟที่อยู่ภายในอาคารอพยพ เพื่อไปสู่จุดรวมพลที่เป็นสนามหญ้าบริเวณป้อม รปภ. ด้านหน้าอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ปลอดภัยของอาคารนี้ได้ 1 เส้นทาง ลักษณะของอาคารเป็นอาคารที่มีความสูงจากพื้นถึงหลังคา 14.7 เมตร จำนวน 4 ชั้น มีความกว้าง 10 เมตร ยาว 36.2 เมตร โดยที่ชั้น 1 มีห้องพักจำนวน 4 ห้อง ชั้น 2 ถึง 4 มีห้องพักชั้นละ 8 ห้อง โครงสร้างอาคารมีบันไดที่ใช้งานจำนวน 1 บันไดหลักที่ใช้เป็นบันไดสำหรับการสัญจรขึ้น ลง ระหว่างชั้นของอาคาร และบันไดหนีไฟจำนวน 1 บันไดสำหรับการใช้เป็นเส้นทางหนีไฟ



ภาพที่ 1 ภาพแบบอาคารหอพักด้านหน้า



ภาพที่ 2 ภาพแบบอาคารหอพักด้านบน ชั้น G



ภาพที่ 3 ภาพแบบอาคารหอพักด้านบน ชั้น 1-4

2. วิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคาร

จำนวนผู้ใช้อาคาร คือจำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุดที่คาดว่ามีในพื้นที่ห้องของอาคารหรือพื้นที่ว่างอื่นๆในอาคาร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หรือสถานการณ์ ใด สถานการณ์หนึ่ง สามารถคำนวณได้โดยคำนวณจากพื้นที่สุทธิ (Net Area และ คำนวณจากพื้นที่รวม (Gross Area โดยพื้นที่สุทธิ (Net Area) หมาขถึง พื้นที่ห้องไม่รวมผนัง พื้นที่ลบพื้นที่ผู้ใช้อาคารไม่ใช้งาน และพื้นที่รวม (Gross Area) หมายถึง พื้นที่ห้องไม่รวมผนัง สามารถคำนวนหาผู้ใช้อาคาร (Occupant Load) โดยการใช้พื้นที่ จากสมการที่ 1 ดังต่อไปนี้

$$\text{จำนวนของผู้ใช้อาคาร} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)}}{\text{ความจุของผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)}}$$

จากผลการวิเคราะห์ ตามมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code พบว่าจำนวนผู้ใช้อาคารหอพักมีพื้นที่ครอบครองหลายเป็นแบบ Residential สามารถแบ่งออกในแต่ละชั้นได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) ที่เกี่ยวข้องกับอาคารหอพัก

Use	(m2/Person)
Assembly Use	
Kitchens	9.3
Residential Use	
Hotels and dormitories	18.6
Storage Use	
In Storage occupancies	NA
In mercantile occupancies	27.9
In other than storage and mercantile occupancies	46.5

ที่มา: NFPA 101, Life Safety Code (2021)

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนคนแต่ละชั้น

ชื่อชั้น	จำนวน (คน)
ชั้น G	10
ชั้น 1	4
ชั้น 2	8
ชั้น 3	8
ชั้น 4	8

3. กำหนดรูปแบบสถานการณ์เพลิงไหม้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code

ผู้วิจัยได้กำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารเป็น Steering และการกำหนดลักษณะของผู้ใช้อาคาร ดังนี้ ความเร็วในการอพยพ ความกว้างของไหล่ โดยจำแนกตาม เพศและอายุ ดังตารางที่ 3

- สถานการณ์ โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Deterministic Hazard Assessment และการประเมินแบบ Probabilistic Risk Assessment โดยผลจากการประเมินจะเลือกผลกระทบและโอกาสการเกิดที่สูงได้ 6 สถานการณ์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ลักษณะของผู้ใช้อาคาร จำแนกตามเพศและอายุ

ผู้ใช้อาคาร	ความกว้างไหล่ (cm)	อายุ (ปี)	ความเร็วในการเดิน (m/s)		
			ทางราบ	ลงบันได	ขึ้นบันได
เพศชาย	40.6 – 49.3	น้อยกว่า 30	1.11 - 1.85	0.76 - 1.26	0.50 - 0.84
		30 - 50	0.97 - 1.62	0.64 - 1.07	0.47 - 0.79
		มากกว่า 50	0.84 - 1.40	0.50 - 0.84	0.38 - 0.64

ที่มา: Murali Ramaiyan, 2014

ตารางที่ 4 แบบจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้

สถานการณ์	พื้นที่ต้นเพลิง	เชื้อเพลิง	สถานการณ์จำลอง
1	ห้องนอน N/3 (ชั้น 4)	Class A,C เกิดไฟไหม้ โต๊ะ ตู้เตียง และปลั๊กไฟ	ในช่วงเวลากลางคืนขณะที่พนักงานนอนหลับ เกิดเหตุไฟฟ้าลัดวงจร ทำให้เกิดเพลิงไหม้ตู้เสื้อผ้า โต๊ะ เตียง ภายในห้องพัก คนที่อยู่ชั้น 4 ฝั่ง N เห็นเพลิงไหม้ก่อน
2	ห้องนอน K/1 (ชั้น 3)	Class A,C เกิดไฟไหม้ โต๊ะ ตู้เตียง และปลั๊กไฟ	เกิดเหตุไฟฟ้าลัดวงจร ที่กระทะไฟฟ้าพนักงานขณะทำอาหารในห้องครัว ควันไฟบดบังเส้นทางหนีไฟของประตูหนีไฟ ของชั้น 3 ฝั่ง K ส่งผลให้เวลาในการอพยพหนีไฟเพิ่มขึ้น
3	ห้องนอน J/4 (ชั้น 2)	Class A,C เกิดไฟไหม้ โต๊ะ ตู้เตียง และปลั๊กไฟ	เกิดเหตุเพลิงไหม้โต๊ะ ตู้เสื้อผ้า ที่นอน (Class A) ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ใช้งานไม่ได้ เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ประตูต้นเพลิงเปิดค้างไว้ ไฟลุกลามออกมา และมีของวางขวางประตูหนีไฟ ทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟจนบันได 1 ตัวใช้งานไม่ได้ เนื่องจากควันไฟเข้าไปใน
4	ห้องนอน H/2 (ชั้น 1)	Class A,C เกิดไฟไหม้ โต๊ะ ตู้เตียง และปลั๊กไฟ	เกิดไฟฟ้าลัดวงจรไหม้บริเวณใต้โต๊ะทำงาน เนื่องจากผู้พักอาศัยชาร์จแบตมือถือทิ้งไว้ ทำให้การตรวจจับของระบบตรวจจับเพลิงไหม้ช้าลง
5	ห้องครัว ชั้น G	Class A,B,C แก๊ส LPG ในห้องครัวรั่วไหล	เกิดเพลิงไหม้ในห้องครัว เนื่องจากเกิดการรั่วไหลของก๊าซหุงต้ม LPG ระบบตรวจจับอัตโนมัติไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้ไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว
6	ห้องเก็บอุปกรณ์	Class A,C เกิดไฟไหม้อุปกรณ์ในห้อง	เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในห้องเก็บอุปกรณ์ แต่เนื่องด้วยห้องเก็บอุปกรณ์ไม่มีพนักงานปฏิบัติงานประจำ ความร้อนจากการลุกไหม้ภายในห้องขยายตัว และมีควันไฟแพร่ไปยังด้านนอกห้อง

4. สร้างแบบจำลองในโปรแกรม Pathfinder

การศึกษาวิจัยนี้เลือกการจำลองการเคลื่อนที่แบบ Steering ลักษณะที่เป็นการเคลื่อนที่สมดุลเพราะมีการเลี้ยวในแนวโค้งเพื่อหลบหลีก แกนบังคับเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ที่มีความซับซ้อน มีการเว้นระยะระหว่างคนกับสิ่งกีดขว้างและคนกับคน สามารถกำหนดพฤติกรรม เพศ ช่วงอายุของคนได้

ผลการวิจัย

การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder มีจำนวนผู้ใช้อาคาร ที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code มีจำนวน 38 คน แบ่งเป็นเพศชายอายุน้อยกว่า 30 ปี ร้อยละ 27.59 อายุ 30 ถึง 50 ปี ร้อยละ 68.97 และอายุมากกว่า 50 ปี ร้อยละ 3.45 โดยมีการกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ตามการประเมินแบบ Probabilistic Risk Assessment ทั้งหมด 6 สถานการณ์ จึงสรุปผลการจำลองเวลาอพยพ ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการจำลองเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารก่อนปรับปรุง

สถานการณ์	เวลาในการอพยพ (วินาที)
1	295.5
2	285.0
3	324.3
4	332.3
5	282.0
6	221.3

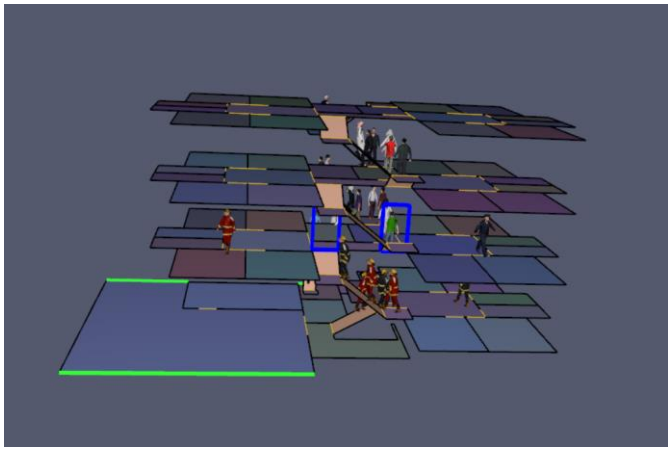
จากการจำลองสถานการณ์พบว่า สถานการณ์ที่ 1, 2, 5 และ 6 พบว่าใช้เวลาในการอพยพหนีไฟไม่เกิน 5 นาที ส่วนสถานการณ์ที่ 3 และ 4 พบว่าใช้เวลาในการอพยพหนีไฟเกิน 5 นาที ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนด ระบุ เวลาในการอพยพหนีไฟต้องไม่เกิน 5 นาที หรือ 300 วินาที จึงต้องหาวิธีในการปรับปรุงแก้ไข โดยสถานการณ์ที่ 3 และ 4 มีการปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1. เพิ่มบันไดหนีไฟ บริเวณชั้นที่ 1 จำนวน 1 เส้นทาง
2. การจัดการทีมฉุกเฉินและทีม รปภ. ให้มีประสิทธิภาพ โดยเพิ่มการทบทวนการฝึกซ้อม และกำหนดผู้ค้นหาประจำอาคารไว้เพื่อความรวดเร็วในการค้นหาผู้บาดเจ็บและเข้าระงับเหตุ พร้อมทั้งย้ายตู้เก็บอุปกรณ์ดับเพลิงมาใกล้บริเวณอาคารหอพักในระยะไม่เกิน 30 เมตร

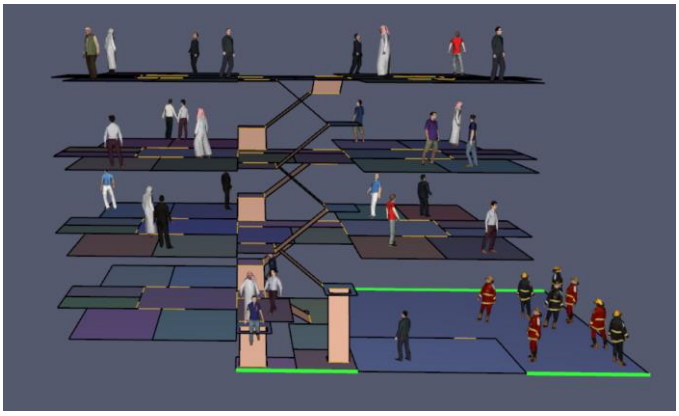
ตารางที่ 6 ผลการจำลองเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารการปรับปรุงครั้งที่ 1

สถานการณ์	เวลาในการอพยพ ก่อนปรับปรุง (วินาที)	เวลาในการอพยพ หลังปรับปรุง ครั้งที่ 1 (วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง (%)
3	324.3	308.5	- 4.87
4	332.3	318.0	- 4.30

จากการปรับปรุงครั้งที่ 1 สถานการณ์ที่ 3 ใช้เวลาในการอพยพ 308.5 วินาที ลดลงร้อยละ 4.87 และ สถานการณ์ที่ 4 ใช้เวลาในการอพยพ 31.8.0 วินาที ลดลงร้อยละ 4.30 ซึ่งเกิน 300 วินาที แสดงดังภาพที่ 4 และ 5



ภาพที่ 4 การอพยพของผู้ใช้อาคาร สถานการณ์ที่ 3 ในช่วงเวลาเกิน 300 วินาที หลังปรับปรุงครั้งที่ 1

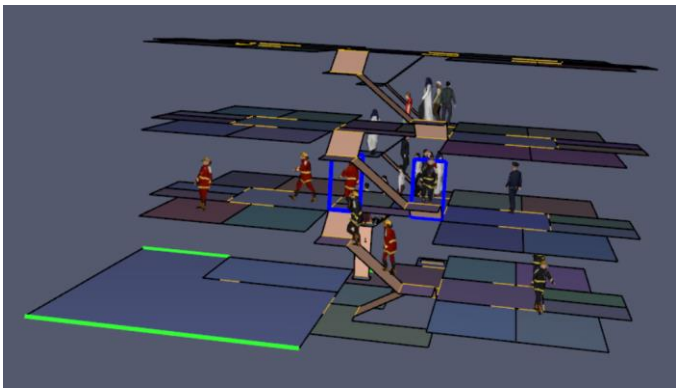


ภาพที่ 5 การอพยพของผู้ใช้อาคาร สถานการณ์ที่ 4 ในช่วงเวลาเกิน 300 วินาที หลังปรับปรุงครั้งที่ 1

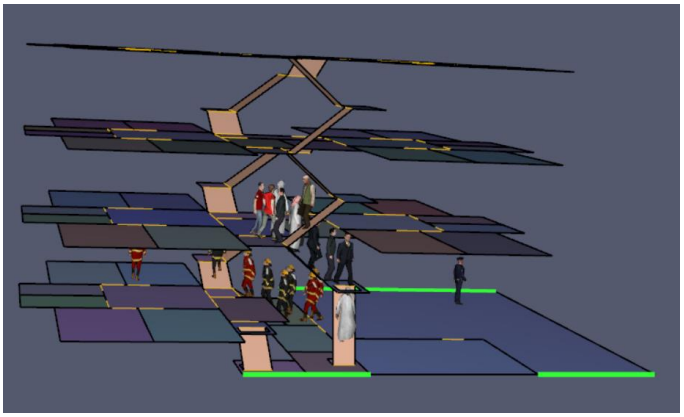
ตารางที่ 7 ผลการจำลองเวลาการอพยพของผู้ใช้อาคารการปรับปรุงครั้งที่ 2

สถานการณ์	เวลาในการอพยพ หลังปรับปรุง ครั้งที่ 1 (วินาที)	เวลาในการอพยพ หลังปรับปรุง ครั้งที่ 2 (วินาที)	ร้อยละการเปลี่ยนแปลง (%)
3	308.5	282.0	- 8.59
4	318.0	293.3	- 7.77

จากการปรับปรุงครั้งที่ 2 สถานการณ์ที่ 3 ใช้เวลาในการอพยพ 282.0 วินาที ลดลงร้อยละ 4.87 และ สถานการณ์ที่ 4 ใช้เวลาในการอพยพ 293.3 วินาที ลดลงร้อยละ 4.30 ซึ่งเกิน 300 วินาที แสดงดังภาพที่ 6 และ 7



ภาพที่ 6 การอพยพของผู้ใช้อาคาร สถานการณ์ที่ 3 ในช่วงเวลาเกิน 300 วินาที หลังปรับปรุงครั้งที่ 2



ภาพที่ 7 การอพยพของผู้ใช้อาคาร สถานการณ์ที่ 4 ในช่วงเวลาเกิน 300 วินาที หลังปรับปรุงครั้งที่ 2

วิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะของการอพยพหนีไฟในอาคารหอพัก โดยเน้นการวิเคราะห์กระบวนการอพยพและการประเมินประสิทธิภาพของมาตรการด้านความปลอดภัย โดยใช้แบบจำลองการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า เวลาในการอพยพของผู้อยู่อาศัยในอาคารเกินกว่าเวลาที่ระบบความปลอดภัยสามารถควบคุมเพลิงได้ ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงต่อชีวิตของผู้อยู่อาศัยในกรณีเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งงานวิจัยนี้มีคุณค่าในแง่ของการนำเสนอวิธีการวิเคราะห์เชิงสมรรถนะของการอพยพหนีไฟในอาคารหอพัก โดยใช้เครื่องมือที่มีความทันสมัยและได้มาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ควรมีการขยายการศึกษาเพิ่มเติมในด้านการตรวจสอบผลลัพธ์กับสถานการณ์จริง เพื่อเพิ่มความครอบคลุมและการนำผลวิจัยไปปรับใช้ในเชิงปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการจำลองการอพยพหนีไฟโดยใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารหอพัก โดยมีจำนวนผู้ใช้อาคารที่คำนวณได้ตามมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code มีจำนวน 38 คน แบ่งเป็นเพศชายอายุน้อยกว่า 30 ปี ร้อยละ 27.59 อายุ 30 ถึง 50 ปี ร้อยละ 68.97 และอายุมากกว่า 50 ปี ร้อยละ 3.45 โดยมีการกำหนดสถานการณ์เพลิงไหม้ตามการประเมินแบบ Probabilistic Risk Assessment ทั้งหมด 6 สถานการณ์ เพื่อวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและศึกษาเวลาอพยพของผู้ใช้อาคารให้สอดคล้องกับ กฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101, Life Safety Code ผลการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ พบว่า ขีดความสามารถของบันไดที่ใช้ในการอพยพหนีไฟ และการจัดการความรวดเร็วในการค้นหาผู้บาดเจ็บและเข้าระงับเหตุ ไม่สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้อาคารทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดการรอคิว แต่เมื่อทำการปรับปรุงโดยการสร้างบันไดหนีไฟเพิ่ม เพื่อให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้อาคารได้และให้สอดคล้องตามกฎหมายที่ระบุในแต่ละชั้น ต้องมีเส้นทางหนีไฟอย่างน้อย 2 เส้นทาง และการจัดการความรวดเร็วในการค้นหาผู้บาดเจ็บและเข้าระงับเหตุ โดยแต่งตั้งผู้ค้นหาแจ้งเหตุประจำอาคารขึ้น ทำให้ผู้ใช้อาคารมีการรอคิวที่บันไดไม่นาน ส่งผลให้เวลาอพยพลดลง 8.59% และ 7.77% ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้การอพยพหนีไฟมีประสิทธิภาพควรมีมาตรการเพิ่มเติมในการปรับปรุงระบบบริหารจัดการด้านความปลอดภัย ดังนี้

1. เมื่อมีการปรับปรุงเปลี่ยนแบบภายในอาคาร ควรหามาตรการรองรับในเรื่องของการอพยพ คนออกจากอาคารให้อยู่ในเวลาที่กฎหมายกำหนด
2. จัดอบรมให้ความรู้ในเรื่องขั้นตอนการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ และเส้นทางในการอพยพ ให้กับพนักงาน และผู้ที่เกี่ยวข้อง
3. กำหนดให้มีการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟตามเส้นทางหนีไฟ ที่ได้กำหนดขึ้น อย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง ตามกฎหมายกำหนด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำต่างๆ และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงแรงงาน. 2556. กฎกระทรวงแรงงานเรื่องกำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับ พ.ศ.2555

กรทิพย์ ศรีพรม. 2560 ได้ศึกษาการจำลองสมรรถนะของเส้นทางหนีไฟ กรณีศึกษาที่พักอาศัยสูง 46 ชั้นด้วยโปรแกรม Pathfinder : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย . (n.d.). ข้อมูลสถิติของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย (ปภ.). แหล่งข้อมูล: https://www.disaster.go.th/contents/various_statistics

กิติพงษ์ อัศวกุลกฎเนิด. 2561. การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารหอพักนิสิตหญิง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธิดารัตน์ นทีพายัพทิศ. 2560 การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์ : กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นรินทร์. 2559. การเปรียบเทียบเวลาอพยพในอาคารสูงระหว่างวิธี SFPE และ steering ด้วยโปรแกรม Pathfinder. . วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปวัชร์ญา วิทิตจรัสพงศ์, รองศาตราจารย์ชวเลข วณิชเวทิน. 2563. การจำลองการอพยพหนีไฟโดยการใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษา ศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภิชัย ทานะเวช, เกียรติไกร อายุวัฒน์, ดร. ธงไชย โรหิตะดิษฐ ศรีนพคุณ 2562 การประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองการอพยพ เพื่อวิเคราะห์ขีดความสามารถในการอพยพ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เยาวลักษณ์ ยวงสร้อย. 2555. การคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรม. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

NFPA101. 2018. Life Safety Code Handbook 2018. In. National Fire Protection Association.

Qing Deng et al. 2022 Evacuation Time Estimation Model in Large Buildings Based on Individual Characteristics and Real-Time Congestion Situation of Evacuation Exit

จักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

Exercise Bicycle Generates Electricity using a Five-Phase Axial Flux Permanent Magnet Generator

พูนศรี วรรณการ[1*] สุรเชษฐ เดชฟุ้ง[1] สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ[1] และ มนัส บุญเทียรทอง[1]

Poonsri Wannakarn[1*], Surachet Dechphung[1], Surasit Prakobkit[1] and Manat Boonthienthong[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

[1] Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

1381 Pracharat 1 Road, Wong Sawang Sub-District, Bangsue Distric, Bangkok 10800

*Corresponding author E-mail: poonsri.w@rmutp.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา ลักษณะโครงสร้างคือการนำจักรยานมาทำการดัดแปลงตามที่ออกแบบไว้เพื่อมาปั่นชุดโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแกนเพลา มาปั่นทดสอบการจ่ายแรงดันไฟฟ้า หลักการทำงานของจักรยานผลิตไฟฟ้าจะอาศัยพลังงานกลที่ได้จากการปั่นจักรยานทำให้โรเตอร์หมุนประกอบไปด้วยชุดขั้วแม่เหล็กถาวรหมุนตัดกับขดลวดสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาแล้วแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยผ่านวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นโดยใช้ไดโอดบริดจ์ จากนั้นนำไปผ่านตัวควบคุมการชาร์จแบบพีดับบลิวเอ็มใช้ชาร์จแบตเตอรี่ขนาดแรงดัน 12 โวลต์ จากผลการทดสอบที่ได้ทำการปั่นจักรยานผลิตไฟฟ้าด้วยความเร็วรอบที่ 500 รอบขณะที่ไม่มีโหลดได้แรงดันเท่ากับ 29.7 โวลต์ และขณะที่มีโหลดแบตเตอรี่ที่ความเร็วรอบที่ 500 รอบ จะได้แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 13.2 โวลต์ ซึ่งสามารถใช้ชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้

คำสำคัญ : จักรยานออกกำลังกาย เส้นแรงแม่เหล็ก แม่เหล็กถาวร ขดลวดสเตเตอร์

Abstract

This article presents Exercise bicycle generates electricity using a five-phase axial flux permanent magnet generator. The structural feature is the use of the bicycle to be modified as it is designed to spin the rotor of the five-phase axial flux permanent magnet generator and test the voltage distribution. The principle of operation of electric bicycles relies on the mechanical energy gained from cycling. The rotor consists of a series of permanent magnetic poles, intersecting with a stator consisting of a set of conductor coils, generating an induced voltage

and converting it from AC to DC through full bridge rectifier circuit using diode bridge toward PWM charger to control charge battery 12 Volt. batteries. The results has been tested for cycling to generate electricity at a speed of 500 rpm while no-load has a voltage of 29.7 volt, and with on battery load at a speed of 500 rpm, the voltage is 13.2 which can be used to charge the battery.

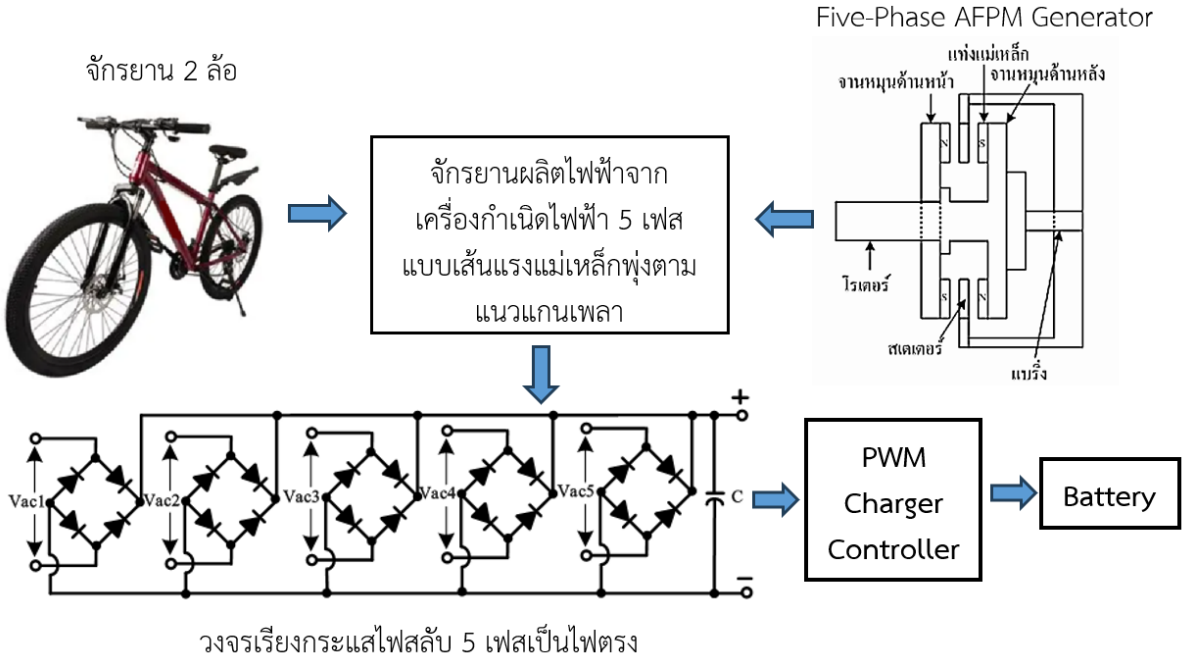
Keywords : Exercise Bicycle, Magnetic flux, Permanent magnet, Stator winding

บทนำ

ในปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานมาใช้อย่างแพร่หลายโดยการนำพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีหลายวิธีด้วยกันไม่ว่าจะเป็น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลมสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าซึ่งเป็นพลังงานที่ไม่เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยปัจจุบันมีการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับพลังงานทดแทนมาแทนที่การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้มามาจากการไฟฟ้า โดยเฉพาะแหล่งชุมชนที่ห่างไกลทำให้ไฟฟ้าไม่สามารถเข้าถึง โดยบทความนี้ได้นำเสนอสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถทดแทนพลังงานไฟฟ้ามาใช้ในชีวิตประจำวันนั้นคือ จักรยานผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา 5 เฟส (Zdenek Frank, 2567) โดยใช้การปั่นจักรยานที่เปลี่ยนจากพลังงานจลน์เป็นพลังงานกล ทำให้โรเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการหมุนทำให้ขั้วแม่เหล็กหมุนตัดกับขดลวดทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับออกมา 5 เฟส และนำไปต่อผ่านไดโอดบริดจ์เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำมาชาร์จแบตเตอรี่ไฟตรงขนาด 12 โวลต์ เพื่อนำแบตเตอรี่ไปใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงต่อไป โดยบทความนี้เป็นการพัฒนานำจักรยานมาปั่นเพื่อออกกำลังกายและยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้ามาใช้งานทำให้เกิดประโยชน์โดยไม่ปล่อยให้พลังงานจลน์สูญเสียไปอย่างไร้ค่า (Niloy Barua Avra, 2565), (M. Karthik, 2561)

วิธีการดำเนินการวิจัย

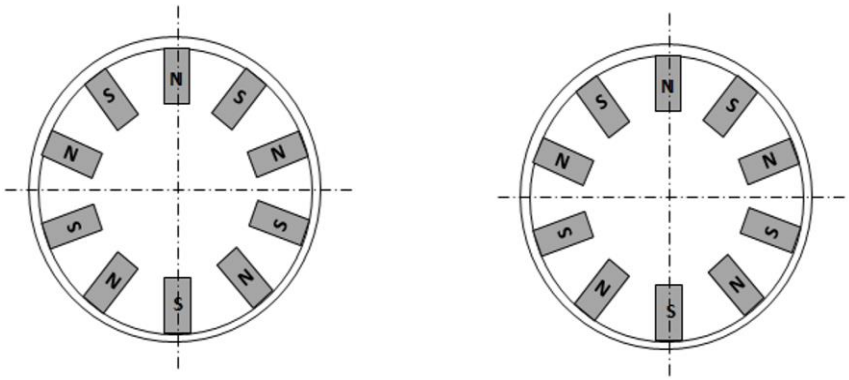
ระบบผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดแบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา(AFPM Generator) 5 เฟส (Zdenek Frank, 2567) โดยอาศัยการปั่นจักรยานจากแรงคนทำให้เกิดพลังงานกลในการทำให้ขั้วแม่เหล็กที่ติดตั้งบนแผ่นจานเหล็กที่ประกบกัน 2 แผ่นเกิดการหมุน ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับชุดขดลวดสเตเตอร์ที่วางอยู่กับที่ สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 5 เฟสออกมา เมื่อนำมาผ่านวงจรเรียงกระแสไฟสลับ 5 เฟสเป็นไฟตรงโดยอาศัยวงจรฟลูบริดจ์เรกติไฟร์และผ่านตัวกรองแรงดันไฟตรงให้เรียบโดยอาศัยตัวเก็บประจุ (P. Wannakarn, 2554) และนำไปผ่านตัวควบคุมการชาร์จประจุแบบพีดับบิวเอ็ม(PWM) เพื่อนำไปใช้ในการชาร์จประจุแบตเตอรี่ได้ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเชื่อมต่อส่วนต่างๆ ของจักรยานผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

การออกแบบติดตั้งแม่เหล็กบนจานเหล็กหมุน แม่เหล็กที่ใช้งานมีทั้งหมด 20 แท่งแบ่งเป็น 2 ชุด วางลงในแผ่นจานหมุนชุดละ 10 แท่งโดยการวางทำมุนแต่ละแท่งห่างกัน 36 องศา จากนั้นวางแม่เหล็กสลับระหว่างขั้วเหนือ (N) และขั้วใต้ (S) ทำการวางให้ครบ 10 แท่ง โดยทำให้ครบทั้งหมด 2 ชุด ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การออกแบบวางแท่งแม่เหล็กบนแผ่นจานเหล็กหมุนคู่

การออกแบบหาจำนวนรอบขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 1 (P. Wannakarn, 2554)

$$E_{ph} = 4.44 k_w N_{ph} \emptyset (N_r / 60) \quad (1)$$

โดยที่ E_{ph} คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส

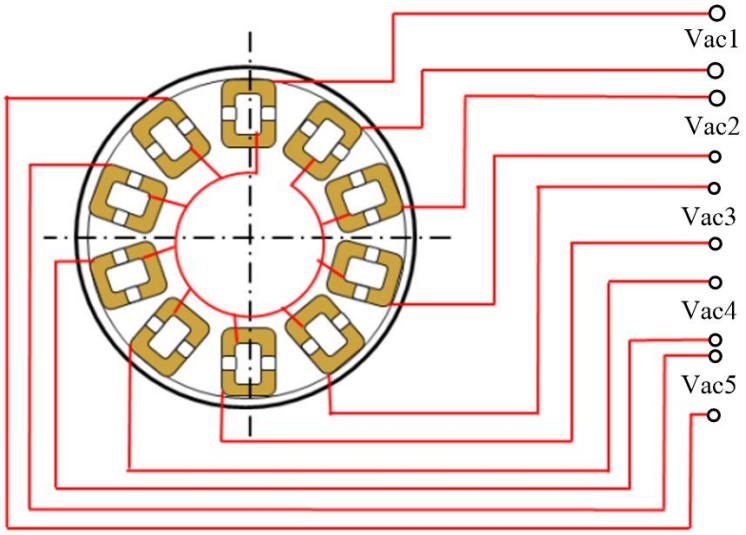
k_w คือ แฟกเตอร์ของการพันขดลวด

N_{ph} คือ จำนวนรอบของขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส

$\emptyset$ คือ เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว

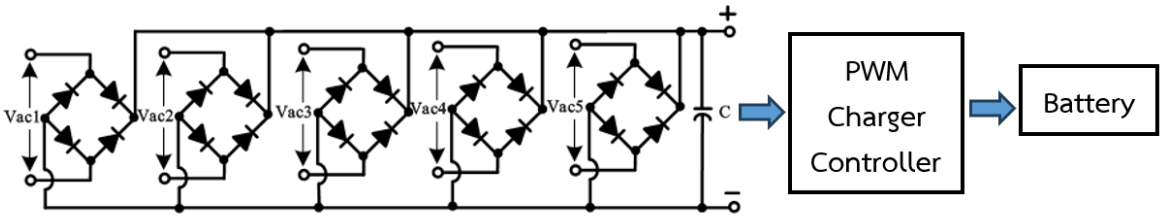
N_r คือ จำนวนรอบการหมุนของโรเตอร์

การออกแบบพันขดลวดสเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวดจำนวน 10 ชุด จำนวนพันขดลวด 180 รอบต่อขดลวด 1 ชุด โดยต่อขดลวดเป็น 2 ชุดต่อเฟส ทั้งหมดรวมกันให้ได้ 5 เฟส โดยการจัดขดลวดในแผ่นไม้อัดวางทำมุมกันแต่ละชุดห่างกันเท่ากับ 36 องศา แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การต่อขดลวดสเตเตอร์ 2 ชุดต่อเฟส ออกมาทั้งหมดเป็น 5 เฟส

ขดลวดสตเตอร์ทั้ง 5 เฟส ต่อเข้ากับไดโอดบริดจ์จำนวน 5 ตัว ทำหน้าที่แปลงไฟสลับเป็นไฟตรง ในการใช้งานต่อขนานกันของแต่ละเฟส ซึ่งเอาต์พุตที่ได้จากไดโอดบริดจ์ออกมาเป็นไฟฟ้ากระแสตรง จากนั้นนำไปผ่านตัวคาปาซิเตอร์กรองแรงดันไฟตรงให้เรียบขึ้น และนำไปผ่านตัวควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่แบบพีดับบลิวเอ็มในการชาร์จประจุแบตเตอร์รี่ขนาด 12 โวลต์ดังแสดงในภาพที่ 4 เพื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่ใช้ไฟตรง



ภาพที่ 4 วงจรการต่อชุดขดลวดสเตเตอร์เข้ากับไดโอดบริดจ์เรกติไฟร์

พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา

พารามิเตอร์	ค่า
บริดจ์เรกติไฟร์	35A 700 V ต่อเฟส
จำนวนรอบขดลวดสเตเตอร์ต่อเฟส	360 รอบ
จำนวนชุดขดลวดสตเตอร์	10 ชุด
จำนวนขั้วแม่เหล็ก	10 ขั้ว
เส้นแรงแม่เหล็กต่อขั้ว	0.00218 เวเบอร์
ความเร็วโรเตอร์สูงสุด	500 รอบต่อนาที

ต้นแบบจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนเพลา แสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 ต้นแบบจักรยานออกกำลังกายผลิตไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 5 เฟส แบบเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งตามแนวแกนพลา

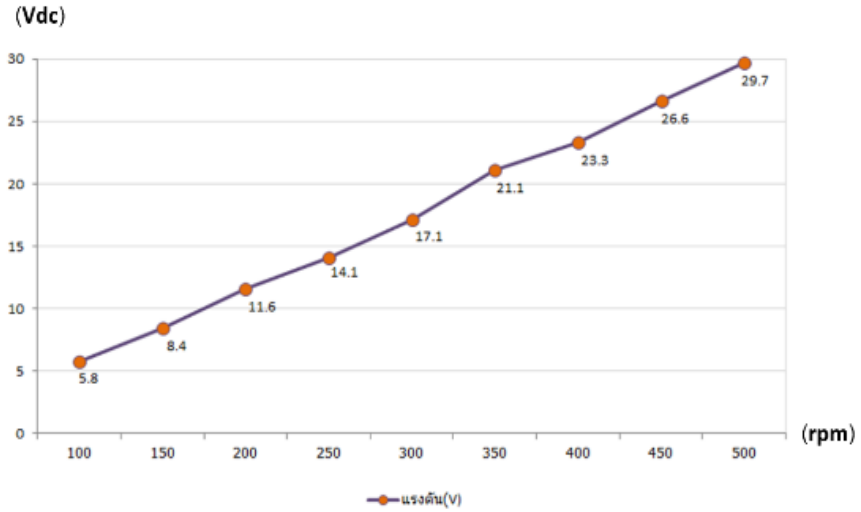
ผลการวิจัย

ผลการทดสอบขณะไม่มีโหลด

การทดสอบวัดแรงดันไฟตรง (Vdc) โดยการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ที่กำหนดไว้แล้วบันทึกค่าแรงดันไฟตรง (Vdc) ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะไม่ต่อโหลด แสดงผลการทดสอบในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การวัดค่าแรงดันไฟตรงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะไม่มีโหลด

ความเร็วรอบ (rpm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
แรงดันไฟตรง (Vdc)	5.8	8.4	11.6	14.1	17.1	21.1	23.3	26.6	29.7



ภาพที่ 6 แรงดันไฟตรงที่ความเร็วรอบต่างๆ ขณะไม่มีโหลด

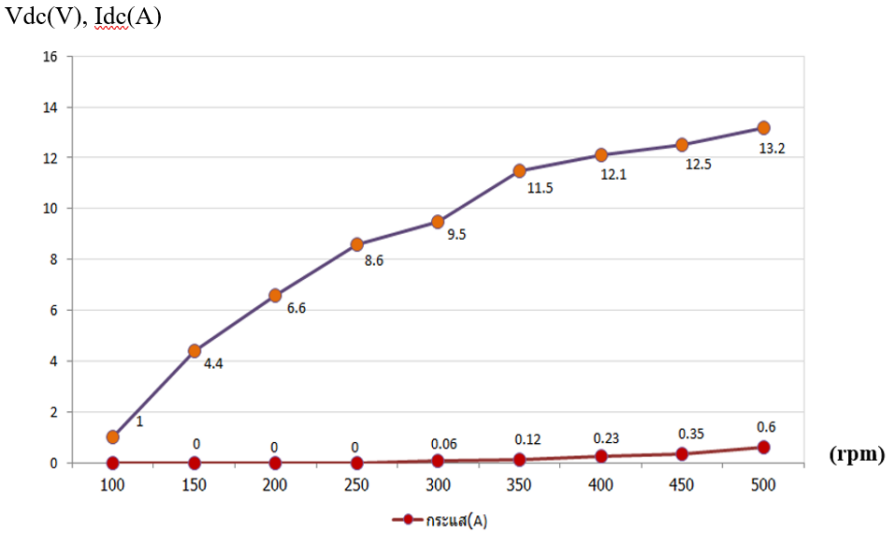
จากการทดสอบขณะไม่มีโหลด เมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบเริ่มต้นที่ 100 rpm จะได้แรงดันไฟตรงเท่ากับ 5.8 Vdc และเมื่อปั่นที่ความเร็วรอบที่สูงขึ้นแรงดันไฟตรงที่ออกมาก็จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบที่สูงขึ้นด้วย ซึ่งที่ความเร็วรอบ 500 rpm จะได้แรงดันไฟตรงเท่ากับ 29.7 Vdc

ผลการทดสอบขณะมีโหลด

การทดสอบวัดแรงดันไฟตรง (Vdc) วัดกระแสไฟตรงที่ชาร์จแบตเตอรี่ (Adc) ขณะต่อกับโหลดแบตเตอรี่ 12Vdc 5A ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ได้ผลการทดสอบในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวัดค่าแรงดันไฟตรงและกระแสไฟตรงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะมีโหลดแบตเตอรี่

ความเร็วรอบ (rpm)	100	150	200	250	300	350	400	450	500
แรงดันไฟตรง (Vdc)	1	4.4	6.6	8.6	9.5	11.5	12.1	12.5	13.2
กระแสไฟตรง (Idc)	0	0	0	0	0.06	0.12	0.23	0.35	0.6



ภาพที่ 4 แรงดันไฟตรงและกระแสไฟตรงที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ขณะมีโหลดแบตเตอรี่

จากการทดลองขณะต่อโหลดเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบเริ่มต้นจาก 100 rpm แรงดันไฟตรงที่ได้จะเท่ากับ 1 Vdc และเมื่อทำการปั่นจักรยานด้วยความเร็วรอบที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ แรงดันไฟตรงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนกระแสไฟตรงเท่ากับ 0 A ที่ความเร็วรอบ 100 150 200 250 rpm ตามลำดับ และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นเป็น 300 350 400 450 500 rpm ตามลำดับ กระแสไฟตรงจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

วิจารณ์ผลการวิจัย

ก่อนการทดลองวัดแรงดันไฟตรงที่แบตเตอรี่ได้ 10 โวลต์ เมื่อทำการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ แรงดันไฟตรงเอาต์พุตจะต่ำกว่าแรงดันแบตเตอร์รี่ จึงไม่มีการชาร์จประจุไฟเข้าแบตเตอรี่และเมื่อทำการปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบสูงขึ้นแรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่ผลิตได้สูงกว่าแบตเตอรี่ ทำให้เกิดการชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ และถ้าปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบสูงขึ้นอีกจะทำให้แรงดันไฟตรงผลิตได้สูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งถ้าหากแรงดันไฟตรงที่ผลิตได้มีค่ามากเกินไปอาจทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานที่ลดลงจึงต้องมีวงจรควบคุมการชาร์จแบตเตอรี่ซึ่งจะควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ไม่ให้เกินค่าที่กำหนดเอาไว้

สรุปผลการวิจัย

ในการทดสอบปั่นจักรยานขณะยังไม่ต่อโหลดแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะมีค่าสูงตามความเร็วรอบเพลาโรเตอร์ที่สูงขึ้น แต่เมื่อทดสอบปั่นจักรยานต่อโหลดแบตเตอรี่ แรงดันไฟฟ้าที่ผลิตได้จะมีค่าลดลงมา เมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วรอบเพลาโรเตอร์เท่ากัน ในการควบคุมความเร็วรอบขณะทดสอบปั่นจักรยานนั่นทำได้ยาก ทำให้ผลการทดสอบวัดค่าต่าง ๆ อาจมีการคลาดเคลื่อนไปบ้าง เนื่องจากการปั่นจักรยานความเร็วรอบได้ไม่

คงที่ โดยในการทดสอบปั่นจักรยานที่ความเร็วรอบเพลาโรเตอร์หมุน 500 รอบต่อนาที ในขณะยังไม่ต่อโหลดวัดแรงดันไฟตรงได้เท่ากับ 29.7 โวลต์ และที่ความเร็วรอบเดียวกัน 500 รอบต่อนาที ในขณะต่อโหลดแบตเตอรี่ วัดแรงดันไฟตรงได้ต่ำลงมาเหลือ 13.2 โวลต์ กระแสไฟตรงชาร์จแบตเตอรี่วัดได้ 0.6 แอมป์ ซึ่งในขณะนี้แสดงให้เห็นว่าแบตเตอรี่กำลังทำการชาร์จประจุ โดยแรงดันไฟตรงที่วัดได้คือแรงดันไฟตรงของแบตเตอรี่ที่ทำการชาร์จประจุ ซึ่งในการทดสอบโหลดแบตเตอรี่นี้เลือกใช้แบตเตอรี่ตะกั่วกรดขนาด 12 โวลต์ 5 Ah มาใช้ในการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายกิตติพงษ์ คำก่ำ นายจักรกฤษณ์ สิงห์เสนา นายเจษฎา รักษาชล นายพีรศักดิ์ สุขศรี และนายณัฐนนท์ ปิ่นทะศิริ ที่ช่วยสนับสนุนข้อมูลในการทำวิจัย และขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่สนับสนุนเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Niloy Barua Avra, Pulak Majumder, Jannatul Ferdous, Umme Fariha, M Naushad Alit and Khalid Imtiaz Saad. Design of A Microcontroller Based System for Harvesting Electricity from Exercise Bike. In (2022). 4th International Conference on Sustainable Technologies for Industry 4.0 (STI) December 17-18. Dhaka. Bangladesh.

M. Karthik, S. Yegappan, S. Dhanush and S. Srinith. A Novel Approach of Power Generation from Fitness Equipment's. In: (2018). IEEE International Conference on Current Trends toward Converging Technologies (ICCTCT) 2018 March 1-3. Coimbatore. India.

Zdenek Frank, Jan Laksar and Karel Hruska.(2024).Design and Measurement of an Axial Five Phase Permanent Magnet Synchronous Machine. In: 2024 IEEE 21st International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC) 2024 September 30 – October 3. Pilsen. Czech Republic.

Natalia Radwan-Pragłowska, Tomasz Wegiel and Dariusz Borkowski. (2020). Modeling of Axial Flux Permanent Magnet Generators. Energies. 13(21).

P. Wannakarn and V. Kinnares. (2011). Microcontroller based Grid Connected Inverter for Axial Flux Permanent Magnet Generator. In: 2011 IEEE Ninth International Conference on Power Electronics and Drive System (PEDS) 2011 December 5-8. Singapore.

การจำลองกลยุทธ์การอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder: กรณีศึกษาอาคารสำนักงาน

SIMULATION OF EGRESS STRATEGIES USING PATHFINDER PROGRAM A CASE STUDY OF OFFICE BUILDINGN

ณัฐฐานิตา อาจหาญ[1*] และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]

Natthanita arghan[1*] and Supat patvichaichod[2]

[1] สาขา วิศวกรรมความปลอดภัย และการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 199 หมู่ที่ 6 อำเภอศรีราชา ชลบุรี 20230

[1] Safety Engineering and Environment Management Program, Faculty of Engineering Sriracha, Kasetsart University 199 Moo 6, Sriracha District, Chonburi 20230

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 199 หมู่ที่ 6 อำเภอศรีราชา ชลบุรี 20230

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Siracha Campus, Kasetsart University 199 Moo 6, Sriracha District, Chonburi 20230

Email: Natthanita.arghan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟกรณีอาคารสำนักงานของพนักงานไปยังจุดที่ปลอดภัยตามข้อกำหนดในมาตรฐาน NFPA 101 และจำลองกลยุทธ์ในสถานการณ์การอพยพหนีไฟในอาคารสำนักงาน โดยใช้โดยใช้โปรแกรม Pathfinder โดยการวิจัยนี้จะจำลองการอพยพหนีไฟในอาคารสำนักงาน ด้วยโปรแกรม Pathfinder ตามสถานการณ์การหนีไฟจำลองทั้ง 7 สถานการณ์ พบว่า สถานการณ์ที่ 1: ไฟฟ้าลัดวงจรในเครื่องถ่ายเอกสาร (Typical fire) ในห้อง Photocopier Room 115 (ชั้น 1) ใช้เวลาอพยพ 273.50 วินาที (4.33 นาที) สถานการณ์ที่ 2: เพลิงไหม้จากงานเชื่อม (Hot work) ใน Central Working Space 2 (ชั้น 2) การอพยพใช้เวลา 285.80 วินาที (4.45 นาที) สถานการณ์ที่ 3: เพลิงไหม้ใน Pantry Room 112 (ชั้น 1) การอพยพใช้เวลา 258.30 วินาที (4.18 นาที) และผ่านเกณฑ์ 5 นาที สถานการณ์ที่ 4: เพลิงไหม้จากตัวอย่างถ่านหินใน Working Room 105 (ชั้น 1) อพยพในเวลา 264 วินาที (4.24 นาที) ซึ่งผ่านเกณฑ์ 5 นาที สถานการณ์ที่ 5: ไฟฟ้าลัดวงจรใน Control System Room (ชั้น 1) การอพยพล่าช้าและเกินเกณฑ์ 5 นาที ที่ 309 วินาที (5.09 นาที) แต่เมื่อปรับปรุงแล้วสามารถลดเวลาเหลือ 281.3 วินาที (4.41 นาที) และผ่านเกณฑ์ สถานการณ์ที่ 6: เพลิงไหม้ด้านหลังอาคารจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ ทำให้การอพยพล่าช้าใช้เวลา 310 วินาที (5.16 นาที) แต่หลังปรับปรุงสามารถลดเหลือ 256.3 วินาที (4.16 นาที) และผ่านเกณฑ์ สถานการณ์ที่ 7: เพลิงไหม้จากระบบปรับอากาศใน AHU Room (ชั้น 2) ทำให้การอพยพในช่วงแรกใช้เวลา 305.8 วินาที (5.05 นาที) แต่หลังปรับปรุงลดลงเหลือ 274 วินาที (4.34 นาที) และผ่านเกณฑ์ ผลการวิจัยนี้ยืนยันถึงความสำคัญของการ

ปรับปรุงเส้นทางหนีไฟและการจัดการการอพยพในการลดเวลาการอพยพและเพิ่มความปลอดภัยในกรณีเกิดเหตุไฟไหม้ในอาคารสำนักงาน

คำสำคัญ: การจำลองการอพยพหนีไฟ เวลาการอพยพ โปรแกรม Pathfinder

Abstract

This study aims to analyze and compare evacuation times during fire incidents in the office buildings of Hongsa Power Company Limited, evaluating compliance with the NFPA 101 standards by using the Pathfinder software. The research involved modeling evacuation scenarios under seven simulated fire conditions using Pathfinder. The findings are as follows: Scenario 1: A typical fire caused by an electrical short circuit in the photocopier in Photocopier Room 115 (1st floor) resulted in an evacuation time of 273.50 seconds (4.33 minutes). Scenario 2: A fire from hot work in Central Working Space 2 (2nd floor) required 285.80 seconds (4.45 minutes) for evacuation. Scenario 3: A fire in Pantry Room 112 (1st floor) resulted in an evacuation time of 258.30 seconds (4.18 minutes), meeting the 5-minute standard. Scenario 4: A fire from coal samples in Working Room 105 (1st floor) required 264 seconds (4.24 minutes), also meeting the standard. Scenario 5: An electrical short circuit in the Control System Room (1st floor) caused a delay, exceeding the 5-minute standard at 309 seconds (5.09 minutes). However, after improvements, the time was reduced to 281.3 seconds (4.41 minutes), meeting the standard. Scenario 6: A fire at the rear of the building during maintenance delayed evacuation to 310 seconds (5.16 minutes). After adjustments, the time was reduced to 256.3 seconds (4.16 minutes), meeting the standard. Scenario 7: A fire in the AHU Room (2nd floor) initially delayed evacuation to 305.8 seconds (5.05 minutes). Post-improvement, the time was reduced to 274 seconds (4.34 minutes), meeting the standard. The findings emphasize the critical role of improving evacuation routes and fire management strategies in reducing evacuation times and enhancing safety during fire incidents in office buildings.

Keywords: Simulation of fire evacuation, Fire Evacuation Time, Pathfinder Program

บทนำ

ปัญหาอัคคีภัยถือเป็นหนึ่งในสถานการณ์ที่สร้างความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินอย่างร้ายแรง การเกิดอัคคีภัยสามารถเกิดขึ้นได้ในทุกที่ ไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย สถานที่ทำงาน หรือสถานที่สาธารณะ ซึ่งการเตรียมความพร้อมในการป้องกันและเผชิญเหตุก่อนที่อัคคีภัยจะเกิดขึ้นจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง การเตรียมกา รรับมืออย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งทางด้านชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีผู้คนหนาแน่น อาคารสำนักงานเป็นสถานที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการเกิดอุบัติการณ์ไฟไหม้ เนื่องจากมักมีการใช้งานระบบไฟฟ้าและเครื่องจักรอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก รวมถึงการสะสมวัสดุที่ติดไฟง่าย เช่น เอกสารและอุปกรณ์สำนักงาน สถิติการเกิดอัคคีภัยในอาคารสำนักงานทั่วโลกแสดงให้เห็นว่าอุบัติเหตุไฟไหม้ในสำนักงานเป็นสาเหตุสำคัญของความสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน จากการศึกษางานวิจัยหลายเรื่องแสดงถึงแนวโน้มที่คล้ายคลึงกัน โดยระบุว่าเหตุการณ์ไฟไหม้ในอาคารสำนักงานมักเกิดขึ้นจากความบกพร่องในการตรวจสอบและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2563) แม้ว่าอาคารสำนักงานจะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดทางกฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยจากไฟไหม้ แต่ปัญหาที่พบอย่างต่อเนื่องคือการละเลยและขาดการเตรียมความพร้อมของบริษัทต่างๆ หลายองค์กรไม่ให้ความสำคัญกับการฝึกอบรมบุคลากรในการหนีไฟ หรือการจำลองสถานการณ์ฉุกเฉินอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำให้ความเสี่ยงในการเกิดสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์สูงขึ้น ความประมาทเลินเล่อเหล่านี้ยังอาจนำไปสู่ความเสียหายอย่างมหาศาลต่อชีวิตและทรัพย์สินในกรณีที่เกิดอุบัติการณ์ไฟไหม้ (Wong et al., 2020) ดังนั้น การนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการวางแผนการหนีไฟจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยโปรแกรม Pathfinder เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองเส้นทางการหนีไฟ โดยใช้แบบจำลองพฤติกรรมของมนุษย์และสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง ซึ่งจะช่วยให้หน่วยงานต่างๆ สามารถปรับปรุงและตรวจสอบแผนหนีไฟได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีศักยภาพในการช่วยเพิ่มความปลอดภัย โดยการจำลองและทดสอบการหนีไฟในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย ซึ่งการวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การนำเสนอผลลัพธ์จากการจำลองเส้นทางการหนีไฟในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อนำไปสู่การพัฒนากลยุทธ์การหนีไฟที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย งานวิจัยนี้เป็นการจำลองและวิเคราะห์การอพยพหนีไฟ โดยใช้โปรแกรม Pathfinder เพื่อศึกษาการหนีไฟของอาคารสำนักงานของพนักงาน ซึ่งเป็นอาคาร 2 ชั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นงานวิจัยเชิงทดลองโดยใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์เพลิงไหม้ที่กำหนด

ขั้นตอนการวิจัย

1. ศึกษาโครงสร้างอาคารสำนักงานและข้อมูลจำเป็นอื่น ๆ เพื่อนำเข้าโปรแกรม Pathfinder สำหรับใช้สร้างแบบจำลองกรณีศึกษา โดยการวิเคราะห์จำนวนผู้ใช้อาคารสูงสุดที่คาดว่ามีในพื้นที่ห้องของอาคารหรือพื้นที่ว่างอื่น ๆ ในอาคาร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง หรือสถานการณ์ ใด สถานการณ์หนึ่ง สามารถคำนวณได้โดย

คำนวณจากพื้นที่สุทธิ (Net Area และ คำนวณจากพื้นที่รวม (Gross Area โดยพื้นที่สุทธิ (Net Area) หมายถึง พื้นที่ห้องไม่รวมผนังพื้นที่ลบพื้นที่ผู้ใช้อาคารไม่ใช้งาน และพื้นที่รวม (Gross Area) หมายถึงพื้นที่ห้องไม่รวมผนัง สามารถคำนวนหาผู้ใช้อาคาร (Occupant Load) โดยการใช้พื้นที่ จากสมการที่ 1 ดังต่อไปนี้

$$\text{จำนวนของผู้ใช้อาคาร} = \frac{\text{ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)}}{\text{ความจุของผู้ใช้อาคาร (ตารางเมตรต่อคน)}}$$

จากผลการวิเคราะห์ ตามมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code พบว่าจำนวนผู้ใช้อาคารสำนักงาน 2 ชั้น มีพื้นที่ครอบครองแบบ Business ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปัจจัยผู้ใช้อาคาร (Occupant Load Factor) ที่เกี่ยวข้องกับอาคารสำนักงาน 2 ชั้น

Use	(m^2/Person)
Assembly Use	
Less Concentrated	1.4
Kitchen	9.3
Exercise room without equipment	1.4
Business Use	
Concentrated	4.6
Collaboration room/spaces ≤ 450 ft^2 (41.8 m^2)	2.8
Storage Use	
In other than storage and mercantile Occupancies	46.5
Industrial Use	
General and high hazard industrial	9.3

ที่มา: NFPA 101, Life Safety Code (2021)

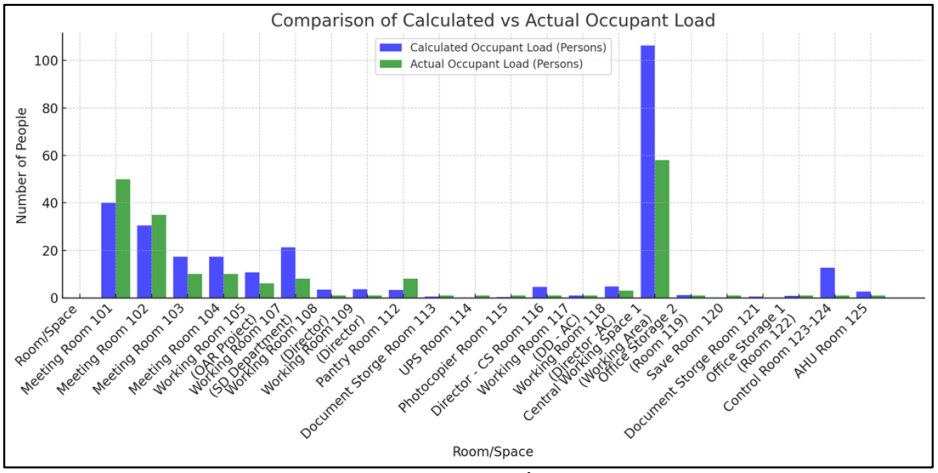
2. ดำเนินการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรม Pathfinder เพื่อเป็นกรณีศึกษารูปแบบการจำลองการใช้เส้นทางอพยพหนีไฟตามแต่ละสถานการณ์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Deterministic Hazard Assessment ผลจากข้อกำหนดที่เป็นไปตามสถานการณ์จำลองของผู้วิจัย พบว่าเกิดทั้งหมด 7 สถานการณ์ ดังตารางที่ 2

3. ดำเนินการวิเคราะห์กรณีศึกษาด้วย โปรแกรม Pathfinder ให้สอดคล้องและเป็นไปตามมาตรฐาน NFPA 101

4. นำเสนอแนวทางกรณีศึกษาอาคารสำนักงาน ด้วยโปรแกรม Pathfinder
5. สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชั้น 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจำลองสถานการณ์หนีไฟในพื้นที่ชั้น 1 มีพื้นที่รวมทั้งหมด: 1,096.93 ตารางเมตร จำนวนผู้อพยพตามการคำนวณมาตรฐานคือ 283 คน จำนวนผู้อพยพจริง จำนวน 200 คน

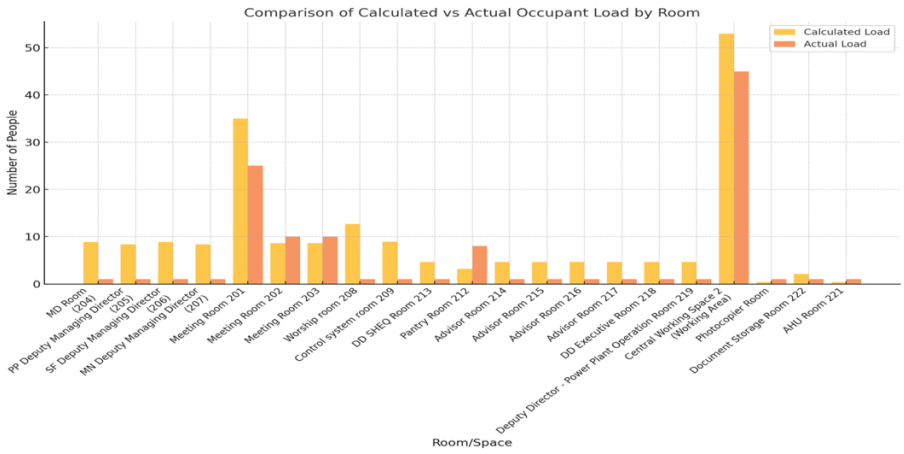


ภาพประกอบที่ 1

กราฟเปรียบเทียบจำนวนผู้อพยพที่คำนวณได้ (Calculated Occupant Load) กับจำนวนผู้ใช้งานจริง (Actual Occupant Load) ในแต่ละพื้นที่ของชั้น 1 ช่วยให้เห็นความแตกต่างระหว่างค่าที่คาดการณ์กับค่าจริง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลชั้น 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการจำลองสถานการณ์หนีไฟในพื้นที่ชั้น 2 มีพื้นที่รวมทั้งหมด: 1,233.80 ตารางเมตร จำนวนผู้อพยพตามการคำนวณมาตรฐานคือ 200 คน จำนวนผู้อพยพจริง จำนวน 114 คน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการอพยพของอาคาร สรุปได้ว่า ชั้น 1 มีจำนวนผู้อาศัย 200 คน และจำนวนผู้อาศัยในพื้นที่ส่วนที่เหลือ 102 คน จำนวนผู้อพยพที่รับได้รวม 375 คน เปอร์เซ็นต์การอพยพ: 124.17% แสดงให้เห็นว่าชั้นนี้มีความสามารถในการรองรับการอพยพได้เกินกว่าจำนวนผู้อยู่อาศัยจริง อาจเกิดจากการมีผู้อพยพจากพื้นที่อื่นมารวมในเส้นทางนี้ ชั้น 2 มีจำนวนผู้อาศัยทั้งหมด 114 คน และจำนวนผู้อาศัยในพื้นที่ส่วนที่เหลือ 21 คน จำนวนผู้อพยพรวม 200 คน เปอร์เซ็นต์การอพยพ: 100.00% ชั้นนี้มีการอพยพที่สมบูรณ์แบบ โดยมีจำนวนผู้อพยพเท่ากับจำนวนผู้อาศัยทั้งหมด รวมทั้งอาคาร จำนวนผู้อาศัยทั้งหมด: 437 คน จำนวนผู้อพยพรวม: 510 คน เปอร์เซ็นต์การอพยพ: 116.70% โดยรวมอาคารสามารถรองรับการอพยพได้เกินกว่าจำนวนผู้อาศัยที่คาดการณ์ไว้ ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการจัดการเส้นทางหนีไฟที่มีประสิทธิภาพ



ภาพประกอบที่ 2

กราฟเปรียบเทียบจำนวนคนที่เหมาะสมในพื้นที่ (Calculated Load) กับจำนวนคนที่มีจริง (Actual Load) ในแต่ละห้องหรือพื้นที่ของชั้นที่ 2 ช่วยให้เห็นความแตกต่างระหว่างจำนวนคนตามมาตรฐานและการใช้งานจริงได้อย่างชัดเจน

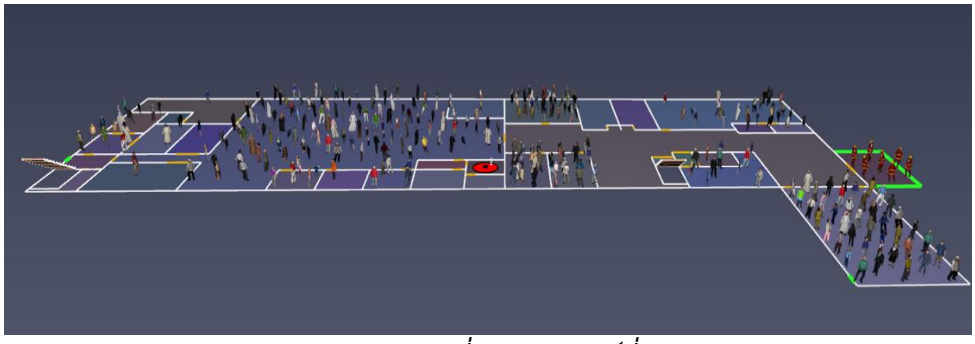
อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาการจัดการและควบคุมเส้นทางเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานความปลอดภัย ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากการวิเคราะห์ การที่ชั้น 1 มีจำนวนผู้อพยพเกินกว่าผู้อาศัยจริง อาจสะท้อนถึงการกระจายตัวของผู้อพยพจากชั้นอื่น ควรตรวจสอบเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงแผนการอพยพให้มีความสมดุลมากยิ่งขึ้น รวมถึงการจำลองสถานการณ์ที่เข้มข้นเพื่อประเมินศักยภาพของเส้นทางหนีไฟในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด โดยจากการวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Pathfinder ตามสถานการณ์ต่างๆ สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

ข้อค้นพบคือมีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างจำนวนคนตามมาตรฐานและจำนวนคนจริงในเกือบทุกพื้นที่ ห้องประชุม (Meeting Room 201) เป็นพื้นที่ที่มีความแตกต่างมากที่สุด โดยจำนวนคนที่มีจริงต่ำกว่ามาตรฐานถึง 10 คน ห้องผู้บริหารแต่ละห้อง (เช่น MD Room, PP Deputy Managing Director Room) มีจำนวนคนจริงต่ำกว่าที่คำนวณได้ประมาณ 7-8 คน มีประเด็นที่น่าสนใจคือ จำนวนคนจริงในพื้นที่น้อยกว่าที่คำนวณตามมาตรฐานในทุกพื้นที่ ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงการใช้งานพื้นที่ที่ไม่ถึงขีดจำกัดที่กำหนดการใช้งานพื้นที่

การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder ทั้ง 7 สถานการณ์ สรุปผลได้ดังตารางที่ 1

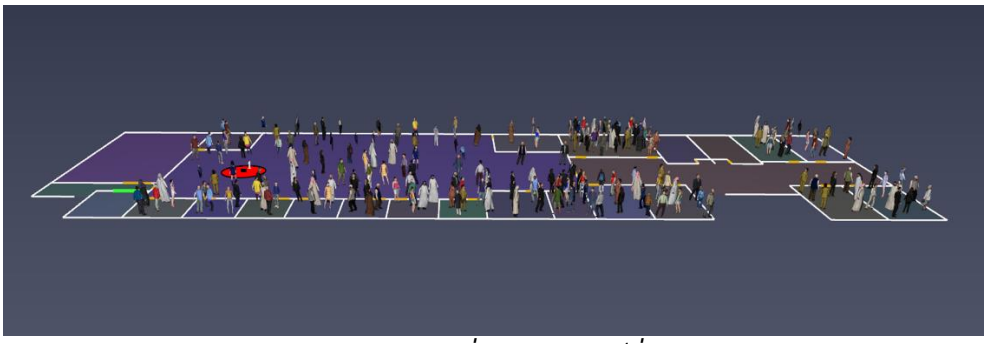
Event	Fire Origin Room/Area	Fuel	Occupant (จำนวน คน)	ระยะเวลาการอพยพ วินาที	นาที	เกณฑ์ (5 นาที)
สถานการณ์ที่ 1	Photocopier Room 115 (ชั้น 1)	ระบบไฟฟ้า	490	273.50	4.33	ผ่าน
สถานการณ์ที่ 2	Central Working Space 2 (ชั้น 2)	น้ำมัน+ประกายไฟ	490	285.80	4.45	ผ่าน
สถานการณ์ที่ 3	Pantry Room 112 (ชั้น 1)	น้ำมัน	490	258.30	4.18	ผ่าน
สถานการณ์ที่ 4	Working Room 105 (OAR Project) (ชั้น 1)	ตัวอย่างถ่านหิน	490.00	264.00	4.24	ผ่าน
สถานการณ์ที่ 5	Control system room (ชั้น 1)	ไฟฟ้าลัดวงจร	490.00	309.00	5.09	ไม่ผ่าน
สถานการณ์ที่ 6	ด้านหลังอาคารสำนักงาน	Electrical	490.00	310.00		ไม่ผ่าน
สถานการณ์ที่ 7	AHU Room (ชั้น 2)	Air Handling Unit (ระบบปรับอากาศ)	490.00	305.80	5.05	ไม่ผ่าน

ตารางที่ 2 ผลการจำลองการอพยพผ่านโปรแกรม Pathfinder



ภาพประกอบที่ 3 สถานการณ์ที่ 1

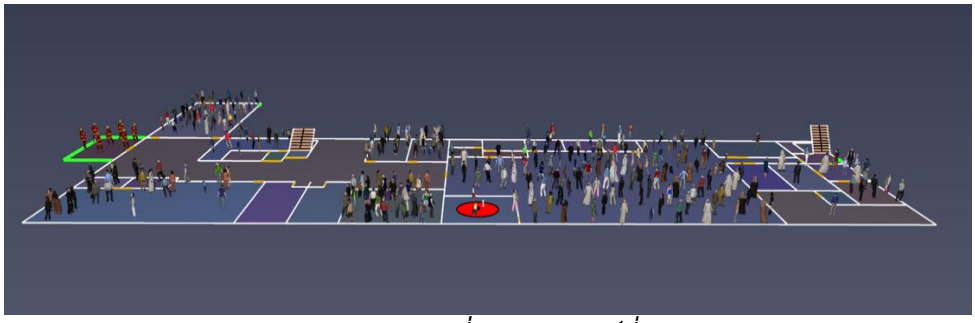
สถานการณ์ที่ 1: ไฟฟ้าลัดวงจรในเครื่องถ่ายเอกสาร (Typical fire) ที่เกิดในห้อง Photocopier Room 115 (ชั้น 1) ส่งผลให้เกิดการอพยพพนักงานจำนวน 490 คน ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 273.50 วินาที หรือประมาณ 4.33 นาที เนื่องจากประตูทางเข้า-ออกหลักอยู่ในระหว่างการปรับปรุง พนักงานจึงต้องใช้ออกทางประตู C ซึ่งอยู่ด้านหลังอาคาร ทำให้การอพยพใช้เวลานานขึ้นเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปกติ



ภาพประกอบที่ 4 สถานการณ์ที่ 2

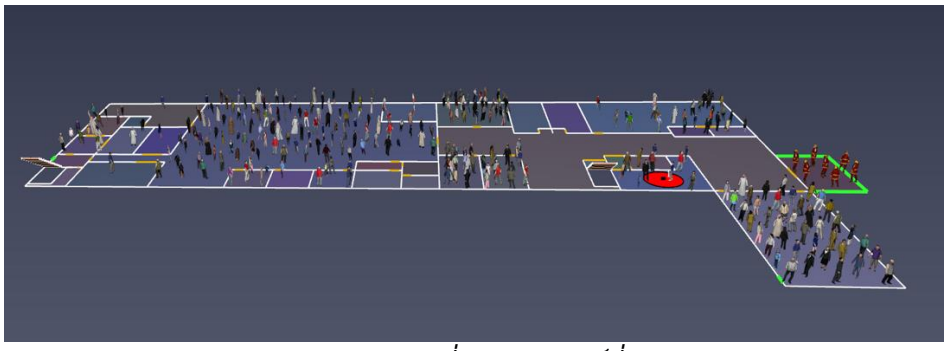
สถานการณ์ที่ 2: เกิดเพลิงไหม้จากงานเชื่อม (Hot work) บริเวณ Central Working Space 2 (ชั้น 2) สาเหตุเกิดจากน้ำมันและประกายไฟ โดยไม่มีการกั้นพื้นที่ทำงานด้วยอุปกรณ์ป้องกันหรือ Barricade ซึ่งส่งผลให้เพลิงลุกลามไปยังพื้นที่ใกล้เคียง พนักงานจำนวน 490 คน ใช้เวลาอพยพทั้งหมด 285.80 วินาที หรือประมาณ

4.45 นาที การอพยพล่าช้าเนื่องจากเส้นทางหนีไฟสายหลัก (ประตู C) ถูกปิด และพนักงานต้องใช้ประตู B ซึ่งอยู่ไกลกว่าในการอพยพ ทำให้เสียเวลาเพิ่มเติม



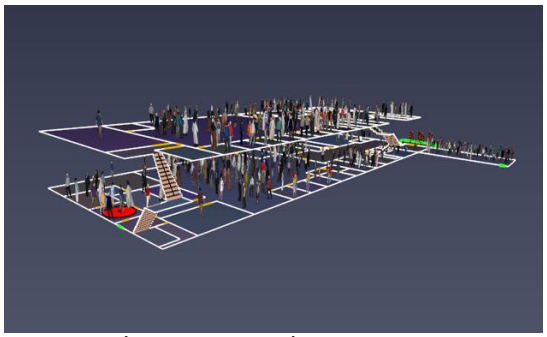
ภาพประกอบที่ 5 สถานการณ์ที่ 3

สถานการณ์ที่ 3: ใน Pantry Room 112 (ชั้น 1) สถานการณ์เกิดจากน้ำมันใน Pantry Room 112 ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ Smoke Detector ในพื้นที่ ส่งผลให้ควันไฟกระจายตัวอย่างรวดเร็วและไม่ได้รับการแจ้งเตือนที่เหมาะสม ผู้ที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวได้รับผลกระทบจากควันไฟ ส่งผลให้เกิดการอพยพภายในเวลา 258.30 วินาที (4.18 นาที) โดยคะแนนการประเมินในเกณฑ์ 5 นาทีอยู่ในระดับ "ผ่าน" ตามข้อกำหนด

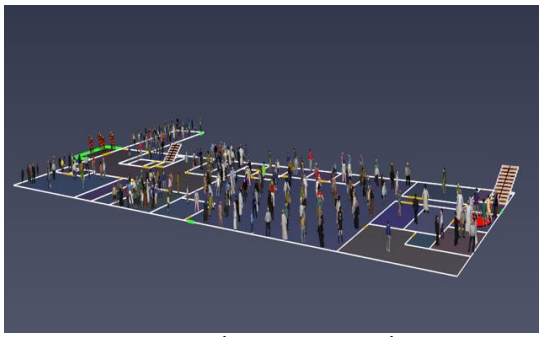


ภาพประกอบที่ 6 สถานการณ์ที่ 4

สถานการณ์ที่ 4: ใน Working Room 105 (OAR Project) (ชั้น 1) สถานการณ์เกิดจากตัวอย่างถ่านหินใน Working Room 105 ไม่มีการติดตั้ง Smoke Detector เช่นกัน ส่งผลให้ควันไฟแพร่กระจายและสร้างอันตรายต่อผู้ที่อยู่ภายในห้อง กระบวนการอพยพใช้เวลา 264 วินาที (4.24 นาที) โดยคะแนนการประเมินในเกณฑ์ 5 นาทีอยู่ในระดับ "ผ่าน" เช่นเดียวกัน



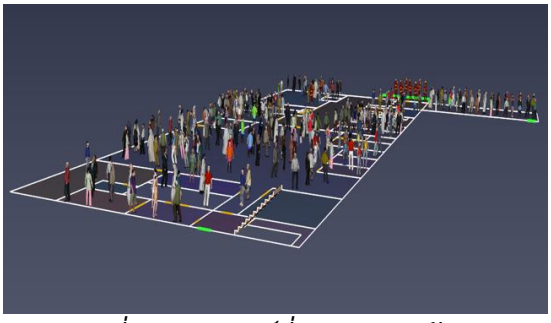
ภาพประกอบที่ 7 สถานการณ์ที่ 5 ก่อนการปรับปรุง



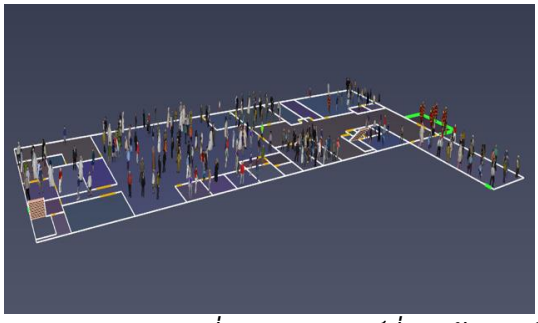
ภาพประกอบที่ 8 สถานการณ์ที่ 5 หลังการปรับปรุง

สถานการณ์ที่ 5: เกิดไฟฟ้าลัดวงจรใน Control System Room (ชั้น 1) ทำให้เกิดเพลิงไหม้ โดยระบบดับเพลิง CO2 ถูกใช้เพื่อควบคุมเพลิง แต่พนักงาน IT ที่ไม่คุ้นเคยกับระบบดังกล่าวได้รับผลกระทบ ทำให้การ

อพยพล่าช้า พนักงาน 490 คนใช้เวลาอพยพ 309 วินาที (5.09 นาที) ซึ่งไม่สามารถผ่านเกณฑ์การอพยพภายใน 5 นาทีได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อปรับปรุงเส้นทางและระบบอพยพ เวลาอพยพลดลงเหลือ 281.3 วินาที (4.41 นาที) ซึ่งผ่านเกณฑ์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น

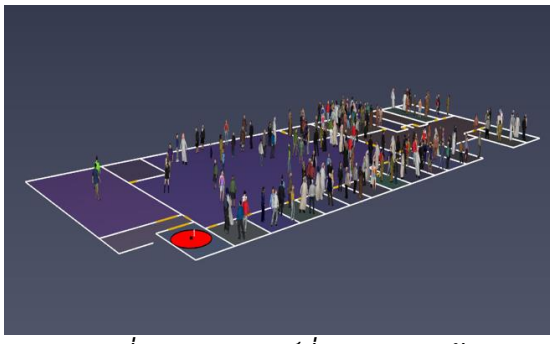


ภาพประกอบที่ 9 สถานการณ์ที่ 6 ก่อนการปรับปรุง

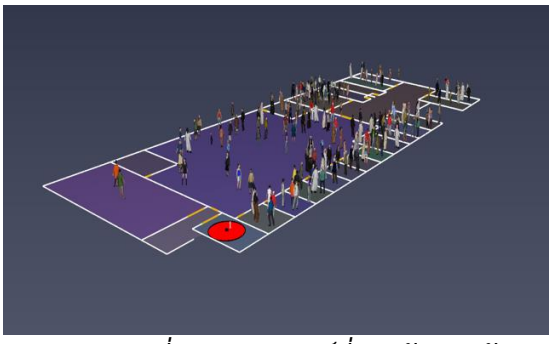


ภาพประกอบที่ 10 สถานการณ์ที่ 6 หลังการปรับปรุง

สถานการณ์ที่ 6: เกิดไฟฟ้าลัดวงจรบริเวณด้านหลังอาคารสำนักงาน สาเหตุเกิดจากการบำรุงรักษาอุปกรณ์ Mine Electrical Equipment โดยการซ่อมแซมไม่เหมาะสม ทำให้เพลิงลุกลาม พนักงาน 490 คนใช้เวลาอพยพ 310 วินาที (5.16 นาที) ไม่ผ่านเกณฑ์การอพยพภายใน 5 นาที หลังการปรับปรุงและเพิ่มการจัดการทางหนีไฟ เวลาอพยพลดลงเหลือ 256.3 วินาที (4.16 นาที) ซึ่งผ่านเกณฑ์การอพยพ



ภาพประกอบที่ 11 สถานการณ์ที่ 7 ก่อนการปรับปรุง.



ภาพประกอบที่ 12 สถานการณ์ที่ 7 หลังการปรับปรุง

สถานการณ์ที่ 7: เพลิงไหม้เกิดขึ้นใน AHU Room (ชั้น 2) จากระบบปรับอากาศ โดยเพลิงลุกลามไปยังพื้นที่ใกล้เคียง เช่น Photocopier Room และ Document Storage Room ส่งผลให้การอพยพในช่วงแรกใช้เวลา 305.8 วินาที (5.05 นาที) ไม่ผ่านเกณฑ์ หลังปรับปรุงเส้นทางหนีไฟและการบริหารจัดการ พนักงานสามารถอพยพได้ในเวลา 274 วินาที (4.34 นาที) ซึ่งผ่านเกณฑ์การอพยพได้อย่างปลอดภัย

วิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์จากการอพยพหนีไฟทั้ง 7 สถานการณ์สามารถสรุปและวิจารณ์ได้ดังนี้

ปัจจัยสำคัญในการอพยพหนีไฟ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการมีเส้นทางหนีไฟที่พร้อมใช้งานและเหมาะสมเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อเวลาในการอพยพของพนักงาน โดยในสถานการณ์ที่เส้นทางหนีไฟหลักไม่สามารถใช้งานได้ เช่น สถานการณ์ที่ 1 และ 2 การอพยพใช้เวลานานขึ้นเนื่องจากพนักงานต้องเปลี่ยนไปใช้เส้นทางที่ไกลหรือไม่สะดวก ส่งผลให้การอพยพมีความล่าช้า

การขาดอุปกรณ์ตรวจจับควันและการแจ้งเตือน ในสถานการณ์ที่ 3 และ 4 การไม่มีอุปกรณ์ตรวจจับควันไฟ (Smoke Detector) ทำให้ควันไฟแพร่กระจายเร็วขึ้นโดยไม่ได้รับการแจ้งเตือนที่เหมาะสม แม้ว่าการอพยพจะอยู่ในเกณฑ์เวลา 5 นาที แต่ยังมีความเสี่ยงต่อสุขภาพและความปลอดภัยของพนักงานที่ต้องเผชิญกับควันไฟโดยตรง

ความสำคัญของการฝึกอบรมและความคุ้นเคยกับระบบความปลอดภัย ในสถานการณ์ที่ 5 พนักงาน IT ที่ไม่คุ้นเคยกับระบบดับเพลิง CO2 ทำให้การอพยพล่าช้า แสดงให้เห็นว่าการฝึกอบรมให้พนักงานเข้าใจและพร้อมรับมือกับระบบความปลอดภัยในสถานที่ทำงานเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง

ความจำเป็นในการบำรุงรักษาอุปกรณ์และพื้นที่อย่างเหมาะสม ในสถานการณ์ที่ 6 การบำรุงรักษาอุปกรณ์ Mine Electrical Equipment ที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดเพลิงไหม้และลุกลาม ส่งผลให้การอพยพไม่สามารถผ่านเกณฑ์ในครั้งแรก การวางแผนและดำเนินการบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างถูกต้องจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ควรได้รับความใส่ใจ

ประสิทธิภาพในการปรับปรุงเส้นทางและกลยุทธ์การอพยพ ในหลายสถานการณ์ การปรับปรุงเส้นทางและการบริหารจัดการหนีไฟช่วยลดเวลาในการอพยพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น สถานการณ์ที่ 5, 6 และ 7 การปรับปรุงดังกล่าวช่วยให้สามารถอพยพได้เร็วขึ้นจนผ่านเกณฑ์มาตรฐานได้

การบริหารจัดการพื้นที่เสี่ยง สถานการณ์ที่ 7 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการบริหารจัดการพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูง เช่น **AHU Room** ซึ่งมีโอกาสเกิดเพลิงไหม้และลุกลามไปยังพื้นที่อื่น การวางแผนป้องกันล่วงหน้า เช่น การติดตั้งอุปกรณ์ความปลอดภัยและการกำหนดเส้นทางหนีไฟที่มีประสิทธิภาพ จะช่วยลดความเสี่ยงและเพิ่มความปลอดภัยได้

สรุปผล

การพิจารณาสรุปผลการวิจัยเพื่อนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพในการอพยพจากสถานการณ์ที่แสดง มีแนวทางที่ควรพิจารณาดังนี้ (1) ปรับปรุงการกระจายตัวของผู้อพยพ ลดความแออัดบริเวณคอขวด (Bottleneck) เพิ่มจำนวนทางออกหรือขยายเส้นทางในจุดที่มีความหนาแน่นสูง เช่น บริเวณบันไดหรือทางแยก จัดเส้นทางสำรองเพื่อให้การอพยพมีทางเลือกมากขึ้น จัดการการกระจายของผู้อพยพ ใช้ระบบประกาศเสียงหรือสัญญาณไฟนำทางที่ชัดเจน เพื่อกระจายผู้คนให้เลือกใช้เส้นทางหนีไฟที่เหมาะสมและลดความแออัดในบางจุด (2) ปรับปรุงเส้นทางและพื้นที่ทางออก เพิ่มจำนวนหรือขยายเส้นทางหนีไฟ เส้นทางที่เชื่อมต่อไปยังพื้นที่ปลอดภัยควรมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับจำนวนผู้อพยพได้อย่างราบรื่น สร้างทางออกใหม่หรือปรับปรุงตำแหน่งของทางออก ตรวจสอบความเพียงพอของทางออกในแต่ละชั้น และเพิ่มทางออกหากจำเป็น โดยเฉพาะในจุดที่อยู่ไกลจากพื้นที่ปลอดภัย จัดให้มีทางออกฉุกเฉินในจุดสำคัญ เสริมทางออกฉุกเฉินในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง เช่น บริเวณทางแยกหรือห้องที่มีคนหนาแน่น เส้นทางควรปราศจากสิ่งกีดขวาง มีความกว้างที่เหมาะสม และป้ายบอกทางชัดเจน

ทุกจุด ใช้ประตูป้องกันควันและไฟเพื่อแยกโซนต่าง ๆ ในกรณีที่ไฟหรือควันลุกลาม ตรวจสอบความเพียงพอของเส้นทางหนีไฟในอาคารและเพิ่มทางออกที่เหมาะสม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูง (3) เพิ่มเครื่องมือช่วยนำทาง ติดตั้งป้ายหรือไฟนำทาง ใช้ไฟส่องสว่างหรือป้ายทางหนีไฟที่มีความชัดเจนและสังเกตได้ง่ายในทุกพื้นที่ โดยเฉพาะในบริเวณที่ผู้คนอาจเกิดความสับสน ติดตั้งระบบนำทางอัตโนมัติ ใช้เทคโนโลยี เช่น ระบบประกาศอัตโนมัติหรือไฟ LED เพื่อแนะนำเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดในกรณีที่เส้นทางใดเส้นทางหนึ่งถูกปิด ใช้ป้ายที่มีลูกศรชี้ไปยังทางออกฉุกเฉิน พร้อมข้อความที่เข้าใจง่ายและมีการเรืองแสงในที่มืด ติดตั้งไฟฉุกเฉินที่มีแสงสว่างเพียงพอในบริเวณทางเดินและทางออก เพื่อช่วยนำทางในกรณีไฟดับ ใช้ระบบเสียงประกาศเพื่อแจ้งเตือนและแนะนำวิธีอพยพให้กับผู้คนในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ (4) เพิ่มการฝึกซ้อมและความรู้ ฝึกซ้อมการอพยพเป็นประจำ จัดการฝึกซ้อมสถานการณ์ฉุกเฉินให้กับผู้อยู่อาศัยและพนักงานในอาคาร เพื่อให้เข้าใจเส้นทางหนีไฟและลดความตื่นตระหนก อบรมเจ้าหน้าที่อำนวยการอพยพ จัดอบรมให้เจ้าหน้าที่ที่ประจำตามจุดสำคัญ เช่น บริเวณบันไดหรือทางออก เพื่อช่วยแนะนำและควบคุมการอพยพ จัดการฝึกซ้อมสถานการณ์ฉุกเฉินอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง เพื่อให้ผู้อยู่อาศัยในอาคารคุ้นเคยกับเส้นทางและขั้นตอนการอพยพ เจ้าหน้าที่ที่ดูแลอาคารควรได้รับการอบรมเกี่ยวกับการจัดการสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น การช่วยเหลือผู้พิการหรือการควบคุมฝูงชน กำหนดจุดรวมพลที่ปลอดภัยห่างจากอาคาร และให้ความรู้เกี่ยวกับวิธีการรวมตัวที่ถูกต้องเพื่อความปลอดภัย (5) เพิ่มทรัพยากรสนับสนุน เพิ่มเจ้าหน้าที่ประจำพื้นที่เสี่ยง จัดวางเจ้าหน้าที่ในบริเวณที่คาดว่าจะเกิดความล่าช้า เช่น บริเวณบันไดหรือพื้นที่แออัด จัดเตรียมอุปกรณ์ช่วยเหลือ จัดเตรียมอุปกรณ์ เช่น เก้าอี้เข็นสำหรับผู้พิการ หรืออุปกรณ์ช่วยเหลืออื่น ๆ เพื่อรองรับกลุ่มเปราะบาง ติดตั้งเครื่องดับเพลิงที่เข้าถึงได้ง่าย และจัดหาเครื่องป้องกันควันให้กับพื้นที่เสี่ยง จัดทำแผนที่ทางหนีไฟที่ระบุเส้นทางและจุดรวมพล พร้อมแจกจ่ายให้กับผู้อยู่อาศัยหรือพนักงาน (6) ตรวจสอบและปรับปรุงเส้นทางตามกฎระเบียบ ปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย ตรวจสอบเส้นทางหนีไฟและจุดรวมพลว่าปฏิบัติตามมาตรฐานสากล เช่น NFPA 101 หรือกฎหมายอาคารในพื้นที่ ปรับปรุงโครงสร้างเพื่อรองรับจำนวนผู้อพยพ หากพบว่าเส้นทางใดมีข้อจำกัดด้านโครงสร้าง เช่น ขนาดเล็กเกินไป ควรดำเนินการปรับปรุงทันที ทำการตรวจสอบเส้นทางหนีไฟและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องเป็นประจำ เช่น ป้ายทางหนีไฟ, ไฟฉุกเฉิน และประตูทางออก ตรวจสอบให้แน่ใจว่าระบบแจ้งเตือนและระบบไฟสำรองทำงานได้ปกติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ อาจารย์ผู้สอน และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในกระบวนการวิจัย รวมถึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่สนับสนุนข้อมูลและทรัพยากรต่าง ๆ ซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. (2563). สถิติการเกิดอัคคีภัยในประเทศไทย ปี 2562. กรุงเทพฯ: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย.

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2564). มาตรฐานการป้องกันและระงับอัคคีภัย. กรุงเทพฯ: กระทรวงมหาดไทย. [https://localgov.in.th/images/abt/pdf/standard-stop-fire.pdf]

กระทรวงมหาดไทย. (2548). กฎกระทรวงว่าด้วยการป้องกันและระงับอัคคีภัยในอาคาร พ.ศ. 2548. ราชกิจจานุเบกษา.

จิรารัตน์, น. (2561). การประยุกต์ใช้มาตรฐาน NFPA 101: Life Safety Code ในอาคารสถานที่ราชการ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 45(3), 15-25.

Bryan, J. L. (2002). Behavioral response to fire and smoke. In P. J. DiNenno (Ed.), SFPE Handbook of Fire Protection Engineering (pp. 3-315). National Fire Protection Association.

National Fire Protection Association. (2020). Fire protection handbook. National Fire Protection Association (NFPA).

Wong, L. T., Lo, S. M., & Lam, T. T. (2020). Fire evacuation modeling in office buildings: Challenges and recommendations. Safety Science, 121, 324-332.

การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาการอพยพ ในแท่นขุดเจาะ ประเภท Jack Up ด้วยโปรแกรม Pathfinder

Means of Egress Analysis and Evacuation Time Calculation in Jack-Up Rig Using Pathfinder Program

จักรพงษ์ จีนธาดา[1*] และสุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[2]

Jakkapong Jeenthada[1*] and Supat Patvichaichod[2]

[1]วิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี

[2]ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ชลบุรี

[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University Sriracha Campus, Chonburi

[2]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University of Sriracha Campus, Chonburi

Corresponding author E-mail: worldtime_name@hotmail.com

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เรื่องนี้ศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาการอพยพในแท่นขุดเจาะ ประเภท Jack Up ด้วยโปรแกรม Pathfinder มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟให้สอดคล้องกับกฎหมายและมาตรฐานต่างๆและเพื่อคำนวณระยะเวลาการอพยพหนีไฟและศึกษาพฤติกรรมของมนุษย์ในช่วงการอพยพและนำไปจัดทำแผนอพยพหนีไฟเมื่อเปรียบเทียบกับระยะในเกณฑ์ที่ปลอดภัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือผู้คนที่อาศัยอยู่บนริกและจำลองลงในโปรแกรม Pathfinder โดยกำหนดสถานการณ์จำลองต่างๆที่อาจทำให้เกิดไฟไหม้ลงในโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้คนบนริกในการอพยพหลังเกิดเพลิงไหม้

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า รูปแบบของโครงสร้างนั้นผ่านตามมาตรฐานและกฎหมายอยู่ในเวลา 300 วินาที แต่ระบบการจัดการผู้คนจะอพยพเพลิงไหม้ได้ทันหรือไม่ทันนั้นขึ้นอยู่กับการใช้เส้นทางหนีไฟในริกที่เหมาะสม ประกอบกับพนักงานดับเพลิงจะต้องเลือกใช้อุปกรณ์ดับเพลิงที่อยู่ตำแหน่งกลางลำริกไม่ใช่หัวริกถึงจะทำให้การอพยพและการดับไฟนั้นอยู่เกณฑ์ ในเงื่อนไขต่างๆ ที่ได้ทำการวิจัยมา

ในการวิจัยได้นำหลักการ Probabilistic Risk Assessment ใช้กับทั้งหมด 3 Scenario ได้แก่ 1.ห้องเครื่อง (Engine room) 2.ห้องครัว (Galley Room) 3.ห้องทำงานออฟิตของพนักงานเซอวิช (Service

Company Room) โดยใช้ Probability กับ Consequence พบว่า 1.ห้องเครื่อง 2.ห้องทำงานออฟิตของพนักงานเซอวิช อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องมาพิจารณา แต่เมื่อพิจารณาในด้าน Consequence พบว่า 2.ห้องครัว (Galley Room) อยู่ในระดับ High level เลยนำหยิบยกมาพิจารณาด้วย เป็นทั้งหมด 3 Scenarioข้างในการวิจัย

ทางผู้จัดทำได้วิเคราะห์ ด้วย Pathfinder Program ซึ่ง มี 3 Scenario ใช้ Goal ของงานวิจัยคือ life of safety วิเคราะห์ โดยผู้อพยพ อพยพโดยไม่มีสิ่งกีดขวาง เช่น ทางหนีไฟใช้ได้หมด, ประตูทุกประตูใช้ได้หมด, บันไดสัญจรระหว่าง ชั้น 1 ไปชั้น 3 ใช้ได้ โดยมีพนักงานดับเพลิง 2ทีมและไปห้องต้นเพลิงคนละเส้นทางกัน, เมื่อเวลาผ่านไปมีกลุ่มควันไฟมากทำให้ไม่เห็นประตูในห้องต้นเพลิงในการอพยพ ซึ่งทั้งหมดได้ใช้เวลา มากกว่า และน้อยกว่า 300 วินาที ผ่านและไม่ผ่านในการอพยพ แต่ถ้าเมื่อการอพยพมีเงื่อนไขในการการอพยพ เช่น Block ประตู Block ทางหนีไฟ Block exit door ทำให้พฤติกรรมการอพยพเปลี่ยน ใช้เวลาเพิ่มขึ้นในการอพยพ ส่งผลให้ใช้เวลาเกิน 300 วินาที ซึ่งผู้จัดทำได้วิเคราะห์เพื่อ แก้ไขการอพยพให้ใช้เวลาน้อยกว่า300 วินาที ด้วยการระบบจัดการในการอพยพ โดยให้ผู้ที่อพยพใช้เวลาไม่เกิน 15วินาที เปลี่ยนตำแหน่งตู้เก็บ PPE ในการดับเพลิงของพนักงานดับเพลิง อยู่ตรงกลางของริก ชั้น Main deck เพื่อเพิ่มเวลาในการอพยพ ผ่านหมดทุกกรณี

คำสำคัญ : เส้นทางหนีไฟ แท่นขุดเจาะ โปรแกรม Pathfinder

Abstract

This thesis studies the analysis of fire escape routes and calculation of evacuation time in Jack Up drilling rigs using Pathfinder program. The objectives are to study and analyze fire escape routes to comply with laws and standards and to calculate the evacuation time and study human behavior during the evacuation and to develop a fire escape plan when compared to the safe distance.

The sample group used in this study was people living on the rig and simulated in Pathfinder program by specifying various simulation situations that may cause fire in the program to analyze the behavior of people on the rig in evacuating after a fire.

The results of this research found that the structure design passed the standards and laws within 300 seconds.

However, whether the people management system can evacuate the fire in time or not depends on the use of appropriate fire escape routes in the rig, and firefighters must choose to use fire extinguishing equipment in the middle of the rig, not the head of the rig, in order to make the evacuation and extinguishing of the fire within the criteria under the conditions that were researched.

In the research, the principles were applied. Probabilistic Risk Assessment is used with a total of 3 scenarios: 1. Engine room 2. Galley room 3. Service Company Room. Using Probability and Consequence, it was found that 1. Engine room 2. Service Company Room were in the criteria that needed to be considered. However, when considering Consequence, it was found that 2. Galley Room was at a high level, so it was taken into consideration as well. There were 3 scenarios in the research.

The researcher analyzed using Pathfinder Program, which has 3 scenarios using the research goal of life of safety. The analysis was done by evacuating without obstacles, such as all fire escapes were usable, all doors were usable, the stairs between the 1st and 3rd floors were usable, with 2 teams of firefighters and going to the fire source room on different routes. As time passed, there was a lot of smoke, making it impossible to see the doors in the fire source room for evacuation. All of them took more than and less than 300 seconds to pass and fail the evacuation. But if the evacuation has evacuation conditions, such as blocking the door, blocking the fire exit, blocking the exit door, causing the evacuation behavior to change, taking more time to evacuate, resulting in a time exceeding 300 seconds, which the creator has analyzed to fix the evacuation to take less than 300 seconds by

Evacuation management system by allowing those who evacuate to take no more than 15 seconds, changing the position of the firefighter's PPE storage cabinet in the middle of the rig, Main deck floor to increase the evacuation time, passing all cases.

Keywords: Means of Egress, Jack-Up Rig, Pathfinder program

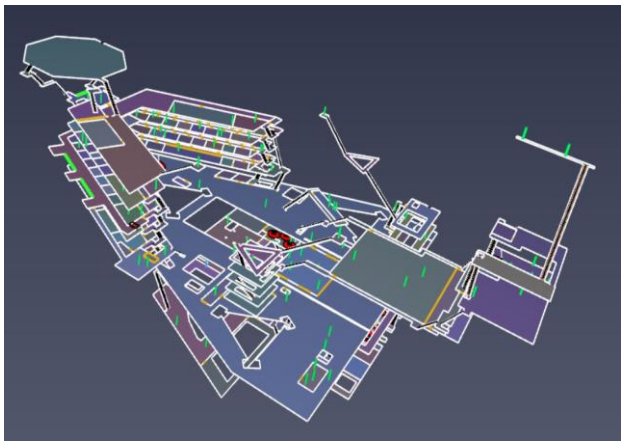
บทนำ

อัคคีภัย คือ เหตุไฟไหม้ที่เกิดขึ้นมาจากความไม่ได้ตั้งใจของธรรมชาติ กิจกรรมบางประเภทที่มนุษย์ทำ รวมไปถึงการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ในภาวะลัดวงจรหรือชำรุด ผิดปกติ ไม่ได้มาตรฐานเป็นต้น โดยเพลิงไหม้เป็นภัยพิบัติที่ไม่สามารถควบคุมให้สงบลงในเวลาสั้นๆได้ เนื่องจากแกนกลางความร้อนเป็นตัวลุกลาม หากมีกระแสลมเพลิงไหม้ก็จะขยายตัวอย่างต่อเนื่องทำให้อัคคีภัยมีเพลิงหนุนมวลความร้อนอยู่ตลอดเวลา สาเหตุของอัคคีภัยนั้นมีหลายสาเหตุมากมาย อาทิ การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นระยะเวลานานเกินไปทำให้ตัวเครื่องอิเล็กทรอนิกส์มีความร้อนสูง (Overheat) กระแสไฟฟ้าวิ่งรั่วไหลนำไปสู่เหตุการณ์ไฟฟ้าลัดวงจร การใช้สายไฟอุปกรณ์เสียบกับเต้าเสียบรางเดียวกันหลายตัว วาล์วแก๊สปิดไม่สนิททำให้แก๊สรั่วเป็นสารที่ไวไฟได้ง่าย การจัดเก็บวัสดุไวไฟไม่เรียบร้อย ตัววัสดุชำรุดหรือรั่วไหลทำให้เกิดชนวนอัคคีภัยขึ้นมา

ในกรณีนี้ได้ศึกษาพฤติกรรมการอพยพเมื่อเกิดเพลิงไหม้ของพนักงานที่ทำงานและพักอาศัย จำนวน150 คน ในแท่นขุดเจาะประเภท Jack-Up ดังรูปที่1. ได้ใช้เวลาน้อยกว่า 300วินาทีหรือไม่ตามมาตรฐาน ภายใต้การออกแบบและสร้างโครงสร้างทางวิศวกรรมทางทะเล ของ International Marine Organization และ ABS class

การศึกษาพฤติกรรมการอพยพของพนักงานด้วย โปรแกรม Pathfinder ดังรูปที่ 2. มาแล้วนำมาวิเคราะห์แก้ไขเพิ่มประสิทธิภาพในการอพยพและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการดับเพลิง อีกทางหนึ่งก็จะเป็นประโยชน์ในการจัดการการสื่อสารอพยพระหว่างกับตันและผู้อพยพ

รูปที่ 1. ลักษณะภายนอกของริก (Jack up)



รูปที่ 2. ลักษณะภายนอกจาก Pathfinder Program

วิธีการดำเนินการวิจัย

ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Pathfinder ในการจำลองและวิเคราะห์การอพยพหนีไฟ ของริกแท่นขุดเจาะประเภท Jack-Up มีขนาด กว้าง 68.4 เมตร , ยาว 104.36 เมตร , สูง 50.4 เมตร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เป็นงานวิจัยเชิงทดลองโดยใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์เพลิงไหม้ที่กำหนด

วิธีการ

1.ศึกษาแปลนตัวอารของริกแท่นขุดเจาะ 1 ลำ วิเคราะห์พื้นที่การใช้งานของแต่ละชั้น

มีอาคารหลัก 3 ส่วน 1.Accomodation 2.Rig floor 3.Hull ซึ่งทั้ง3ส่วนนี้รวมกันแล้วมี 8 ชั้น ซึ่งจะให้ Main deck เป็น ชั้นหลัก คือ 0 Level เป็นอาคารเชื่อมระหว่าง rig floor และ Accommodation และ Exit door อยู่ที่ชั้น3ของ Accommodation

1. Accommodation มีทั้งหมด 110 ห้อง

เป็นที่พักอาศัยและห้องทำงานออฟฟิศ มี 5ชั้น ได้แก่ ชั้นที่1-5 , มีทางหนีไฟ 3 เส้นทาง และ ทางสัญจรนอกตัวอาคาร 2 เส้นทาง และ Exit door 5 จุด โดยใช้ Life boat Station ซึ่ง Life boat บรรจุได้มากสุด 60 คน เป็น Exit Door ที่ชั้น 3

1.1 ชั้นที่1 มีห้อง Kitchen Room 1 ห้อง ,Food Store 4 ห้อง ,Canteen Room 1 ห้อง , Bed Room 9 ห้อง, A/C Room 1ห้อง, Toilet 1ห้อง, Change Room 1ห้อง, Laundry Room 2ห้อง, Medic Room 3ห้อง รวม 23 ห้อง

1.2 ชั้นที่2 มี Bed Room 36 ห้อง, A/C Room 1ห้อง รวม 37 ห้อง

1.3 ชั้นที่3 มี Office Room 10 ห้อง, Toilet Room 1ห้อง, A/C Room 1ห้อง ,Bed Room 23ห้อง รวม 35 ห้อง

1.4 ชั้นที่4 มี Bed Room 7 ห้อง, Battery Room 2 ห้อง, Radio Room 1 ห้อง, Toilet 1 ห้อง, Marine Control Room 1 ห้อง, Fitness Room 1 ห้อง, Emergency Generator Room 1ห้อง รวม 14 ห้อง

1.5 ชั้นที่5 มี Meeting Room 1 ห้อง

2. Main Deck

เป็นที่เก็บ วัดดุอุปกรณ์ เครื่องมือ สารเคมีและมี และ Aux Machinery , มีทางหนีไฟ 4 เส้นทาง มี 3 ชั้น ได้แก่

2.1. Main Deck มี 4 โซน:1. ด้านหัวริก ,2. กลางริก ,3. กราบซ้าย, 4. กราบขวา

2.2 Inter Mediate Deck มี 2 โซน:1. Store Room ,2 Mud Pit Room

2.3 Machinery Deck มี 4 โซน:1. Sack Room ,2. Engine Room ,3. Mud Pump Room

4.Domestic Pump Room

3. Rig floor

ไว้เพื่อสำหรับเจาะน้ำมันหรือ แก๊ส มี 3 ชั้น ได้แก่ 1. Cantilever Deck 2. Rig Floor3. Derrick มีทางสัญจร 2 เส้นทาง เป็น พื้นที่กลางแจ้ง

จากผลการจำลองดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางปรับปรุง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.ผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์ต้นเพลิงใช้เวลาในการโทรแจ้งพนักงานวิทยุเพื่อเข้าสู่โหมดอพยพ ลดลงเหลือ จาก 30 วินาที เป็น 15 วินาที

2.การย้ายตำแหน่งที่เก็บอุปกรณ์ดับเพลิงจากหัวริก มากลางริก ของชั้น Main Deck

เมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้ ในที่ที่เกิดเหตุ พนักงานในที่เกิดเหตุพยายามดับไฟ และได้โทรแจ้งไปยังพนักงานวิทยุที่ Radio Room ให้รับทราบและได้ทำการแจ้งเตือนผ่านระบบเสียง เป็นการอพยพ ให้ทุกคนตามจุดบริเวณต่างๆ ได้ให้อพยพหนีไฟ ผ่านทางหนีไฟและทางเดินสัญจรนอกตัวอาคาร ไปจุดที่ปลอดภัย คือ Exit door

ซึ่งในช่วงเวลาเดียวกัน พนักงานที่ทำงานอยู่ ก็ต้องทำงานหน้าที่เป็นพนักงานดับเพลิงด้วยเช่นกัน มี 2 ทีม ทีมละ5 คน รวมเป็น 10คน

2.วิเคราะห์พนักงานที่อยู่ในอาคาร

เนื่องจากริกลำนี้ จำกัดผู้อาศัยได้มากสุด 150 คน มีความกว้างไหล่มากสุด 45.58 ซม.

1.เพศชาย ช่วงอายุ 30-50 ปี

2.เพศชาย ช่วงอายุ มากกว่า 50 ปี

3.เพศหญิง ช่วงอายุ 30-50 ปี

ซึ่งทุกคนจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้ ถึงจะพักอาศัยในริก ได้

1.ตรวจสุขภาพประจำปีตามหลักเกณฑ์พนักงานทำงานบนแท่นขุดเจาะ ทุกๆๆ1 ปี

2.ผ่านการอบรม BOSIET: Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training ทุกๆๆ 4 ปี

ใช้หลักการในการวิจัย Probabilistic Risk Assessment ใช้กับทั้งหมด 3 Scenario ได้แก่ 1.ห้องเครื่อง (Engine room) 2.ห้องครัว (Galley Room) 3.ห้องทำงานออฟิตของพนักงานเซอวิช (Service Company Room) โดยใช้ Probability กับ Consequence พบว่า 1.ห้องเครื่อง 2.ห้องทำงานออฟิตของพนักงานเซอวิช อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องมาพิจารณา แต่เมื่อพิจารณาในด้าน Consequence พบว่า 2.ห้องครัว (Galley Room) อยู่ในระดับ High level เลยนำหยิบยกมาพิจารณาด้วย เป็นทั้งหมด 3 Scenarioข้างในการวิจัย

ซึ่งทุกคนจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

-ตรวจสุขภาพประจำปีตามหลักเกณฑ์พนักงานทำงานบนแท่นขุดเจาะ ทุกๆๆ1 ปี

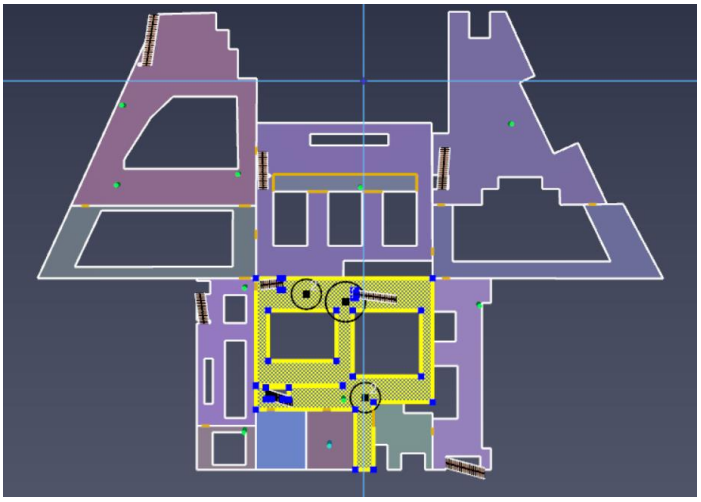
-ผ่านการอบรม BOSIET: Basic Offshore Safety Induction and Emergency Training ทุกๆๆ 4 ปี

3.การออกแบบเหตุการณ์จำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ ตาม Probabilistic Risk Assessment

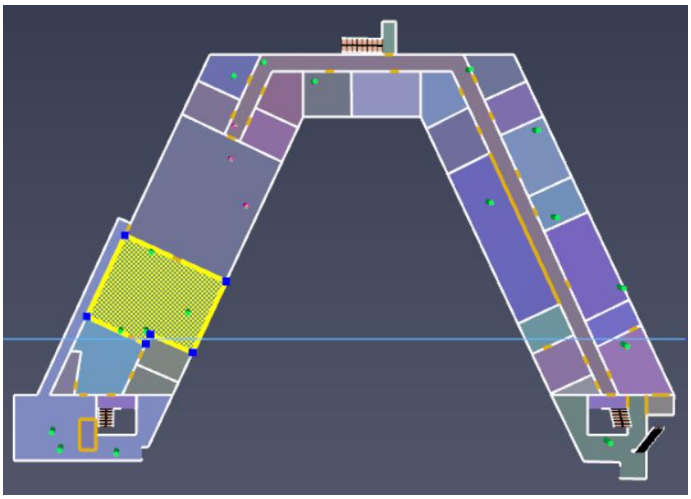
ผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์จำลองเหตุเพลิงไหม้ที่เกี่ยวข้องครอบคลุมความเสี่ยงของริก 3 สถานการณ์ที่สามารถใช้ได้ทุกเส้นทาง กับ สามารถใช้ได้บางเส้นทาง โดยมีกำหนดห้องต้นเพลิงที่เกิดเหตุ และรายละเอียดของแต่ละสถานการณ์ แสดงดัง ตารางที่ 1

No	Ignition sources	Fire Scenario
1	Engine Room At Machinery Deck ตามรูปที่ 3.	1.1 สามารถใช้ได้ทุกเส้นทาง
		1.2 สามารถใช้ได้บางเส้นทาง มีเงื่อนไข -Block บันไดสัญจร ที่ขึ้นชั้น1 ไป ชั้น3 (เป็นบันไดไปยังชั้นExit Door ได้โดยไม่แวะผ่านชั้น 2) -ทีมพนักงาน ทั้ง2 ทีม เดินคนละเส้นทางกัน และ ไม่เดินสวนกับพนักงานหนีไฟ -Block บันไดสัญจร ในที่เกิดเหตุ 2 อัน ทำให้ต้องใช้บันไดสัญจร ห้องข้างๆ (บันไดสัญจร เชื่อมของชั้นมี 7 บันได)
2	Galley Room A deck Level Port Side ตามรูปที่ 4.	2.1 สามารถใช้ได้ทุกเส้นทาง
		2.2 สามารถใช้ได้บางเส้นทาง มีเงื่อนไข -Block บันไดสัญจร ที่ขึ้นชั้น1 ไป ชั้น3 (เป็นบันไดไปยังชั้นExit Door ได้โดยไม่แวะผ่านชั้น 2) -ทีมพนักงาน ทั้ง2 ทีม เดินคนละเส้นทางกัน และ ไม่เดินสวนกับพนักงานหนีไฟ -Block ให้พนักงานข้างนอกเข้าผ่าน ประตูที่เกิดเหตุ ทั้ง 2 ด้าน -บันที่เกิดเหตุช่วงแรก ใช้การได้ อีกสักพัก Blockบันไดไม่ได้ ควันโขมง
3	Service Company Room (ชั้น3 ด้านกราบขวา ของ Accommodation ,ใกล้ Exit door) ตามรูปที่ 5.	3.1 สามารถใช้ได้ทุกเส้นทาง
		3.2 สามารถใช้ได้บางเส้นทาง มีเงื่อนไข -Block บันไดสัญจร ที่ขึ้นชั้น1 ไป ชั้น3 (เป็นบันไดไปยังชั้นExit Door ได้โดยไม่แวะผ่านชั้น 2) -ทีมพนักงาน ทั้ง2 ทีม เดินคนละเส้นทางกัน และ ไม่เดินสวนกับพนักงานหนีไฟ -Block ประตูและบันได C Deck STBD, B Deck STBD ในที่เกิดเหตุ เพื่อไม่ให้พนักงานข้างนอกเข้ามา - เมื่อเวลาผ่านไปสักพัก ไฟลุกลามบริเวณกว้างจน No3 Exit door ใช้การไม่ได้ เลยต้องไปใช้ Back Up Exit door

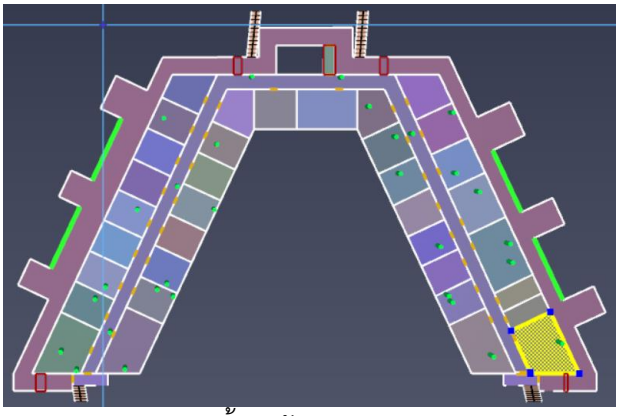
ตารางที่1 แสดง Fire Scenario



รูปที่ 3. แสดง Engine Room At Machinery Deck ใน Pathfinder Program



รูปที่ 4. แสดง Galley Room A deck Level Port Side ใน Pathfinder Program



รูปที่ 5. แสดง Service Company Room (ชั้น3 ด้านกราบขวา ของAccommodation ,ใกล้ Exit door) ใน Pathfinder Program

การสร้างแบบจำลองและจำลองการอพยพของคนในริก โดยใช้โปรแกรม Pathfinder

1.การเคลื่อนที่แบบ Steering ลักษณะที่เป็นการเคลื่อนที่สมดุล มีการเว้นระยะระหว่างคนกับสิ่งกีดขว้าง และคนกับคน สามารถกำหนดพฤติกรรม เพศ ช่วงอายุของคนได้ การหน่วงเวลาเพื่อจำลองใกล้เหตุการณ์จริงมากขึ้นจากการซ้อมอพยพ ประจำสัปดาห์

2. กำหนดโปรไฟล์ของผู้ใช้อาคารและใส่จำนวนคน 150 คน ตามความจริงในแต่ละพื้นที่ โดยอ้างอิงจากการทำงาน

3. จำลองการอพยพหนีไฟตามสถานการณ์ที่กำหนด ทั้ง 6 สถานการณ์

ผลการวิจัย

ผลการศึกษา

จากการจำลองการอพยพหนีไฟของผู้อพยพในริก ด้วยโปรแกรม Pathfinder พบว่า ใช้เวลาการอพยพมีทั้งมากกว่าและน้อยกว่า 300 วินาที

Scenario	Case	Evacuation time (Seconds)	Result
1	1.1	351	ไม่ผ่าน
	1.2	357	ไม่ผ่าน
2	2.1	273	ผ่าน
	2.2	260	ผ่าน
3	3.1	273	ผ่าน
	3.2	303	ไม่ผ่าน

ตารางที่2 แสดงผลการศึกษาการอพยพ ทั้ง3 scenario

จากตารางที่2 การจำลองทั้ง 3 scenario มี 2 scenario ผู้ใช้อาคารเรียนใช้เวลาในการอพยพเกิน 300 วินาที ได้สอดคล้องกับสมมุติฐานที่ใช้หลักการ Probabilistic Risk Assessment ได้ดังนี้

1.Scenarioที่1 ไม่ผ่าน เพราะเป็นจุดที่ไกลที่สุด จากชั้นล่างสุด ท้ายริก ไปยัง Exit Door มากกว่า 300วินาที พนักงานคนอื่นไปทัน แต่พนักงานดับเพลิงเป็นคนสุดท้าย ของการอพยพต้องวิ่งไปเอาชุด PPE เดินวนไปวนมาดับเพลิงแล้วไปExit Door

2.Scenarioที่2 ผ่าน เพราะจุดที่เกิดเหตุ เป็นทางผ่าน ระหว่างเริ่มต้นอพยพ ไปยังExit Door ไม่เดินวนไปวนมา

3.Scenarioที่3 เคสที่3.1 ผ่าน เพราะจุดที่เกิดเหตุ เป็นทางผ่าน ระหว่างเริ่มต้นอพยพ ไปยังExit Door ไม่เดินวนๆปวนมา เคสที่3.2 ไม่ผ่าน เพราะในความเป็นจริงเปลวไฟสามารถลุกไหม้ทำให้Block ที่บันไดหนีไฟ

อพยพต้องไป Exit Door ที่เป็นBack up ที่หัวเรือ ทำให้ผู้อพยพต้องเพิ่มเวลาในการอพยพ

จากผลการจำลองดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางปรับปรุง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1.ผู้ที่อยู่ในเหตุการณ์ต้นเพลิงใช้เวลาในการโทรแจ้งพนักงานวิทยุเพื่อเข้าสู่โหมดอพยพ ลดลงเหลือ จาก 30 วินาที เป็น 15 วินาที

2.การย้ายตำแหน่งที่เก็บอุปกรณ์ดับเพลิงจากหัวริก มากลางริก ของชั้น Main Deck

Scenario	Case	Condition	Description	Evacuation time (Secs)	Result
1	1.1	ไม่มีเงื่อนไข	Not Block ,Not Delay Time	351	ไม่ผ่าน
	1.2	มีเงื่อนไข ยังไม่ปรับปรุง	Block Door , Delay Time	357	ไม่ผ่าน
	1.3	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	ใช้เวลาภายในการแจ้ง พนักงานวิทยุ 15 วินาที	289	ผ่าน
	1.4	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	ย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ จากหัวริก ไป กลางริก ของMain Deck	298	ผ่าน
	1.5	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	พนักงานวิทยุ 15 วินาที , ย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ จากหัวริก ไป กลางริก ของMain Deck	285	ผ่าน
2	2.1	ไม่มีเงื่อนไข	ไม่มีเงื่อนไข Not Block ,Not Delay Time	273	ผ่าน
	2.2	มีเงื่อนไข ยังไม่ปรับปรุง	Block Door , Delay Time	260	ผ่าน
	2.3	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	ใช้เวลาภายในการแจ้ง พนักงานวิทยุ 15 วินาที	261	ผ่าน
	2.4	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	ย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ จากหัวริก ไป กลางริก ของMain Deck	261	ผ่าน
	2.5	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	พนักงานวิทยุ 15 วินาที , ย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ จากหัวริก ไป กลางริก ของMain Deck	260	ผ่าน
3	3.1	ไม่มีเงื่อนไข	ไม่มีเงื่อนไข Not Block ,Not Delay Time	273	ผ่าน
	3.2	มีเงื่อนไข ยังไม่ปรับปรุง	Block Door , Delay Time	303	ไม่ผ่าน
	3.3	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	ใช้เวลาภายในการแจ้ง พนักงานวิทยุ 15 วินาที	296	ผ่าน
	3.4	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	ย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ จากหัวริก ไป กลางริก ของMain Deck	284	ผ่าน
	3.5	มีเงื่อนไข ปรับปรุง	พนักงานวิทยุ 15 วินาที , ย้ายตำแหน่งอุปกรณ์ จากหัวริก ไป กลางริก ของMain Deck	267	ผ่าน

ตารางที่3 แสดง สรุปการอพยพ ของแต่ละ Scenario ในเงื่อนไขต่างๆ

วิจารณ์ผลการวิจัย

ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปริมาณน้ำที่ใช้ในการดับเพลิงในริกเนื่องจากการดับเพลิงแต่ละสถานการณ์นั้นใช้เวลาไม่เท่ากันรวมถึงปริมาณน้ำด้วยเช่นกันซึ่งการดับเพลิงที่ใช้เวลานานและใช้น้ำปริมาณที่มากนั้นทำให้กระทบต่อการทรงตัวของริก (การใช้น้ำปริมาณอาจเสี่ยงทำริกจม)

การเกิดไฟไหม้นั้นนอกจากจะมีทีมพนักงานดับเพลิงที่มั่นฝึกซ้อมการดับไฟและอพยพแล้วนั้นสิ่งสำคัญควรมีทีมพยาบาลที่มีจำนวนเพียงพอในการรักษาผู้คนในริกหลังจากเกิดเหตุไฟไหม้ด้วย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ทำให้ตระหนักว่าต่อให้โครงสร้างของริกจะถูกต้องตามมาตรฐานและกฎหมายแล้วนั้นก็ตาม ยังไม่สามารถบอกได้ว่าเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้นั้น ว่าจะปลอดภัยหรือไม่ ถ้าผู้อพยพหนีไฟไม่เข้าใจหรือไม่มีความชำนาญในการอพยพ หากขาดการฝึกซ้อมหนีไฟ การDe-Brief หลังฝึกซ้อมหนีไฟ

เช่นเดียวหากพนักงานดับเพลิง ใช้เวลาในไปการเอาชุดPPE เพื่อดับเพลิงไฟ เลือกเก็บอุปกรณ์ในจุดกลางลำริกนั้นส่งผลดีกว่าการเก็บอุปกรณ์ที่หัวริก ในส่วนของการแจ้งพนักงานวิทยุนั้นเมื่อเกิดเหตุไฟไหม้ผู้ที่เห็นเหตุการณ์ควรแจ้งพนักงานวิทยุภายใน 15 วินาทีย่อมเป็นผลดีกว่าการแจ้งพนักงานวิทยุล่าช้าเพราะจะทำให้การอพยพเริ่มขึ้นช้ากว่าเดิม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ, วศ.ด. อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ได้แนะนำ เสนอแนะแนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อพกพร่องต่างๆมาตลอดจนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณครอบครัวที่ค่อยให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนๆที่ให้คำแนะนำดีๆและการช่วยเหลือเกี่ยวกับงานชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

กฤตพร ภักดี. (2564).การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder: กรณีศึกษาอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา.60-69. การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 7 วิจัยและพัฒนานวัตกรรมสู่สังคมวิถีใหม่อย่างยั่งยืน.

คณะอนุกรรมการมาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. 2551. มาตรฐานการป้องกันอัคคีภัย. สืบค้น: สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.), กรุงเทพฯ

โชคดี หนูเอียด. 2553. โปรแกรมคำนวณเวลาการอพยพหนีไฟในอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทวีศักดิ์ วิรัรพันธ์และคณะ. (2560). การประเมินปนะสิทธิภาพการอพยพหนีไฟบนแท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติจากปัจจัยขนาดเส้นทางอพยพและพฤติกรรมการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder.สืบค้น: วารสารเกษมบัณฑิต ปีที่ 18 ฉบับที่ 2

ปุญชรัสมิ์ ไกรเทพ. (2564). การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder : กรณีศึกษาอาคารผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. 599-608.การประชุมวิชาการและน าเสนอผลงานวิจัยระดับชาติวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีครั้งที่ 1.มหาวิทยาลัยมหาสารค

ภัทรพร พืชพันธ์.(2564). การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษา : อาคารพักอาศัย.201-208.การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่ 7.สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

อรวรรณ บัวแย้มและคณะ. (2567). การศึกษาเปรียบเทียบการสร้างแบบจำลองกับการฝึกซ้อมอพยพจริง ในพื้นที่อาคารสูงสำนักงาน
สืบค้น:https://wjst.wu.ac.th/index.php/stssp/article/view/25817/2407

อลิศรา สนภู่. (2565). การวิเคราะห์ขีดความสามารถเส้นทางหนีไฟของอาคารเรียนมัธยมศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder. การประชุมวิชาการระดับชาติ IAMBEST ครั้งที่7. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง 209-216.

Elizabeth Mary André. (2006). FIRE ESCAPES IN URBAN AMERICA: HISTORY AND PRESERVATION.In Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science Specializing in Historic Preservation.

การพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยี การร่อนดินทำความสะอาดสมุนไพรประเภทหัวเพื่อเพิ่มมูลค่า การผลิตของสมุนไพร ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตสมุนไพร ในอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

Innovation and Technology Development of Soil Sifter for Herbs to Production Value Increase System for Community Enterprise, herbs producer, Khao Kho, Phetcabun

สุชาติ เขียวนอก[1] กฤษฎิ์พนธ์ พรรณรัตนชัย[2*] และ โกศล พิทักษ์สัตยาพรต[3]

Suchart Kiewnok[1], Kritphon Phanrattanachai[2*] and Koson Pithaksattayaprot[2]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1] Department of Technology Electrical Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, 83 Moo 11 Sadeang Maung Phetchabun 67000

[2,3] สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบอัตโนมัติ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[2,3] Department of Electronics and Automation Systems Engineering, Faculty of Agricultural and Industrial Technology, Phetchabun Rajabhat University, 83 Moo 11 Sadeang Maung Phetchabun 67000

*Corresponding author E-mail: kritphon.ai@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการพัฒนารูปแบบ ผลการวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว มีขนาดความกว้าง 580 มิลลิเมตร ความยาว 1,861 มิลลิเมตร ความสูง 650 มิลลิเมตร โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีส่วนเกี่ยวข้อง มีความเห็นในภาพรวมค่าเฉลี่ย 4.53 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 มีความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ส่วนการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว มีค่าเฉลี่ย 4.40 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.50 มีความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง ส่วนด้านประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23 มีความเห็นอยู่ในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่ง และผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่า องศาและความเร็วที่เหมาะสมในการร่อนกระชายดำ ใช้ความเร็วรอบ 16 รอบ/นาที และใช้องศาของตะแกลงที่ 0 องศา เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของหัวกระชายดำหลังการร่อน 90 % องศาและความเร็วที่เหมาะสมในการร่อนขิงใช้ความเร็วรอบ 32 รอบ/นาที และใช้องศาของตะแกลงที่ 10 องศา เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของหัวกระชายดำ

หลังการร่อน 85 %องศาและความเร็วที่เหมาะสมในการร่อนขมิ้น ใช้ความเร็วรอบ 16 รอบ/นาที และใช้องศาของตะแกลงที่ 0 องศา เปอร์เซ็นต์ความสะอาดของหัวกระชายดำหลังการร่อน 90 %

คำสำคัญ: นวัตกรรม เทคโนโลยี เครื่องร่อนดิน สมุนไพร

Abstract

This research presents the development of a research model, design and construction of a soil separator from tuber herbs. It measures 580 mm in width, 1,861 mm in length, 650 mm in height. The experts involved have an overall opinion of the average of 4.53 with a standard deviation of 0.37, with a highly agreeable level. The design and construction of a soil extractor from tubers with a mean of 4.40 with a standard deviation of 0.50 was in a highly agreeable level. The efficiency of the soil sorting machine from tubers was found that with a mean of 4.65 with a standard deviation of 0.23, with a highly agreeable level. And the results of testing the efficiency of the soil sorting machine from tubers of herbs found that the degree and speed were suitable for panning black galingale. Use a speed of 16 rev / min and use the angle of the gallows at 0 degrees. The percentage of cleanliness of the black galingale head after panning is 90 %. The right degree and speed for sifting ginger Use a speed of 32 rev / min and use the degree of gallows at 10 degrees, the percentage of purity of the black galingale head after sifting 85%, and the appropriate speed for turmeric panning. Use a speed of 16 rev / min and use the angle of the gallows at 0 degrees. The percentage of cleanliness of the black galingale head after panning is 90 %.

Keywords: Innovation, Technology, Soil Sifter Machine, Herbs root

บทนำ

สมุนไพรเป็นพืชที่มนุษย์ใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนาน ทั้งเป็นอาหารที่ให้คุณค่าทางโภชนาการและรสชาติที่ดี อีกทั้งยังมีสรรพคุณทางยา ช่วยในการรักษาโรคและระบบย่อยอาหาร แต่เดิมนิยมปลูกตามบ้านเรือนเพื่อใช้สอยในครัวเรือน แต่เมื่อประชากรขยายตัวและย้ายเข้าสู่เมืองมากขึ้น พื้นที่ปลูกจึงจำกัด ทำให้ต้องซื้อหาจากตลาด ส่งผลให้มีผู้หันมาปลูกสมุนไพรเพื่อการค้ามากขึ้น นอกจากการบริโภคโดยตรง สมุนไพรยังถูกนำไปสกัดเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น สบู่ ยาสีฟัน แชมพู ครีมบำรุงผิว และน้ำหอม ความต้องการใช้สมุนไพรจึงเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง โดยเฉพาะในยุคที่ผู้คนตระหนักถึงอันตรายจากสารเคมีและหันมาสนใจผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติมากขึ้น จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยเฉพาะในพื้นที่ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ มีวิสาหกิจชุมชนสมุนไพรที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ ผลิตสมุนไพรหลายชนิด เช่น กระชายดำ ไพลเหลือง กระชายขาว ขิง และขมิ้น แต่เนื่องจากสภาพดินในพื้นที่เป็นดินเหนียวสีน้ำตาล ทำให้การทำความสะอาดสมุนไพรทำได้ยาก วิธีการล้างด้วยน้ำที่ใช้อยู่ทำให้สมุนไพรมีความชื้นสูง เก็บได้ไม่นาน เน่าเสียง่าย และขายได้ราคาต่ำ จึงมีการพัฒนาเครื่องร่อนดินเพื่อทำความสะอาดสมุนไพรประเภทหัว เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิต

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาแบ่งเป็น 3 ด้านหลัก ดังนี้

ด้านประชากร ใช้การสุ่มแบบเฉพาะเจาะจงจากกลุ่มวิสาหกิจสมุนไพรไฮแลนด์ ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นสมาชิกผู้ใช้งานจำนวน 10 คน

ด้านเนื้อหา แบ่งการศึกษาเป็น 3 ระยะ:

ระยะที่ 1 เป็นการออกแบบและพัฒนากระบวนการร่อนดิน มีตัวแปรต้นคือประสบการณ์การทำงาน และตัวแปรตามคือระดับความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนาระบบคัดแยกดิน

ระยะที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องร่อนดิน โดยศึกษาปัจจัยสำคัญ 3 ด้าน ได้แก่ ความเร็วรอบที่เหมาะสม องศาที่เหมาะสม และเปอร์เซ็นต์ความสะอาดของสมุนไพรหลังการร่อน

ระยะที่ 3 เป็นการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีตัวแปรต้นคือประสบการณ์การทำงาน และตัวแปรตามคือระดับความพึงพอใจในด้านประสิทธิภาพและคุณลักษณะของกระบวนการร่อนดิน

ด้านอื่นๆ ประกอบด้วย:

ผู้เชี่ยวชาญ 5 คนจากด้านต่างๆ ได้แก่ การออกแบบเครื่องจักรกลการเกษตร นวัตกรรมเทคโนโลยีพลังงาน ไฟฟ้าอุตสาหกรรม และการทำความสะอาดสมุนไพร

วัสดุทดสอบประสิทธิภาพ ได้แก่ กระชายดำ ขิง และขมิ้น

การประเมินความสะอาดทำโดยผู้เชี่ยวชาญ ด้วยการนำสมุนไพร (กระชายขาว ขิง ว่านชักมดลูก) ที่ผ่านการร่อนมาวางบนพื้นสีขาวขนาด 1x1 ตารางเมตร แล้วประเมินด้วยสายตา คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของดินที่ปะปนอยู่กับสมุนไพร

ผลการวิจัย

ประเด็นคำถาม	ค่าเฉลี่ย	S.D.	สรุปเหตุผล
ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว			
1. ความเหมาะสมของการออกแบบตัวเทสมุนไพร	4.90	0.277	พึงพอใจมากที่สุด
2. ความเหมาะสมของการออกแบบตัวจับเพลาหมุนตะแกรง	3.00	0.759	พึงพอใจปานกลาง
3. ความเหมาะสมของการออกแบบระบบกลไกเครื่อง	2.70	0.599	พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	**3.50**	**0.545**	**พึงพอใจมาก**
ด้านการสร้างส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว			
4. การทำงานของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว	3.30	0.480	พึงพอใจปานกลาง
5. การทำงานของระบบควบคุมการทำงาน	2.40	0.518	พึงพอใจน้อย
ประเด็นคำถาม	**ค่าเฉลี่ย**	**S.D.**	**สรุปเหตุผล**
6. การทำงานของตะแกรงคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว	2.50	0.518	พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย	**2.73**	**0.505**	**พึงพอใจปานกลาง**
ด้านประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว			
7.ประสิทธิภาพการทำงานของระบบกลไกเครื่อง	2.80	0.554	พึงพอใจปานกลาง
8.ประสิทธิภาพการคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัวของตะแกรง	3.00	0.640	พึงพอใจปานกลาง
9. ความสะอาดของสมุนไพรประเภทหัว	1.90	0.277	พึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย	**2.70**	**0.438**	**พึงพอใจปานกลาง**

ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว			
1. ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง	3.30	0.480	พึงพอใจปานกลาง
2. ความสะดวกในการซ้อมบำรุงเครื่อง	2.40	0.518	พึงพอใจน้อย
3. ความสะดวกในการทำความสะอาดเครื่อง	2.50	0.518	พึงพอใจน้อย
4. ความปลอดภัยในการใช่งานเครื่อง	2.73	0.505	พึงพอใจปานกลาง
5. ความพึงพอใจในด้านการทำงานของเครื่อง	3.30	0.480	พึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	**2.61**	**0.398**	**พึงพอใจปานกลาง**
ค่าเฉลี่ยรวมทั้ง 4 ด้าน	**2.94**	**0.482**	**พึงพอใจปานกลาง**

จากตารางที่ **1** ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องร่อนดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว มีความพึงพอใจในภาพรวมเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน มีค่าเฉลี่ย 2.94 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.482 อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่า มีค่าเฉลี่ย 3.50 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.545 อยู่ในระดับพึงพอใจมาก ด้านที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาคือ ด้านการสร้างส่วนประกอบ และการทำงานของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่า มีค่าเฉลี่ย 2.73 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.505 อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง ด้านประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว มีค่าเฉลี่ย 2.70 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.438 อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่า มีค่าเฉลี่ย 2.61 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.398 อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง

เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า ข้อที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือความเหมาะสมของการออกแบบตัวเทสมุนไพร พบว่า มีค่าเฉลี่ย 4.90 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.277 อยู่ในระดับพึงพอใจมากที่สุด ข้อที่มีค่าเฉลี่ยรองลงมาคือ ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง และความพึงพอใจในด้านการทำงานของเครื่อง พบว่า ค่าเฉลี่ย **3**.30 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย **0**.480 อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ความสะอาดของสมุนไพรประเภทหัว พบว่า ค่าเฉลี่ย 1.90 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ย 0.277 อยู่ในระดับพึงพอใจน้อย

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องร่อนดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่าในภาพรวมผู้ใช้งานมีความพึงพอใจระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 2.94 เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบจุดเด่นที่สำคัญคือการออกแบบตัวเทสมุนไพรที่ได้รับความพึงพอใจในระดับมากที่สุด (ค่าเฉลี่ย 4.90) และด้านการออกแบบและสร้างเครื่องโดยรวมที่ได้รับความพึงพอใจในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.50) สะท้อนให้เห็นว่าโครงสร้างพื้นฐานและการออกแบบเครื่องมีความเหมาะสมกับการใช้งาน อย่างไรก็ตาม ยังพบประเด็นที่ต้องได้รับ

การปรับปรุงอย่างเร่งด่วน โดยเฉพาะประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสมุนไพรที่ได้รับคะแนนความพึงพอใจต่ำสุด (ค่าเฉลี่ย 1.90) ซึ่งถือเป็นฟังก์ชันหลักของเครื่อง นอกจากนี้ ความพึงพอใจของผู้ใช้งานโดยรวมอยู่ในระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ (ค่าเฉลี่ย 2.61) รวมถึงด้านการสร้างส่วนประกอบและการทำงานของเครื่อง (ค่าเฉลี่ย 2.73) ก็ยังต้องการการพัฒนาปรับปรุง แม้ว่าความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่องจะได้รับความพึงพอใจในระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ย 3.30) แต่ก็ยังมีโอกาสในการพัฒนาให้ดียิ่งขึ้น จากผลการประเมินดังกล่าว จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาในอนาคตว่าควรให้ความสำคัญกับการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำความสะอาดเป็นอันดับแรก และควรศึกษาปัจจัยความสำเร็จจากการออกแบบตัวเทสมุนไพรเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับส่วนอื่นๆ ของเครื่อง นอกจากนี้ ควรพิจารณาปรับปรุงกลไกการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น โดยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างต่ำในหลายด้านแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้งานมีความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งทำให้ผลการประเมินนี้มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาปรับปรุงเครื่องต่อไปได้

สรุปผลการวิจัย

1 ผลการวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยกดินออกจากสมุนไพรประเภทหัว พบว่าเครื่องมีขนาดกว้าง 580 มิลลิเมตร ยาว 1,861 มิลลิเมตร และสูง 650 มิลลิเมตร ซึ่งผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนเฉลี่ย 4.53 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.37 โดยมีความคิดเห็นในระดับเห็นด้วยอย่างยิ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องคัดแยก ส่วนประสิทธิภาพของเครื่องได้คะแนนเฉลี่ย 4.65 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.23 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีมาก

2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่า ความเร็วรอบและมุมของตะแกลงที่เหมาะสมสำหรับการร่อนกระชายดำคือ 16 รอบ/นาที และ 0 องศา ทำให้ความสะอาดได้ 90% สำหรับขิงใช้ความเร็ว 32 รอบ/นาที และมุม 10 องศา ความสะอาดได้ 85% ส่วนขมิ้นใช้ความเร็ว 16 รอบ/นาที และมุม 0 องศา ได้ความสะอาด 90%

3 การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานเครื่องพบว่า คะแนนเฉลี่ย 2.94 อยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง โดยด้านการออกแบบและสร้างได้รับคะแนนสูงสุด 3.50 (พึงพอใจมาก) ขณะที่ด้านประสิทธิภาพและความพึงพอใจของผู้ใช้งานอยู่ในระดับพึงพอใจปานกลาง (2.61-2.73)

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เกริกไกร จีระแพทย์. เครื่องร่อนทำความสะอาดมันสำปะหลัง. [online]. 2562. แหล่งที่เข้าถึง : https://www.ryt9.com/s/ryt9/229608. [12 ตุลาคม 2564]

บัณฑิต รองเรือง, เบญจรัตน์ เปาวะสันต์ และอภิญญา แสงพระจันทร์. เครื่องร่อนแป้งอเนกประสงค์. โครงการวิจัย วิทยาลัยอาชีวศึกษานครปฐม, จังหวัดนครปฐม. 2016.

บุญจิรา จิตร์ประสงค์, น้ำทิพย์ วิเทียนรัมภ์, สุพัตรา กิ่งไทร และพฤต ทองกันยา. “ทำการศึกษาดินบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง กรณีศึกษา อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์.” ใน การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาและภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, หน้า 58. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2015.

ปิยชาติ ธาตรีนรานนท์. “การออกแบบและสร้างเครื่องร่อนทราย.” ใน การประชุมวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมระดับชาติ ครั้งที่ 8, หน้า 75-80. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าพระนคร เหนือ. 2015.

ศักดิ์สิทธิ์ ชื่มชมนาคจาด และคณะ. การออกแบบพัฒนาเครื่องคัดขนาดดินเพื่อใช้ในการผลิตอิฐบล็อกประสาน. วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม: ปีที่ 4 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2563). หน้าที่ 1-7. 2563.

สมเดช เสร็จกิจ และทิมาพร น้ำจันทร์. การศึกษาประสิทธิภาพการทางานของตะแกรงร่อนข้าวแบบ Curvilinear Translation. โครงงานวิศวกรรมเกษตร (วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร)) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 1991.

สัจกร ทองเพชร และคณะ. เครื่องคัดแยกมูลไส้เดือน. [online]. สำนักวิจัยและพัฒนาการอาชีวศึกษา. 2560. แหล่งที่เข้าถึง : https://nia3portal.emworkgroup.co.th/info/innovation/item/34533. [12 ตุลาคม 2564]

การประเมินความเสี่ยงกระบวนการผลิตยางรถจักรยานและแนวทางการจัดการความเสี่ยงตามระบบมาตรฐาน ISO 45001

Risk Assessment of Bicycle Tire Manufacturing Processes and Risk Management Approaches Based on ISO 45001 Standard System

สาคร ทองประไพ[1*] เสรีย์ ตู้ประกาย[1] ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช[1] กันต์ธร เก่งพล[1] และวัฒนา จันทะโคตร[2]

Sakorn Thongprapai[1*] ,Seree Tuprakay[1] Piyarat Premanoch[1] Kanthorn kengpol[1] and Wattana Chanthakhot[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

[1] Safety Occupational Health And Environmental Engineering Ramkhamhaeng University Bangkok 10240

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพฯ 10160

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University, Bangkok 10160, Thailand

*Corresponding author E-mail: 6614350006@rumail.ru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยของการทำงานการผลิตยางรถจักรยาน เพื่อหามาตรการป้องกันความเสี่ยงในกระบวนการผลิตยางรถจักรยาน โดยวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุขั้นตอนการสร้างยางโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัย ซึ่ง ทำการประเมินโดยผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับหัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับบริหาร ผลการประเมินความเสี่ยงมีทั้งหมด 115 กิจกรรม พบว่ามีกิจกรรมที่มีความเสี่ยงระดับเล็กน้อย 86 กิจกรรม คิดเป็นร้อยละ74.78 เช่นขั้นตอนการเตรียมการจัดเตรียมวัตถุดิบ ขั้นตอนการ Support วัตถุดิบและการจัดเก็บยาง ความเสี่ยงระดับยอมรับได้ 28 กิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 24.35 เช่นขั้นตอนการประกอบชิ้นส่วนยาง (ผ้าใบโครงยางหรือหน้ายาง ขั้นตอนสร้างยาง ระดับความเสี่ยงสูง 1 กิจกรรม คิดเป็นร้อยละ 0.87 ได้แก่ขั้นตอนการเปลี่ยนและประกอบม้วนยางออกจากเครื่อง และไม่พบความเสี่ยงระดับยอมรับไม่ได้ การประเมินความเสี่ยงอันตรายจากการศึกษานี้จะนำไปสู่การดำเนินการหามาตรการป้องกันความเสี่ยงในกระบวนการที่เหมาะสมและครอบคลุมในการป้องกันอันตรายแต่ละด้านต่อไป

คำสำคัญ: กระบวนการผลิตยางรถจักรยาน การประเมินความเสี่ยงความปลอดภัย มาตรการป้องกันความเสี่ยง

Abstract

This study aims to evaluate occupational health and safety risks associated with the production of bicycle tires, with the objective of identifying preventive measures for mitigating risks in the production process. The analysis focuses on identifying the causes of accidents during tire production using Job Safety Analysis (JSA) techniques. The risk assessment was conducted by involving relevant personnel, including operational workers, safety officers at supervisory, professional, and executive levels.

The risk assessment covered 115 activities, revealing that 86 activities (74.78%) were classified as minor risk, such as raw material preparation, material support, and tire storage processes. Activities with acceptable risk levels accounted for 28 activities (24.35%), including the assembly of tire components (e.g., tire carcass or tread and tire-building processes). One activity (0.87%) was categorized as high risk, specifically the replacement and assembly of tire rolls from the machine. No activities were identified with an unacceptable risk level.

The findings of this risk assessment will inform the development of appropriate and comprehensive preventive measures to mitigate hazards in various aspects of the production process effectively.

Keywords : Tire manufacturing process, safety risk assessment, and risk mitigation measures

บทนำ

ปัจจุบันสถานประกอบการทุกแห่งมีโอกาสที่จะเกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น อาจจะมากบ้างน้อยบ้าง แตกต่างกันออกไป ตามแต่ความเสี่ยงของงานที่ทำ แต่ที่เหมือน ๆ กันก็คือ นำมาซึ่ง ‘ความเจ็บปวดและทุกข์ระทม’ อันประเมินค่าไม่ได้ของผู้ประสบเหตุและครอบครัว ดังนั้นจึงต้องพิจารณาว่าระบบความปลอดภัยและอาชีวอนามัยที่ใช้กันอยู่ มีผลในทางปฏิบัติ เพราะจะช่วยลดขนาดและความรุนแรงของการบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยอันเนื่องมาจากการทำงาน สร้างขวัญกำลังใจให้ผู้ปฏิบัติงาน เป็นการเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนที่สูญเสียไปจากการเกิดอุบัติเหตุหรืออุบัติการณ์อีกด้วย ระบบความปลอดภัยและอาชีวอนามัยที่มีประสิทธิผลนั้น จะตั้งอยู่บนรากฐานของการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องและขจัดสาเหตุที่ซ่อนเร้น หรือต้นตอที่แท้จริงของข้อบกพร่องอย่างเป็นระบบ

ดังนั้นความปลอดภัยในการทำงานของผู้ใช้แรงงานจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ทุกคนต้องตระหนักและใส่ใจตลอดเวลา เพราะผลจากสภาพแวดล้อมในการทำงานหรือผลของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อการบาดเจ็บ พิการ เสียชีวิต และเกิดโรคซึ่งเกี่ยวเนื่องจากการทำงานของผู้ใช้แรงงาน ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดการ

บาดเจ็บขึ้นแก่ผู้ปฏิบัติงาน นอกจากจะก่อให้เกิดความสูญเสียแก่ตนเอง และครอบครัว สภาพแวดล้อมและสังคม โดยรวมแล้ว ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อองค์กรอีกด้วย ทั้งภาครัฐและเอกชนต่างเล็งเห็นความสูญเสียที่เกิดขึ้นดังกล่าวและต้องการให้พนักงานที่ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม มีความปลอดภัยในชีวิตและช่วยลดอุบัติเหตุจากการทำงานโดยมีการออกกฎหมายจากกระทรวงแรงงานโดยความรับผิดชอบของกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เกี่ยวกับการบริหารจัดการความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน

การผลิตยางรถจักรยาน เป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งเกี่ยวข้องกับความเสี่ยงหลายประการต่อความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ความเสี่ยงเหล่านี้อาจรวมถึงการสัมผัสกับสารเคมีอันตราย เสียงรบกวน การเคลื่อนไหวซ้ำๆ และความเสี่ยงจากอุบัติเหตุ การประเมินความเสี่ยงเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการจัดการความเสี่ยงเหล่านี้และกำจัดหรือลดความเสี่ยงเหล่านี้ให้น้อยที่สุด

ปัญหาหลักของบริษัทคือมีสถิติการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานตลอดระยะเวลา 5 ปีตั้งแต่ปี 2562 – 2566 ที่ผ่านมายังคงมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานเป็นจำนวนมาก พบว่ามีอุบัติจากการทำงานรวม 179 ราย มีจำนวนอุบัติเหตุถึงขั้นไม่หยุดงานจำนวน 95 ราย อุบัติเหตุถึงขั้นหยุดงานไม่เกิน 3 วัน จำนวน 64 ราย อุบัติเหตุถึงขั้นหยุดงานเกิน 3 วัน จำนวน 20 ราย

ดังนั้นจึงมีความตระหนักถึงความสำคัญของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นดังกล่าว จึงใช้วิธีการประเมินความเสี่ยงในกระบวนการผลิตยางรถจักรยานโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์งานและอ้างอิงข้อกำหนด ISO45001:2018 (ตามข้อกำหนดที่ 6.1.2.1 การชี้บ่งอันตรายทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพ การยศาสตร์ และจิตวิทยาทางสังคม)

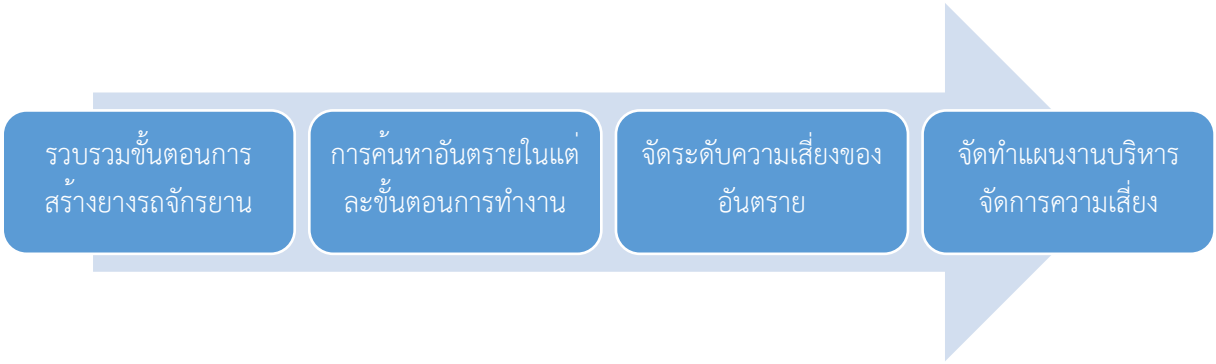
วิธีการดำเนินการวิจัย

โดยมีการอ้างอิงดำเนินงานตามหลักเกณฑ์ของกรมโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับการชี้บ่งอันตรายการประเมินความเสี่ยงจากระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่งอันตรายการประเมินความเสี่ยงและการจัดทำแผนบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 (ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่ง อันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 17 พฤศจิกายน 2543.) และเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงของบริษัทในระบบ ISO 45001: 2018 (International Organization for Standardization. (2018). Occupational health and safety management systems (ISO 45001). โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ทำการศึกษาวิเคราะห์ขั้นตอนของกระบวนการสร้างยางรถจักรยาน
2. การค้นหาอันตรายในแต่ละขั้นตอนโดยใช้แบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง

3. การจัดระดับความเสี่ยงและอันตรายของกระบวนการ (ค่าความรุนแรง x ค่าของโอกาส = ค่าความเสี่ยง)
4. การจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง

รูปแผนภาพที่ 1 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงและแผนบริหารความเสี่ยง



การประเมินโอกาสและความรุนแรงของรายการความเสี่ยงโดยใช้เกณฑ์ดังนี้

การประเมินโอกาสที่จะเกิดอันตราย พิจารณาตามหลักเกณฑ์การพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายจาก ตารางที่ 1 ให้ครบทุกหัวข้อ โดยนำคะแนนที่ได้ลงในช่องเกณฑ์พิจารณาโอกาสการเกิดอันตราย ตามแบบฟอร์มชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินปัจจัย “โอกาส” ที่เกิดอันตราย

หัวข้อ	น้ำหนัก	เกณฑ์การประเมินปัจจัย “โอกาส” ที่เกิดอันตราย			
		1	2	3	4
1.จำนวนคนที่สัมผัส/จำนวนคนที่ปฏิบัติงาน	4	1 คน	2-5 คน	6-10 คน	10 คนขึ้นไป
2.ความถี่และระยะเวลาที่สัมผัส	4	- น้อยกว่า1 ครั้ง/สัปดาห์ - น้อยกว่า 2 ชม./สัปดาห์	- ความถี่ 1-30 ครั้ง/สัปดาห์ - ระยะเวลา 2-12ชม./สัปดาห์	- ความถี่ 31-70 ครั้ง/สัปดาห์ - ระยะเวลา 12-24ชม./สัปดาห์	- ความถี่มากกว่า 71 ครั้ง/สัปดาห์ - ระยะเวลามากกว่า 24ชม./สัปดาห์
3.ขั้นตอน/วิธีการปฏิบัติ/กฎระเบียบด้านความปลอดภัย	4	เป็นลายลักษณ์อักษร มีครบทุกหัวข้อและเหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง	เป็นลายลักษณ์อักษร มีครบทุกหัวข้อแต่ไม่เหมาะสมกับลักษณะความเสี่ยง	เป็นลายลักษณ์อักษร แต่ไม่ครบทุกหัวข้อและไม่เหมาะสมตามลักษณะความเสี่ยง	ไม่เป็นลักษณ์อักษร
4.การฝึกอบรมขั้นตอน/วิธีการปฏิบัติงาน/กฎระเบียบด้านความปลอดภัย	4	มีการฝึกอบรมครบทุกหัวข้อและมีการบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง	มีการฝึกอบรม แต่ไม่มีการบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง	มีการฝึกอบรมแต่ไม่ครบทุกหัวข้อและไม่มีการบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง	ไม่มีการฝึกอบรม

หัวข้อ	น้ำหนัก	เกณฑ์การประเมินปัจจัย “โอกาส” ที่เกิดอันตราย			
		1	2	3	4
5.มีการสังเกตการทำงานว่าได้ปฏิบัติตามขั้นตอน/วิธีการ/ระเบียบปฏิบัติ/คู่มือหรือกฎความปลอดภัย	4	มีการสังเกตและบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง	มีการสังเกตแต่ไม่บันทึกผลอย่างต่อเนื่อง	มีการสังเกต แต่ไม่บันทึกผล	ไม่มีการสังเกตการทำงาน
6.มีการออกแบบ การสร้าง และการติดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือที่ปลอดภัยตลอดจนการใช้วัสดุที่ได้มาตรฐาน เช่น ระบบSafety	4	มีการออกแบบฯ อย่างเหมาะสมและได้มาตรฐาน(การออกแบบฯ ไม่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงาน)และพร้อมใช้งานได้ตามปกติ	มีการออกแบบฯ อย่างเหมาะสมและได้มาตรฐาน(การอกแบบฯ ไม่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงาน) แต่ไม่มีการตรวจสอบ/ทดสอบให้พร้อมใช้งานตามปกติ	มีการออกแบบฯ แต่ไม่เหมาะสม (การออกแบบฯ เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติงาน)	- ไม่มีการออกแบบฯ - มีการออกแบบฯ แต่ไม่มีการใช้หรืออุปกรณ์ชำรุด
7.การทดสอบตรวจสอบทางด้านวิศวกรรม เช่นระบบไฟฟ้า,ระบบแก๊ส ,ฯลฯ/การซ่อมบำรุงเครื่องจักร อุปกรณ์และเครื่องมือให้พร้อมใช้งาน	4	มีการทดสอบตรวจสอบ การซ่อมบำรุง และมีการบันทึกผลอย่างต่อเนื่อง	มีการทดสอบ ตรวจสอบการซ่อมบำรุง มีการบันทึกผลแต่ไม่ต่อเนื่อง	มีการทดสอบ ตรวจสอบการซ่อมบำรุงรักษา แต่ไม่มีการบันทึกผล	ไม่มีการทดสอบ ตรวจสอบการซ่อมบำรุงรักษา
8.มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมในการทำงาน (ความร้อน แสง เสียง สารเคมี ฯลฯ) มีการตรวจสุขภาพพนักงานหรือให้คำแนะนำด้านสุขภาพเป็นต้น	4	มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมฯ (อยู่ในพื้นที่เสี่ยง)หรือมีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงและผลเป็นไปตามมาตรฐานกำหนด	มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมฯ (อยู่ในพื้นที่เสี่ยง)หรือมีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงแต่ผลการตรวจวัดไม่ได้ค่ามาตรฐานกำหนด	มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมฯ (อยู่ในพื้นที่เสี่ยง)หรือมีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงแต่ไม่ครบทุกหัวข้อและผลไม่เป็นไปตามค่ามาตรฐานกำหนด	ไม่มีการตรวจวัดสภาพแวดล้อมฯหรือไม่มีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยง
9.อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)	4	มีการใช้ PPE อย่างเหมาะสมตลอดเวลาทำงาน	มีการใช้ PPE อย่างเหมาะสม แต่ไม่ควบคุมการใช้งานตลอดเวลา	มี PPE แต่ใช้ไม่เหมาะสมกับงาน	ไม่มี PPE /มีแต่ไม่ใช้/ PPE ชำรุด
10อุบัติการณ์ / อุบัติเหตุ / ปัญหาสุขภาพหรือผลกระทบ	4	0-1 ครั้ง	2-3 ครั้ง	3-4 ครั้ง	มากกว่า 4 ครั้ง

หัวข้อ	น้ำหนัก	เกณฑ์การประเมินปัจจัย “โอกาส” ที่เกิดอันตราย			
		1	2	3	4
ต่อสุขภาพที่เคยเกิดขึ้นโดยเฉลี่ยต่อปี					
11.การเตือนอันตรายตามลักษณะงาน (Safety signs)	4	มีป้ายเตือนที่เหมาะสมและครอบคลุมทุกสภาพพื้นที่	มีป้ายเตือนที่เหมาะสมแต่ไม่ครอบคลุมทุกสภาพพื้นที่	มีป้ายเตือนแต่ไม่เหมาะสมและไม่ครอบคลุมทุกสภาพพื้นที่	ไม่มีป้ายเตือนอันตราย
คะแนนเต็ม (ผลรวมของคะแนนสูงสุด x น้ำหนัก) = 176 (กรณีพิจารณาทุกปัจจัย)					

ตารางที่ 2 ระดับของโอกาสที่จะเกิดอันตราย

หัวข้อ	% โอกาสที่จะเกิดอันตราย			
	<=40%	41 – 60%	61 – 80%	81 – 100%
โอกาสที่จะเกิดอันตราย	เกิดยาก(เล็กน้อย) (1)	เกิดน้อย (2)	เกิดปานกลาง (3)	เกิดสูง (4)

การประเมินระดับความรุนแรงของการเกิดอันตรายซึ่งอาจมีผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เช่น ผลกระทบต่อบุคคล , สุขภาพ, จิตใจ, ทรัพย์สิน, ชุมชน ตลอดจนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจากเกณฑ์แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของการเกิดอันตราย

รายการที่พิจารณา	ระดับความรุนแรง			
	ความรุนแรงเล็กน้อย ค่าความรุนแรง = 1	ความรุนแรงปานกลาง ค่าความรุนแรง = 2	ความรุนแรงสูง ค่าความรุนแรง = 3	ความรุนแรงสูงมาก ค่าความรุนแรง = 4
ผลกระทบต่อบุคคล/ด้านการบาดเจ็บ	การบาดเจ็บเล็กน้อย , การระคายเคืองตาจากฝุ่น,สัมผัสสารเคมีที่ไม่อันตราย, บาดแผลขนาดเล็ก แต่ (ไม่ถึงขั้นหยุดงาน)	บาดแผลฉีกขาด, แผลไฟไหม้ระดับปานกลาง, อาการจากการถูกกระแทกรุนแรง, อาการข้อเคล็ด, กระดูกร้าวเล็กน้อย, สัมผัสสารเคมีที่มีอันตรายปานกลาง (หยุดงาน 1 - 3 วัน)	บาดแผลฉีกขาด, แผลไฟไหม้ระดับปานกลาง, อาการจากการถูกกระแทกรุนแรง, อาการข้อเคล็ด, กระดูกร้าวเล็กน้อย, สัมผัสสารเคมีที่มีอันตรายรุนแรง (มากกว่า 3 วัน)	การสูญเสียอวัยวะ, กระดูกแตกหัก, ได้รับพิษร้อยแรง, สัมผัสสารเคมีอันตราย, การบาดเจ็บหลายๆ ส่วนของร่างกาย, การบาดเจ็บที่ทำให้พิการรุนแรงหรือเสียชีวิต
ผลกระทบต่อบุคคล/ด้านสุขภาพหรือเจ็บป่วย	การเจ็บป่วยที่ทำให้ไม่สบายเป็นครั้งคราว หรือสิ่งรบกวนที่ทำให้เกิดความรำคาญ (เช่น ทำให้ปวดศีรษะ)	อาการหูหนวก, โรคผิวหนังอักเสบ, โรคหืด, อาการผิดปกติของมือและแขน, ความเจ็บป่วยที่มีผลให้เกิดความพิการเล็กน้อย	อาการหูหนวก, โรคผิวหนังอักเสบ, โรคหืด, อาการผิดปกติของมือและแขน, ความเจ็บป่วยที่มีผลให้เกิดความพิการอย่างถาวร	โรคมะเร็งที่เกิดจากการทำงาน, โรคอื่นๆที่ทำให้อายุสั้นลง, โรคร้ายแรงที่ทำให้พิการที่อวัยวะสำคัญ เช่น มือ แขน ขา ตา หรือเสียชีวิต

รายการที่พิจารณา	ระดับความรุนแรง			
	ความรุนแรงเล็กน้อย ค่าความรุนแรง = 1	ความรุนแรงปานกลาง ค่าความรุนแรง = 2	ความรุนแรงสูง ค่าความรุนแรง = 3	ความรุนแรงสูงมาก ค่าความรุนแรง = 4
ผลกระทบต่อบุคคล/ด้านจิตใจ/ความเครียดจากการทำงาน	เกิดความเครียดเล็กน้อยจากการทำงาน ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงาน	เกิดความเครียดปานกลางจากการทำงาน จนอาจทำให้นอนไม่หลับ และสมองสั่งการได้ช้าลง อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานบ้าง	เกิดความเครียดสูงจากการทำงาน จนอาจทำให้นอนไม่หลับ และสมองสั่งการได้ช้าลง ส่งผลกระทบต่อการทำงาน	เกิดความเครียดจากการทำงานสูงส่งผลกระทบต่อการทำงานอย่างชัดเจน จนอาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคซึมเศร้า จนอาจจะมีผลให้เกิดการทำร้ายตัวเองและผู้อื่น
ผลกระทบต่อทรัพย์สิน	ทรัพย์สินเสียหายน้อยมาก หรือไม่เสียหายเลย หรือมูลค่าความเสียหายไม่เกิน 5,000 บาท	ทรัพย์สินเสียหายปานกลาง สามารถดำเนินการผลิตต่อไปได้ หรือมูลค่าความเสียหาย 5,000-100,000 บาท	ทรัพย์สินเสียหายมาก และต้องหยุดการผลิตบางส่วน หรือมีมูลค่าความเสียหายมากกว่า 100,000 – 500,000 บาท	ทรัพย์สินเสียหายมาก และต้องหยุดการผลิตทั้งหมด หรือมีมูลค่าความเสียหายมากกว่า 500,000 บาท
ผลกระทบต่อชุมชน (เหตุเดือดร้อนรำคาญ การบาดเจ็บเจ็บป่วย)	ไม่มีผลกระทบต่อชุมชนหรือโรงงานข้างเคียง หรือมีผลกระทบเล็กน้อย หรือแก้ไขได้	มีผลกระทบต่อชุมชนหรือโรงงานข้างเคียง และแก้ไขได้ในระยะเวลาสั้น (1 – 3 วัน)	มีผลกระทบต่อชุมชนหรือโรงงานข้างเคียง และแก้ไขได้ในระยะเวลา (3 – 7 วัน)	มีผลกระทบต่อชุมชนเป็นบริเวณกว้าง หรือหน่วยงานรัฐต้องเข้ามาดำเนินการแก้ไขหรือระยะเวลามากกว่า 7 วัน
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (อากาศ ดิน แหล่งน้ำ เป็นต้น)	ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเล็กน้อย สามารถควบคุมหรือแก้ไขได้	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมปานกลาง สามารถแก้ไขได้ในระยะเวลาอันสั้น (1 – 3 วัน)	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไขในระยะเวลา (3 – 7 วัน)	มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรุนแรงมาก ต้องใช้ทรัพยากรและเวลานานในการแก้ไขหรือระยะเวลามากกว่า 7 วัน

ตารางที่ 4 การตัดสินระดับความเสี่ยง

โอกาสเกิดอันตราย	**ความรุนแรงของอันตราย**			
	เล็กน้อย (1)	**ปานกลาง (2)**	**เสี่ยงสูง (3)**	**สูงมาก (4)**
ยาก (เล็กน้อย) (1)	ความเสี่ยงเล็กน้อย (1)	ความเสี่ยงเล็กน้อย (2)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (3)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (4)
น้อย((2)	ความเสี่ยงเล็กน้อย (2)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (4)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (6)	ความเสี่ยงสูง (8)
ปานกลาง (3)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (3)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (6)	ความเสี่ยงสูง (9)	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (12)
สูง (4)	ความเสี่ยงยอมรับได้ (4)	ความเสี่ยงสูง (8)	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (12)	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ (16)

ตารางที่ 5 การพิจารณาการจัดการระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	หลักเกณฑ์การพิจารณาตอบสนองต่อความเสี่ยง
ความเสี่ยงเล็กน้อย (1-2)	ไม่ต้องเพิ่มมาตรการควบคุม แต่ควรมีการเฝ้าระวัง
ความเสี่ยงยอมรับได้ (3-6)	ต้องพิจารณาทบทวนมาตรการควบคุมเสี่ยงลง กรณีไม่ต้องการลดความเสี่ยงหรือลดความเสี่ยงไม่ได้ต้องมั่นใจว่ามีมาตรการควบคุมที่มีประสิทธิภาพและตรวจสอบได้
ความเสี่ยงสูง (8-9)	ต้องมีมาตรการอย่างเพียงพอเพื่อลดความเสี่ยงลง หรือควบคุมอย่างมีประสิทธิภาพไม่ให้มีความเสี่ยงเพิ่มขึ้น
ความเสี่ยงยอมรับไม่ได้ (12-16)	ต้องหยุดงานทันที ถ้าไม่สามารถลดความเสี่ยงลงได้

การกรอกคะแนนลงในแบบฟอร์มการชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยงในระบบ ISO 45001: 2018 โดยดำเนินการดังนี้

1. พิจารณาตามหลักเกณฑ์การพิจารณาโอกาสที่จะเกิดอันตรายจาก ตารางที่ 1 โดยกรอกคะแนนที่ได้ลงในช่องเกณฑ์พิจารณาโอกาสการเกิดอันตราย ตามแบบฟอร์มชี้บ่งอันตรายและประเมินความเสี่ยง (ข้อใดที่พิจารณาแล้วไม่เกี่ยวข้องไม่ต้องให้คะแนนและใส่ “0” ไว้แทน)
2. นำผลรวมของคะแนนที่ได้จากข้อ 1 ตั้งแต่ข้อ 1-11 มาบวกรวมกันในช่องผลรวมคะแนน (SUM) ตามแบบฟอร์ม
3. นำผลรวมที่ได้จากข้อ 2 ไปหา % โอกาสการเกิดอันตราย

$$\%\text{โอกาสการเกิดอันตราย} = \frac{\text{ผลรวมของ (คะแนนที่ได้ x น้ำหนักในแต่ละข้อ x 100}}{\text{ผลรวมของ (คะแนนเต็ม x น้ำหนักในแต่ละข้อ)}}$$

4. พิจารณา % โอกาสเกิดอันตรายมาแบ่งเป็นระดับโอกาสเกิดอันตรายได้ ตามตารางที่ 2 ระดับของโอกาสที่จะเกิดอันตราย
5. ประเมินระดับโอกาสการเกิดอันตรายเสร็จสมบูรณ์ ให้ดำเนินการประเมินระดับความรุนแรงของการเกิดอันตรายซึ่งอาจมีผลกระทบต่อปัจจัยต่างๆ เช่น ผลกระทบต่อบุคคล, สุขภาพ, จิตใจ, ทรัพย์สิน, ชุมชน ตลอดจนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยพิจารณาจาก ตารางที่ 3 ระดับความรุนแรงของการเกิดอันตราย
6. เมื่อดำเนินการประเมินความเสี่ยงของทุกกิจกรรมจะได้ระดับความเสี่ยง จากตารางที่ 4
7. ผลการประเมินจากข้อที่ 6 นำมาพิจารณาการจัดการระดับความเสี่ยง และจัดทำแผนควบคุมตามระดับความเสี่ยงตามตารางที่ 5

รูปภาพที่ 2 แบบประเมินความเสี่ยงของบริษัทในระบบ ISO 45001: 2018

ผลการศึกษา วิเคราะห์ และทบทวนการดำเนินงานในโรงงานเพื่อชี้บ่งอันตรายและการประเมินความเสี่ยง และการพิจารณาโอกาสด้วยวิธี (Job Safety Analysis : JSA)

ทีมประเมิน และจป.วิชาชีพ	ผู้จัดการฝ่าย/เจ้าของพื้นที่	ผู้ทบทวนและผู้อนุมัติ

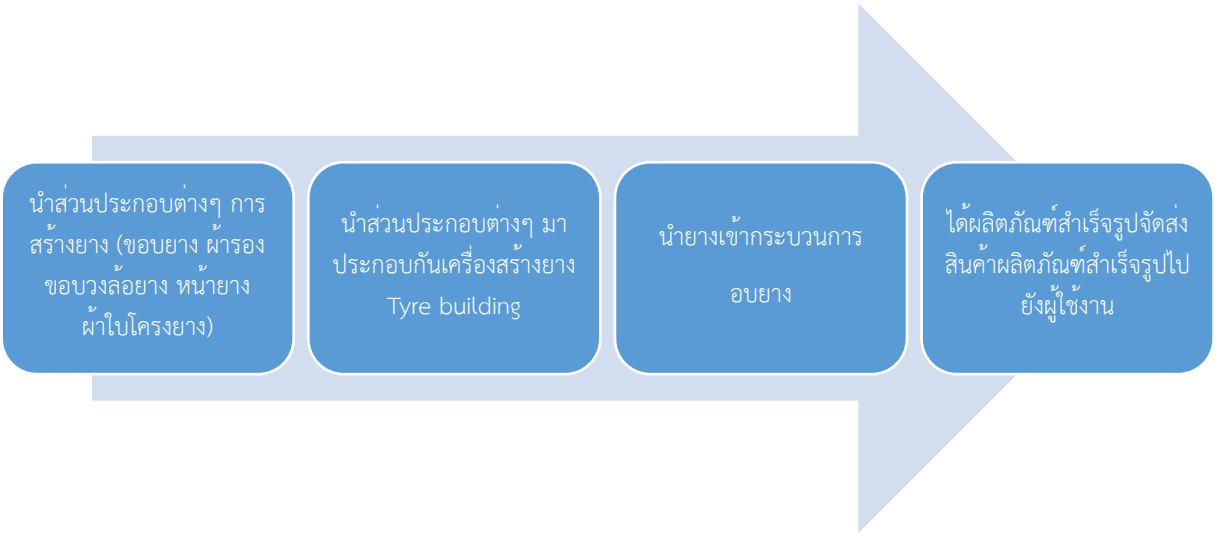
โรงงาน
ฝ่าย
พื้นที่/แผนก/หน่วยงาน
Rev.No. :
Document No. :
Issue Date :

หัวข้อ และรายการที่พิจารณา						การประเมินความเสี่ยง (โอกาส X ความรุนแรง= ความเสี่ยง)															กฎหมาย และข้อกำหนดต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง	การประเมินโอกาสในการปรับปรุง (Opportunity)							แผนบริหารจัดการความเสี่ยง (No.)
						การประเมินระดับโอกาสที่จะเกิด											การประเมินความรุนแรง													
No.	ขั้นตอนในการทำงาน (1)	แหล่งกำเนิดอันตราย (2)	ลักษณะการเกิดอันตราย (3)	อันตราย/ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น (4)	วิธีการป้องกันอันตราย (5)	1.ความเที่ยงตัวสูง	2.ระยะเข้าถึงได้	3.วิธี, WI	4.Training	5.Observe	6.Safety design	7. PPE	8.Env. & Health	9.HSE	10.Incidence	11.Safety Signs	ผลรวมคะแนนโอกาส	ระดับโอกาส (A)	ระดับความรุนแรง (B)	ระดับความเสี่ยง (A)x(B)		ข้อมูลโอกาสในการปรับปรุง (Opportunity)	รายละเอียดที่เป็นโอกาสในการปรับปรุง	ทบทวนระยะเวลาที่ควรจะดำเนินการครั้งต่อไป	ผลที่ได้ (benefit)	ผลได้ผล (Score)	สรุปผลการพิจารณาจากคะแนน (Score)	ผลการพิจารณา	
1.งานประจำ																													
						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11	1	1	เล็กน้อย	ไม่เกี่ยวข้อง	No				0	ต่ำ		
2.งานไม่ประจำ																													
						1	1	1	1	1	1	1	1	2	2		13	2	2	ยอมรับได้	สอดคล้อง	No				0	ต่ำ		
3.สภาพการทำงาน																													
						2	2	2	2	2	2	2	2	2	3		23	3	3	สูง	สอดคล้อง	Yes				0	ต่ำ		
4.สัมผัสสารเคมี																													
						3	3	3	3	3	3	3	3	3	4		34	4	4	ยอมรับไม่ได้	ไม่สอดคล้อง	Yes				0	ต่ำ		
5.หน้างานและบุคลากร ปัจจัยที่เกี่ยวกับคน (human factors)																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
6.การบริหารจัดการงาน																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
7. สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสถานที่ทำงาน หรือบริเวณใกล้เคียง																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
8. บุคลากร ควรคำนึงถึงปัจจัยดังต่อไปนี้																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
9. กิจกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือที่นำเสนอการเปลี่ยนแปลงในหน่วยงาน																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
10. การเตรียมความพร้อม ตอบโต้สถานการณ์ฉุกเฉิน																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
11.อุบัติเหตุ																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		
12.อุบัติการณ์																													
																	0	0	0	-						0	ต่ำ		

ผลการวิจัย

ขั้นตอนกระบวนการผลิตยางรถจักรยานโดยเริ่มจากการนำส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น ขอบยาง ผ้ารอง ขอบวงล้อยาง หน้ายาง ผ้าใบโครงยาง มาประกอบกันที่เครื่องสร้างยางแล้วจะได้วงยางเพื่อนำไปอบเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ตามรูปที่ 3.

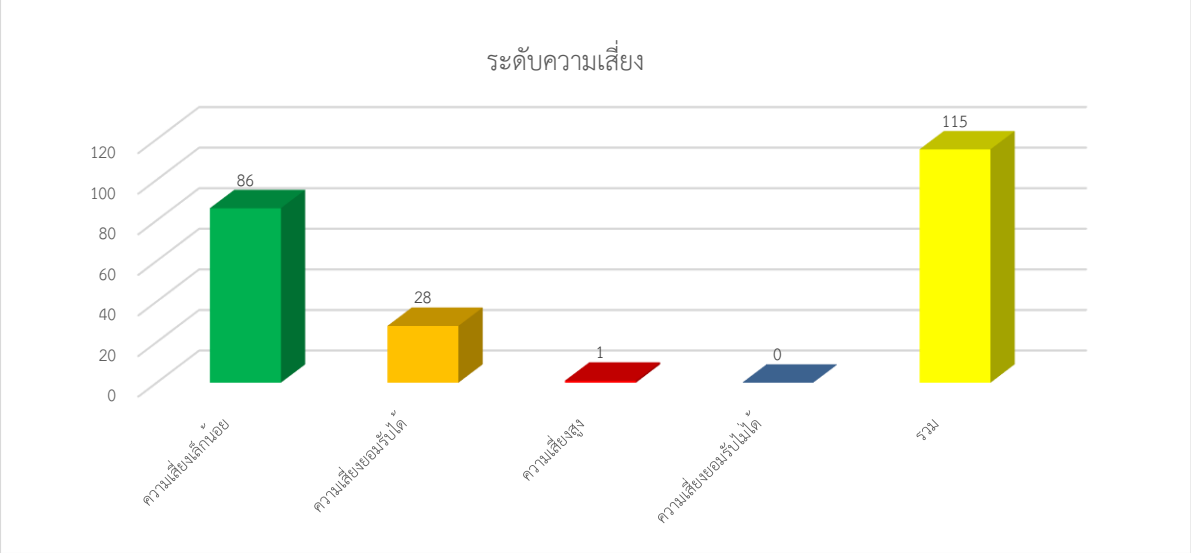
รูปภาพที่ 3 กระบวนการผลิตยางรถจักรยาน



ผลจากการประเมินความเสี่ยงกระบวนการผลิตยางรถจักรยานโดยผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับหัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับบริหาร ทั้งหมด 115 กิจกรรม สรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 6 การจัดการระดับความเสี่ยง

ระดับความเสี่ยง	จำนวน
ความเสี่ยงเล็กน้อย	86
ความเสี่ยงยอมรับได้	28
ความเสี่ยงสูง	1
ความเสี่ยงยอมรับไม่ได้	0
รวม	115



ภาพที่ 4 ระดับความเสี่ยง

จากการวิจัยเพื่อศึกษาความเป็นอันตรายของขั้นตอนการทำงานโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์งานเพื่อความปลอดภัยที่มีผลต่อผู้ปฏิบัติงานได้ดังนี้

ตารางที่ 7 กลุ่มกิจกรรมความเสี่ยงจากการทำงาน

ประเภทอันตราย	รายละเอียด
อันตรายทางกายภาพ	1. Motorเครื่องจักรหมุนหนีบมือเข้าม้วน Liner/Tred 2. เบิก Tread/Ply จากSupport ยกของหนัก หล่นทับเท้า 3. รถเข็นยางเฉี่ยวชน/กระแทก 4. การเปิด-ปิด เครื่องอาจเกิดไฟฟ้าดูดหรือไฟช๊อตได้ 5. พนักงานเอื้อมมือสุดแขนไปถอด แกนล็อค Kevlar ออกจากเครื่องสร้างยาง ตกลงมากระแทกใบหน้าพนักงานได้รับบาดเจ็บ 6. ลูกกลิ้งกดทับมือขณะวาง Kevlar 7. การตัด tread ของมีคมทิ่ม/บาดมือ 8. เหตุฉุกเฉินกรณีเพลิงไหม้
อันตรายทางด้านเคมี	1. สารเคมีEXXOL DSP 80/100 กระเด็นเข้าตาระคายเคือง 2. การทา Cement กาวกระเด็นเข้าตาระคายเคือง
อันตรายทางชีวภาพ	1. การสัมผัสเชื้อโควิด 19
อันตรายทางจิตใจ	1. พนักงานเมื่อยล้า 2.ง่วง อ่อนเพลีย จนไม่มีความพร้อมที่จะปฏิบัติงาน

เพื่อลดระดับความเสี่ยงและควบคุมความเสี่ยง จึงมีการกำหนดมาตรการเกี่ยวกับเครื่องจักรเพื่อลดความเสี่ยงลง ตามตารางที่ 8 แผนบริหารจัดการความเสี่ยง

แผนบริหารจัดการความเสี่ยง		
ฝ่าย/แผนก/พื้นที่ทำงาน :	**สร้างยาง**	
ประเด็น/ลักษณะความเสี่ยง :	**Motor หมุนหนีบมือเข้าม้วน Liner/Tred**	
วัตถุประสงค์และเป้าหมาย :	**เพื่อป้องกันไม่ให้พนักงานทำงานในขณะที่เครื่องจักรยังเดินงานใน Mode Auto**	
ผู้รับผิดชอบ	**Project Leader :**	**คุณสราวุฒิ แสงทอง**
	Team :	**คุณเศกสรรค์ จันทุมา**
	ระยะเวลาดำเนินการ :	**13/1/2025 - 28/3/2025**

รายละเอียดแผนบริหารจัดการความเสี่ยง					
No.	มาตรการดำเนินการ เพื่อลดความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่จะควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรฐานที่ใช้ควบคุม	กำหนดแล้วเสร็จ
1	อบรมทบทวนความปลอดภัยในการทำงาน	คุณสาคร/คุณเพ็ญจันทร์	ขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้องและปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	- ความรู้ ความเข้าใจ ในการปฏิบัติงาน	13/1/2025 - 28/1/2025
2	อบรมวิธีการปฏิบัติงานอย่างปลอดภัย แผนกสร้างยาง ทั้งหมด	คุณจินดา	ขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้องและปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	- ความรู้ ความเข้าใจ ในการปฏิบัติงาน	13/1/2025 - 28/1/2025
3	กิจกรรม Morning Talk เรื่องความปลอดภัยในขั้นตอนการทำงาน	Sup./Staff PD.	ขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้องและปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	- ความรู้ ความเข้าใจ ในการปฏิบัติงาน	13/1/2025 - 28/1/2025
4	ติดตั้ง Safety light curtain เครื่องสร้างยางจำนวน 12 เครื่อง	คุณเศกสรรค์/คุณปกรณ์	ระบบการทำงาน Safety light curtain	- ประสิทธิภาพการใช้งาน Safety light curtain 100 %	13/1/2025 - 28/3/2025

วิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยที่นำเสนอ พบว่าการประเมินความเสี่ยงกระบวนการผลิตยางรถจักรยานได้ดำเนินการอย่างเป็นระบบ สอดคล้องตามงานวิจัยของอนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล, 2559.ที่กล่าวว่าปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุนั้นไม่ได้มีแค่ปัจจัยเดียวแต่เป็นผลของความบกพร่องจากคน เครื่องจักร เครื่องมือ อุปกรณ์หรือการกระทำที่ไม่ปลอดภัย ดังนั้นเนื่องจากจะช่วยให้การระบุและประเมินความเสี่ยงมีความครอบคลุมมากขึ้นจึงมีข้อสังเกตและข้อเสนอแนะเพิ่มเติมดังนี้

1. มาตรการป้องกันที่เสนอ เช่น การตรวจสอบเครื่องจักร การติดตั้งอุปกรณ์เซฟตี้ และการอบรมพนักงาน เป็นมาตรการที่เหมาะสมและเป็นไปตามหลักการของการจัดการความเสี่ยง อย่างไรก็ตาม ควรมีการพิจารณาเพิ่มเติมถึงประสิทธิภาพของมาตรการเหล่านี้ในการลดความเสี่ยงจริง และมีการติดตามผลการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง
2. ระดับความเสี่ยง ผลการวิจัยระบุว่ามีกิจกรรมที่มีระดับความเสี่ยงสูงเพียง 1 กิจกรรม ซึ่งอาจบ่งชี้ว่าการประเมินความเสี่ยงอาจมีความเข้มงวดน้อยเกินไป หรืออาจมีปัจจัยอื่นๆ ที่ยังไม่ได้นำมาพิจารณา ควรมีการตรวจสอบและทบทวนเกณฑ์การประเมินความเสี่ยงอีกครั้ง
3. ควรมีการวิเคราะห์สาเหตุรากเหง้าของปัญหาความปลอดภัย เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่ยั่งยืน
4. ควรมีการประเมินผลกระทบของมาตรการป้องกันที่ดำเนินการไปแล้ว เพื่อประเมินประสิทธิผลและปรับปรุงมาตรการให้ดียิ่งขึ้น

5. การทบทวนอย่างต่อเนื่อง: ควรมีการทบทวนการประเมินความเสี่ยงและมาตรการป้องกันอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมการทำงาน

6. ควรเพิ่มขั้นตอนการทำงานอื่น ๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากขั้นตอนการสร้างยาง เช่น ขั้นตอนการอบยาง ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพ การจัดเก็บผลิตภัณฑ์ เพื่อหาความเสี่ยงเพิ่มเติม

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินความเสี่ยงกระบวนการผลิตยางรถจักรยานโดยผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับหัวหน้างาน เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับวิชาชีพ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยระดับบริหาร ทั้งหมด 115 กิจกรรม กิจกรรมที่มีความเสี่ยงระดับเล็กน้อย 86 กิจกรรม ความเสี่ยงระดับยอมรับได้ 28 กิจกรรม ความเสี่ยงระดับความเสี่ยงสูง 1 กิจกรรม และไม่พบความเสี่ยงระดับยอมรับไม่ได้ ซึ่งกิจกรรมที่ต้องมีมาตรการเพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเกิดอุบัติเหตุจากการทำงาน 1 กิจกรรม โดยมีแผนงานการดำเนินการด้วยการควบคุมทางวิศวกรรม เช่นติดตั้ง Safety light curtain เครื่องสร้างยาง การบริหารการจัดการด้านความปลอดภัย เช่น การตรวจสอบเครื่องจักร การปรับปรุงวิธีการทำงาน การจัดทำแผนการอบรมให้ความรู้ความเข้าใจกับพนักงานผู้ปฏิบัติงาน

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระนี้ การประเมินความเสี่ยงกระบวนการผลิตยางรถจักรยานและแนวทางการจัดการตามระบบมาตรฐานISO 45001ได้รับความกรุณาให้คำแนะนำตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจากอาจารย์คณะกรรมการที่ปรึกษา ซึ่งผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์อย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ผู้วิจัยหวังว่าการค้นคว้าอิสระนี้ ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการแสวงหาความรู้ ผู้วิจัยขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ ให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ ผลงานวิจัยเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน โดยยินดีรับฟังข้อเสนอแนะและแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป

เอกสารอ้างอิง

คณะทำงานจัดทำแนวปฏิบัติการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Job Safety Analysis (JSA) ,(2563), แนวปฏิบัติการชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Job Safety Analysis (JSA) ISBN(E-book) : 978-616-8026-18-2

พระราชบัญญัติความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน,(2554) ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 128 ตอนที่ 4 ก หน้า 1-22

ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรมว่าด้วยหลักเกณฑ์การชี้บ่ง อันตราย การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง พ.ศ. 2543 17 พฤศจิกายน 2543.ราชกิจจานุเบกษา. หน้า 1-28

วิลาสินี แต้วนิชเจริญ, (2562) การประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยภายในศูนย์กระจายสินค้า (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์)

เพ็ญพรรณ เพ็ชรสว่าง, (2562) การประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยภายในศูนย์กระจายสินค้า (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยศิลปากร)

อนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล, (2559) การจัดการความปลอดภัย. กรุงเทพฯ ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ISO 45001: 2018 (International Organization for Standardization. (2018). Occupational health and safety management systems (ISO 45001). Geneva, Switzerland: Author.)

การจำแนกท่าทางใบหน้าส่วนล่างโดยใช้ Deep Learning และ MediaPipe : การประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูการพูด

MediaPipe-Based Deep Learning for Lower Facial Pose Classification: Applications in speech rehabilitation

ธวีวัฒน์ มิสา[1] ชลธิศา รัตนชู[2] และนิดา แซ่จอง[3*]

Thawiwat Misa[1] , Chonthisa Rattanachu[2] and Nida Sae Jong[3*]

[1] สาขาการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์
99 ตำบลโคกเคียน อำเภอเมืองนราธิวาส 96000

[1] Master of Engineering Program in Technology and Innovation Management, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University
99 Khok Khian Subdistrict, Mueang Narathiwat District, Narathiwat 96000, Thailand

*Corresponding author E-mail: 6591203014@pnu.ac.th,chonthisa.w@pnu.ac.th, nida.s@pnu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบอัลกอริทึมสำหรับการจำแนกท่าทางบริเวณใบหน้าส่วนล่าง ซึ่งใช้ในกระบวนการฟื้นฟูผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการพูด โดยใช้ไลบรารี MediaPipe ในการกำหนดจุดบนใบหน้า และรู้จำท่าทางด้วยการเรียนรู้เชิงลึก กระบวนการจำแนกท่าทางประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) เก็บข้อมูลจากอาสาสมัครสุขภาพดี 4 คน โดยบันทึกท่าทาง 6 รูปแบบ ด้วยกล้องเวปแคม ได้แก่ ปิดปาก อ้าปากกว้าง ยิ้มกว้าง ห่อริมฝีปาก เม้มริมฝีปาก และแก้มป่อง 2) กำหนดจุดบนใบหน้าด้วยไลบรารี MediaPipe และแปลงค่าตำแหน่งเป็นมุม 3) นอร์มข้อมูล โดยใช้วิธี Z-score และแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลสอนและทดสอบ 4) จำแนกท่าทางทั้ง 6 รูปแบบ ด้วยการเรียนรู้เชิงลึกแบบ Convolutional Neural Network (CNN), Long Short-Term Memory (LSTM) และ Multi-Layer Perceptron (MLP) ผลการทดลองพบว่า Multi-Layer Perceptron (MLP) มีความแม่นยำในการจำแนกท่าทางสูงสุดเท่ากับ 100% ขณะที่ CNN และ LSTM มีความแม่นยำเท่ากับ 99% นอกจากนี้อัลกอรึทึ่มแบบ MPL ใช้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อยที่สุดเท่ากัย 420 มิลลิวินาที รองลงมาคือ LSTM และ CNN เท่ากับ 695 และ 842 มิลลิวินาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตามอัลกอริ่มทั้งสามแบบสามารถประมวลผลแบบเรียลไทม์ได้ ในอนาคตผู้วิจัยจะพัฒนาเกมส์เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการฟื้นฟูผู้ป่วยอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การจำแนกท่าทางบนใบหน้าส่วนล่าง ผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการพูด ไลบรารี MediaPipe การเรียนรู้เชิงลึก

Abstract

This research investigates the effectiveness of different deep learning algorithms (CNN, LSTM, and MLP) for classifying lower facial gestures to aid in the rehabilitation of patients with speech difficulties. The study utilized the MediaPipe library to detect facial landmarks from webcam video feeds of four healthy volunteers performing six gestures (closed mouth, wide-open mouth, broad smile, lip pucker, lip compression, and puffed cheeks). To enhance the analysis, posture recognition was integrated by analyzing the relative positions of head and shoulders. Facial landmark positions were converted to angles and normalized using Z-score normalization. Data was split into training and testing sets, and the performance of each deep learning model was evaluated. Results demonstrated that the MLP model achieved the highest accuracy at 100%, followed by CNN (99%) and LSTM (99%). The incorporation of posture recognition significantly improved the robustness of the system by accounting for variations in head position and body posture. Furthermore, MLP exhibited the shortest processing time (420 ms), enabling real-time feedback during rehabilitation exercises. Future research will focus on developing a gamified rehabilitation system that incorporates these findings, providing patients with an engaging and interactive platform for improving speech function.

Keywords: Lower facial pose, Dysarthria, MediaPipe, Deep learning

บทนำ

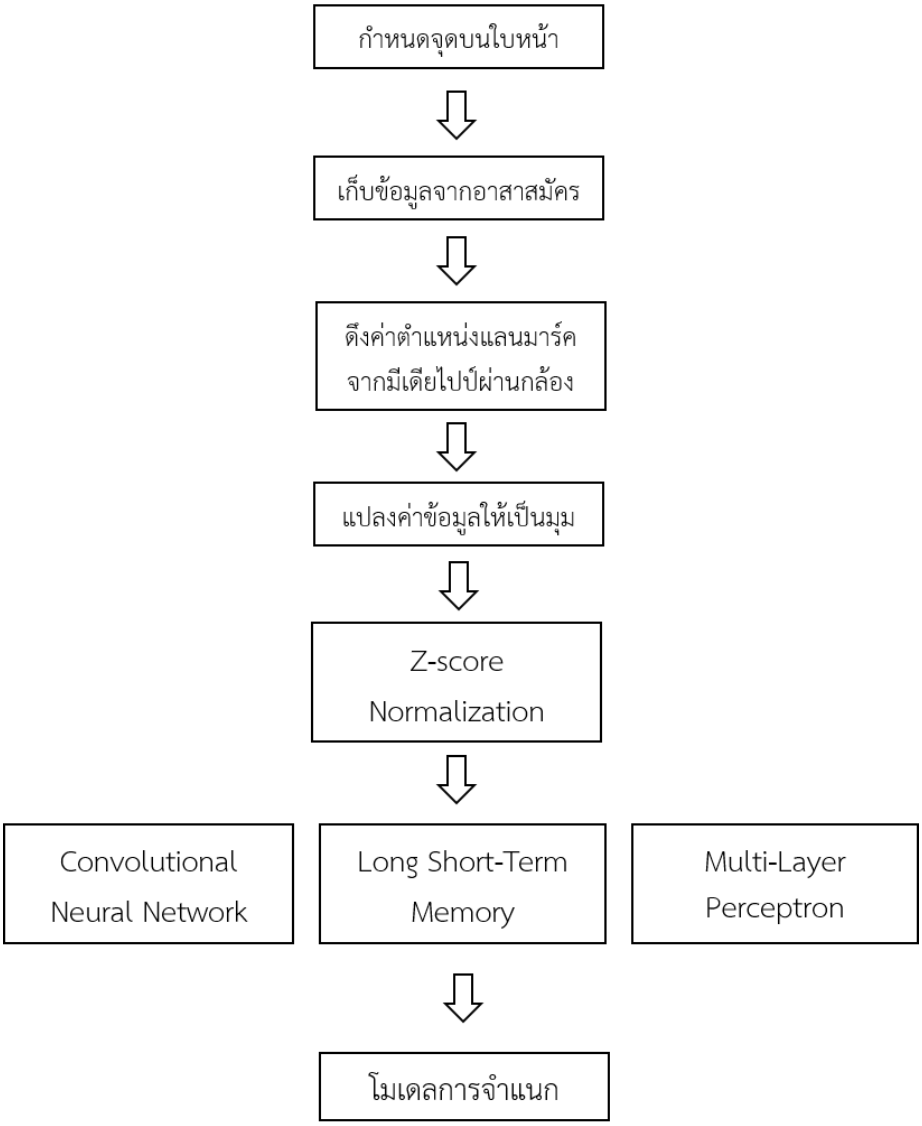
โรคหลอดเลือดสมองเป็นหนึ่งในสาเหตุการเสียชีวิตชั้นนำของโลก และยังส่งผลให้ผู้ป่วยจำนวนมากต้องเผชิญกับความพิการตลอดชีวิต ผู้รอดชีวิตส่วนใหญ่ยังคงเผชิญกับความพิการที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตในระยะยาวของผู้ป่วยและครอบครัว (กิตติพงษ์ อยู่สุวรรณ, 2567) สาเหตุหลักของโรคนี้มาจากหลอดเลือดในสมองตีบหรือแตก ซึ่งมักเกิดจากโรคเรื้อรัง เช่น ความดันโลหิตสูง เบาหวาน และไขมันในเลือดสูง ปัจจัยเสี่ยงอื่นๆ ได้แก่ การสูบบุหรี่ การดื่มแอลกอฮอล์ และการขาดการออกกำลังกาย อาการของโรคหลอดเลือดสมองที่พบบ่อย ได้แก่ อัมพฤกษ์ อัมพาต พูดลำบาก มองเห็นภาพซ้อน และสับสน การรักษาที่รวดเร็วจะช่วยลดความเสียหายของสมองและเพิ่มโอกาสในการฟื้นตัว

การฟื้นฟูผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองที่มีปัญหาด้านการพูดมุ่งเน้นการบริหารกล้ามเนื้อปากและอวัยวะในช่องปากโดยจะมีกิจกรรมในการทำกายภาพ ได้แก่ นวดกล้ามเนื้อปาก - ลิ้น ฝึกเป่า การบริหารริมฝีปาก และการฝึกบริหารลิ้น (แสงอรุณ ใจวงศ์ผาบ, ศรวีรรณ เรืองวัฒนะ, ธนิตา จิตนารินทร์, & กนกรัตน์ มัชะ. 2563) การฝึกเหล่านี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและการควบคุมกล้ามเนื้อที่ใช้ในการออกเสียง นักแก้ไขการพูดจะประเมินผลจากจำนวนครั้งที่ผู้ป่วยสามารถทำได้สำเร็จ การฝึกอย่างต่อเนื่องจะช่วยฟื้นฟูความสามารถในการพูดและเพิ่มคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันมีการนำไลบรารี MediaPipe และการเรียนรู้เชิงลึก ไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ยกตัวอย่าง เช่น การรู้จำภาษามือ (Abdulhamied, R. M. และคณะ (2023), Podder, K. K. และคณะ (2023)) และ การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของนักกีฬาแบบอัตโนมัติ (Bose, D. และคณะ (2024)) สำหรับการรู้จำภาษามือเป็นการแปลงท่าทางมือที่จับภาพได้จากกล้องเว็บแคมให้เป็นข้อความหรือเสียงพูด โดยมีหลายภาษา การเรียนรู้เชิงลึกแบบต่างๆ ร่วมกับ Mediapipe ถูกนำมาใช้ในการรู้จำท่าทางของมือ เช่น Long Short-Term Memory (LSTM) และ CNN-LSTM-SelfMLP ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างพื้นฐานของ MobileNetV2 และ ResNet18 พบว่าประสิทธิภาพในการจำแนกค่อนข้างสูง ซึ่งบ่งชี้ถึงศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาอุปกรณ์ช่วยสื่อสารสำหรับผู้บกพร่องทางการได้ยินและการพูดต่อไป ในส่วนของการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของนักกีฬาแบบอัตโนมัติด้วย Mediapipe ร่วมกับการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (Machine Learning) แบบต่างๆ ได้แก่ Random Forest, Multi-Layer Perceptron (MLP) และ Support Vector Machine (SVM) พบว่าระบบสามารถประเมินประสิทธิภาพของนักกีฬาได้ โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูงสุดเท่ากับ 85.03%

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาวิธีการจำแนกท่าทางการบริหารกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้าส่วนล่างด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม 3 แบบ เพื่อใช้ในการทำกายภาพบำบัด จำนวน 6 ท่าทาง คือ ปิดปาก อ้าปากกว้าง ยิ้มกว้าง ห่อริมฝีปาก เม้มริมฝีปาก และท่าแก้มป่องค้างไว้ กระบวนการในการจำแนกท่าทางประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ ส่วนการเก็บข้อมูล (Data collection) จากกล้องเว็ปแคม และส่วนประมวลผลซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนคือ การกำหนดจุดบนใบหน้าโดยใช้ไลบรารีมีเดียไปป์ การคำนวณลักษณะเด่นโดยการหามุมของจุดที่กำหนดไว้ การนอร์มข้อมูลด้วยวิธี Z-score และ การจำแนกท่าทางด้วยการเรียนรู้เชิงลึก 3 แบบ คือ Long Short-Term Memory (LSTM) , Convolutional Neural Network (CNN) และ Multi-Layer Perceptron (MLP) โดยเขียนโปรแกรมบนไพทอน

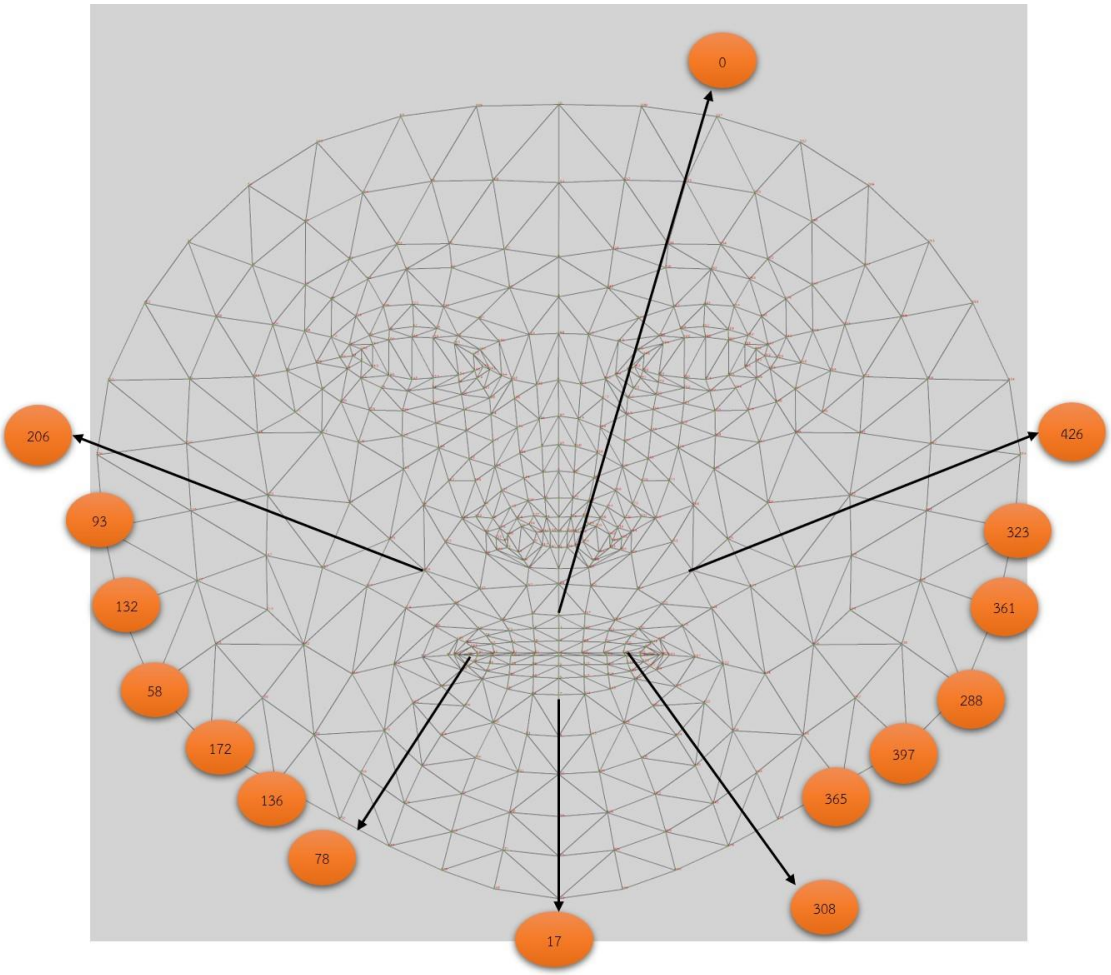
วิธีการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 1 กระบวนการจำแนกท่าทางของการบริหารกล้ามเนื้อบริเวณใบหน้าส่วนล่าง

1. การกำหนดจุดบนใบหน้า

จากภาพที่ 2 เป็นการกำหนดจุดบริเวณริมฝีปากและแก้มส่วนล่างทั้งสองข้างที่เกี่ยวข้องกับการบริหารกล้ามเนื้อปากและอวัยวะในช่องปาก โดยกำหนดจุดจำนวน 16 จุด ได้แก่ จุดที่ 0, 17, 78, 308, 93, 132, 58, 172, 136, 323, 361, 288, 397, 206, 426, และ 365



ภาพที่ 2 ตำแหน่งของจุดบนใบหน้าที่ใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกท่าทาง

2. การรวบรวมชุดข้อมูล

การรวบรวมชุดข้อมูลเป็นการบันทึกข้อมูลของจุดบริเวณริมฝีปากและแก้มส่วนล่างทั้งสองข้าง จำนวน 16 จุด ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นของอาสาสมัครสุขภาพดี จำนวน 4 คน มีอายุระหว่าง 17 ถึง 25 ปี น้ำหนักประมาณ 40 ถึง 110 กิโลกรัม โดยเวลาที่ใช้ในการบันทึกท่าทางละประมาณ 10 วินาที ทั้งหมด 6 ท่าทาง ได้แก่ ปิดปาก อ้าปากกว้าง ยิ้มกว้าง ห่อริมฝีปาก เม้มริมฝีปาก และท่าแก้มป่องค้างไว้ แสดงดังภาพที่ 3 อาสาสมัครแต่ละคนจะทำการบันทึกข้อมูลท่าทางละ 1 ครั้ง โดยการดึงตำแหน่งแลนด์มาร์ช จากไลบรารีเดียไปป์ผ่านกล้องเว็บแคม ซึ่งเขียนโค้ดบนโปรแกรมไพทอน จำนวนข้อมูลของแต่ละท่าทางแสดงดังตารางที่ 1 เท่ากับ 6,891 ชุดข้อมูล

ภาพที่ 3 ท่าทางของการทำกายภาพบำบัด (ก) อ้าปากกว้าง (ข) ยิ้มกว้าง (ค) ห่อริมฝีปาก (ง) เม้มริมฝีปาก (จ) แก้มป่อง (ฉ) ปิดปาก

ตารางที่ 1 ชุดข้อมูล

ท่าทางที่ใช้ในการจำแนก	จำนวน(ชุดข้อมูล)
อ้าปากกว้าง	1092
ยิ้มกว้าง	1122
ห่อริมฝีปาก	1114
เม้มริมฝีปาก	1184
แก้มป่อง	1140
ปิดปาก	1238

3. การแปลงค่าข้อมูลจากจุดให้เป็นมุม

จากภาพที่ 2 นำข้อมูลที่ได้จากมีเดียไปป์มาแปลงเป็นมุมจำนวน 12 มุม โดยมีการจับกลุ่มจุดบนใบหน้า โดย มุมที่ 1 คือ 78,0, 308 มุมที่ 2 คือ 78,17, 308 มุมที่ 3 คือ 308, 426 , 323 มุมที่ 4 คือ 308, 426 , 361 มุมที่ 5 คือ 308, 426 , 288 มุมที่ 6 คือ 308, 426 , 397 มุมที่ 7 คือ 308, 426 , 365 มุมที่ 8 คือ 78, 206 , 93 มุมที่ 9 คือ 78, 206 , 132 มุมที่ 10 คือ 78, 206 , 58 มุมที่ 11 คือ 78, 206 , 172 มุมที่ 12 คือ 78, 206 , 136 จากนั้นนอร์มข้อมูลให้อยู่ในฐานเดียวกันโดยใช้เทคนิค Z-Score ซึ่งเป็นการปรับค่าข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐาน โดยมีค่าเฉลี่ย (μ) เป็น 0 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เป็น 1

4. การจำแนกท่าทางด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

การจำแนกท่าทางด้วยอัลกอรึทึ่มการเรียนรู้เชิงลึก 3 แบบ คือ CNN, LSTM และ MLP เริ่มจากสร้างโมเดลสำหรับจำแนกท่าทาง 3 แบบ โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของ CNN, LSTM และ MLP แสดงดังตารางที่ 2 จากนั้นสอนโมเดลโดยใช้ข้อมูลสอนจำนวน 5,512 ข้อมูล คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 4 โดยกำหนดจำนวนคลาส คือ 0 ถึง 5 สุดท้ายทดสอบประสิทธิภาพของโมเดลด้วยการคำนวณหาค่าความถูกต้องของการจำแนกท่าทาง โดยนำชุดข้อมูลมาทดสอบจำนวน 1,378 ข้อมูล คิดเป็น 20 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด

ตารางที่ 2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์

พารามิเตอร์	**Convolutional Neural Network (CNN)**	**Long Short-Term Memory (LSTM)**	**Multi-Layer Perceptron (MLP)**
Learning Rate	0.001	0.001	0.001
Batch Size	32	32	32
Number of Epochs	100	100	100
Loss Function	Sparse Categorical Crossentropy	Sparse Categorical Crossentropy	Sparse Categorical Crossentropy
Metrics	Accuracy	Accuracy	Accuracy
Architecture	Conv2D + MaxPooling + Dense Layers	LSTM Layers + Dense Layers	Fully Connected Dense Layers
Regularization	Dropout (0.3, 0.5)	Dropout (0.5, 0.3)	Dropout (0.5, 0.3)
Number of Units	Conv2D: 32 filters, Dense: 128, 64	LSTM: 128 units, Dense: 64	Dense: 128, 64
Validation Split	20% Validation/Test, 80% Training	20% Validation/Test, 80% Training	20% Validation/Test, 80% Training
Output Activation	Softmax	Softmax	Softmax
Optimizer	Adam	Adam	Adam

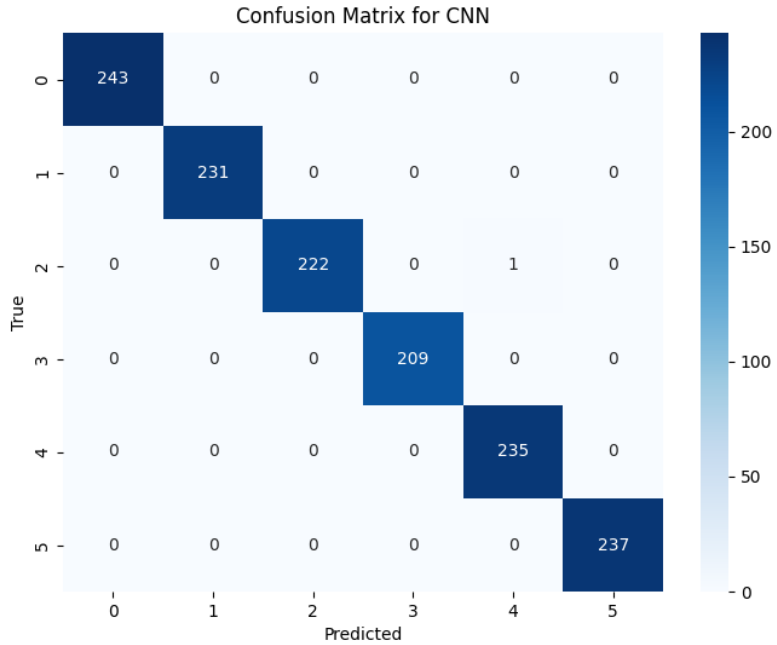
ท่าทางที่ใช้ในการจำแนก	คลาส	จำนวน (ชุดข้อมูลทดลอง)	จำนวน (ชุดข้อมูลทดสอบ)
อ้าปากกว้าง	1	861	231
ยิ้มกว้าง	2	899	223
ห่อริมฝีปาก	3	905	209
เม้มริมฝีปาก	4	949	235
แก้มป่อง	5	903	237
ปิดปาก	0	995	243
รวม		**5,512**	**1,378**

ภาพที่ 4 จำนวนคลาส ชุดข้อมูลสอน และชุดข้อมูลทดสอบ

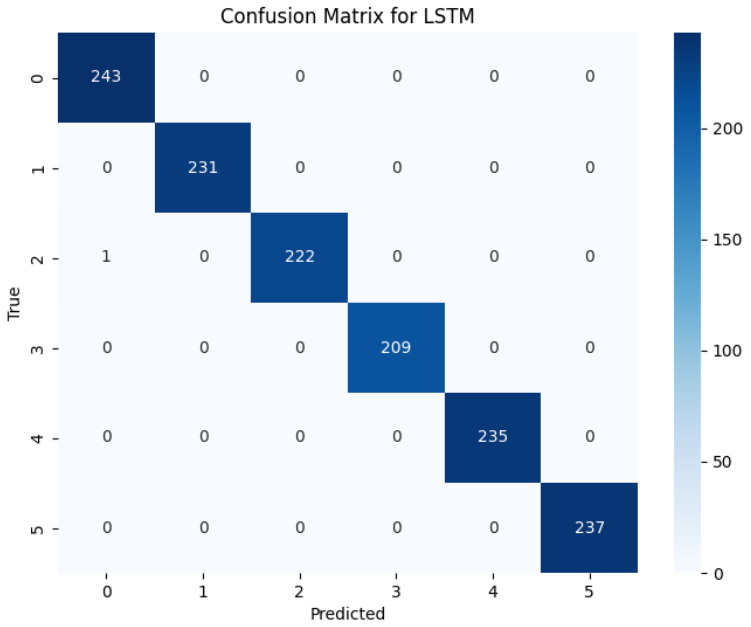
ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพของโมเดลถูกประเมินจากค่าความถูกต้องของการจำแนกท่าทางทั้ง 6 ท่า คือ ปิดปาก อ้าปากกว้าง ยิ้มกว้าง ห่อริมฝีปาก เม้มริมฝีปาก และท่าแก้มป่องค้างไว้ โดยใช้อัลกอริทึม 3 แบบคือ CNN, LSTM และ MLP จากผลการทดลองพบว่าค่าความถูกต้องของการจำแนกท่าทางของ CNN, LSTM และ MLP เท่ากับ 99, 99 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

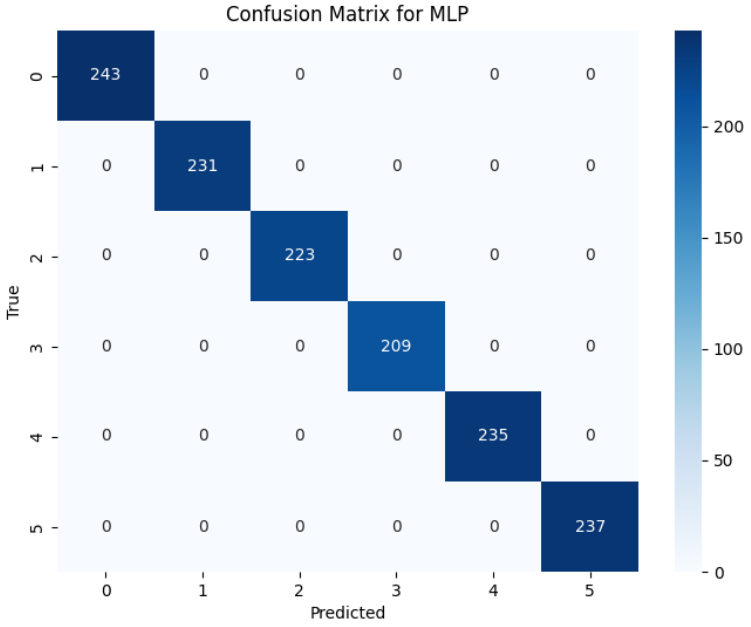
ภาพที่ 5 ถึง ภาพที่ 7 แสดง confusion matrix ในการจำแนกท่าทางของอัลกอริทึม CNN , LSTM และ MLP พบว่าโมเดล CNN สามารถจำแนกท่าทางได้ถูกต้องเกือบทุกท่า ยกเว้นท่ายิ้มกว้างซึ่งมีความคล้ายคลึงกับเม้มริมฝีปากค่า เช่นเดียวกับ LSTM ขณะที่ MLP สามารถจำแนกได้ถูกต้องทุกท่าทาง



ภาพที่ 5 confusion matrix ในการจำแนกท่าทางอัลกอริทึม Convolutional Neural Network (CNN)



ภาพที่ 6 confusion matrix ในการจำแนกท่าทางอัลกอริทึม Long Short-Term Memory (LSTM)



ภาพที่ 7 confusion matrix ในการจำแนกท่าทางอัลกอริทึม Multi-Layer Perceptron (MLP)

ในกรณีของเวลาที่ใช้ในการทดสอบโมเดลแสดงดังตารางที่ 3 จากการทดสอบพบว่าอัลกอริทึ่มแบบ MLP ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด คือ 420 มิลลิวินาที รองฃงมาคือ LSTM และ CNN เท่ากับ 695 และ 842 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทั้งสามอัลกอริทึ่มสามารถนำไปใช้งานแบบเรียลไทม์ได้ เนื่องจากใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า 1 วินาที

ตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ในการประมวลผล

โมเดล	**เวลาที่ใช้ (มิลลิวินาที)**
CNN	842
LSTM	695
MLP	420

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการรู้จำท่าทางด้วยไลบรารีมีเดียไปป์ร่วมกับการเรียนรู้เชิงลึก 3 แบบ คือ CNN, LSTM และ MLP โดยพิจารณาค่าความถูกต้องในการจำแนกท่าทางบนใบหน้าส่วนล่าง เพื่อประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพการออกเสียงสำหรับผู้ป่วยอาการพูดไม่เป็นความ กระบวนการของการรู้จำท่าทางประกอบด้วย 5 ขั้นตอนหลัก คือ 1) กำหนดจุดบนใบหน้าด้วยไลบรารีมีเดียไปป์ 2) เก็บตัวอย่างจากอาสาสมัครสุขภาพดีจำนวน 4 คน ช่วงอายุตั้งแต่ 17 ถึง 25 ปี ทั้งหมด 6 ท่าทาง ได้แก่ ปิดปาก อ้าปากกว้าง ยิ้มกว้าง ห่อริมฝีปาก เม้มริมฝีปาก และท่าแก้มป่องค้างไว้ 3) แปลงค่าจุดให้เป็นมุม 4) จำแนกท่าทางโดยใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้เชิงลึกทั้ง 3 แบบ 5) เปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึ่มทั้งสามแบบ

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม CNN, LSTM และ MLP ในการจำแนกท่าทางใบหน้าส่วนล่าง พบว่า อัลกอริทึม MLP ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดยสามารถจำแนกท่าทางได้อย่างถูกต้อง 100% รองลงมาคืออัลกอริทึม CNN และ LSTM ซึ่งให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันที่ 99% นอกจากนี้ อัลกอริทึม MLP ยังใช้เวลาในการประมวลผลน้อยที่สุดเพียง 420 มิลลิวินาที ซึ่งสอดคล้องกับการประมวลผลแบบเรียลไทม์ได้เป็นอย่างดี ดังนั้นเทคนิคการรู้จำท่าทางใบหน้าโดยใช้ไลบรารี MediaPipe ร่วมกับอัลกอริทึม Deep Learning มีศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูสมรรถภาพการออกเสียงสำหรับผู้ป่วยที่มีปัญหาในการควบคุมกล้ามเนื้อใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัด เช่น จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองยัง

ค่อนข้างน้อย และการทดลองดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ควบคุม ในอนาคต ผู้วิจัยมีแผนที่จะพัฒนาระบบให้สามารถรองรับท่าทางที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงการทดลองกับผู้ป่วยจริงเพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบในสภาพแวดล้อมที่เป็นจริง นอกจากนี้ยังมีแผนที่จะพัฒนาระบบให้สามารถให้คำแนะนำในการออกกำลังกายเพื่อฟื้นฟูกล้ามเนื้อใบหน้าได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

กิตติพงษ์ อยู่สุวรรณ. (2567). การพัฒนารูปแบบการดำเนินงานแก้ไขปัญหาสาเหตุการตายด้วยโรคหลอดเลือดสมองในจังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารแพทย์เขต 4-5, 43(4), 513–528.

สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ. การฝึกพูดเบื้องต้นในผู้ป่วยอัมพาตครึ่งซีกที่มีปัญหาการสื่อสาร. กรุงเทพฯ: สถาบันสิรินธรเพื่อการฟื้นฟูสมรรถภาพทางการแพทย์แห่งชาติ.

แสงอรุณ ใจวงศ์ผาบ, ศรวีรรณ เรืองวัฒนะ, ธนิตา จิตนารินทร์, & กนกรัตน์ มัชะ. (2563). การพัฒนาระบบการพยาบาลผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมอง โรงพยาบาลลำพูน. วารสารพยาบาล, 69(2), 37–45.

Abdulhamied, R. M., Nasr, M. M., & Abdulkader, S. N. (2023). Real-time recognition of American sign language using long-short term memory neural network and hand detection. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 30(1), 545-556.

Bose, D., Garg, P., Arora, B., & Srivastava, A. K. (2024). A computer vision-based framework for posture analysis and performance prediction in athletes. Proceedings of the 2024 International Conference on Communication, Computer Sciences and Engineering (IC3SE), 942-947.

Podder, K. K., Ezeddin, M., Chowdhury, M. E. H., Sumon, M. S. I., Tahir, A. M., Ayari, M. A., Dutta, P., Khandakar, A., Mahbub, Z. B., & Kadir, M. A. (2023). Signer-independent Arabic sign language recognition system using deep learning model. Sensors, 23(16), 7156.

การออกแบบและพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบควบคุมของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม MATLAB & Simulink

Design and Development of a Mathematical Model for the Control System of an Industrial Electric Tractor Using MATLAB & Simulink

กฤตพร สายเสนีย์[1] ผศ.ดร.ชาญยุทธ์ กาญจนพิบุลย์[2] และผศ.ดร.นิวัตร มูลปา[1*]

Krittaphorn Saiseanee[1], Charnyut Kanjanapiboon[2] and Niwat Moonpa[1*]

[1] กลุ่มวิจัยกลศาสตร์ วัสดุ และการออกแบบวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[1]Mechanics, Materials, and Engineering Design, Rajamanagala University of Technology Lanna, 98 Papong, Diosaket, Chiangmai, 50220

[2] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา น่าน
59 หมู่ 13 ตำบลฝายแก้ว อำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน 55000

[2] Rajamangala University of Technology Lanna, Nan 59 Moo 13, Fai Kaew Subdistrict, Phu Phiang District, Nan Province, 55000, Department of Electrical Engineering

*Corresponding author E-mail: nmp@rmutl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบขับเคลื่อนแทรกเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งวิธีวิจัย จะทำการสร้างจำลองยานพาหนะสามล้อที่ใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสและมอเตอร์กระแสตรงเป็นต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนและเป็นต้นกำลังในระบบบังคับเลี้ยว และได้หาค่าค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมให้เหมาะสมกับระบบแทรกเตอร์อุตสาหกรรมโดยใช้การทดสอบสมรรถนะการควบคุมการเลี้ยวและความเร็วของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม แล้วใช้วิธีการจำลองระบบด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink

คำสำคัญ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบจำลองเครื่องกลไฟฟ้า แทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม ยานพาหนะสามล้อ การควบคุมตำแหน่งและความเร็ว

Abstract

This article presents the mathematical modeling of an industrial tractor drive system. The research methodology involves constructing a simulation of a three-wheeled vehicle powered by a three-phase induction motor and a DC motor, which serve as the driving force and the steering system's power source. The study determines the optimal control system parameters

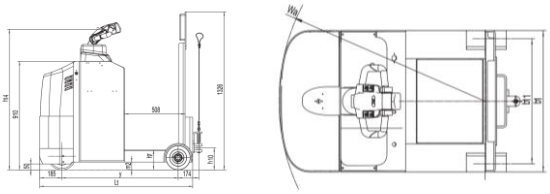
for the industrial tractor by evaluating its steering control and speed performance. System simulation is conducted using MATLAB/Simulink.

Keywords : Mathematical Model, Electromechanical Model, Industrial Electrical Tractor, Three Wheel Vehicle, Position and Speed Control.

บทนำ

ปัจจุบันแทรกเตอร์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการขนส่งวัตถุดิบแจกจ่ายในแต่ละการผลิต ซึ่งตำแหน่งพนักงานขับรถเป็นตำแหน่งที่มีค่างานต่ำหรือมีความสำคัญน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งงานอื่น ซึ่งตำแหน่งนี้สามารถทดแทนด้วยแทรกเตอร์อุตสาหกรรมอัตโนมัติได้ และเป็นการยกระดับผลิตภาพของภาคอุตสาหกรรมได้ ซึ่งแทรกเตอร์อุตสาหกรรมเป็นยานพาหนะที่ถูกออกแบบมาเพื่อออกแรงฉุดลาก จูงดึง เครื่องมือหรือต่อพ่วง และการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์นั้นต้องใช้ทรัพยากรมนุษย์บังคับการเคลื่อนที่ทั้งการควบคุมทิศทางและการควบคุมความเร็ว โดยการใช้มนุษย์ควบคุมนั้น อาจมีความผิดพลาดในการควบคุมการเคลื่อนที่ได้ (ประชา บุณยวานชิกุล, 2558) อาจจะก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและพนักงานที่ขับแทรกเตอร์ได้ โดยงานวิจัยนี้กล่าวถึงระบบพลวัต (Dynamic system) ที่สลับซับซ้อนมากขึ้นตามการพัฒนาที่มีมาอย่างต่อเนื่อง จึงจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้องและแม่นยำ (ชวลิต นฤมิตบวรกุล, 2555), (Arias et al.,2019) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมรถแทรกเตอร์ จะพิจารณาจากรถแทรกเตอร์อุตสาหกรรมโดยมีการควบคุมการเลี้ยวซ้าย-ขวา การเดินหน้า-ถอยหลัง โดยรถแทรกเตอร์นี้มีทั้งหมด 3 ล้อแบ่งการทำงาน โดยล้อหน้า 1 ล้อเป็นล้อบังคับทิศทาง ล้อหลัง 2 ล้อเป็นล้อขับเคลื่อน (Plamen et al., 2022), (HoonJe et al., 2013)

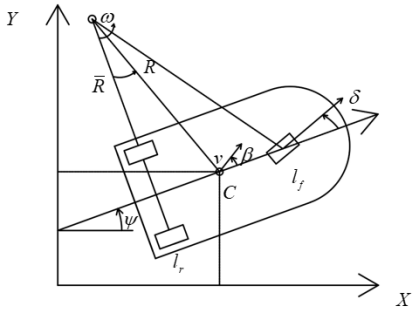
เพื่อทดลองการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมด้วยหลักการทางไฟฟ้า (Electrical principles) จึงเป็นการยากที่จะสามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของรถแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมให้ถูกต้องและแม่นยำ นอกเนื่องจากนี้ยังมีสิ่งรบกวนทางด้านขาเข้าและสิ่งรบกวนทางด้านขาออกของระบบและสัญญาณรบกวนจากเครื่องมือวัด ดังนั้นการออกระบบควบคุมทิศทางและการควบคุมความเร็ว โดยต้องใช้ทฤษฎีป้อนกลับมาประยุกต์ใช้และสามารถทำให้ผลตอบสนองเป็นไปตามความต้องการ โดยจะแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบนี้ (Areerak et al.,2015) ด้วยผลจากการทดลองการเลื่อนที่ของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink



ภาพที่ 1 โครงสร้างแทรกเตอร์อุตสาหกรรม

วิธีการดำเนินการวิจัย

การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมนั้น (Vehicle Modeling) เป็นการประยุกต์ใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ ในการสร้างแบบจำลองต่างๆ ที่สำคัญเพื่อจะทำให้แทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเคลื่อนที่และเลี้ยวได้อย่างแม่นยำ ซึ่งความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เป็นองค์ประกอบ เช่น ระยะกว้าง x ยาวของฐานล้อ มุมของการเลี้ยว ระบบขับเคลื่อนของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม (ขับเคลื่อนด้วยล้อหลังและเลี้ยวด้วยล้อหน้า) (Thomas et al., 2003), (พีระยศ แสนโภชน์, 2555) เมื่อมองในภาพรวมทั้งสามล้อจะได้คิเนเมติกส์ของแทรกเตอร์ไฟฟ้าทั้งคัน ดังแสดงรูปที่ 2



ภาพที่ 2 คิเนเมติกส์ของแทรกเตอร์ไฟฟ้า

X,Y คือ พิกัดจุดศูนย์กลางของยานพาหนะในระบบพิกัด C คือ จุดศูนย์กลางมวลของยานพาหนะ v คือ ความเร็วของยานพาหนะ β คือ มุมระหว่างความเร็วของยานพาหนะกับแกนของตัวรถ (Slip angle) ψ คือ มุมหัวของยานพาหนะกับแกน X (Yaw angle) δ คือ มุมเลี้ยวของล้อหน้า (Steering angle) l_r คือ ระยะจากจุดกลางมวลถึงล้อหลัง l_f คือ ระยะจากจุดกลางมวลถึงล้อหน้า R คือ รัศมีของเส้นทางการเลี้ยว ω คือ อัตราการหมุนของยานพาหนะ (Yaw rate) สมมติว่าความเร็ว v คงที่

$$\dot{X}(t) = v\ \cos(\psi + \beta) \tag{1}$$

$$\dot{Y}(t) = v\ \ \sin(\psi + \beta) \tag{2}$$

$$\dot{\psi}(t) = \omega = \frac{v}{R} \tag{3}$$

โดยเขียนในรูปเรขาคณิตพื้นฐานและตรีโกณมิติ

$$\tan\delta = \frac{l_f + l_r}{\bar{R}} \Rightarrow \bar{R} = \frac{l_f + l_r}{\tan\delta}, \quad \tan\beta = \frac{l_r}{\bar{R}} = \frac{l_r}{l_f + l_r}\tan\delta \tag{4}$$

$$\cos\beta = \frac{\bar{R}}{R} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R}\cos\beta = \frac{1}{l_f + l_r}\tan\delta\cos\beta \tag{5}$$

โดยศูนย์กลางการหมุนจากจุดอ้างอิง l_r และ l_f ระยะจากจุด C ไปยังล้อหน้าและล้อหลัง $l_r + l_f = L$ ความเร็ว v (ความเร็วของยานพาหนะ) (มุมบังคับเลี้ยวล้อหน้า)

$$\dot{\psi}(t) = \frac{v}{l_f + l_r}\cos\beta\tan\delta \tag{6}$$

$$where \quad \beta = a\tan\left(\frac{l_r}{l_f + l_r}\tan\delta\right) \tag{7}$$

จากภาพที่ 2 จำลองเมื่อแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเคลื่อนที่ และเลี้ยวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของระยะทาง (Distance) และมุมเลี้ยว (Heading) ซึ่งสามารถกำหนดสมการการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมได้ (Ryan et al.,2012), (Hurteau et al,.2002) โดยกำหนดการเคลื่อนที่เป็น 2 แบบดังนี้

การเคลื่อนที่เชิงเส้น (Linear Motion) ถ้าหากแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมเคลื่อนที่ไปในแนวเส้นตรง (ไม่เลี้ยว) สามารถใช้สมการพื้นฐานของการเคลื่อนที่ได้ดังสมการที่ 8

$$s = u \cdot t + \frac{1}{2}a \cdot t^2 \tag{8}$$

โดย s คือระยะทางที่เคลื่อนที่ (m), v คือความเร็ว (m/s), t คือเวลา (s), a คือความเร่ง (m/s^2)

การเคลื่อนที่แบบโค้ง (Curved Motion) เมื่อเลี้ยวล้อหน้าจะทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งเกี่ยวข้องกับรัศมีวงเลี้ยว (R) และมุมเลี้ยว (θ)

รัศมีวงเลี้ยวขึ้นอยู่กับมุมเลี้ยว (δ) และระยะห่างระหว่างล้อหน้าและล้อหลัง (L)

$$R = \frac{L}{\tan(\delta)} \tag{9}$$

โดย R คือรัศมีวงเลี้ยว (m), δ คือมุมเลี้ยวของล้อหน้า(rad), L คือระยะฐานล้อ(wheelbase)(m), ความเร็วเชิงมุม (ω) ในการเลี้ยวสัมพันธ์กับความเร็วเชิงเส้น (v) และรัศมีวงเลี้ยว (R)

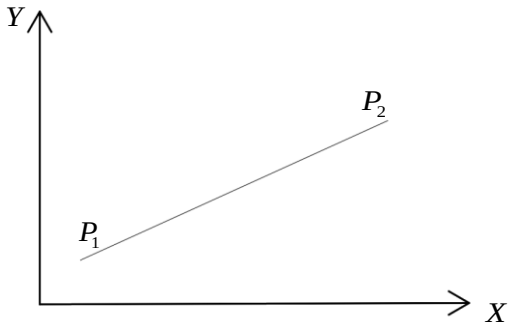
$$\omega = \frac{v}{R} \tag{10}$$

โดย ω คือความเร็วเชิงมุม (rad/s), v คือความเร็วเชิงเส้น (m/s)

จากสมการที่ 8 และ 9 นั้นเป็นคิเนเมติกส์ของรถแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม (Vehicle Modeling) โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมล้อ (Yaw) กับองศาเลี้ยว รวมไปถึงระยะทางที่แทรกเตอร์ไฟฟ้าเคลื่อนที่เมื่อเปรียบเทียบกับพิกัด X , Y ซึ่งสมการคิเนเมติกส์ของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมนี้ จะส่งเอาต์พุตในรูปแบบสัญญาณป้อนกลับ เพื่อนำข้อมูลของตำแหน่งและระยะทางส่งไปในส่วนของระบบควบคุมเพื่อทำการปรับองศาของล้อให้อยู่ในทิศทางที่ต้องการ

เส้นทางการเคลื่อนที่

การที่จะทำให้รถแทรกเตอร์เริ่มต้นวิ่งและจบลงในเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ต้องการนั้น จะต้องสร้างเส้นตรงที่มีการเชื่อมต่อด้วยจุดผ่านขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 2



ภาพที่ 3 ภาพการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนพิกัด X และ Y

จากภาพที่ 3 แสดงการเคลื่อนที่เส้นตรงในพิกัด X และ Y โดยมีการกำหนดให้แทรกเตอร์เริ่มต้นวิ่งที่ P_1 และไปหยุดที่ P_2 โดยที่สมการเส้นตรงนั้นประกอบไปด้วยสมการหลัก (Part Parameter) จะถูกกำหนดในระบบพิกัดดังแสดงในสมการที่ 11

$$P_1 = (x_1, y_1), \quad P_2 = (x_2, y_2) \tag{11}$$

จากสมการที่ 5 ระยะทางระหว่างสองจุด (d) สามารถคำนวณได้ด้วยสมการระยะทางใน 2 มิติดังสมการที่ 12

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{12}$$

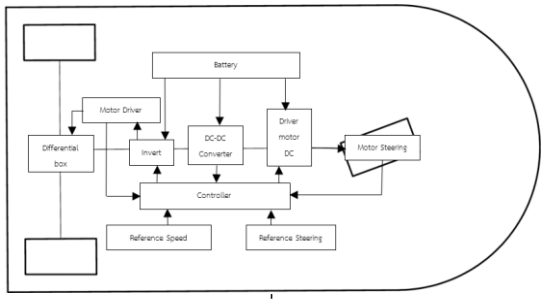
กรณีการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงความเร็ว (v) และเวลาที่ใช้ (t) คำนวณได้ดังสมการที่ 13

$$t = \frac{d}{v} \tag{13}$$

จากสมการที่ 13 ทำหน้าที่คล้ายกับลักษณะการเคลื่อนที่ในฟังก์ชันของเวลา จากที่กล่าวมานั้นเป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรงและเมื่อต้องการให้แทรกเตอร์เคลื่อนที่เป็นเส้นโค้ง จะต้องทำการประมาณค่า (Interpolate) เส้นที่เชื่อมต่อกัน

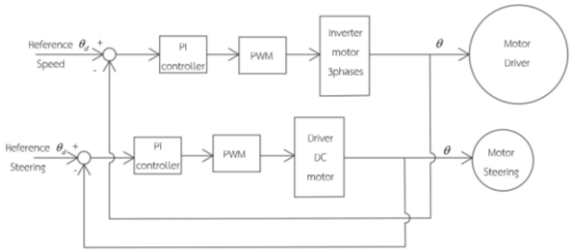
การออกแบบตัวควบคุม

โครงสร้างของระบบขับเคลื่อนแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมที่พิจารณาแสดงดังรูปที่ 4 เมื่อทำการพิจารณาโครงสร้างของระบบควบคุมสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังรูปที่ 5 จากภาพดังกล่าว มีการใช้เซนเซอร์ในการวัดค่ากระแสและความเร็วรอบของมอเตอร์ประกอบด้วย กระแสของสเตอร์สามเฟส (i_{as}, i_{bs} และ i_{cs}) และความเร็วเชิงมุมของโรเตอร์ (ω_r) จากนั้นระบบควบคุมจะทำหน้าที่ในการประมวลผลและส่งสัญญาณพัลส์ไปยังอินเวอร์เตอร์สามเฟสของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วเชิงมุมได้ตามความต้องการและมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้สำหรับควบคุมมุมในการเลี้ยว ซึ่งหมายถึงการควบคุมความเร็วและควบคุมมุมเลี้ยวของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมได้ตามความต้องการ



ภาพที่ 4 โครงสร้างระบบขับเคลื่อนแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

การออกแบบตัวควบคุมพีไอทำได้โดยการหาฟังก์ชันถ่ายโอน (transfer function : T_s) ของระบบที่จะพิจารณาจากการออกแบบค่าพารามิเตอร์ K_p และ K_i ของตัวควบคุมพีไอ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์ระหว่างพจน์พหุนามลักษณะเฉพาะ (characteristic polynomial) ของฟังก์ชันถ่ายโอนของระบบที่พิจารณากับพจน์พหุนามลักษณะเฉพาะของฟังก์ชันถ่ายโอนอันดับสองมาตรฐาน ดังสมการที่ 14 โดยที่ ς คืออัตราส่วนการหน่วง (damping ratio) และ ω_n คือความถี่ธรรมชาติ (natural frequency)



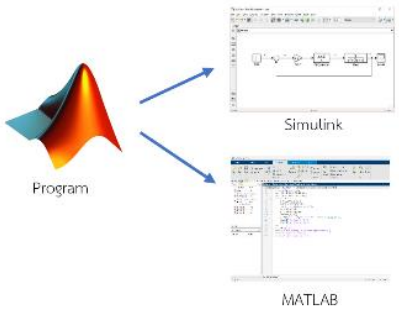
ภาพที่ 5 แผนภาพบล็อกระบบควบคุมการคลื่อนที่

$$G(s)=\frac{\omega_n^2}{s^2+2\zeta\omega_n s+\omega_n^2} \tag{14}$$

บทความนี้ได้กำหนดค่าอัตราส่วนการหน่วงและความถี่ธรรมชาติ พิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์การพุ่งเกิน(percent overshoot : P.O.) และช่วงเวลาเข้าที่ (settling time: t_s) ตามสมการที่ 15 และสมการที่ 16 ตามลำดับ

$$P.O.=100e^{\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \tag{15}$$

$$\omega_n=\frac{4}{\zeta t_s} \tag{16}$$

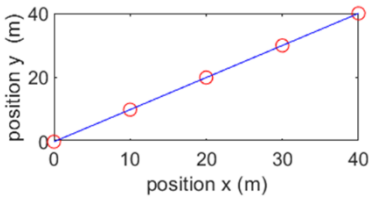


ภาพที่ 6 การจำลองในโปรแกรม MATLAB/Simulink

จากภาพที่ 6 เป็นวิธีทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำไปใช้กับยานพาหนะสามล้อเป็นการจำลองการควบคุมตำแหน่งการเคลื่อนที่และความเร็วของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

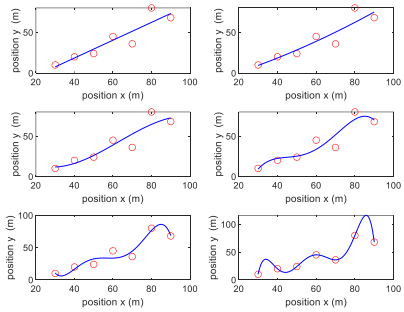
ผลการวิจัย

การจำลองการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมด้วยโปรแกรมโปรแกรมMATLAB/Simulink ใช้จำลองการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์อุตสาหกรรมและผลตอบสนองของความเร็ว ซึ่งการลองการเคลื่อนที่จะจำลองการเคลื่อนที่ทางตรง ทางโค้งและผลการตอบสนองความเร็ว



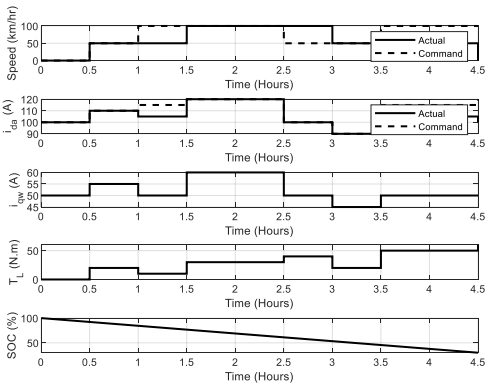
ภาพที่ 7 การจำลองการเลื่อนที่แบบเส้นตรง

จากภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าเป็นการจำลองการเคลื่อนที่จากตำแหน่ง 0,0 10,10 20,20 30,30 และ 40,40 จุดสีแดงการกำหนดตำแหน่งที่ต้องการให้เคลื่อนที่ไป



ภาพที่ 8 การจำลองการเคลื่อนที่แบบเส้นโค้ง

ซึ่งการจำลองการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์อุตสาหกรรมไฟฟ้าดังภาพที่ 8 จะเป็นการกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่ของแทรกเตอร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า ซึ่งมอเตอร์ขับเคลื่อนของล้อหลังเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสผลของการจำลองความเร็วของมอเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์นั้นสามารถช่วยตรวจสอบสมรรนะของระบบควบคุมตัวควบคุมที่ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ โดยระบบพิจารณาจากภาพที่ 9



ภาพที่ 9 ผลการจำลองสถานการณ์การขับเคลื่อนแทรกเตอร์อุตสาหกรรมไฟฟ้า

วิจารณ์ผล

จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ พบว่าการพารามิเตอร์แบบจำลองและ การหาการผลตอบสนองของแบบจำลองด้วยโปรแกรม Simulink ให้เหมาะสมกับยานพาหนะสามล้อในการควบคุมตำแหน่งและความเร็วและแบบจำลองเครื่องกลไฟฟ้าเพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรมนั้น ทำให้สมรรถนะในการเคลื่อนไปยังตำแหน่งที่กำหนดประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

สรุปผล

จากผลการจำลองการควบคุมตำแหน่งและความเร็วของแทรกเตอร์อุตสาหกรรมนั้นยังมีข้อจำกัด โดยการจำลองนี้แทรกเตอร์อุตสาหกรรมไฟฟ้านั้นมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส และมอเตอร์ที่เป็นต้นกำลังในการเลี้ยวต้องติดตั้งเข้าไปใหม่เป็นมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งทำหน้าที่คล้ายพวงมาลัย จากการพิจารณาการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่กำหนด การเลี้ยวเปลี่ยนทิศทางของแทรกเตอร์ไฟฟ้าอุตสาหกรรม งานวิจัยนี้ยังไม่สามารถเลี้ยวหลบสิ่งกีดขวางได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาในครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจาก บริษัท สยามมิชลิน จำกัด ภายใต้ความร่วมมือกับ มทร. ล้านนา เพื่อจัดการศึกษาและวิจัยในลักษณะรัฐร่วมเอกชนที่เป็นทั้งพื้นที่จัดการศึกษาและเป็นสถานีวิจัยในอุตสาหกรรม อำนวยความสะดวกด้านสถานที่ และให้ทุนการศึกษา สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ภายใต้โรงเรียนในโรงงานที่เป็นโครงการความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา และบริษัท สยามมิชลิน จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ชวลิต นฤมิตบวรกุล, พีระยศ แสนโภชน์, และ วิทิต ฉัตรรัตนกุลชัย. (2555). การออกแบบระบบควบคุมแบบคงทนสำหรับหุ่นยนต์สการา โดยใช้ทฤษฎีป้อนกลับเชิงปริมาณ . กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประชา บุณยวานชิกุล, มนูศักดิ์ จานทอง วิชชา อุปภัย. (2558). การประยุกต์ช้ระบบควบคุมการเคลื่อนที่อัตโนมัติของรถไถสำหรับควบคุมการติดตามเส้น. วารสารวิศวกรรมศาสตรมหาวทยาลัยศรินครนทรวิโรฒ, 56-66.

พีระยศ แสนโภชน์, และ วิทิต ฉัตรรัตนกุลชัย, ชวลิต นฤมิตบวรกุล. (2555). การออกแบบระบบควบคุมแบบคงทนสำหรับหุ่นยนต์สการา โดยใช้ทฤษฎีป้อนกลับเชิงปริมาณ. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Areerak K-L, Areerak K-N Narongrit T. (2015). A new design approach of fuzzy controller for shunt active power filter. Electric Power Components and Systems, 685-694.

Arias A, Balcells J, Ortega C. Espina J. (2019). Speed antiwindup PI strategies review for field oriented control of permanent magnet synchronous machines. Compatibility and Power Electronics, 275-285.

HoonJe. W, Xiong-Zhe,HakJin-Kim, JungHun-Kim, Young Joo-Kim and JoongEup - Kye Hee Chang M. (2013). Auto-Guidance System for Tillage Tractor. Kimdaejung Convention Center: International Conference on Control, Automation and Systems.

Ivan Kralov Plamen Petrov. (2022). Kinematic Model and Active Steering Control for a Robotic Mechanically Linked Transport Vehicle Platooning. Bulgaria: IEEE Xplore.

R.Hurteau, O.Alboui, and B. Lesot Romano M. (2002). Experimental Stabilization of Tractor and Tractor-Trailer Like Vehicles. Canada: Proceedings of the IEEE, International Symposium on Intelligent Control.

Ryan N. Smith, Ngai Ming Kwok and Jayantha Katupitiya Van T. Huynh. (2012). A Nonlinear PI and Backstepping-based Controller for Tractor-Steerable Trailers Influenced by Slip. USA: IEEE International Conference on Robotics and Automation RiverCentre.

Thomas Bell, Gabriel Elkaim, and Bradford Parkinson Michael O'Connor. (2003). Automatic Steering of Farm Vehicles Using GPS. . California: Stanford University.

ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ลำต้นผักตบชวาแห้งเป็นตัวดูดซับ

Mobile Treatment Tank Using Dry Stem of Water Hyacinth as Adsorbent

ทัพพงศ์ ภูนอนไร่ [1] และ สุนทรี ขุนทอง[1*]

Tuppong Poononrai[1] and Soontree Khuntong[1*]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1]Department of Engineering, Safety Engineering and Environmental Management Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

[*] Corresponding author E-mail: srcstk@ku.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ต้องมีที่พักคนงานภายในโครงการ ก่อให้เกิดปัญหาขยะและน้ำเสียชุมชน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการสร้างถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ขนาดเล็ก ที่สามารถเคลื่อนย้ายไปใช้บัดน้ำเสียในบ้านพักคนงานก่อสร้าง ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่สร้างจากถังพลาสติกความจุ 50 ลิตร 2 ถัง ถังแรกเป็นถังรับน้ำทิ้ง ถังที่สองบรรจุตัวดูดซับจากลำต้นผักตบชวาแห้งมัดเป็นท่อน (ยาวประมาณ 5 ซม) ประเมินประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ผลการศึกษา พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เพิ่มจาก 5.6 เป็น 5.8 หลังการบำบัด ประสิทธิภาพในการกำจัด บีโอดี ของแข็งแขวนลอย และน้ำมันและไขมัน คิดเป็นร้อยละ 40.44, 62.99 และ 97.80 ตามลำดับ ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยการดูดซับด้วยลำต้นผักตบชวาแห้ง สามารถลดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และน้ำมันและไขมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ปริมาณบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และน้ำมันและไขมันในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ยังมีค่าสูง อาจเนื่องจากถังบำบัดมีขนาดเล็ก และเวลากักเก็บสั้นเกินไป ประสิทธิภาพการกำจัดไขมันมีค่าสูงสุดเนื่องจากลำต้นผักตบชวาแบบแห้งมีน้ำหนักเบาภายในมีรูพรุนขนาดใหญ่สามารถดูดซับไขมันให้จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ แต่อาจขัดขวางการกรองของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำเสีย และความสกปรกไม่ติดค้างในโพรงที่อยู่ในลำต้นผักตบชวาแห้ง และเมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์จึงย่อยลำต้นผักตบชวาด้วย ประสิทธิภาพการกำจัดบีโอดีและของแข็งแขวนลอยจึงไม่สูงมาก จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่เหมาะสมในการแยกไขมันก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือท่อระบายน้ำทิ้ง ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่แต่ละหน่วยสามารถเคลื่อนย้ายไปติดตั้งในบ้านพักคนงานได้ถึง 10 ครอบครัว

คำสำคัญ: ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ ลำต้นผักตบชวาแห้ง น้ำบ้านพักคนงานก่อสร้าง น้ำเสียจากครัวเรือน

Abstract

The worker camps in big construction project always generate solid waste and wastewater. This research was aimed to create the small mobile treatment tank that can allocate for treatment of each individual working camp (10 units/building). The system consisted of two plastic tanks with capacity of 50 l. The fist tank was for wastewater tank while the second tank was filled with bundle of dry stem of water hyacinth (approximately 5 cm in length). The efficiencies of the treatment tank were evaluated for pH, BOD, SS and oil and grease. The results showed that pH was slightly increase from 5.6 to 5.8 after treatment. The treatment efficiencies (%) of BOD, SS and oil and grease were 40.44, 62.99 and 97.80, respectively. The mobile treatment using dry stem of water hyacinth as adsorbent was efficient for decreasing of BOD, SS and oil and grease. However, the amount of those parameters was still high because of low capacity of the treatment tank and short retention time. Moreover, the treatment efficiency of oil and grease was rather higher than BOD and SS. Since the light weight of dry stem and the big hollow inside the stem of water hyacinth caused the absorption of high amount of oil which was suitable for biodegradation by microorganisms. The hollow filled with oil may inhibit the deposition of organic substances and filtration ability of the stem causing lower treatment efficiencies of BOD and SS. Additionally, the degradation of dry stem of water hyacinth may increase the amount of organic substance in treated wastewater, the treatment efficiencies of BOD and SS were not quite high. It can be summarized that the mobile treatment tank provided appropriate removal of oil and grease prior discharge to public waterway or sewerage pipe.

Keywords: Mobile treatment tank, dry stem of water hyacinth, domestic wastewater, worker camp

บทนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่อำนวยประโยชน์ต่อมนุษย์เพื่อการดำรงชีวิตและใช้ในกิจกรรมต่างๆ อัตราการใช้น้ำเพิ่มขึ้นตามอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจ น้ำปนเปื้อนโดยกิจกรรมต่างๆ หลังจากผ่านการใช้ประโยชน์และระบายลงสู่แหล่งน้ำ แม้ว่าแหล่งน้ำตามธรรมชาติสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ เช่น จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติย่อยสลายสิ่งปนเปื้อนในน้ำ การสัมผัสอากาศและแสงแดดเป็นการบำบัดทางเคมีโดยธรรมชาติวิธีหนึ่ง (สุธีลา และคณะ 2554:223) ถ้าหากน้ำเสียที่ระบายออกสู่สาธารณะมีปริมาณน้อยหรือ

สารปนเปื้อนในน้ำเสียมีความเข้มข้นต่ำ ธรรมชาติก็สามารถทำความสะอาดน้ำเสียได้ทัน แต่เมื่อน้ำเสียมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดซึ่งการทำความสะอาดโดยธรรมชาติไม่ได้ผล แหล่งน้ำก็จะเกิดสภาพเน่าเสีย

น้ำเสียเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ น้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำชุมชนโดยทั่วไปมาจากบ้านเรือน โรงแรม ร้านอาหารและตลาด (กุลธิดา บรรจงศิริ 2547:18) น้ำเสียชุมชนมีปริมาณสารอินทรีย์ น้ำมันและไขมันสูงซึ่งมาจากการประกอบอาหาร การล้างภาชนะใส่อาหาร ก่อให้เกิดปัญหาในการกำจัดคราบไขมันที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย คราบน้ำมันและไขมันที่ลอยอยู่ในน้ำส่งผลให้ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถละลายลงในน้ำได้ เคลือบผิวพืชน้ำหรือสาหร่ายในน้ำทำให้พืชน้ำเหล่านี้ไม่สามารถสังเคราะห์แสงเพื่อเพิ่มออกซิเจนให้แหล่งน้ำ และเกิดสภาพไม่น่าดู การเน่าเหม็นของน้ำเสียหรือความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำธรรมชาติที่ปรากฏขึ้นเป็นสาเหตุที่ต้องบำบัดน้ำเสีย น้ำเสียจากแหล่งต่างกันมีลักษณะไม่เหมือนกัน การบำบัดน้ำเสียจึงมีความแตกต่างหลายวิธี กระบวนการบำบัดน้ำเสียแบ่งได้ 3 รูปแบบ คือ วิธีกายภาพ เคมี และชีวภาพ แต่ละวิธีมีกระบวนการบำบัดที่แตกต่างกัน รวมถึงประสิทธิภาพของการบำบัดก็ต่างกัน เพราะสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียมีอยู่หลายชนิดต้องใช้วิธีการที่เหมาะสมในการกำจัด (สมทิพย์ และคณะ 2551: 3-1) น้ำมันและไขมัน จากการประกอบอาหาร คือสาเหตุสำคัญที่ขัดขวางการซึมของอากาศลงไปในน้ำ เมื่อน้ำขาดออกซิเจนแหล่งน้ำนั้นจะเน่าเสีย การบำบัดก่อนทิ้งสู่สาธารณะลดปริมาณน้ำมันและไขมัน รวมถึงพารามิเตอร์อื่นๆ เช่น บีโอดี และของแข็งแขวนลอย ดังนั้นจึงควรบำบัดน้ำที่มีการปนเปื้อนเสียก่อนปล่อยสู่ท่อระบายน้ำหรือแหล่งน้ำสาธารณะ การบำบัดน้ำเสียสามารถแยกออกได้ 5 กระบวนการ คือ การบำบัดเบื้องต้น การบำบัดปฐมภูมิ การบำบัดทุติยภูมิ การบำบัดด้วยคลอรีน และการบำบัดด้วยการกำจัดตะกอน (จักรพันธ์ 2555 : 25) ถังดักไขมันจึงเป็นเครื่องมือการบำบัดเบื้องต้นโดยผ่านน้ำเสียที่ปนเปื้อนน้ำมันและไขมันเข้าไปในบ่อดักไขมัน ทิ้งไว้ในระยะหนึ่งไขมันจะลอยตัวขึ้นมาสะสมบนผิวน้ำแล้วจึงตักออกไปกำจัด (กุลธิดา 2557:18) บ่อดักไขมันใช้สำหรับบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน ร้านอาหารและภัตตาคาร ซึ่งปนเปื้อนน้ำมันและไขมันปริมาณมาก หากไม่กำจัดออกจะทำให้ท่อระบายน้ำอุดตัน ในประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูง การจับตัวของไขมันในบ่อดักไขมันใช้เวลานาน ระยะเวลากักเก็บน้ำเสียในบ่อดักไขมันจึงไม่ควรน้อยกว่า 6 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำมันและไขมันแยกตัวออก และลอยขึ้นสู่ผิวน้ำแล้วจึงตักออกไปกำจัด ดังนั้นบ่อจึงต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะรองรับน้ำ (กรมควบคุมมลพิษ 2555:45-46)

ปัญหาน้ำเสียจากแหล่งชุมชนควรเริ่มที่การกำจัดคราบไขมันโดยใช้ถังดักไขมัน ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานในส่วนนี้ด้วย สำหรับชุมชนที่ไม่มีงบประมาณจำกัดสามารถนำวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่รอบตัวหรือเหลือทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ มาช่วยในการบำบัด ปัจจุบันการกำจัดไขมันและน้ำมันใช้ถังดักไขมันหรือบ่อดักไขมันซึ่งเป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นที่ใช้ทั่วไป โดยออกแบบให้ถังมีความจุเพียงพอที่กักเก็บน้ำเสียไว้ระยะหนึ่ง เพื่อให้ไขมันและน้ำมันแยกตัวออกจากน้ำเสียและลอยสู่ผิวน้ำเพื่อรอการกวาดหรือตักออกไปกำจัด ถังดักไขมันที่นิยมใช้มี 2 รูปแบบ ได้แก่ ถังดักไขมันสำเร็จรูปและถังดักไขมันแบบวงขอบซีเมนต์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ถังดักไขมันสำเร็จรูปสามารถนำมาติดตั้งได้เลยแต่ข้อเสียคือมีราคาแพง เช่น ถังขนาด 30 ลิตร มีราคาประมาณ 2,500-2,800 บาท (บุญส่ง ไข่เกษ และคณะ 2554) ส่วนถังดักไขมันแบบวงขอบซีเมนต์ ต้องใช้เวลาก่อสร้างและเหมาะกับบ้านเรือนที่ไม่เคลื่อนย้าย นอกจากนั้นยังมีงานวิจัยการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรดูดซับไขมันและน้ำมัน

ด้วยหลายชนิด เช่น ชานอ้อย (Wisetraet al., 2012) ธูปฤาษี (Lamdual et al., 2010) ดอกธูปฤาษี (Wichienpet & Numhom, 2003) กกราชินี (Siriwan et al.,2015) ฝ้ายละขนไก่ (Pongsantisuk, 1998) ใบสนทะเลและถ่านกะลามะพร้าวอัดแท่ง (Suwattanamala et ak., 2018) ฟางข้าว กาบมะพร้าว ผักตบชวาแบบสดและแบบแห้งพบว่า วัสดุที่สามารถดูดซับคราบน้ำมันได้เป็นอย่างดีคือผักตบชวาและกาบมะพร้าว (Phuengphai & Kheangkhun, 2018) เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ สร้างถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ สามารถประดิษฐ์ใช้ได้เองโดยใช้วัสดุที่หาง่าย เคลื่อนย้ายสะดวกและติดตั้งง่าย บำบัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดโดยเฉพาะน้ำมันและไขมัน สำหรับบำบัดน้ำเสียจากบ้านพักคนงานก่อสร้างซึ่งย้ายที่อยู่ตามโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ ร่วมกับการใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร โดยเลือกผักตบชวา เนื่องจาก หาได้ง่าย มีความเป็นพิษต่ำ ตามชุมชน มีโครงสร้างและพื้นที่ผิวเหมาะสมต่อการใช้เป็นตัวดูดซับและดักจับไขมัน เป็นการบำบัดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิดและใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. น้ำเสีย

น้ำเสียจากครัวเรือนของคนงานในบ้านพักคนงานก่อสร้าง 1 หลัง เป็นอาคารพักอาศัยชั่วคราว ประกอบด้วยห้องพัก 11 ห้อง กิจกรรมในบ้านพักประกอบด้วยการทำความสะอาดร่างกายและเสื้อผ้า ประกอบอาหาร ล้างอาหารสดและภาชนะบรรจุอาหาร น้ำเสียเริ่มต้นก่อนบำบัดใช้เฉพาะน้ำเสียจากการประกอบอาหาร ล้างอาหารสด และภาชนะบรรจุอาหาร ส่วนน้ำเสียจากห้องอาบน้ำและส้วมจะรวบรวมในถังเซฟติกของโครงการ

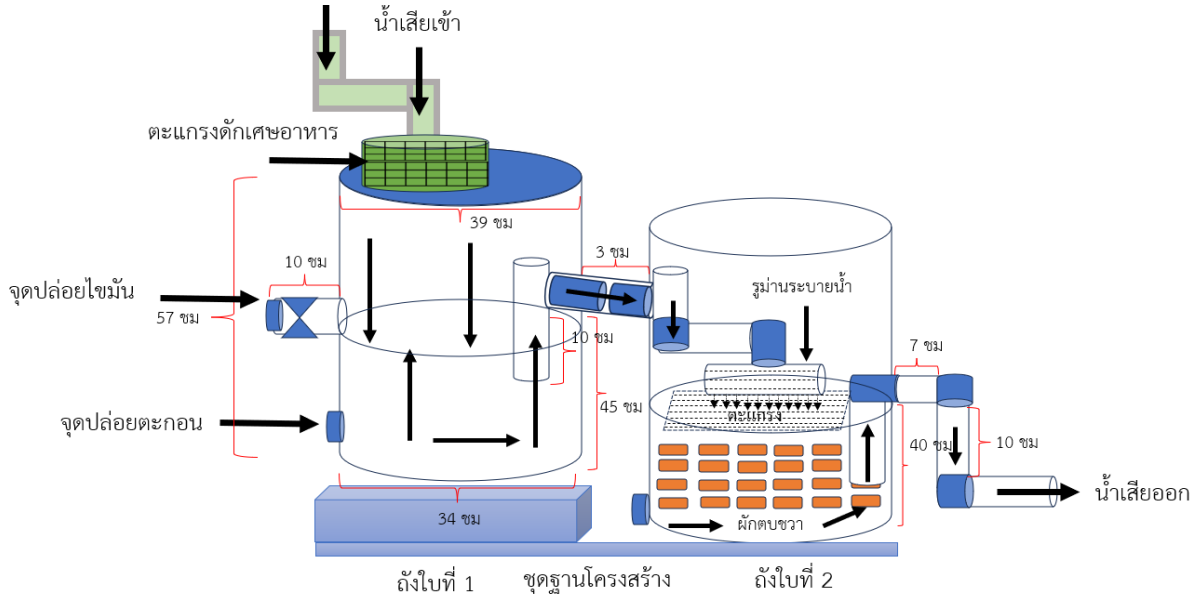
2. การสร้างถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่และการเก็บตัวอย่างน้ำ

ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ สร้างจากถังพลาสติกปริมาณ 50 ลิตร จำนวน 2 ถัง มาเชื่อมต่อกัน โดยถังใบที่ 1 (ถังบน) เป็นถังพักน้ำเสียทำหน้าที่ดักไขมันและน้ำมันให้แยกตัวออกจากน้ำเสียและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากนั้นน้ำเสียที่อยู่ใต้ชั้นไขมันจะลอยเข้าสู่ถังใบที่ 2 (ถังล่าง) ซึ่งบรรจุด้วยลำต้นผักตบชวาแห้ง (ภาพที่ 1) เตรียมจากลำต้นผักตบชวาสดที่มีขนาดเส้นรอบวงใกล้เคียงกันจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ตัดส่วนกลางของลำต้น นำมาล้างทำความสะอาด ผึ่งแดดให้แห้งหั่นเป็นท่อนความยาวประมาณ 2 นิ้ว นำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccator) เก็บรักษาในถุงพลาสติกปิดสนิทป้องกันความชื้น มัดเป็นก้อน ก่อนบรรจุในถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนปริมาณ 800 กรัม (ภาพที่ 1 ค) แผนภาพการทำงานของถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่แสดงในภาพที่ 2

(ก) (ข) (ค)

ภาพที่ 1 ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ (ก) ลักษณะของถัง ถังบนเป็นถังรับน้ำเสีย ทั้งสองถังติดตั้งในลักษณะพร้อมสำหรับการเคลื่อนย้าย (ข) น้ำไหลจากถังบนไปยังถังล่างพร้อมการกระจายน้ำและท่อระบายน้ำที่ผ่านการบำบัดออกจากก้นถังล่าง (ค) ถังล่างบรรจุมัดลำต้นผักตบชวาแห้ง

น้ำเสียจากการประกอบอาหารและการทำความสะอาดภาชนะ ไหลผ่านตะแกรงดักเศษอาหารก่อนเข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ถังที่ 1 ซึ่งเป็นถังรองรับน้ำและทิ้งระยะเวลาสั้นๆ เพื่อให้ไขมันแยกชั้นออกจากน้ำ ท่อน้ำสียจากถังที่ 1 ติดตั้งต่ำกว่าระดับน้ำ 20 ซม. ลงสู่ถังที่ 2 ซึ่งออกแบบให้น้ำผ่านรูท่อพีวีซีที่เจาะรูกระจายน้ำเพื่อให้มีลักษณะเป็นม่านน้ำ ป้องกันไขมันและเศษอาหารลงไปในถังบำบัด และติดตั้งตะแกรงเพิ่มการกรองและป้องกันลำต้นผักตบชวาแห้งลอยเหนือน้ำ น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจะไหลออกทางช่องระบายน้ำทิ้ง ทดลองบำบัดน้ำเป็นเวลา 30 วัน (ภาพที่ 2) การติดตั้งถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่บริเวณบ้านพักคนงานแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 แผนภาพของถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่

ภาพที่ 3 ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ติดตั้งใต้อ่างล้างจานในบ้านพักคนงานก่อสร้าง

3. การเก็บตัวน้ำตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างน้ำเข้าและออกจากถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่แบบทุก 7-10 วัน ตัวอย่างน้ำเข้าเก็บก่อนน้ำไหลเข้าจากถังที่ 1 ส่วนน้ำตัวอย่างออกจะเก็บหลังออกจากถังที่ 2 เก็บน้ำ ประมาณ 5 ลิตร เก็บรักษาน้ำตัวอย่างในกล่องควบคุมอุณหภูมิที่ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์น้ำตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการ บริษัท โกลบอล ยูทิลิตี้ เซอร์วิส จำกัด โดยพารามิเตอร์และมีวิธีการวิเคราะห์ตามวิธี Standard Methods for The Examination of water and Waste (APHA, 2005) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ที่ใศึกษาและเครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์
1. ความเป็นกรด-ด่าง	เครื่อง pH meter ที่สามารถอ่านค่าได้อย่างน้อยทศนิยม 1 ตำแหน่ง
2. ของแข็งแขวนลอย (มก./ลิตร)	อบแห้งที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส กรองผ่านกระดาษกรองใยแก้ว
3. บีโอดี (มก./ลิตร)	Dilution Method ใช้วิธีการ Azide Modification ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วันติดต่อกัน
4. ไขมันและน้ำมัน (มก./ลิตร)	วิธีสกัดด้วยกรวยแยก (Partition Gravimetric Method)

ผลการวิจัย

ประสิทธิภาพถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ตัวดูดซับจากลำต้มผักตบชวาแห้ง เพื่อใช้บำบัดน้ำเสียจากบ้านพักคนงานก่อสร้าง โดยติดตั้งใต้อ่างล้างจาน เก็บตัวอย่างน้ำเข้า-ออกจากถังบำบัด วิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ได้ผลการศึกษาดังนี้

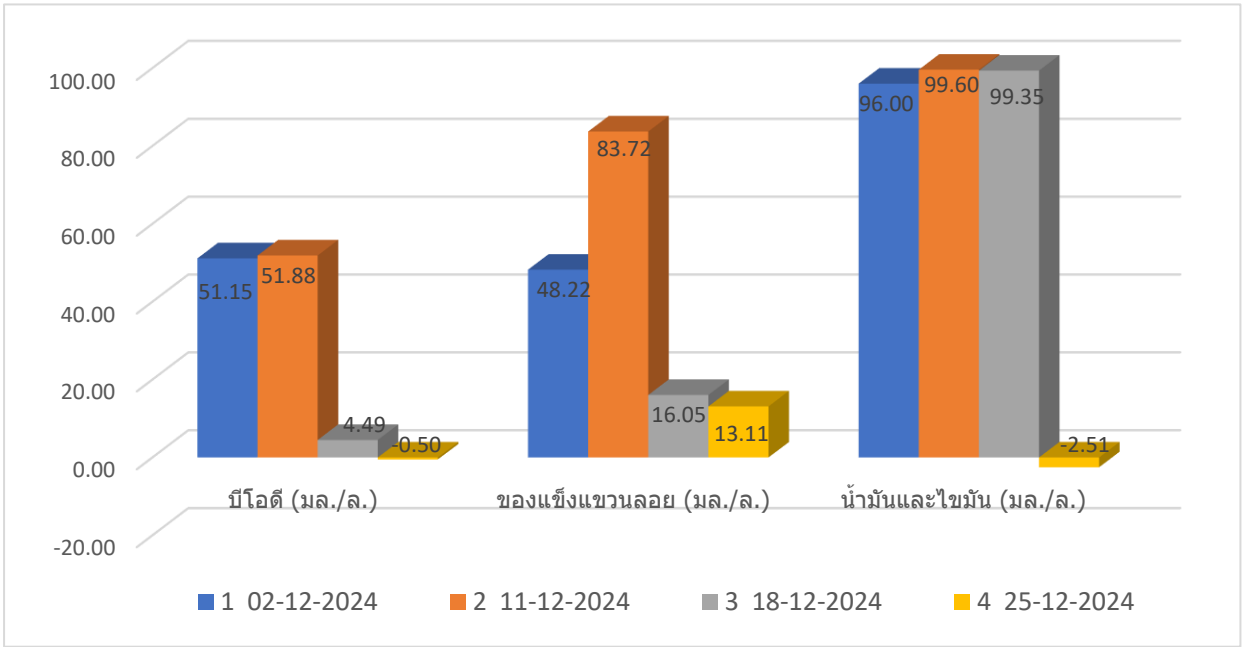
1. คุณภาพของน้ำเสียขาเข้าก่อนบำบัดและขาออกหลังการบำบัด ความเป็นกรด-ด่าง ของน้ำเข้าอยู่ในช่วง5.2-5.9 ความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านการบำบัด 100 ±0.00 บีโอดี ของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 199.0-786.0 มิลลิกรัมต่อลิตร บีโอดีเฉลี่ยของน้ำที่ผ่านการบำบัด 40.44 ± 27.40 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอยของน้ำเข้า อยู่ในช่วง 61.0-952.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ของแข็งแขวนลอยเฉลี่ยของน้ำของน้ำที่ผ่านการบำบัด 62.99

± 61.30 มิลลิกรัมต่อลิตร และไขมันและน้ำมันของน้ำเข้าอยู่ในช่วง 75.8-5,943.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่าเฉลี่ยไขมันและน้ำมันของน้ำที่ผ่านการบำบัด 97.80 ± 50.67 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณภาพน้ำเสียเข้าและออกจากถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ลำต้นผักตบชวาแห้งเป็นตัวดูดซับ

ลำดับ	วันที่	กรด-ด่าง		บีโอดี (มล./ล.)		ของแข็งแขวนลอย (มล./ล.)		น้ำมันและไขมัน (มล./ล.)	
		(ก่อน)	(หลัง)	(ก่อน)	(หลัง)	(ก่อน)	(หลัง)	(ก่อน)	(หลัง)
1	02-12-2024	5.7	6.0	786	384	873	452	2,650	106
2	11-12-2024	5.2	5.5	746	359	952	155	5,943	23.8
3	18-12-2024	5.7	5.8	245	234	81	68	1,078	7.0
4	25-12-2024	5.9	5.8	199	200	61	53	75.8	77.7

2. ประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ลำต้นผักตบชวาแห้งเป็นตัวดูดซับ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือน

วิจารณ์ผลการวิจัย

คุณภาพของน้ำเสียเข้าถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ เปลี่ยนแปลงในแต่ละวันขึ้นอยู่กับกิจกรรมต่างๆ ในการใช้น้ำของครัวเรือน ภายในที่พักคนงานก่อสร้าง โดย บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ค่าไขมันและน้ำมัน ส่วนใหญ่มาจากการปนเปื้อนเศษอาหาร ไขมันและน้ำมันมาจากการประกอบอาหารจัดเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ยาก ประสิทธิภาพการบำบัด บีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไขมันและน้ำมัน โดยถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ โดยใช้ตัวดูดซับจากวัสดุธรรมชาติด้วยผักตบชวา พบว่ามีประสิทธิภาพบำบัดอยู่ระหว่างร้อยละ 40.44-99.60 คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งจาก ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด พ.ศ. 2567 ประเภทอาคารที่อยู่อาศัย สำหรับลูกจ้างประเภทกิจกรรมก่อสร้าง (ตามมาตรฐานควบคุมน้ำทิ้งจากอาคาร ประเภท ง.) อย่างไรก็ตามการบำบัดบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไขมันและน้ำมัน มีประสิทธิภาพค่อนข้างสูง โดยเฉพาะการกำจัดน้ำมันและไขมันออกจากน้ำเสีย เมื่อนำลำต้นผักตบชวาแห้งใช้เป็นตัวดูดซับ ซึ่งเป็นการนำพืชที่มีความสามารถในการดูดซับทั้งสารมลพิษอินทรีย์และอนินทรีย์ วิเชียรเพ็ชร หนมหอม (2566) และผักตบชวาแบบแห้งมีน้ำหนักเบาภายในมีรูพรุนขนาดใหญ่จึงดูดซับน้ำมันและไขมัน และไม่มีน้ำในโพรงที่ขัดขวางการดูดซับน้ำมัน ทำให้บรรจุน้ำมันในโพรงได้ปริมาณมาก ส่งผลให้ผักตบชวาแบบแห้งดูดซับน้ำมันได้ดี ไพศาล วัฒนกรสิริ (2561) และ ผักตบชวาบำบัดน้ำมันและไขมันได้ รติกร แสงห้าว และคณะ (2555) เนื้อเยื่อของลำต้นผักตบชวาแห้งยังสามารถกรองของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียให้ยึดติดกับรูพรุนของลำต้นผักตบชวา เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ รวมถึงถังใบที่สองมีการออกแบบให้น้ำผ่านรูท่อพีวีซีเจาะรูระบายเพื่อทำเป็นม่านน้ำ ป้องกันไขมันและเศษอาหารลงไปในถังและมีแผ่นตะแกรงเพื่อกรองอีกชั้นหนึ่งก่อนจะบำบัดด้วยบลำต้นผักตบชวาแห้ง การที่ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่กำจัด บีโอดี และของแข็งแวนลอยมีประสิทธิภาพต่ำกว่าประสิทธิภาพการกำจัดไขมัน อาจเนื่องจากไขมันที่บรรจุเต็มภายในโพรงลำต้นผักตบแห้ง ขัดวางการกรองของแข็งแขวนลอยและการดูดซับสารอินทรีย์ เพื่อให้จุลินทรีย์ตามธรรมชาติย่อยสารอินทรีย์ รวมถึงลำต้นผักตบชวาแห้งเป็นสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้เช่นกัน จึงอาจเพิ่มของแข็งแขวนลอยและบีโอดีในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด นอกจากนั้นถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ยังมีราคาที่ถูกกว่าถังดักไขมันสำเร็จรูปอีกด้วย การสร้างถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่มีขนาด 50 ลิตร 2 ถังมีค่าใช้จ่ายประมาณ 500-800 บาท เทียบกับถังดักไขมันสำเร็จรูปปริมาตร 50 ลิตร มีค่าใช้จ่ายประมาณ 3,000-3,500 บาท บุญส่ง ไข่เกษ และคณะ (2554) และถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ยังกำจัดพารามิเตอร์อื่นๆ ในน้ำเสียเพิ่มเติมจากการกำจัดน้ำมัน

ข้อจำกัดในงานวิจัยนี้ คือ ไม่สามารถควบคุมปริมาณไขมันที่เข้าสู่ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ได้ เนื่องจากการปรุงอาหารแต่ละครั้งผู้ปรุงอาหารที่ใช้ปริมาณไขมันไม่เท่ากัน และประสิทธิภาพของถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ขึ้นกับระยะเวลาการเก็บกัก การเพิ่มระยะเวลาการกักเก็บจะเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย อย่างไรก็ตามระยะเวลาเก็บกักประมาณ 6 ชั่วโมง ของถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ในการทดลองนี้ทำให้ชั้นของไขมันและน้ำมันแยกออกจากน้ำได้ดีและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ทำให้น้ำเสียที่ไหลออกจากถังใบที่ 2 มีไขมันและน้ำมันใน

ปริมาณที่น้อย ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง และลดปริมาณขยะและรักษาสิ่งแวดล้อมเนื่องจากตัวถังทำมาจากวัสดุเหลือใช้

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงการพัฒนาถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ตัวดูดซับจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งมีประสิทธิภาพการกำจัดไขมันและน้ำมันโดยใช้ตัวดูดซับจากวัสดุธรรมชาติด้วยผักตบชวา ในน้ำเสียจากครัวเรือน มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ก่อนการบำบัดเฉลี่ย 5.6 หลังการบำบัดเฉลี่ย 5.8 ประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 100 ค่าบีโอดี ก่อนการบำบัดเฉลี่ย 494.0 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการบำบัดเฉลี่ย 294.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 40.44 ค่าของแข็งแขวนลอย ก่อนการบำบัดเฉลี่ย 491.8 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการบำบัดเฉลี่ย 182.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 62.99 และค่าน้ำมันและไขมัน ก่อนการบำบัดเฉลี่ย 2,436.7 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังการบำบัดเฉลี่ย 53.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 97.80 พบว่ามีประสิทธิภาพบำบัดอยู่ระหว่างร้อยละ 40.44-100 จากประสิทธิภาพของภังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยการดูดซับด้วยผักตบชวา โดยค่าไขมันและน้ำมัน ของแข็งแขวนลอย และบีโอดี มีแนวโน้มลดลงของการบำบัดน้ำจากการพัฒนาภังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ตัวดูดซับด้วยผักตบชวาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะเห็นได้จากผลการประเมินคุณภาพน้ำเข้าและน้ำออกก่อนและหลังเข้ากระบวนการดักไขมัน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยศึกษา การบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนและร้านจำหน่ายอาหารโดยการประยุกต์ใช้ ภังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ร่วมกับวัสดุธรรมชาติท้องถิ่น พบว่ามีความคล้ายคลึงในแง่การประสิทธิภาพของภังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยการดูดซับด้วยผักตบชวา โดยค่าไขมันและน้ำมัน ของแข็งแขวนลอย และบีโอดี มีแนวโน้มลดลงของการบำบัดน้ำจากการพัฒนาภังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่โดยใช้ตัวดูดซับด้วยผักตบชวาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อังศุมา ก้านจักร (2565) การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้วัสดุที่มีรู พรุนนาโนเทคโนโลยีธรรมชาติ พงษ์ธิพันธ์ ผึ่งผาย (2561) พบว่า ผลการวิจัยพบว่า วัสดุที่มีรูพรุนนาโนธรรมชาติที่สามารถดูดซับคราบน้ำมันทุกประเภทได้เป็นอย่างดี คือ กาบมะพร้าว และผักตบชวา ดังนั้น ผลการวิจัยครั้งนี้จึงมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้ตัวดูดซับจากวัสดุธรรมชาติด้วยผักตบชวา ดังนั้นจะเห็นได้ว่าผักตบชวาเป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในภังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ในระดับครัวเรือน เพื่อลดการปนเปื้อนในน้ำเสียและลดการเกิดมลพิษในแหล่งน้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารและหน่วยงานต้นสังกัดที่สนับสนุนข้อมูลที่เป็นเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์สุนทรี ขุนทอง และผู้ให้คำปรึกษาทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำสนับสนุนจนทำการศึกษาวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

วีระ ตั้งชวาล. (มปป). เคมีของน้ำและการบำบัดน้ำเสีย. กรุงเทพฯ. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ระภีพร สามารถ. (มปป). การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สถาบันราชภัฏพระนคร. กรุงเทพฯ.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม. 2542. เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม โรงพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. เล่ม 1. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กุลธิดา บรรจงศิริ. 2547. แนวทางการปรับปรุงคุณภาพน้ำอัน เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารร่มไทรทอง.ปีที่ 13(4): 14-20.

วัชพืช. 2550. แหล่งข้อมูล: http://www.rspg.thaigov.net. ค้นเมื่อ 11 มกราคม 2550.

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. แนวทางการจัดการน้ำมันและไขมันในบ่อดักไขมันและการนำไปใช้ในร้านอาหาร. แหล่งข้อมูล: https://www.pcd.go.th/publication/4377. ค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2563.

ศิริพร พงศ์สันติสุข. 2551. การกำจัดคราบไขมันในน้ำโดยใช้วัสดุธรรมชาติเป็นตัวดูดซับ. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

ยุทธพงษ์ วงศ์จงใจหาญ. 2554. การใช้ดอกธูปฤาษีดูดซับน้ำมันและนำกากที่ได้ไปผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา).บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

สุธีลา ตุลยะเสถียร และคณะ. 2554. มลพิษสิ่งแวดล้อม. อมรการ พิมพ์, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1.

บุญส่ง ไข่เกษ และคณะ. 2554. ประสิทธิภาพของถังดักไขมันจากวัสดุรีไซเคิลในการบำบัดน้ำเสียในชุมชนซอยโซดา กรุงเทพมหานคร. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม 7(1): 30-42.

ธิดา วิเชียรเพชร. 2554. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันในน้ำเสียชุมชนโดยใช้ดอกธูปฤาษี. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

จักรพันธุ์ ปัญจะสุวรรณ. 2555. การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1.

รติกร แสงห้าว และคณะ. 2555. การดูดซับน้ำมันแขวนลอยโดยใช้ชานอ้อยและชานอ้อยดัดแปลง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 31(4): 354-362.

สมบัติ ผ่องประเสริฐ. 2555. การดูดซับน้ำมันแขวนลอยโดยใช้ชานอ้อยและชานอ้อยดัดแปลง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม 31(4): 354-362.

วิทยา คงแหลม. 2555. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันจากร้านจำหน่ายอาหารด้วย Pseudomonas fluorescens. วิทยานิพนธ์ สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (อนามัย สิ่งแวดล้อม).บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วินัย วีระวัฒนานนท์. 2555. มนุษย์ สิ่งแวดล้อมและการพัฒนา. สำนักพิมพ์ โรงพิมพ์ชุมชน พิมพ์ครั้งที่ 3. สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

ศักดิ์สิทธิ์ ศรีวิชัย. 2555. มะพร้าว. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ.

ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์. 2555. การป้องกันและควบคุมมลพิษ. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์. กรุงเทพฯ.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี และ วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. 2556. วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน. สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ.พิมพ์ครั้งที่ 16.

พงษ์ธิพันธ์ ผึ่งผาย. 2561 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับคราบน้ำมันโดยใช้วัสดุที่มีรู พรุนนาโนเทคโนโลยีธรรมชาติ. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสาส์น ปีที่ 40 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2561: 38-49.

ไพศาล วัฒนกรสิริ. 2561. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดูดซับของสารกระจายน้ำมันที่รั่วไหลโดยใช้วัสดุที่มีรูพรุนตามธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีนาโน Koch Cha Sarn Journal of Science 40(1): 38-49.

อังศุมา ก้านจักร. 2565. การบำบัดน้ำเสียจากครัวเรือนและร้านจำหน่ายอาหารโดยการประยุกต์ใช้ ถังบำบัดน้ำเสียแบบเคลื่อนที่ร่วมกับวัสดุธรรมชาติท้องถิ่น วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

วิเชียรเพ็ชร หนมหอม. 2566. ประสิทธิภาพการกำจัดน้ำมันในน้ำเสียโดยใช้ Typha angustifolia Linn. น. 607-614. ใน: เอกสารการประชุมประจำปีครั้งที่ 41 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: วิทยาศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติ และเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม กรุงเทพฯ, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

APHA. 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. American Public Health Association, Washington, DC.

การวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติในคลังสินค้าจัดเก็บยางเครื่องบิน ด้วยโปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย PyroSim

Performance Analysis of the Automatic Sprinkler Systems in the Aircraft Tire Warehouse with PyroSim Fire Dynamics Simulation

นางสาวณัฐติกุล เขียวคำปัน[1*] และ ผศ.ดร. สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[1]

Nattikun Khiaokhampan[1*] and Asst.Prof.Dr. Supat Patvichaichod[1]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

199 Moo 6, Sukhumvit Road, Tung Sukla, Sri Racha, Chon Buri, 20230

*Corresponding author E-mail: Nattikun.k@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังสินค้าจัดเก็บยางเครื่องบินของสถานประกอบการแห่งหนึ่งในจังหวัดชลบุรีซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 2,700 ตารางเมตร สูง 10 เมตร แต่เนื่องจากการทดสอบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งจริงนั้นกระทำได้ยาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัย มาทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงโดยกำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ไว้ 3 สถานการณ์ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่ข้างผนังอาคารจัดเก็บคลังสินค้า เกิดประกายไฟกระเด็นไปติดยางเครื่องบินที่จัดเก็บในชั้นวาง และไฟได้ลุกไหม้ขึ้น สถานการณ์ที่ 2 เพลิงไหม้ที่ห้องเก็บของโรงงานซึ่งอยู่บริเวณชั้นลอยของอาคารคลังสินค้า เกิดไฟลุกไหม้ทั่วห้องจนกระทั่งลุกลามออกมาบริเวณนอกห้องและไหม้ยางเครื่องบินที่จัดเก็บในอาคารคลังสินค้า และสถานการณ์ที่ 3 เกิดไฟไหม้ถังขยะภายในอาคารคลังสินค้า เนื่องจากพนักงานแอบสูบบุหรี่และทิ้งก้นบุหรี่ลงในถังขยะพลาสติก จนไฟลุกลามออกมายังพื้นที่คลังสินค้าที่มีการจัดเก็บยางเครื่องบิน จากผลการวิจัยสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ทั้งหมดพบว่าสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินแห่งนี้มีแนวโน้มที่จะระงับเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นได้ และยังควบคุมอุณหภูมิของเพลิงไหม้ไม่ให้เกินอุณหภูมิทนไฟของเหล็กที่ใช้เป็นคานรับน้ำหนักส่วนบนของอาคารตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งเป็นสาเหตุของการพังทลายของโครงสร้างหลังคา

คำสำคัญ : หัวกระจายน้ำดับเพลิง ทดสอบสมรรถนะ คลังสินค้า โปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย

Abstract

This research focuses on studying the performance of the sprinkler system installed in a warehouse used for storing aircraft tires, located in Chonburi province. The warehouse has an approximate area of 2,700 square meters and a height of 10 meters. Due to the difficulty of testing the actual sprinkler system on-site, the researcher employed a computer program designed for fire dynamics simulation to evaluate the system's performance. The study was conducted under three fire scenarios as follows, Scenario 1 A short circuit occurs in the electrical control panel of the solar panel system located against the warehouse wall. Sparks ignite the aircraft tires stored on racks, leading to a fire outbreak. Scenario 2 A fire at the storage room on the mezzanine floor of the warehouse, where the fire spreads throughout the room and eventually reaches the aircraft tires stored in the warehouse. Scenario 3 A fire in a trash bin inside the warehouse, caused by an employee discarding a cigarette butt into a plastic trash bin, leading to the fire spreading to the area where aircraft tires are stored. The results from all fire scenarios indicate that the performance of the sprinkler system installed in the aircraft tire storage warehouse is likely effective in suppressing the fire incidents. Additionally, the system helps control the fire temperature, ensuring it does not exceed the fire resistance threshold of the steel beams supporting the building's upper structure, in accordance with ASTM E119 standards. This is crucial for preventing the collapse of the roof structure.

Keywords : Fire sprinkler, Performance testing, Warehouse, PyroSim

บทนำ

อัคคีภัย เป็นภัยร้ายแรง ที่ไม่พึงปรารถนาสำหรับทุกคน เนื่องจากผลของการเกิดภัยดังกล่าวนี้นำมาซึ่งความสูญเสียทั้งต่อชีวิต ทรัพย์สิน และสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันพบว่าสถานประกอบการส่วนใหญ่มีการดำเนินการด้านการป้องกันและระงับอัคคีภัยให้สอดคล้องตามกฎหมายเช่น จัดทำแผนป้องกัน ระงับอัคคีภัยและฝึกกซ้อมดับเพลิงการอบรมลูกจ้างให้มีความรู้เกี่ยวกับอัคคีภัย การติดตั้งระบบสัญญาณแจ้งเหตุอัตโนมัติและการติดตั้งระบบระงับอัคคีภัยอัตโนมัติ เพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น

จากข้อมูลสรุปสถิติการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรมประจำปี พ.ศ. 2565 (มกราคม - ธันวาคม 2565) พบว่ามีสาเหตุที่เกิดมาจากอัคคีภัย จำนวนทั้งสิ้น 81 ครั้ง ซึ่งถือว่าเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ของการเกิดอุบัติเหตุคิดเป็น 76% โดยเมื่อนำมาแบ่งกลุ่มประเภทอุตสาหกรรมที่มีสถิติการเกิดอัคคีภัยเป็น 8 กลุ่ม พบว่ากลุ่มประเภทอุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการเกี่ยวกับพลาสติก โฟม กระดาษ และยาง มีสถิติการเกิดอัคคีภัยสูง

เป็นลำดับที่ 1 โดยเกิดขึ้นทั้งสิ้นจำนวน 26 ครั้งในปี 2565 (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2564) จากสถิติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพและศักยภาพของระบบที่ใช้ระงับเหตุเพลิงไหม้ที่ยังไม่เพียงพอ หรือการติดตั้งที่ไม่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของพื้นที่ที่เปลี่ยนไปจนอาจเป็นที่มาของการเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ไม่สามารถจะควบคุม หรือระงับเหตุได้ทัน ส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียตามมาอย่างมหาศาลทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน (กฤตธกร, 2560)

ทั้งนี้สถานประกอบการที่มีการติดตั้งระบบดับเพลิงจึงจำเป็นต้องมีการประเมินและตรวจสอบระบบระงับเหตุเพลิงไหม้ของตนเองเพื่อให้ทราบถึงสมรรถนะ และขีดความสามารถสูงสุดในการระงับเหตุเพลิงไหม้หากเกิดสถานการณ์ฉุกเฉินขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานประกอบการอย่างโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตสินค้าเก็บสะสมไว้ในคลังสินค้าก็เปรียบเสมือนมีเชื้อเพลิงสะสมไว้ หากมีเหตุเพลิงไหม้เกิดขึ้น และระบบที่ใช้ในการระงับเหตุเพลิงไหม้ไม่ครอบคลุม หรือไม่เหมาะสมกับปริมาณเชื้อเพลิงที่อยู่ในพื้นที่ ก็อาจทำการระงับเหตุเพลิงไหม้ไม่ทันทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรงตามมา (กฤตธกร, 2560)

ในอุตสาหกรรมการผลิตยางหล่อดอกอากาศยานที่ผู้วิจัยปฏิบัติงานอยู่ปัจจุบันก็เช่นกันมีการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ยางเครื่องบินเพื่อเตรียมส่งมอบให้กับลูกค้าในอาคารจัดเก็บสินค้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งแน่นอนว่ามีความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดเพลิงไหม้ที่มีความรุนแรงจนไม่สามารถระงับเหตุได้ และเนื่องจากการควบรวมธุรกิจของบริษัทได้ย้ายฐานการผลิตจากประเทศฮ่องกงมาที่ประเทศไทย ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้นหลายเท่าตัว ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีการจัดเก็บในคลังสินค้าสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงการใช้งานของพื้นที่จากเดิมเป็นพื้นที่สำหรับกระบวนการผลิต ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ดังกล่าวให้เป็นพื้นที่คลังสินค้า โดยไม่ได้มีการทวนสอบมรรถนะและขีดความสามารถของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงนับตั้งแต่การออกแบบก่อสร้างจนถึงปัจจุบัน

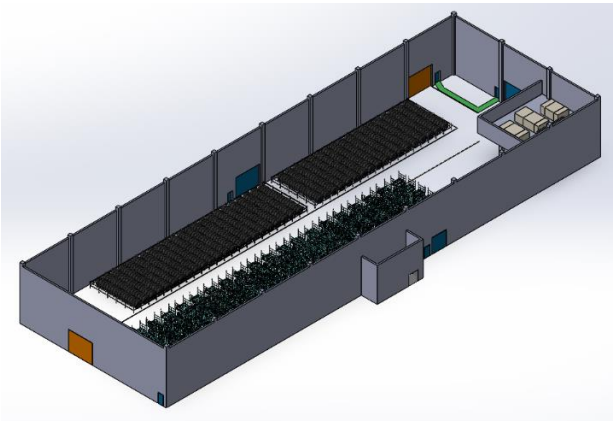
ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงตั้งข้อสังเกตว่าหากสถานประกอบการไม่มีการทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงภายในอาคารคลังสินค้า จะทำให้บริษัทไม่สามารถทราบได้เลยว่าระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติที่มีการติดตั้งอยู่ปัจจุบันเพียงพอหรือไม่

จากปัญหาที่กล่าวไว้ข้างต้น จึงเป็นที่มาของความสนใจในการศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังสินค้า โดยใช้โปรแกรม PyroSim ในการศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) ศึกษาลักษณะทั่วไปของอาคารคลังสินค้าจัดเก็บยางเครื่องบิน ทำการศึกษาลักษณะอาคาร เป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่สำหรับจัดเก็บผลิตภัณฑ์ยางเครื่องบิน ถูกวางบนพาเลทซึ่งเป็นวัสดุที่ทำมาจากเหล็ก พื้นที่จัดเก็บยางเครื่องบิน เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กขนาดกว้าง 30 เมตร ยาว 90 เมตร สูง 10 เมตร หลังคาเมทัลชีท ลักษณะโครงหลังคาโล่ง ไม่มีฝ้า เพดาน อาคารก่อสร้างในปี 2553 ถูกเป็นพื้นที่สำหรับกระบวนการผลิต ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ดังกล่าวให้เป็นพื้นที่คลังสินค้า โดยไม่ได้มีการทวนสอบมรรถนะและขีดความสามารถของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง

2) สร้างแบบแปลนจำลองอาคารจัดเก็บยางเครื่องบิน ที่จะใช้ในการจำลองเหตุการณ์ โดยอ้างอิง จากแบบแปลนของอาคารคลังสินค้าซึ่งเป็นแบบ 2 มิติ ผู้วิจัยได้ทำการเขียนขึ้นมาใหม่เป็นแบบ 3 มิติในโปรแกรม SOLIDWORKS และนำแบบแปลน 3 มิติที่สร้างได้ป้อนเข้าไปในโปรแกรม PyroSim เพื่อสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัยต่อไป เพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามวัตถุประสงค์ในงานวิจัย

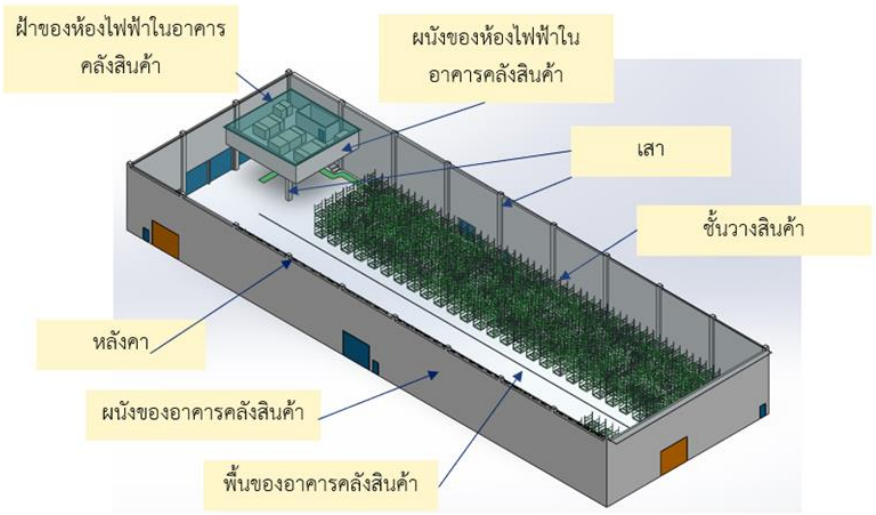


ภาพที่ 1 แบบแปลนอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินที่ทำการศึกษาแบบ 3 มิติ

3) กำหนดชนิดของวัสดุในโปรแกรม PyroSim จะกำหนดให้เหมือนกับลักษณะของอาคารให้เหมือนจริงมากที่สุด ซึ่งได้กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และกำหนดตำแหน่งวัสดุต่างๆของแบบจำลอง 3 มิติในโปรแกรม PyroSim ดังภาพที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดการเลือกประเภทวัสดุในโปรแกรม PyroSim

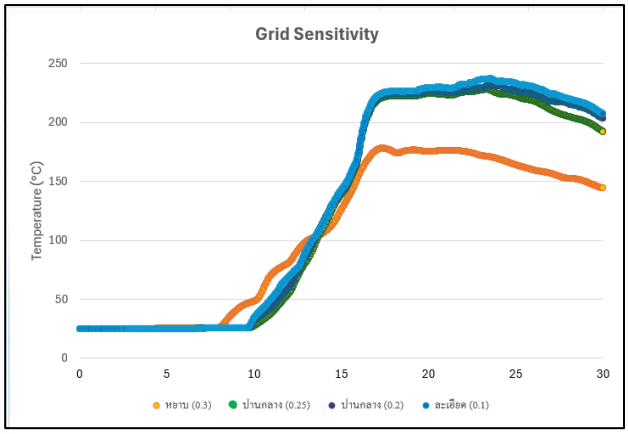
ส่วนประกอบของอาคาร	ชนิดของวัสดุ
พื้นของอาคารคลังสินค้า	CONCRETE
ผนังของอาคารคลังสินค้า	BRICK
เสา	CONCRETE
ชั้นวางสินค้า	STEEL
ผนังของห้องไฟฟ้าในอาคารคลังสินค้า	CONCRETE
ฝ้าของห้องไฟฟ้าในอาคารคลังสินค้า	GYPSUM
อาคาร	METAL SHEET



ภาพที่ 2 ตำแหน่งที่กำหนดวัสดุต่างๆของแบบจำลอง 3 มิติในโปรแกรม PyroSim

4) กำหนดขนาดกริดในแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย (Grid) เนื่องจากขนาดของกริดมีผลต่อความความละเอียดในการประมวลผลการจำลองทางด้านพลศาสตร์อัคคีภัย หากกำหนดขนาดของกริดที่ใช้ในสร้างแบบจำลองละเอียดมากเท่าไหร่ การประมวลผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นในโปรแกรม PyroSim จะมีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น แต่เวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมก็จะยิ่งเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทดสอบขนาดกริดที่เหมาะสมในการสร้างแบบจำลอง โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการประมวลผลในโปรแกรม PyroSim จากกริดที่ใช้ในแบบจำลองดังต่อไปนี้

ผลการทดสอบอุณหภูมิการเผาไหม้เทียบกับเวลา โดยมีการควบคุมค่าการปลดปล่อยความร้อน (Heat Release Rate) ของแหล่งเชื้อเพลิงในทุกรูปแบบของกริดที่ทดสอบเท่ากันทั้งหมด สามารถพิจารณาเลือกใช้ขนาดกริดที่มีเงื่อนไขคือ กริดบริเวณที่จุดที่สนใจในแบบจำลองเท่ากับ 0.25 และบริเวณนอกเหนือจากจุดที่สนใจกำหนดเท่ากับ 0.50 ซึ่งมีความเหมาะสมที่สุดเนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม PyroSim จากเงื่อนไขขนาดกริดนี้มีความใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลในการใช้ขนาดกริดที่มีความละเอียดมากที่สุดในการทดสอบ และใช้เวลาในการประมวลผลของโปรแกรมน้อยกว่าดังแสดงในภาพที่ 3



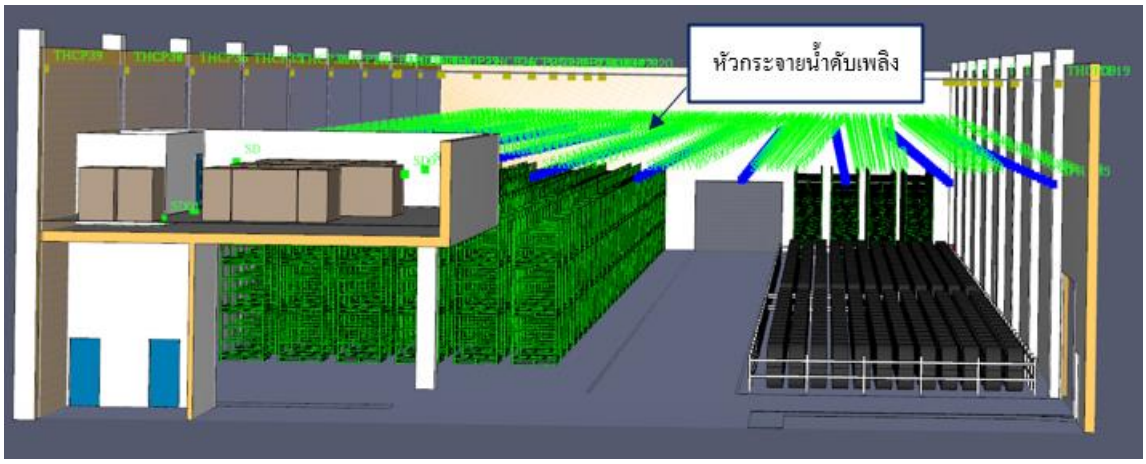
ภาพที่ 3 กราฟแสดงผลการทดสอบขนาดกริด (Grid Sensitivity)

5) กำหนดคุณสมบัติของหัวกระจายน้ำดับเพลิง และเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ ในการศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินโดยใช้แบบจำลองได้ใช้คุณสมบัติพื้นฐานที่โปรแกรม PyroSim กำหนดมาให้ซึ่งตรงกับลักษณะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Fire Sprinkler) ที่ติดตั้งอยู่จริงในอาคารที่ศึกษา และอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ของบริษัทฯที่ทำการศึกษาเป็นประเภท ระบบท่อแห้งแบบชะลอน้ำเข้า (Dry Pipe Pre-action System) ติดตั้งแบบชนิดหัวคว่ำ (Pendent) เป็นหัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบโลหะ ชนิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบ ESFR-25 (Early Suppression Fast Response) ขนาดรูออริฟิซ ¾ นิ้ว NPT หัวกระจายน้ำดับเพลิงติดใต้เพดาน Ceiling Sprinkler ดังแสดงในภาพที่ 20 และภาพที่ 21

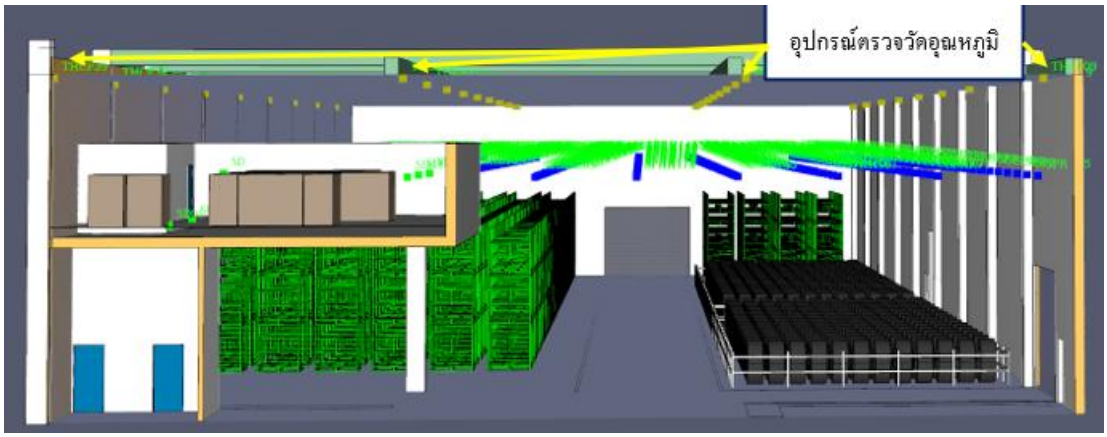
- K Factor (K) : 8 lpm/bar1/2
- Flow Rate (K/√p) : 60 L/min
- Temperature Rating : 165.2°F (74°C)

• จำนวนหัวกระจายน้ำดับเพลิง : 340 หัว



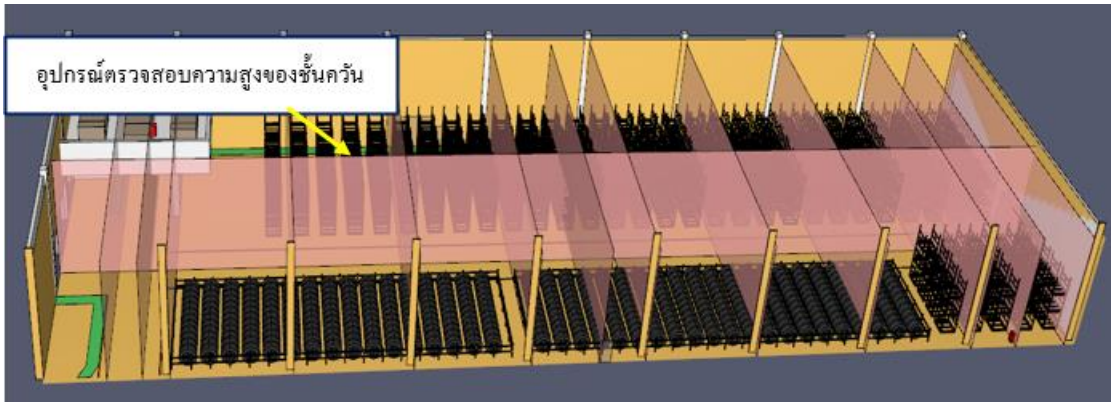
ภาพที่ 4 หัวกระจายน้ำดับเพลิงในแบบจำลอง

อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ติดตั้งในแบบจำลองบริเวณใต้คานเหล็กที่เป็นส่วนรับน้ำหนักของหลังคาอาคารห่างกัน 10 เมตร เพื่อใช้ศึกษาอุณหภูมิในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้เกินอุณหภูมิทนไฟของเหล็กที่ใช้เป็นโครงหลังคารับน้ำหนักส่วนบนของอาคาร ตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 538 องศาเซลเซียส ว่ามีผลต่อความแข็งแรงของคานเหล็กรับน้ำหนักโครงสร้างของอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินแห่งนี้หรือไม่ โดยกำหนดตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิในแบบจำลองดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิในแบบจำลอง

ตรวจสอบความสูงของชั้นควัน (Slice plans) ติดตั้งตามแนวคานเหล็ก, แนวประตูทางออกและจุดเกิดเพลิงไหม้ ตามแนวแกน X และแกน Y สำหรับพิกัดการติดตั้ง Slice plans ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 อุปกรณ์ตรวจสอบความสูงของชั้นควันในแบบจำลอง

6) กำหนดเหตุการณ์การเกิดเพลิงไหม้ในอาคารคลังสินค้า ในการทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทางผู้วิจัยได้กำหนดสถานการณ์ในการเกิดเพลิงไหม้อาคารคลังสินค้าจัดเก็บยางเครื่องบินในกรณีต่างๆ ซึ่งประยุกต์ใช้หลักการ Fire Safety Concept Tree โดยพิจารณาเลือกสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงมากที่สุดและสามารถเกิดขึ้นได้จริงในคลังสินค้าที่ทำการศึกษา เพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะการทำงานของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในสถานการณ์การเกิดเหตุเพลิงไหม้ โดยผู้วิจัยได้ทำการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้ผ่านโปรแกรม PyroSim 3 สถานการณ์ ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าแผง Solar cell ที่อยู่ข้างผนังอาคารจัดเก็บคลังสินค้า เกิดประกายไฟกระเด็นไปติดยางเครื่องบินที่จัดเก็บในชั้นวาง และไฟได้ลุกไหม้ขึ้น โดยกำหนดอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้ 3,000 kW/m2

สถานการณ์ที่ 2 เพลิงไหม้ที่ห้องเก็บของโรงงาน ซึ่งอยู่บริเวณชั้นลอยของอาคารคลังสินค้า เกิดไฟลุกไหม้ทั่วห้องจนกระทั่งลุกลามออกมาบริเวณนอกห้อง โดยกำหนดอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้ 3,000 kW/m2

สถานการณ์ที่ 3 เกิดไฟไหม้ถังขยะภายในอาคารคลังสินค้า เนื่องจากพนักงานแอบสูบบุหรี่และทิ้งก้นบุหรี่ลงในถังขยะพลาสติก จนไฟลุกลามออกมายังพื้นที่คลังสินค้าที่มีการจัดเก็บยางเครื่องบิน ซึ่งวางอยู่ในพาเลทชั้นล่างสุด ทำให้หัวกระจายน้ำดับเพลิงดับได้ไม่ทั่วถึง โดยกำหนดอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้ 300 kW/m2

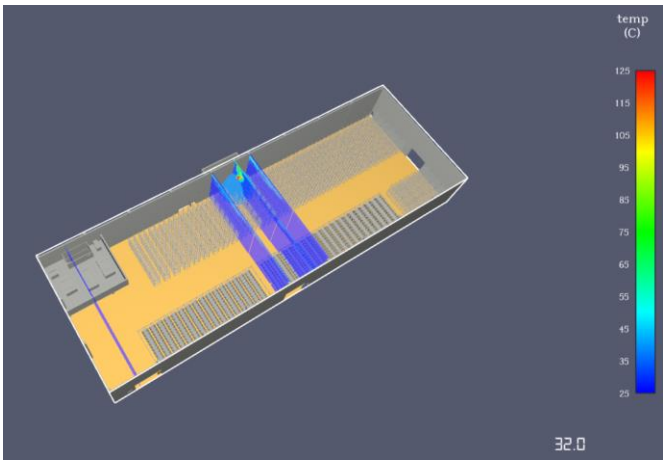
7) ตรวจสอบการพังทลายของโครงสร้างส่วนบนของอาคารจากเหตุการณ์เพลิงไหม้ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในการระงับเหตุเพลิงไหม้ รวมถึงการควบคุมอุณหภูมิในพื้นที่เกิดเหตุไม่ให้สูงเกินกว่าอุณหภูมิทนไฟของคานเหล็กขนาดความหนา 1 นิ้ว ซึ่งเป็นขนาดที่ใช้ในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินที่ใช้ศึกษาซึ่งทำหน้าที่ในการรับน้ำหนักของโครงสร้างส่วนบนของอาคาร และเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความวิบัติในระหว่างที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ เนื่องจากเป็นอันตรายต่อผู้ที่ทำหน้าที่ในการระงับเหตุถ้ามีสถานการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นจริงได้ ซึ่งใช้วิธีการทดสอบโดยป้อนคำสั่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) บริเวณคานเหล็กรับน้ำหนัก หลังคาอาคารในแบบจำลอง และเปรียบเทียบกับอุณหภูมิทนไฟของเหล็กซึ่งมีค่าเท่ากับ 593 องศาเซลเซียสตามที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน ASTM E119

ผลการวิจัย

หลังจากที่ได้สร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัยของอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน และระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคารเพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบ โดยกำหนดลักษณะการเกิดเหตุเพลิงไหม้ออกเป็นทั้งหมด 3 เหตุการณ์ และเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ทั้งสิ้น 1,800 วินาที ผลการทดสอบที่ได้จากการประมวลผลของโปรแกรม PyroSim สามารถสรุปได้ดังนี้

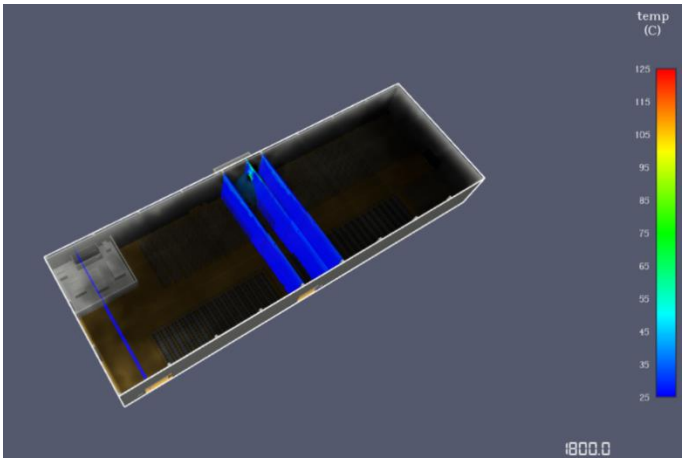
1. ผลการจำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามสถานการณ์การเกิดเหตุแบบที่ 1 ด้วยโปรแกรม PyroSim

สถานการณ์ที่ 1 หลังจากที่ประกายไฟกระเด็นไปติดยางเครื่องบินที่จัดเก็บในชั้นวาง เพลิงได้ลุกไหม้ยางที่เก็บอยู่บนชั้นวางสินค้าควันไฟได้เริ่มแพร่กระจายออกไปค่อยๆทั่วบริเวณพื้นที่ของอาคาร และเปลวไฟได้เริ่มลุกไหม้พาเลทที่วางยางเครื่องบินในชั้นวางสินค้าชั้นล่างสุดและลามไปผลิตภัณฑ์ยางเครื่องบินด้านบน และด้านข้างของจุดเกิดเหตุเพลิงไหม้เมื่อระยะเวลาผ่านไป 32 วินาที ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงเริ่มทำงานเพื่อดับเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น

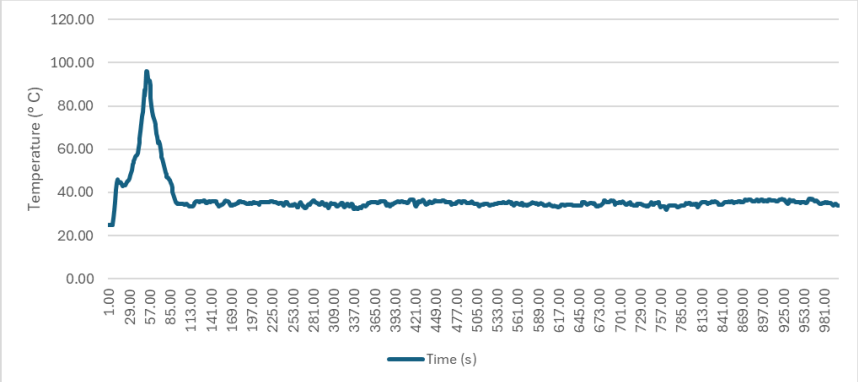


ภาพที่ 7 การเกิดเพลิงไหม้ตามสถานการณ์ที่ 1 ที่เวลา 32 วินาที (ปิดการแสดงควัน)

จนกระทั่งระยะเวลาผ่านไป 1,800 วินาทีนับตั้งแต่เริ่มเกิดเหตุเพลิงไหม้ ควันไฟได้ปกคลุมทั่วทั้งพื้นที่ ดังที่แสดงในภาพที่ 8 อาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน แต่อุณหภูมิภายในอาคารได้ลดต่ำลงซึ่งสามารถอ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้บริเวณคานเหล็กที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาของอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินซึ่งใกล้กับแหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีแนวโน้มที่สามารถระงับเหตุเพลิงไหม้ได้โดยพิจารณาได้จากกราฟอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ ดังที่แสดงในภาพที่ 9



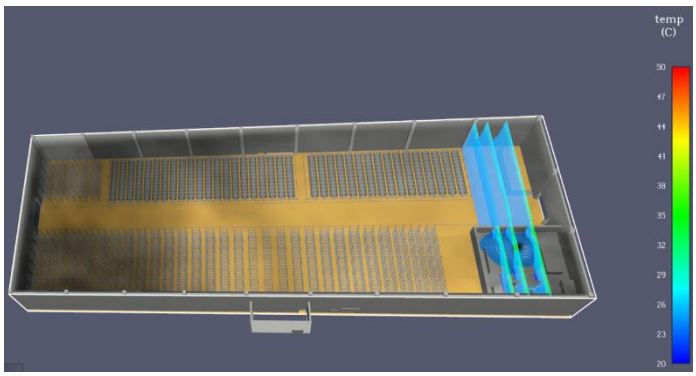
ภาพที่ 8 การเกิดเพลิงไหม้ตามสถานการณ์ที่ 1 ที่เวลา 1,800 วินาที



ภาพที่ 9 กราฟแสดงอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กกับระยะเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินในสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้แบบที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 1,800 วินาที

2. ผลการจำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามสถานการณ์การเกิดเหตุแบบที่ 2 ด้วยโปรแกรม PyroSim

สถานการณ์ที่ 2 เพลิงได้ลุกไหม้ยางเครื่องบินที่จัดเก็บอยู่บริเวณชั้นลอยของอาคารคลังสินค้า เกิดไฟลุกไหม้ทั่วห้องจนกระทั่งลุกลามออกมาบริเวณนอกห้อง พบว่าระยะเวลาผ่านไป 383 วินาที หัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดบริเวณใต้หลังคาในคลังสินค้าเริ่มทำงาน



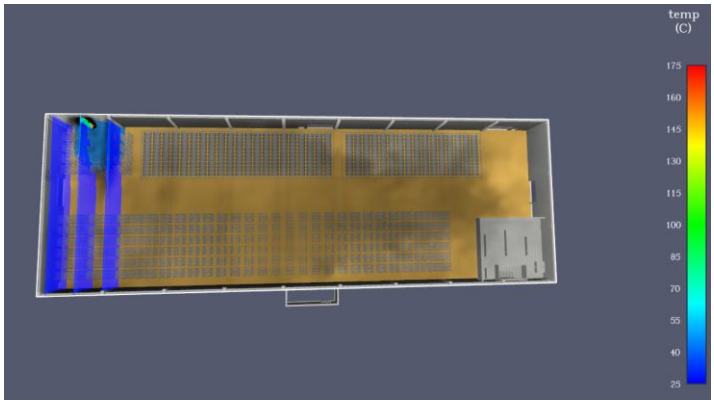
ภาพที่ 10 การเกิดเพลิงไหม้ตามสถานการณ์ที่ 2 ที่เวลา 383 วินาที

จนกระทั่งระยะเวลาผ่านไป 1,800 วินาทีนับตั้งแต่เริ่มเกิดเหตุเพลิงไหม้ ควันไฟได้ปกคลุมทั่วทั้งพื้นที่อาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน แต่อุณหภูมิภายในอาคารได้ลดต่ำลงซึ่งสามารถอ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้บริเวณคานเหล็กที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาของอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน ซึ่งใกล้กับแหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีแนวโน้มที่สามารถระงับเหตุเพลิงไหม้ได้โดยพิจารณาได้จากกราฟอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ดังที่แสดงในภาพที่ 11

ภาพที่ 11 กราฟแสดงอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กกับระยะเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินในสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้แบบที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 1,800 วินาที

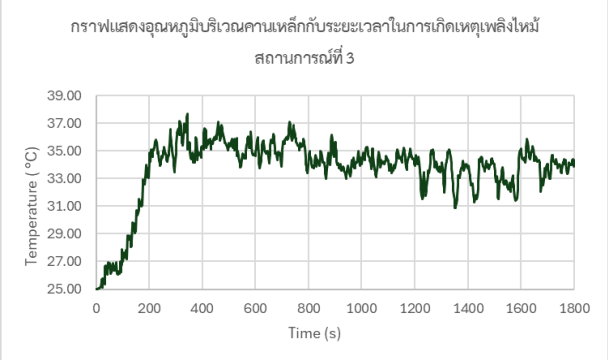
3. ผลการจำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้เพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามสถานการณ์การเกิดเหตุแบบที่ 3 ด้วยโปรแกรม PyroSim

สถานการณ์ที่ 3 หลังจากที่ก้นบุหรี่ภายในถังขยะซึ่งวางอยู่ใกล้กับชั้นเริ่มลุกไหม้อย่างช้าๆภายในถังจนกระทั่งลุกลามออกมาภายนอกถัง และไฟได้ลามไปติดกับยางเครื่องบินบนชั้นวางสินค้า เมื่อระยะเวลาผ่านไป 789 วินาที ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงเริ่มทำงานเพื่อดับเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 12 การเกิดเพลิงไหม้ตามสถานการณ์ที่ 3 ที่เวลา 789 วินาที

จนกระทั่งระยะเวลาผ่านไป 1,800 วินาทีนับตั้งแต่เริ่มเกิดเหตุเพลิงไหม้ ควันไฟได้ปกคลุมทั่วทั้งพื้นที่อาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน แต่อุณหภูมิภายในอาคารได้ลดต่ำลงซึ่งสามารถอ่านค่าได้จากอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิที่ติดตั้งไว้บริเวณคานเหล็กที่เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาของอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน ซึ่งใกล้กับแหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด แสดงให้เห็นถึงระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีแนวโน้มที่สามารถระงับเหตุเพลิงไหม้ได้โดยพิจารณาได้จากกราฟอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ดังที่แสดงในภาพที่ 13



ภาพที่ 13 กราฟแสดงอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กกับระยะเวลาในการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินในสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้แบบที่ 3 เมื่อเวลาผ่านไป 1,800 วินาที

วิจารณ์ผล

จากผลการทดสอบแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินทำให้ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ยางเครื่องบินที่จัดเก็บในอาคารแห่งนี้เกิดการติดไฟ ลุกไหม้ จนกระทั่งลุกลามจนเป็นเหตุเพลิงไหม้ที่รุนแรง ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งที่จัดวางและปริมาณยางที่จัดเก็บ

การพัฒนาของไฟในช่วงเริ่มต้นมักเกิดจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด ได้แก่ ประกายไฟที่เกิดจากการลัดวงจรของไฟฟ้าบริเวณแผงโซลาร์เซลล์ในพื้นที่ หรือก้นบุหรี่พี่ผู้ปฏิบัติงานลักลอบสูบ และทิ้งไว้ในที่ที่ไม่เหมาะสม และเป็นช่วงที่เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นระบบที่ใช้ในการระงับเหตุเพลิงไหม้อย่างหัวกระจายน้ำดับเพลิงจึงเป็นสิ่งสำคัญในการระงับ และควบคุมเหตุเพลิงไหม้ ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งจะต้องมีสมรรถนะทีเพียงพอและเหมาะสมในการระงับเหตุเพลิงไหม้ที่อาจเกิดขึ้น

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งบริเวณใต้หลังคาของอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบิน เป็นระบบที่สำคัญที่ช่วยในการระงับเหตุเพลิงไหม้ได้อย่างรวดเร็ว และควบคุมอุณหภูมิในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้สูงเกิดอุณหภูมิทนไฟของโครงสร้างเหล็กส่วนรับน้ำหนักของหลังคาอาคารเพื่อป้องกันการพังทะลาย ส่งผลทำให้สมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินที่ศึกษาโดยรวมเพียงพอในการระงับเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น

สรุปผล

ผลจากการสร้าง และทดสอบแบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัย ในการทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง และอุณหภูมิของคานเหล็กโครงหลัง ในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินที่ทำการวิจัยทั้ง 3 สถานการณ์จำลอง ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าแผงโซลาร์เซลล์ที่อยู่ข้างผนังอาคารจัดเก็บคลังสินค้า เกิดประกายไฟกระเด็นไปติดยางเครื่องบินที่จัดเก็บในชั้นวาง และไฟได้ลุกไหม้ขึ้น สถานการณ์ที่ 2 เพลิงไหม้ที่ห้องเก็บของโรงงานซึ่งอยู่บริเวณชั้นลอยของอาคารคลังสินค้า เกิดไฟลุกไหม้ทั่วห้องจนกระทั่งลุกลามออกมาบริเวณนอกห้องและไหม้ยางเครื่องบินที่จัดเก็บในอาคารคลังสินค้า และสถานการณ์ที่ 3 เกิดไฟไหม้ถังขยะภายในอาคารคลังสินค้า เนื่องจากพนักงานแอบสูบบุหรี่และทิ้งก้นบุหรี่ลงในถังขยะพลาสติก จนไฟลุกลามออกมายังพื้นที่คลังสินค้าที่มีการจัดเก็บยางเครื่องบิน โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 1,800 วินาทีเท่ากันหมดทั้ง 3 สถานการณ์ ผลปรากฏว่าสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งในอาคารคลังจัดเก็บยางเครื่องบินแห่งนี้มีแนวโน้มที่จะสามารถระงับเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นได้ในทุกสถานการณ์ที่จำลอง

เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กที่ใช้เป็นโครงสร้างหลังคาของอาคารคลังเก็บยางเครื่องบินแห่งนี้ โดยการใส่อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิลงในแบบจำลองเสมือนจริงตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย พบว่าอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กมีอุณหภูมิไม่เกินอุณหภูมิสูงสุดที่สามารถทนไฟได้สำหรับเหล็กที่ใช้ก่อสร้างเป็น

คานรับน้ำหนักในส่วนของหลังคาอาคารตามมาตรฐาน ASTM E119 ซึ่งกำหนดไว้ที่ 593 °C ทั้ง 3 สถานการณ์ นั่นหมายถึงความปลอดภัยจากการวิบัติของตัวโครงสร้างหลังคาในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ที่ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารแห่งนี้สามารถควบคุมอุณหภูมิขณะเกิดเพลิงไหม้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือสนับสนุนจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งแป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2564). สถิติการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม. แหล่งที่มา: http://reg3.diw.go.th/safety/wp-content/uploads/2023/01/acc1-12-65.pdf, 17 กันยายน 2566.

กรรณิการ์ รัตนสุนทร, ธัญญะ เกียรติวัฒน์ และ ชวลิต กิตติชัยการ. (2561). การศึกษาการระบายควันไฟในโถงสูงของอาคารห้างสรรพสินค้าโดยวิธีพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ. วิศวกรรมสาร มก 31 (106): 75-90.

กฤตธกร วัฒนดำรงสุข. (2560). การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บยางรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2563). คู่มือการป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

โกวิทย์ วงษ์กุหลาบ. 2548. การศึกษาและประยุกต์ใช้โปรแกรม Fire Dynamics Simulator เพื่อการออกแบบป้องกันการเกิดเพลิงไหม้ กรณีคลังเก็บอะไหล่รถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราพร เข็มสัมฤทธิ์. (2560). การจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยในอาคารคลังสินค้าเพื่อความปลอดภัยด้านอัคคีภัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีราภรณ์ สุดเต้. (2562). การวิเคราะห์สมรรถนะเส้นทางหนีไฟของอาคารสูงและขนาดใหญ่พิเศษ ด้วยโปรแกรม PyroSim และ Pathfinder กรณีศึกษา พื้นที่ครอบครองประเภทที่อยู่อาศัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชนก ปิติปาละ. 2548. การประยุกต์ใช้พลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อออกแบบห้องแสดงสินค้าให้ปลอดภัยจากเพลิงไหม้สำหรับร้านค้าย่อยภายในศูนย์สรรพสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชินวัฒน์ โนรี. (2562). การออกแบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง กรณีศึกษาโครงการ เดอะรูม พญาไท. สารนิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยสยาม.

ธวัชชัย สารพรรณ์ และ ชัยยากร จันทร์สุวรรณ์. (2561). การจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อการออกแบบระบบป้องกันอัคคีภัยสำหรับเครื่องล้างชิ้นงานในโรงงานอุตสาหกรรม. วิศวกรรมสาร มก 31 (106): 45-58.

ธารทิพย์ ทองมี. (2553). การออกแบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติในโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรุทธิ์ วัฒนะแสง. (2559). การจำลองการแพร่กระจายของควันไฟโดยใช้โปรแกรม Fire Dynamics Simulators กรณีศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรัชญา บุญรักษา. (2559). การศึกษาสมรรถนะการทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงในพื้นที่ครอบครองแบบอันตรายน้อยด้วยโปรแกรม FDS. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิ่นทองกรุ๊ป แมนเนจเม้นท์ แอนด์ คอนซัลแตนท์. (2564). ทฤษฎีการเกิดไฟ. แหล่งที่มา: https://www.pinthong-group.com/tab/detail.php?id=38, 17 กันยายน 2566.

เพ็ญนุราช โนนสวาท. (2561). การวิเคราะห์สมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติในคลังสินค้าด้วยการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภูวเมศวร์ หิริวัฒนาวศ์. (2552). การจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้และการอพยพ กรณีศึกษา โรงเรียนอนุบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (2556). พลศาสตร์ของไฟลเชิงคำนวณเบื้องต้น. แหล่งที่มา: http://engsut.ac.th/me/2014/document/CFD.php, 17 กันยายน 2566.

มาเฮศ ราย. (2547). การเลือกใช้หัวกระจายน้ำดับเพลิงและข้อกำหนดในการติดตั้ง. วารสารวิชาการ สมาคมเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไทย (12): 4-5.

เรืองรัตน์ ต่อไมตรี. (2551). การประยุต์ใช้พลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อใช้ในการออกแบบการจัดเก็บสารเคมีไวไฟเพื่อป้องกันการเกิดเพลิงไหม้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลลิดา จอดนอก. (2560). การจำลองเชิงตัวเลขของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง กรณีศึกษาอาคารจัดเก็บเมล็ดพลาสติก HDPE. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรมัน เฉลิมวัฒน์ และ ณัฐศักดิ์ บุญมี. (2559). การจำลองเพลิงไหม้ และการอพยพหนีไฟบนฐานผลิตน้ำมันและก๊าซธรรมชาตินอกชายฝั่งด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข. วิศวกรรมสาร มก 29 (96): 91-96.

วสุกานต์ พิธรัตน์. (2558). การประยุกต์ใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อศึกษาการอพยพหนีไฟ กรณีศึกษา: ศูนย์กระจายสินค้า บริษัทโฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิญญู สมสะอาด. (2553). โปรแกรมออกแบบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติสำหรับอาคารคลังสินค้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2549). ระบบดับเพลิงและป้องกันอัคคีภัย. ม.ป.ท.

อุษณีย์ ธำรงค์ประดิษฐ์. (2553). การศึกษาการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย และการอพยพ สำหรับศูนย์กระจายสินค้า ประเภท Dry Grocery. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Cabléab, A., K. Chetehounaa, N. Gascoina, A. Settara, K. Van Herpeb and M. Kadoche. (2019). Experimental and numerical study of sprinkler fire protection systems: Effectof initial pressure on system performance. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 60: 76-86.

Han, D., A. Krisman, Y. Gopala, X. Zhou, J. White and Y. Xin. (2023). A model-based approach to estimate sprinkler protections for warehouse storage. Fire safety journal 140: 103875.

Ingason, H. and Y.Z. Li. (2022). Fire tests with automatic sprinklers in an intermediate scale tunnel. Fire safety journal 129: 103567.

Jian-ping, Y., F. Zheng, T. Zhi and S. Jia-yun. (2011). Numerical simulations on sprinkler system and impulse ventilation in an underground car park. Procedia Engineering 11: 634-639.

Jian-qianga, W., Z. Leib and Z. Guo-qing. (2011). Performance-based Evaluation on the Logistics Warehouse. Procedia Engineering 11: 522-528.

Marshall, A.W. and M.D. Marzo. (2004). Modelling aspects of sprinkler spray dynamics in fires. Process Safety and Environmental Protection 82 (2): 97-104.

National Fire Protection Association. (2016). NFPA13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems. National Fire Protection Association, Massachusetts.

Sang-Jin, L., W. Dong-Han and L. Yoon-Ho. (2023). Numerical analysis on extinguishing of sprinklers in a hydrogen pool fire. International Journal of Hydrogen Energy. 5: 178.

Tan, Y., J Li, Y. Li and Y. Huang. (2019). Study on the response of sprinkler system in logistics warehouse under the influence of the hollow floorboard. Case Studies in Thermal Engineering 14: 100427.

Thunderhead Engineering. (2020). PyroSim User Manual. Available Source: https://www.thunderheadeng.com/, September 19, 2023.

Trapp, A.C. and A.S. Rangwala. (2015). Analyzing the impact of in-rack sprinklers in a warehouse fire: A demonstration of the role optimization has in mitigating damage. Fire safety journal 73: 55-62.

Xie, J., J. Li, J. Wang and J. Jiang. (2023). Fire protection design of a lithium-ion battery warehouse based on numerical simulation results. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 80: 104885.

Zhang, C. and W. Chow. (2013). Numerical studies on the interaction of sprinkler and smoke layer. Procedia Engineering 62: 453-462.

การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง

Safety Risk Assessment for Tower Crane Installation Work

เมธี พันธุ์ทิพย์สุคนธ์[1*] เสรีย์ ตู้ประกาย[1] ปิยรัตน์ ปรีมาโนช[1] และวัฒนา จันทะโคตร[1]

Matee Phanthipsukont[1*], Seree Tuprakay[1], Piyarat Premanoch[1] and Wattana Chanthakhot[1]

[1] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 282 ถนนรามคำแหง หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

[1] Faculty of Engineering Ramkhamhaeng University 282 Ramkhamhaeng Road Hua Mak Bangkapi Bangkok 10240

*Corresponding author Email : phantee22@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี Job Safety Analysis (JSA) ทำการศึกษาในพื้นที่ก่อสร้างในกรุงเทพมหานคร เป็นการวิจัยแบบผสมระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณ โดยใช้แบบประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงาน และการวิจัยเชิงคุณภาพใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญ วิศวกรติดตั้งปั้นจั่นหอสูง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ (จป.) ที่มีประสบการณ์ในการทำติดตั้ง หรือทำงานในพื้นที่ที่มีการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงในการทำงานอย่างน้อย 5-10 ปี เทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยพบว่า การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี JSA มีความเสี่ยงในระดับสูง และแนวทางในการจัดการความปลอดภัย ได้แก่ (1) การจัดทำคู่มือการจัดการความเสี่ยงด้านความปลอดภัย โดยการชี้บ่งอันตรายใช้วิธี JSA เพื่อประเมินความเสี่ยง (2) การหมั่นตรวจสอบทางวิศวกรรม (3) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องบังคับใช้นโยบายการปฏิบัติงานกับปั้นจั่นได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับกฎหมาย และ (4) การให้ความรู้และอบรมในหลักสูตรการใช้ปั้นจั่นอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

คำสำคัญ : การติดตั้งปั้นจั่นหอสูง การประเมินความเสี่ยง การจัดการความปลอดภัย

Abstract

The objective of this research is to study the assessment of safety risks from working in installing tall tower cranes using the Job Safety Analysis (JSA) method. The study was conducted in a construction area in Bangkok. It is mixed method between quantitative research using a work safety risk assessment form and qualitative research uses in-depth interviews. The sample group is experts. Engineer installs tower crane Professional safety officer with experience in installation or working in an area where tower cranes have been installed for at least 5-10 years. Data analysis techniques include descriptive statistics and content analysis.

The research results found that Safety risk assessment from tower crane installation work using the JSA method has a high risk. and guidelines for safety management include (1) preparing a safety risk management manual by identifying hazards, using the JSA method to assess risk. (2) Regular engineering inspections (3) Relevant agencies enforce operating policies for cranes correctly and in accordance with the law, and (4) Providing knowledge and training in the correct use of cranes. Must and safe to create knowledge, understanding and awareness of dangers that may occur.

Keywords : Tower Crane Installation, Risk Assessment, Safety Management

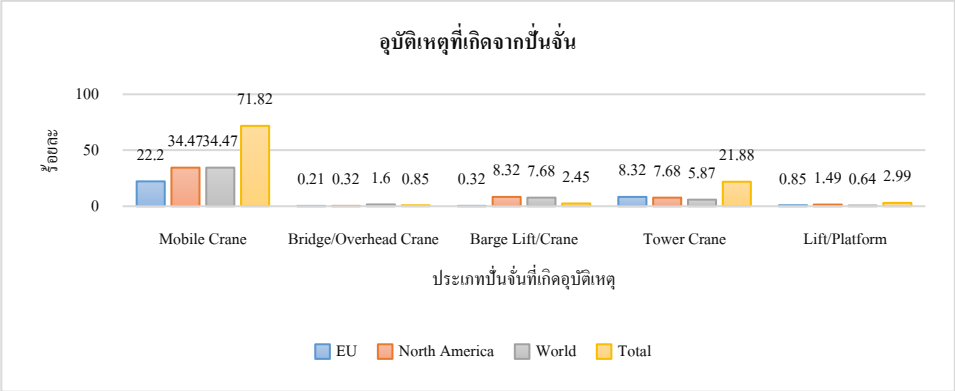
บทนำ

การติดตั้งปั้นจั่นหอสูงในหน่วยงานก่อสร้างเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญและต้องให้ความระมัดระวังอย่างเป็นพิเศษ เนื่องจากความซับซ้อนของเครื่องจักรและความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ (Wang & Si, 2021) โดยเฉพาะการดำเนินการในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่มีความหนาแน่นสูงและสภาพแวดล้อมที่ท้าทายยิ่งทำให้ต้องมีการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยอย่างเคร่งครัด ทั้งนี้เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและรักษาความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานรวมถึงบุคคลภายนอก การวางแผนการติดตั้งอย่างละเอียดรอบคอบ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้การดำเนินงานการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงเป็นไปอย่างราบรื่น ปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน (สำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร, 2563) ถึงแม้ว่าเทคโนโลยีในงานก่อสร้างจะได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีความทันสมัย ช่วยทุ่นแรง และมีความปลอดภัยในการใช้งานมากขึ้น แต่ยังมีความจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการขับเคลื่อนเป็นหลัก ย่อมอาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุในงานก่อสร้างที่มีแนวโน้มสูงมากขึ้นทุกปีได้ จากสถิติการประสบอันตรายหรือเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงาน มีสถิติอุบัติเหตุจากกิจการงานก่อสร้าง โดยที่ระดับ

ความรุนแรงถึงขั้นสูญเสียชีวิตสูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากการคมนาคม (Bilgin et al., 2023; Chen et al., 2020; Ayhan & Tokdemir, 2020)

การเกิดอุบัติเหตุทั่วโลกของปั้นจั่น โดยเฉพาะอุบัติเหตุของปั้นจั่นหอสูง หรือทาวเวอร์เครน (Tower Crane) ที่มีความสำคัญอย่างมากในการก่อสร้างอาคารสูง ทำหน้าที่เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ในการยกสิ่งของขึ้นลงตามแนวดิ่ง และเคลื่อนย้ายแขวนลอยแนวราบ ได้รับความนิยมนำมาใช้ในโครงการก่อสร้าง เพื่อสนับสนุนให้การดำเนินงานของโครงการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัจจุบันปั้นจั่นหอสูงมีบทบาทสูงต่อการดำเนินงานของโครงการ ดังนั้นแนวทางในการเลือกใช้งานปั้นจั่นหอสูง การติดตั้ง ความปลอดภัยในการติดตั้ง - การใช้งาน ความเสี่ยงหรือปัญหาที่เกิดจากการใช้งานปั้นจั่นหอสูงจึงมีความสำคัญเช่นเดียวกันด้วย (Guo et al., 2020; Jiang, 2020; เขมมารี รักษ์ชูชีพ และคณะ, 2560) จากข้อมูลของสมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน (ประเทศไทย) ในพระราชูปถัมภ์ (SHAWPAT, 2564) รายงานผลการศึกษาอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำงานเกี่ยวกับปั้นจั่นจากทั่วโลกในที่ประชุมว่าด้วยความปลอดภัยของยุโรป หรือ ESRE (European Safety and Reliability Conference) ปี ค.ศ. 2016 ได้แก่ (1) อุบัติเหตุจากรถปั้นจั่นหรือรถเครน (ร้อยละ 71.82) (2) อุบัติเหตุจากปั้นจั่นหอสูง (ร้อยละ 21.88) (3) อุบัติเหตุจากลิฟต์ก่อสร้าง (ร้อยละ 2.99) (4) อุบัติเหตุจากเรือปั้นจั่น (ร้อยละ2.45) และ (5) อุบัติเหตุจากปั้นจั่นเหนือศีรษะ (ร้อยละ0.85) ซึ่งในภาพรวมอุบัติเหตุในงานก่อสร้างมากจากปั้นจั่นและปั้นจั่นหอสูงรวมกันถึงร้อยละ 90 เนื่องจากเป็นเครนที่ได้รับความนิยมในการใช้งาน

แสดงในภาพที่ 1

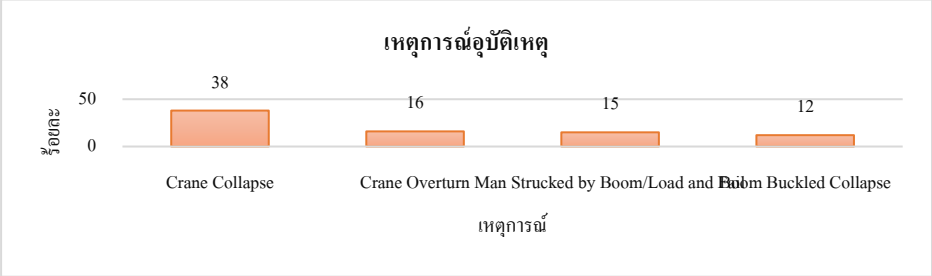


ภาพที่ 1 สถิติอุบัติเหตุจากปั้นจั่นทั่วโลกของ ESRE 2016
ที่มา: SHAWPAT (2564)

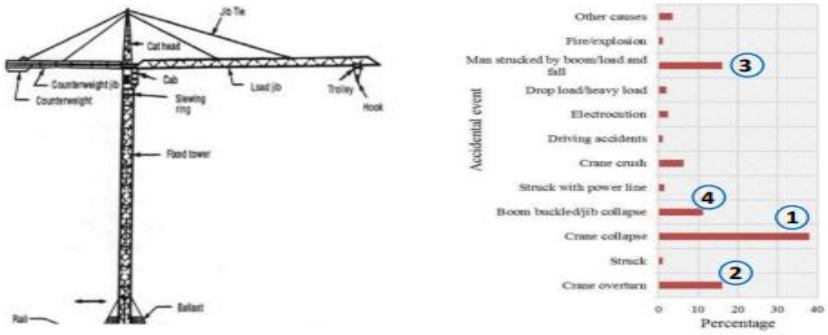
สาเหตุของอุบัติเหตุจากปั้นจั่นหอสูงมาจาก (1) ปั้นจั่นถล่ม (ร้อยละ 38.00) สาเหตุมาจากการไม่ทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตในการติดตั้ง การเพิ่มหรือลดความสูงของปั้นจั่นหอสูง (2) ปั้นจั่นหอสูงพลิกคว่ำ (ร้อยละ 16.00) เกิดจากฐานรับน้ำหนักปั้นจั่นที่ไม่แข็งแรงเพียงพอ การยกวัตถุเกินพิกัด การมีสภาพแวดล้อมที่ไม่

เหมาะสม เช่น การยกในขณะลมพัดแรงหรือขณะมีฝนตก (3) วัตถุหล่นทับ (ร้อยละ 15.00) เกิดจากลวดสลิงชำรุดหรือแตก การผูกมัดยึดเกาะวัตถุไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐาน และ (4) แขนของปั้นจั่นหอสูงงอ หัก (ร้อยละ 12.00) เกิดจากการยกเกินพิกัดน้ำหนัก สภาพแขนทาวเวอร์เครนเก่า มีสนิม การติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนั้น

ยังมีอีกหลาย ๆ สาเหตุ เช่น แขนของปั้นจั่นหอสูงหรือลวดสลิงเข้าใกล้หรือสัมผัสสายไฟฟ้าแรงสูง การชนกันของแขนปั้นจั่นหอสูงขณะทำงาน (SHAWPAT, 2564) ดังแสดงในภาพที่ 2 -3



ภาพที่ 2 สาเหตุอุบัติเหตุจากปั้นจั่นทั่วโลกของ ESRE 2016
ที่มา: SHAWPAT (2564)



ภาพที่ 3 สาเหตุหลักในการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง

ที่มา: Kim et al. (2021)

หมายเหตุ: Accidental event = เหตุการณ์อุบัติเหตุ, Other causes = สาเหตุอื่นๆ, Fire/explosion = ไฟไหม้/ระเบิด, Man strucker by boom/load and fall = วัตถุหล่นทับ, Drop load/heavy load = บรรทุกเกิน, Electrocution = ไฟฟ้าลัดวงจร, Driving accidents = อุบัติเหตุในการขนย้าย, Crane crush = ปั่นจั่นล้ม , Struck with power line = การขัดข้องจากระบบการทำงาน, Boom buckled/jib collapse = แขนของปั่นจั่นงอ หัก, Crane collapse = ปั่นจั่นถล่ม, Struck = ปั่นจั่นขัดข้อง, Crane overturn = ปั่นจั่นพลิกคว่ำ

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2562) ระบุถึงสถิติของอุบัติเหตุเครนถล่มว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 - 2560 พบจำนวนผู้เสียชีวิตที่เกี่ยวข้องกับเครน จำนวน 297 ราย และมีผู้เสียชีวิตมากกว่าร้อยละ 50.00 จากการถูกสิ่งของหรืออุปกรณ์กระแทก และมากกว่าร้อยละ 20.00 มีสาเหตุมาจากผู้บังคับเครน อุบัติเหตุเหล่านี้สร้างความสูญเสียต่อทรัพยากรมนุษย์ ค่าใช้จ่ายและงบประมาณ ผลกระทบเชิงเศรษฐกิจ ภาพลักษณ์ และขวัญกำลังใจในการทำงานของคนในพื้นที่ก่อสร้าง นอกจากนี้จากสถิติเหล่านี้สะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นด้านความปลอดภัยของปั้นจั่นหอสูง ในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงาน รวมถึงการขับเคลื่อน การติดตั้ง การยึดและการยกสิ่งของ ต่อไปนี้คือสิ่งที่จะทำให้สามารถปฏิบัติงานกับเครนได้อย่างปลอดภัย เมื่อมีการก่อสร้างอาคารสูงในเขตกรุงเทพมหานครเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้มีการใช้งานปั้นจั่นหอสูงมากขึ้น และมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุบัติเหตุในพื้นที่ก่อสร้างมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการควบคุมคุณภาพในพื้นการก่อสร้างจึงว่าถือเป็นเรื่องสำคัญอย่างมาก เพราะจะต้องทำการควบคุมปัจจัยต่าง ๆ เพื่อให้งานก่อสร้างมีคุณภาพ มาตรฐาน และปลอดภัย ด้านชีวอนามัย และด้านสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Sadehi & Zhangm 2024; Amiri et al., 2023) ผู้วิจัยในฐานะของผู้ควบคุมโครงการก่อสร้างซึ่งมีการใช้งานปั้นจั่นหอสูงอยู่เป็นประจำ จึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมในการทำงานของผู้ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงและอยู่ในพื้นที่ก่อสร้างที่มีการติดตั้งปั้นจั่นหอสูง (Khodabandelu et al., 2023; Lingard et. al., 2021; Haney & Anderson, 1999; ธนกร พิพัฒน์ชวลิน, 2561) โดยมุ่งความเสี่ยงด้านความปลอดภัยในการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงตามแนวคิด Job Safety Analysis (JSA) ซึ่งเป็นแนวปฏิบัติการชี้บ่งอันตรายที่นำไปสู่การจัดการความเสี่ยงขององค์กรซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของระบบบริหารจัดการความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน และมีความเหมาะสมกับบริบทของงานวิจัยครั้งน้ (Sadehi & Zhangm 2024; Liu et. al, 2021; โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ, 2563) โดยคาดหวังว่าการบริหารจัดการความปลอดภัยในพื้นที่ก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดความสูญเสีย ด้านบุคคลากร ด้านการเงิน ด้านการจัดการ และด้านความเสี่ยงในการทำงานได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี JSA

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบผสม (Mixed Method) การศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ผู้วิจัยออกแบบใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่การทำงานก่อสร้างที่มีการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ (1) การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้แบบการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง และ (2) การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In – Depth Interview)

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญ วิศวกรติดตั้งปั้นจั่นหอสูง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ (จป.) ที่มีประสบการณ์ในการทำติดตั้ง หรือทำงานในพื้นที่ที่มีการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงในการทำงานอย่างน้อย 5-10 ปี

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญ วิศวกรติดตั้งปั้นจั่นหอสูง เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ (จป.) ที่มีประสบการณ์ติดตั้ง หรือทำงานในพื้นที่ที่มีการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงเป็นเวลาอย่างน้อยเป็นเวลา 5-10 ปี แบ่งเป็น

2.1 การวิจัยเชิงปริมาณ จำนวน 5 คน

2.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ จำนวน 5 คน

3. เครื่องมือในการวิจัย

3.1 การวิจัยเชิงปริมาณ ใช้แบบประเมินด้วยเทคนิค JSA ได้แก่ รายละเอียดดงาน ลักษณะการทำงาน ขั้นตอนการทำงาน จุดที่คาดว่าจะเกิดอุบัติเหตุ การให้คะแนน (โอกาสเกิดอุบัติเหตุ ควมรุนแรง) คะแนนความเสี่ยง ระดับความเสี่ยง และมาตรการป้องกัน ของขั้นตอนการทำงาน 8 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมพื้นที่ติดตั้ง ขั้นตอนที่ 2 การขนย้ายอุปกรณ์ ขั้นตอนที่ 3 การประกอบฐานปั่นขั้นตอนที่ 4 การติดตั้งส่วนโครงสร้าง ขั้นตอนที่ 5 การติดตั้งระบบกลไก ขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบความปลอดภัย ขั้นตอนที่ 7 การทดสอบการใช้งาน ขั้นตอนที่ 8 การส่งมอบและใช้งาน โดยเกณฑ์การให้คะแนนโอกาสและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ คือ 1 - 4 คะแนน (แสดงในตารางที่ 1) เกณฑ์การประเมินระดับความรุนแรงของการได้รับผลกระทบ 1 – 16 คะแนน (แสดงในตารางที่ 2) เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติเชิงพรรณนา มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนโอกาสและความรุนแรงของการเกิดอุบัติเหตุ

โอกาสในการเกิดอุบัติเหตุ	ระดับความรุนแรงของการได้รับผลกระทบ			
	น้อย (1)	ปานกลาง (2)	สูง (3)	สูงมาก (4)
น้อย (1)	เสี่ยงต่ำ (1)	เสี่ยงต่ำ (2)	เสี่ยงปานกลาง (3)	เสี่ยงปานกลาง (4)
ปานกลาง (2)	เสี่ยงต่ำ (2)	เสี่ยงปานกลาง (4)	เสี่ยงปานกลาง (6)	เสี่ยงสูง (8)
สูง (3)	เสี่ยงปานกลาง (3)	เสี่ยงปานกลาง (6)	เสี่ยงสูง (9)	เสี่ยงสูงมาก (12)
สูงมาก (4)	เสี่ยงปานกลาง (4)	เสี่ยงสูง (8)	เสี่ยงสูงมาก (12)	เสี่ยงสูงมาก (16)

ที่มา: ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวะอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2565)

ตารางที่ 2 คะแนนระดับความเสี่ยง

คะแนน	แปลผล	ระดับความเสี่ยง
1 - 2	ความเสี่ยงเล็กน้อย	ระดับ 1
3 – 6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม	ระดับ 2
8 – 9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง	ระดับ 3

12 - 16	ความสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไข	ระดับ 4

ที่มา: ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวะอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2565)

3.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ ใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-Depth Interview) ลักษณะเป็นแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งมีโครงสร้าง (Semi - Structure) ที่มีข้อคำถามเกี่ยวกับแนวทางการดำเนินการด้านอาชีวอนามัยและความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง ใช้แนวทางการประเมินด้วยเทคนิค JSA

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเข้าพื้นที่การทำงานก่อสร้างที่มีการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงในเขตกรุงเทพมหานคร แจ้งวัตถุประสงค์ของการตอบแบบประเมินและการสัมภาษณ์ก่อนเริ่มพูดคุย เพื่อสร้างความคุ้นเคย จากนั้นจึงเริ่มถามคำถามตามแบบประเมินและแบบสัมภาษณ์ที่ออกแบบไว้ เพื่อได้รับคำตอบตรงตามวัตถุประสงค์ ในกรอบเวลาประมาณ 15 – 20 นาทีต่อคน และใช้วิธีการบันทึกเสียงการสัมภาษณ์ พร้อมจดบันทึกร่วมกัน เก็บรวบรวมข้อมูลจนครบ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

1. การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

การวิจัยเชิงปริมาณ ด้วยการใช้แบบประเมินความเสี่ยง มีรายละเอียดดังนี้

ผลการประเมินด้วยเทคนิค JSA

จากการประเมินคะแนนความเสี่ยงของการปฏิบัติงานติดตั้งปั่นจั่นหอสูง ความเสี่ยงที่ได้จากการประเมินทั้ง 8 ขั้นตอน พบว่า

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมพื้นที่ติดตั้ง อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ พื้นที่ไม่เรียบ ทำให้ปั่นจั่นไม่มั่นคง, พื้นที่มีสิ่งกีดขวาง เช่น สายไฟฟ้า, แสงสว่างไม่เพียงพอ ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 9, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ขั้นตอนที่ 2 การขนย้ายอุปกรณ์ อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การหล่นของวัสดุขณะขนย้าย, การยกน้ำหนักเกินขีดจำกัดของอุปกรณ์ยก, เส้นทางขนย้ายไม่ปลอดภัย ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 9, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ขั้นตอนที่ 3 การประกอบฐานปั่นจั่น อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ ฐานปั่นจั่นไม่มั่นคง อาจทำให้โครงสร้างล้ม, การใช้วัสดุไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 9, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ขั้นตอนที่ 4 การติดตั้งส่วนโครงสร้าง อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การตกจากที่สูงของคนงาน, วัสดุหล่นขณะติดตั้ง, การต่อประกอบโครงสร้างผิดพลาด ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 8, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ขั้นตอนที่ 5 การติดตั้งระบบกลไก อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การติดตั้งมอเตอร์หรือระบบควบคุมผิดพลาด ทำให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรหรือเครื่องจักรขัดข้อง, อุปกรณ์ขับเคลื่อนเกิดความเสียหาย ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง (คะแนน = 6, ความเสี่ยง = ระดับ 2)

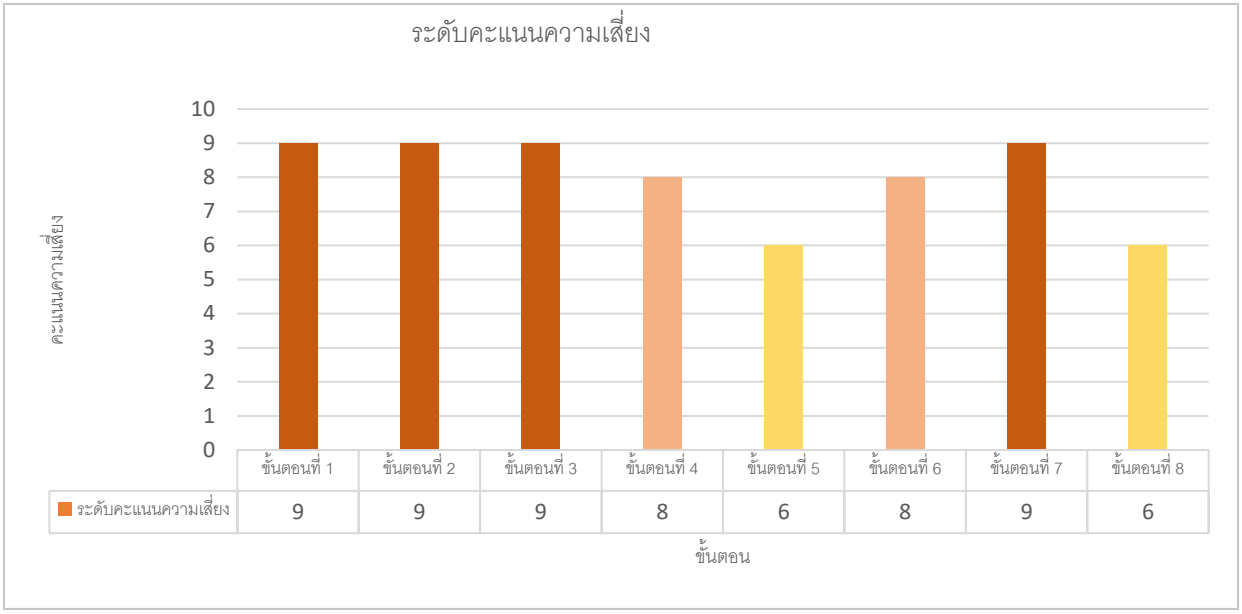
ขั้นตอนที่ 6 การตรวจสอบความปลอดภัย อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การตรวจสอบไม่ละเอียด อาจมีจุดบกพร่องในโครงสร้าง, การไม่ได้บันทึกข้อมูลเพื่ออ้างอิง ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 8, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ขั้นตอนที่ 7 การทดสอบการใช้งาน อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ เครื่องจักรทำงานผิดพลาด เช่น เบรกไม่ทำงาน, การบรรทุกน้ำหนักเกิน ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 9, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ขั้นตอนที่ 8 การส่งมอบและใช้งาน อันตรายที่อาจเกิดขึ้น ได้แก่ การใช้งานผิดประเภท อาจทำให้โครงสร้างเสียหาย, การบำรุงรักษาไม่เพียงพอ ซึ่งผลจากการประเมินพบว่า มีความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลาง (คะแนน = 6, ความเสี่ยง = ระดับ 2)

จากการประเมินทั้ง 8 ขั้นตอน พบว่า ควรให้ความสำคัญในขั้นตอนที่ 1 การเตรียมพื้นที่ติดตั้ง ซึ่งผู้รับผิดชอบคือวิศวกรโครงการ หัวหน้าทีม ขั้นตอนที่ 2 การขนย้ายอุปกรณ์ ซึ่งผู้รับผิดชอบคือทีมขนย้าย หัวหน้าทีม ขั้นตอนที่ 3 การประกอบฐานปั่นจั่น ซึ่งผู้รับผิดชอบคือวิศวกรโครงสร้าง และขั้นตอนที่ 7 การทดสอบการใช้งาน ซึ่งผู้รับผิดชอบคือวิศวกรเครื่องกล เนื่องจากมีระดับคะแนนมากที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง (คะแนน = 9, ความเสี่ยง = ระดับ 3)

ภาพที่ 4 ระดับคะแนนความเสี่ยงของการปฏิบัติงานติดตั้งปั่นจั่นหอสูง



2. การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

ผลจากการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ลักษณะของอุบัติเหตุที่สามารถพบได้ในการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง

อุบัติเหตุที่ทำให้เกิดปั่นจั่นหอสูงถล่มมาจากหลายสาเหตุ และการเกิดอุบัติเหตุอาจจะเกิดขึ้นกับส่วนใดส่วนหนึ่งของปั้นจั่นหอสูงก็ได้ พบต้นเหตุของการเกิดอุบัติเหตุในการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง มีรายละเอียดดังนี้

(1) สลักเกลียวขาดทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบพับโค่น

(2) สลักหลุดทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบทรุดตัว

(3) แขนปั้นจั่นดีดกลับหรือตีกลับทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบพับโค่น

(4) ลวดสลิงขาดทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบตีกลับ

(5) ลวดสลิงเกี่ยวขณะยกย้าย ทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบแขนหักพับลง

(6) ลากวัสดุหนักเกินพิกัด และห่างจากรัศมีแขนปั้นจั่นทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบหอคอยพับโค่น

(7) แรงลมตีขณะยกวัสดุขึ้นสูงทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบแขนหักพับลง

(8) ฐานทรุดทำให้ปั้นจั่นเอียงหรือล้มฟาด

(9) สนิมกัดกร่อนทำให้ปั้นจั่นถล่มแบบแขนหักพับลง

(10) น้ำหนักถ่วงดุลแขนปั้นจั่นหลุดทำให้น้ำหนักถ่วงล่วงหล่นทับ

(11) กระแสไฟฟ้ารั่วทำให้เกิดไฟฟ้าดูด

2.2 ปัจจัยของการของอุบัติเหตุในการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง

(1) ปัจจัยด้านผู้บังคับปั้นจั่น (Crane Operator) ได้แก่ พฤติกรรมของผู้บังคับปั้นจั่นการทำงานลัดขั้นตอนไม่ถูกต้อง ความประมาท พลั้งเผลอ เลินเล่อ ความมักง่าย ไม่ระมัดระวัง ขาดวินัยในการทำงาน ความเมื่อยล้า และพักผ่อนไม่เพียงพอ

(2) ปัจจัยด้านโครงสร้าง และฐานรองรับน้ำหนัก (Crane Structure & Fixed Base) ไม่มีความแข็งแรงเพียงพอ ปั้นจั่นถูกติดตั้งและใช้งานในพื้นที่โล่ง ตากแดด ตากฝน สภาพแขนปั้นจั่นมีเก่ามักเกิดสนิมผุกร่อนที่โครงสร้างเหล็ก ต้องทำความสะอาดและทาสีเพื่อป้องกันสนิม การติดตั้งที่ไม่ถูกต้อง การยกวัสดุเกินพิกัด ขาดการศึกษาความสามารถของอุปกรณ์เครื่องผ่อนแรงที่ใช้ในการยกเคลื่อนย้าย ใช้ปั้นจั่นผิดไปจากคู่มือกำหนด ยกวัสดุหนัก เกินพิกัดและห่างจากรัศมีแขนปั้นจั่น และการหมุนตัวเร็วเกิน เกิดจากแขนปั้นจั่น (Boom) หักเนื่องจากการกระแทก ไม่ได้รับการตรวจสอบบำรุงรักษาและใช้งานปั้นจั่นอย่างเหมาะสม ขาดการศึกษาลักษณะศูนย์ถ่วง สภาพโครงสร้างครื่อง จักรชำรุดใช้งานไม่หยุดซ่อมแซมตามแผนการบำรุงรักษา ขาดการตรวจเช็คก่อนใช้งาน สลักเกลียวขาดเนื่องจากมีแรงภายนอกมากระทำ สลักยึดโครงสร้างของปั้นจั่นหลุด

(3) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ช่วยยก (Lifting Gear) ของปั้นจั่น เช่น สภาพลวดสลิงที่เก่าชำรุด แตกเกลียว การผูกมัดยึดเกาะวัสดุที่ไม่ได้มาตรฐาน วัสดุหลุดขณะยก การส่งถ่ายแรง และน้ำหนักชิ้นงานที่จะทำการยกลวดสลิงเกี่ยวกับสิ่งรอบข้างขณะโยกย้าย รวมถึงเลือกใช้ขนาดสลิงเล็กเกินไป ความเข้าใจในการให้สัญญาณมือไม่ตรงกันหรือไม่มีวิทยุสั่งการ ขาดประสบการณ์การทำงานอย่างถูกวิธี

(4) ปัจจัยด้านสมรรถนะของปั้นจั่น (Crane Performance) สาเหตุมาจากการยกเกินพิกัดน้ำหนักการใช้ปั้นจั่นเกินกำลัง โดยยกชิ้นงานที่มีน้ำหนักมากเกินกว่าสมรรถนะที่กำหนดในคู่มือผู้ผลิตทำให้ปั้นจั่นล้มหรือถล่มได้ การทดสอบอุปกรณ์ความปลอดภัย (Overload Switch) เพื่อควบคุมน้ำหนักยก ไม่ให้เกินสมรรถนะของปั้นจั่น ซึ่งถือได้ว่าเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผู้ปฏิบัติงาน โดยเตรียมน้ำหนักสำหรับยกทดสอบไว้ประจำฐาน

(5) ปัจจัยสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment Factor) โดยใช้ปั้นจั่นในสภาพแวดล้อมการทำงานไม่อำนวยต่อการปฏิบัติงาน เช่น การทำงานใกล้สายไฟฟ้าแรงสูงกระแสไฟฟ้ารั่วเข้าโครงสร้างของปั้นจั่น เกิดลมพัดแรงขณะทำงาน การวางกองวัสดุ อุปกรณ์ไม่เป็นไปตามระเบียบ เกะกะ ไม่เรียบร้อย การมองไม่เห็นสภาพการทำงาน หรือสิ่งกีดขวางขณะโยกย้าย แสงสว่างไม่เหมาะสมกับการทำงานในการยก และการปฏิบัติงานขณะฝนตก

2.3 ผลกระทบของความเสียหายจากอุบัติเหตุในการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง

(1) การบาดเจ็บและเสียชีวิตของคนงานก่อนสร้าง หรือวิศวกรควบคุมงาน

(2) ความล่าช้าของโครงการ

(3) เครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์เสียหาย

(4) ทรัพย์สินของโครงการเสียหาย และต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้น

(5) ชื่อเสียงบริษัทและโครงการของบริษัทเสียหาย

(6) คนงานสูญเสียขวัญกำลังใจในการทำงาน
(7) การชดใช้ค่าเสียหาย และค่าชดเชย
(8) การถูกตรวจสอบโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
(9) การเพิกถอนใบอนุญาตของวิศกร หรือบริษัท

2.4 แนวทางการจัดการความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง

(1) การจัดทำคู่มือการจัดการความเสี่ยงด้านความปลอดภัย
- จัดทำข้อกำหนดและแนวทางปฏิบัติ
- การชี้บ่งอันตราย เช่น การใช้วิธี JSA
- การประเมินความเสี่ยง (องค์ประกอบของความเสี่ยง และอันตราย โอกาส ความรุนแรง ความเสี่ยง)
- แผนจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุมและลดความเสี่ยง)
- การทบทวนแผน

(2) การหมั่นตรวจสอบทางวิศวกรรม
(3) นโยบายบังคับใช้สำหรับผู้เกี่ยวข้องสำหรับการปฏิบัติงานกับปั้นจั่นได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับกฎหมาย
(4) การให้ความรู้และอบรมในหลักสูตรการใช้ปั้นจั่นอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงอันตรายที่อาจะเกิดขึ้น

วิจารณ์ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี Job Safety Analysis (JSA) ทำการศึกษาในพื้นที่ก่อสร้างในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี JSA ได้แก่ขั้นตอนการทำงาน ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมพื้นที่ติดตั้ง, ขั้นตอนที่ 2 การขนย้ายอุปกรณ์, ขั้นตอนที่ 3 การประกอบฐานปั่นจั่น และขั้นตอนที่ 7 การทดสอบการใช้งาน งานเกี่ยวกับการติดตั้งปั้นจั่นหอสูง มีความเสี่ยงอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง (คะแนน=9, ระดับความเสี่ยง=3) ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง สอดคล้องกับงานวิจัยของสายัณต์ ฉิมประดิษฐ์ และคณะ (2566) ที่พบว่า ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุในการใช้งานปั้นจั่น ได้แก่ โครงสร้างและฐานรากไม่แข็งแรงพอ วัสดุ อุปกรณ์ ชำรุด และความประมาทของผู้ใช้งานปั้นจั่น สอดคล้องกับงานวิจัยของสุนันท์ มนต์แก้ว และคณะ (2567) ที่พบว่า อันตรายจากการตกจากที่สูง วัสดุกระเด็น ตกหล่น และพังทลาย มีความเสี่ยงอยู่ในระดับ 2 – 3 จากการละเลยมาตรการความปลอดภัยในการทำงานบนที่สูง และสอดคล้องกับงานวิจัยของสิทธิโชค สุนทร

โอภาส และทวีศักดิ์ วงศ์ยืน (2564) ที่พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างอาคารสูง คือ บุคคล และด้านเครื่องมือ เครื่องจักร อุปกรณ์

แนวทางในการจัดการความปลอดภัย ได้แก่ (1) การจัดทำคู่มือการจัดการความเสี่ยงด้านความปลอดภัย โดยการชี้บ่งอันตรายใช้วิธี JSA เพื่อประเมินความเสี่ยง สอดคล้องกับแนวคิดของ สสปท. (2562) ที่สรุปไว้ว่าแนวทางการประเมินความเสี่ยง สามารถใช้วิธี JSA เพื่อบ่งชี้อันตรายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการระบุองค์ประกอบโอกาส ความเสี่ยง และระดับความเสี่ยงของอันตราย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim et al. (2021) ที่พบว่าการวิเคราะห์ความเสี่ยงด้วย JSA ใช้วิเคราะห์ปัจจัยที่ทำให้เกิดอุบัติเหตุของปั้นจั่นหอสูงได้เหมาะสม โดยการจัดทำข้อกำหนดและแนวทางปฏิบัติ การชี้บ่งอันตราย เช่น การใช้วิธี JSA การประเมินความเสี่ยง (องค์ประกอบของความเสี่ยง และอันตราย โอกาส ความรุนแรง ความเสี่ยง) แผนจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุมและลดความเสี่ยง) การทบทวนแผน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sadehi & Zhangm (2024) และงานวิจัยของ Liu et al (2021) (2) การหมั่นตรวจสอบทางวิศวกรรม จะทำให้ค้นหาอัตรายจากขั้นตอนการทำงานได้ ส่งผลให้สามารถกำหนดวิธีและปรับปรุงวิธีการทำงานได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khodabandelu et al. (2023) และงานวิจัยของ Lingard et. al. (2021) (3) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องบังคับใช้นโยบายการปฏิบัติงานกับปั้นจั่นได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับกฎหมาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Liu et al. (2021) และงานวิจัยของโชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ (2563) และ (4) การให้ความรู้และอบรมในหลักสูตรการใช้ปั้นจั่นอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยชอง Haney & Anderson (1999) และงานวิจัยของ Kim et al. (2021)

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการวิจัยที่ได้รับนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง บริษัทฯ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (จป.) วิศวกรควบคุมงาน และอื่นๆ ถึงการนำไปใช้ประโยชน์ด้วยการพัฒนาแผนอาชีวอนามัยและความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูง ได้แก่

1. บริษัทผู้ติดตั้งสามารถการจัดทำการประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี JSA โดยประยุกต์ใช้จากแบบประเมินในการวิจัยครั้งนี้ ในการประเมินความเสี่ยงก่อนการติดตั้งปั้นจั่นหอสูงในการทำงานทุกครั้ง
2. จัดทำคู่มือการจัดการความเสี่ยงด้านความปลอดภัย โดยการชี้บ่งอันตรายวิธี JSA
3. หมั่นตรวจสอบทางวิศวกรรม
4. การใช้นโยบายทางกฎหมายเพื่อบังคับให้การปฏิบัติงานกับปั้นจั่นเป็นไปอย่างถูกต้อง

5. บริษัทฯ ให้ความรู้และอบรมในหลักสูตรการใช้ปั้นจั่นอย่างถูกต้องและปลอดภัยเป็นประจำ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพบว่า การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งปั้นจั่นหอสูงด้วยวิธี JSA มีความเสี่ยงในระดับสูง (1) การเตรียมพื้นที่ติดตั้งภาพรวม มีความเสี่ยงความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือความเสี่ยงระดับ 3 (2) การขนย้ายอุปกรณ์ภาพรวมมีความเสี่ยงความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือความเสี่ยงระดับ 3 (3) การประกอบฐานปั่นจั่นภาพรวมมีความเสี่ยงความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือความเสี่ยงระดับ 3 (4) การติดตั้งส่วนโครงสร้าง ภาพรวมมีความเสี่ยงความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือความเสี่ยงระดับ 3 (5) การติดตั้งระบบกลไก ภาพรวมมีความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม หรือความเสี่ยงระดับ 2 (6) การตรวจสอบความปลอดภัยภาพรวมมีความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม หรือความเสี่ยงระดับ3 (7) การทดสอบการใช้งานภาพรวมมีความเสี่ยงที่ยอมรับต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือความเสี่ยงระดับ 3 และ (8) การส่งมอบและใช้งานภาพรวมมีความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม หรือความเสี่ยงระดับ 2

แนวทางในการจัดการความปลอดภัย ได้แก่ (1) การจัดทำคู่มือการจัดการความเสี่ยงด้านความปลอดภัยโดยการชี้บ่งอันตรายใช้วิธี JSA เพื่อประเมินความเสี่ยง ด้วยการจัดทำข้อกำหนดและแนวทางปฏิบัติ การชี้บ่งอันตราย เช่น การใช้วิธี JSA การประเมินความเสี่ยง (องค์ประกอบของความเสี่ยง และอันตราย โอกาส ความรุนแรงความเสี่ยง) แผนจัดการความเสี่ยง (แผนควบคุมและลดความเสี่ยง) การทบทวนแผน (2) การหมั่นตรวจสอบทางวิศวกรรม (3) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องบังคับใช้นโยบายการปฏิบัติงานกับปั้นจั่นได้ปฏิบัติอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับกฎหมาย และ (4) การให้ความรู้และอบรมในหลักสูตรการใช้ปั้นจั่นอย่างถูกต้องและปลอดภัย เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

บทความ วิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานสารนิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เอกสารอ้างอิง

เขมมารี รักษ์ชูชีพ, นภดล วงษ์น้อม และวงภักตร์ ภู่พันธุ์ศรี. (2561). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการอาชีวอนามัยต่อความปลอดภัยในที่ทำงานของพนักงานระดับปฏิบัติการ ในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยบูรพา.

โชคชัย อลงกรณ์ทักษิณ. (2546). การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมเรื่องการเพิ่มความสามารถ ด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลให้กับหัวหน้างานควบคุมการผลิต ในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ/กรุงเทพฯ. DOI : https://doi.nrct.go.th/ListDoi/listDetail?

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. (2562). อุบัติเหตุจากปั้นจั่นในงานก่อสร้าง (Crane Accidents in Construction Site). สืบค้นจาก https://www.ohswa.or.th/17737811/safety-engineer-for-jor-por-series-ep10

ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวะอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2565). การพัฒนาระบบการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก https://www.shecu.chula.ac.th/home/content.asp?Cnt=3

สสปท. (2562). คู่มือการจัดการความเสี่ยง ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน สถาบันส่งเสริมความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน (องค์กรมหาชน). กรุงเทพ ฯ

สายัณต์ ฉิมประดิษฐ์, วรานนท์ คงสง , ชัยวัฒน์ ภู่วรกุลชัย. (2566). ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิดอุบัติเหตุในการใช้ปั้นจั่นในการก่อสร้าง. Journal of Digital Business and Social Science, 9(2), 1-13.

สิทธิโชค สุนทรโอภาส และทวีศักดิ์ วงศ์ยืน. (2563). ปัจจัยที่มีผลต่อการควบคุมคุณภาพงานก่อสร้างอาคารสูงในเขตกรุงเทพมหานคร: กรณีศึกษาเขตห้วยขวาง**.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26**,** วันที่ 23-25 มิถุนายน 2564, การประชุมรูปแบบออนไลน์**.**

สุนันท์ มนต์แก้ว และธวัชชัย นวเลิศปัญญา. (2560). ผลกระทบของมาตรการความปลอดภัยในงานก่อสร้างต่อผลิตภาพของงานเหล็กเสริมเสา. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 0(1), 48-56.

สำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร. (2563). รายงานสถิติการอนุญาตปลูกสร้างอาคารในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2562. สำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร

Amiri. M., Ardeshir. A., Zarandi. M. H. F. (2023). Decision support system for tower crane location and material supply point in construction sites using an integer linear programming model Engineering. Construction and Architectural Management, 30(4), 1444-1462.

Ayhan. B. U. & Tokdemir. O. B. (2020). Accident analysis for construction safety using latent class clustering and artificial neural networks. Journal of Construction Engineering and Management, 146(3), 1-14.

Bilgin. G., Dikmen. I., Birgonul. & Ozorhan. (2023). A decision support system for project portfolio management in construction companies International. Journal of Information Technology & Decision Making, 22(2), 705-735.

Chen. Y., Zeng. Q., Zheng. X., Shao. B. & Jin. L. (2020). Safety supervision of tower crane operation on construction sites. An evolutionary game analysis Safet Science, 152, 1-18.

Guo. J, Bu. F. & Gou. S. (2020). Design of Graphical User Interface for Motor Selection of the Lower Limb Exoskeleton. IEEE International Conference on Mechatronics and A utomation (ICMA), 889-1894. DOI: 10.1109/ICMA49215.2020.9233622

Haney. L. & Anderson. M. (1999). Behavioral Safety Management: An improved Approach to Workplace Safety and Health. Journal of Healthcare Safety, Compliance, and Infection Control, 306–312.

Jiang. T. (2020). Safety risk analysis and control of tower crane IOP Conference Series. Earth and Environmental Science, 546(4), 1-20. DOI: 10.1088/1755-1315/546/4/042070

Khodabandelu.A., Park. J. & Arteago. C. (2023). Improving Multitower Crane Layout Planning by Leveraging Operational Flexibility Related to Motion Paths. Journal of Management in Engineering, 39(5), 1-130.

Kim. J. U., Lee. D. S., Kim. J. D. & Kim. G. H. (2021). Priority of Accident Cause Based on Tower Crane Type for the Realization of Sustainable Management at Korean Construction Sites. Sustainability 2021, 13(1),242. https://doi.org/10.3390/su13010242

Lingard. H., Cooke. T., Zelic. G. & Harley. J. (2021). A qualitative analysis of crane safety incident causation in the Australian construction industry. Safety Science, 133 (2021), 1-25. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.105028

Liu. Y., Eckert. C. M. & Earl. C. (2020). A qualitative analysis of crane safety incident causation in the Australian construction industry. Safety Science, 133(2021), 1-30. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.105028

Sadeghi. H. & Zhang. X. (2024). Towards Safer Tower Crane Operations: An Innovative Knowledge-Based Decision Support System for Automated Safety Risk Assessment. Journal of Safety Research.(90), September 2024, 272-294. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.05.011

Shawat. (2564). การสอบสวน การบันทึก และการรายงานอุบัติเหตุ สืบค้นจาก

https://www.shawpat.or.th/th/other-service/safety-articles/173-การสอบสวนการบันทึก-การรายงานอุบัติเหตุ

Wang, J. and Si, W. (2024) Evaluation of Driver-Induced Human Errors in Smart Construction Tower Crane Operations Based on DEMATEL-ISM-MICMAC. Journal of Applied Mathematics and Physics, 12(1), 1541-1556. Doi: 10.4236/jamp.2024.124094.

การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder

THE FIRE EVACUATION SIMULATION OF PRIMARY AND SECONDARY SCHOOL BUILDING USING PATHFINDER PROGRAM

นายเอกวุฒิ สุขเสงี่ยม[1*] และ ผศ.ดร. สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[1]

Akekawut Suksangiam[1*] and Asst.Prof.Dr. Supat Patvichaichod[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
199 Moo 6, Sukhumvit Road, Tung Sukla, Sri Racha, Chon Buri, 20230

*Corresponding author E-mail: [1]Akekawut.s@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอพยพหนีไฟออกจากอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษามีความสูง 3 ชั้น 15 ห้อง ความกว้าง 9.65 เมตร ยาว 48 เมตร ความสูงของอาคารวัดจากระดับพื้นถึงส่วนบนสุดของหลังคาสูง 12.52 เมตร ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการที่จะนำวิชาการทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัยที่ได้ศึกษานั้นมาประยุกต์ใช้ในการทำการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาแผนอพยพและจำลองการอพยพ ซึ่งผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกัน จำลองสถานการณ์เกิดเพลิงไหม้ ทั้ง หมด 12 กรณีศึกษา โดยกำหนดช่วงอายุของผู้ใช้อาคารในแต่ละสถานการณ์ และกำหนดเวลาก่อนการอพยพหนีไฟ รวมถึงเลือกสถานการณ์เกิดเพลิงไหม้ให้มีข้อจำกัดต่อเส้นทางการอพยพ จำลองการอพยพด้วยโปรแกรม Pathfinder ผลการจำลองพบว่ากรณีศึกษาที่จำลองโดยใช้โมเดลของโครงสร้างอาคารเรียนตามแบบแปลน ใช้เวลาอพยพ 494.8 วินาที, 496.0 วินาที, 402.0 วินาที, 287.3วินาที, 480.8 วินาที, 479.8 วินาที, 393.0 วินาที, 282.5 วินาที, 463.8 วินาที, 469.5 วินาที, 384.5 วินาที และ 281.0 วินาที ตามลำดับ ซึ่งพบว่า 9 กรณีศึกษาไม่สอดคล้องกับกฎหมายกำหนดไว้ ใช้เวลาเกิน 5 นาที (300 วินาที) จึงได้มีการปรับปรุงสถาปัตยกรรมของอาคารเรียน โดยที่เพิ่มบันไดหนีไฟที่ปิดล้อมทนไฟ บริเวณด้านนข้างของอาคารทั้ง 2 ฝั่ง ซึ่งใช้เวลาอพยพในทุกกรณีที่จำลองอยู่ในเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ผลการศึกษาวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบอาคารเรียนดังกล่าวหรืออาคารอื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยต่อชีวิตของผู้ใช้อาคารเมื่อเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้

คำสำคัญ: อพยพหนีไฟ อาคารโรงเรียน โปรแกรม Pathfinder

Abstract

The research focuses on studying the evacuation of fire from primary and secondary school building. The school building has a height of 3 floor, 15 rooms and width 9.65 meters. Length 15.25 meters. The height of the building measured from the ground level to the top of the roof is 12.52 meters. the researcher employed a computer program designed for the fire evacuation simulation to evaluate the performance. The study was conducted under fire scenarios are 12 cases by dependent study uses age range of occupants in each case with the limitation in the evacuation path. The simulation used Pathfinder program. which simulation results showed that all case simulated using a model of the school building plan took 494.8 seconds, 496.0 seconds, 402.0 seconds, 287.3 seconds, 480.8 seconds, 479.8 seconds, 393.0 seconds, 282.5 seconds, 463.8 seconds, 469.5 seconds, 384.5 seconds and 281.0 seconds, respectively. Which 9 cases simulated was beyond the law's obligation 300 seconds. Therefore, the architecture of school buildings was renovated adds a fireproof enclosed fire escape stairs on both sides of the building took time in all cases in accordance with the law's regulation. The results of this research can be used as a guideline for the design of school buildings or other similar buildings to increase the safety of occupants.

Keywords: Evacuation, School building, Pathfinder program.

บทนำ

เหตุการณ์เพลิงไหม้โรงเรียนที่พบเห็นกันบ่อยในปัจจุบันทั้งในเขตชุมชนเมืองหรือชนบท อาจเกิดจากการกระทำที่ตั้งใจหรือการกระทำที่ไม่ได้ตั้งใจ เช่น ไฟฟ้าลัดวงจรหรือเกิดจากความประมาท ขาดความรู้ และความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของผู้ใช้อาคาร ล้วนเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดความเสียหายทั้งต่อชีวิตและทรัพยสินทั้งสิ้น ยิ่งไปกว่านั้นอาจมีเด็กนักเรียนที่ต้องเสียชีวิตจากเหตุเพลิงไหม้ได้ จากผลกระทบที่เกิดขึ้นจะสะท้อนว่าโรงเรียนแห่งนั้นจะมีความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบโรงเรียนนด้วยว่า มีการออกแบบที่คำนึงถึงมาตรฐานด้านการป้องกันอัคคีภัยไว้อย่างไรบ้าง เมื่อเกิดเหตุที่ไม่สามารถควบคุมสถานการณ์เพลิงไหม้ได้ การอพยพเด็กนักเรียนไปยังสถานที่ปลอดภัยเป็นสิ่งที่จำเป็น และมีความสำคัญมาก เช่น ตัวอย่างข่าว วันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2566 เกิดเหตุเพลิงไหม้อาคารเรียน 2 ชั้น โรงเรียนบ้านหนองหญ้ารังกา หมู่ 10 ต.โพนทอง

อ.เมือง จ.ชัยภูมิ วันที่เกิดเหตุเป็นวันแรกของการเปิดภาคเรียน ปีการศึกษา 2566 โชคดีขณะเกิดไฟไหม้เด็กนักเรียนได้เลิกเรียนกลับบ้านหมดแล้ว ทำให้ไม่มีใครได้รับบาดเจ็บในครั้งนี้ ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้เรียน สอนนักเรียนตั้งแต่ชั้นอนุบาล 1 จนถึงชั้น ป.3 ชั้นบน 4 ห้องเรียน ชั้นล่าง 4 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 8 ห้องเรียน ซึ่งภายในอาคารเรียนแต่ละห้องเรียนมีโต๊ะ เก้าอี้ไม้ สมุด หนังสือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเรียนการสอนนักเรียน ซึ่งมีทั้งไม้และกระดาษจำนวนมาก จึงเป็นเชื้อเพลิงอย่างดี ที่มา www.thairath.com, วันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2565 เกิดเหตุเพลิงไหม้ อาคารเรียนไม้ 2 ชั้น ภายในโรงเรียนวัดตาลเรียง (เชยประชานุกูล) หมู่ 6 ต.บัวงาม อ.ดำเนินสะดวก จ.ราชบุรี ตรวจสอบจุดที่เกิดเหตุพบว่า มีคอมพิวเตอร์ 30 เครื่อง ปรินเตอร์ 1 เครื่อง โน้ตบุ๊ก 1 เครื่อง เงินสด และเอกสารของนักเรียนและเอกสารการเรียนการสอน รวมถึงอุปกรณ์สำหรับการเรียนการสอนอื่นๆ ได้รับความเสียหาย ซึ่งเบื้องต้นมูลค่าความเสียหายกว่า 1 ล้านบาท ที่มา www.thairath.com

จากปัญหาการเกิดอัคคีภัยในโรงเรียนประถมศึกษา เมื่อเกิดเพลิงไหม้ลุกลามจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้อาคารเป็นอย่างมาก การอพยพหนีไฟจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับเวลาในการอพยพ จะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เส้นทางในการอพยพ ความหนาแน่นของผู้ใช้อาคาร รวมถึง เพศ อายุ ความเร็วในการอพยพรวมถึงลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคาร ความกว้างของประตู ขนาดของเส้นทางอพยพจะมีอิทธิพลต่อเวลาที่ใช้ในการอพยพ ดังนั้นถ้าเราสามารถคำนวณหาระยะเวลาในการอพยพออกจากพื้นที่ที่เกิดเหตุเพลิงไหม้อยู่ไปยังสถานที่ปลอดภัยได้ทันเวลาก่อนที่เพลิงไหม้จะลุกลาม ก็จะช่วยสามารถป้องกันความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สินได้ ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพและขีดความสามารถรวมถึงข้อจำกัดต่างๆ ในการอพยพหนีไฟจึงเป็นสิ่งสาคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการที่จะนำวิชาการทางด้านวิศวกรรมความปลอดภัยที่ได้ศึกษานั้นมาประยุกต์ใช้ในการทำการศึกษาวิจัยเพื่อศึกษาแผนอพยพและจำลองการอพยพ โดยใช้เทคโนโลยีด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาการใช้งาน ในด้านต่างๆ อย่างต่อเนื่องและแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งมีบทบาทมากขึ้นในงานด้านวิศวกรรมความปลอดภัยมาใช้เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการอพยพหนีไฟ ได้แก่การใช้ โปรแกรม Pathfinder เพื่อการศึกษาการจำลองการอพยพ ทั้งนี้ เพื่อนำปัญหาที่พบจากการสร้างแบบจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder มาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับมาตรฐานและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง หาวิธีการแก้ไขหรือป้องกันปัญหาที่ได้พบจากการจำลองการอพยพหนีไฟและสรุปรวมถึงให้ข้อเสนอแนะ และเพื่อการนำไปสู่การกำหนดเป็นแนวทางในการจัดทำแผนการอพยพหนีไฟ การกำหนดเส้นทางหนีไฟภายในอาคารโรงเรียนประถมศึกษา วัดเขาวัง (แสง ช่วงสุวนิช)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาแผนผังอาคาร กฎหมายเกี่ยวกับการอพยพหนีไฟ การศึกษาอาคารเรียนชั้นประถมและมัธยม โรงเรียนวัดเขาวัง (แสง ช่วงสุวนิช) จังหวัดราชบุรี ที่ใช้เป็นอาคารในการจำลองการอพยพหนีไฟเป็นอาคารเรียนแบบเดี่ยว มีความสูง 3 ชั้น 15 ห้อง ความกว้าง 9.65 เมตร ยาว 48 เมตร ความสูงของอาคารวัดจากระดับพื้นถึงส่วนบนสุดของหลังคาสูง 12.52 เมตร และมีบันไดอยู่ด้านในริมอาคารทั้ง 2 ฝั่ง ซึ่งเส้นทางดังกล่าวใช้เป็นเส้นทางสัญจรปกติและใช้เป็นทางหนีไฟในขณะเดียวกัน และไม่มีการนำระบบป้องกันอัคคีภัยหรือระบบดับเพลิงเข้ามาเกี่ยวข้องเนื่องจากอาคารเรียนที่นำมาใช้ในงานวิจัยจัดเป็นอาคารขนาดเล็ก

ตารางที่ 1 กฎหมายและมาตรฐานที่นำมาใช้ในงานวิจัย

กฎหมายและมาตรฐาน	ข้อมูลประกอบ
1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.)*	- ขนาดพื้นที่ของจุดรวมพล ต้องมีพื้นที่อย่างน้อย 0.25 ตารางเมตรต่อคน - ทีตั้งจุดรวมพล ต้องห่างจากอาคารไม่น้อยกว่าความสูงของอาคารและไม่น้อยกว่า 20 เมตร
2. กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ. 2555**	- เวลาที่ใช้ในการอพยพหนีไฟไปสู่จุดที่ปลอดภัยภายในเวลาไม่เกิน 5 นาที
3. NFPA 101 Life Safety Code***	- การคำนวณความจุของคนในอาคาร - มาตรฐานของอาคารเพราะเอามาอ้างอิงในการจัดทำเส้นทางหนีไฟและการคำนวณการอพยพหนีไฟ

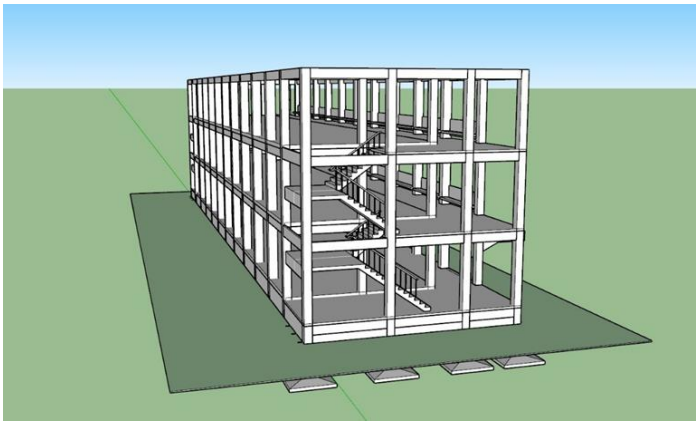
ที่มา: *วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2551)*

กระทรวงแรงงาน (2555)

*** National Fire Protection Association***

2. ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Sketchup เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองการอพยพ SketchUp เป็นโปรแกรมสำหรับออกแบบและสร้างโมเดล 3 มิติ ซึ่งมีเครื่องมือที่ใช้งานง่ายสามารถใช้งานร่วมกับ Google Map เพื่อสร้างโมเดลอาคาร โชว์ภาพตัดขวางของโมเดล อีกทั้งยังจำลอง การแสดงแสงเงา ตามวันที่และเวลาจริงได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถโชว์มุมมองต่างๆ ของโมเดลเป็นแอนิเมชั่น หรือจะแปลงเป็นไฟล์ต่างๆ เพื่อนำไปใช้ร่วมกับโปรแกรมอื่นได้ เช่นPhotoshop, 3Ds Max เป็นต้น

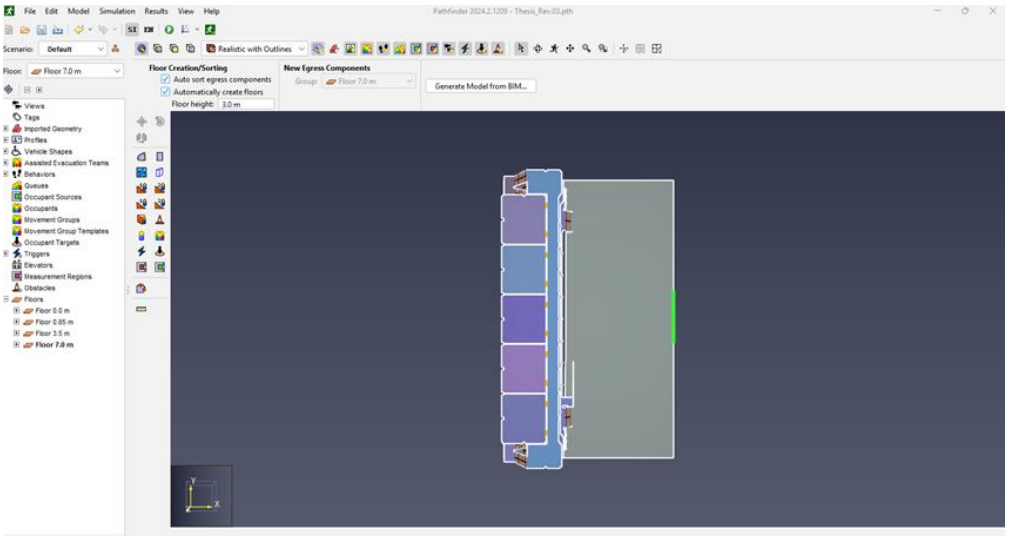
SketchUp ถูกพัฒนาโดย บริษัท @Last แต่ Google บริษัทไอทียักษ์ใหญ่ของสหรัฐอเมริกาได้ซื้อลิขสิทธิ์ไปนับตั้งแต่ปี 2006 และในปี 2012 บริษัท Trimble ได้ซื้อลิขสิทธิ์ต่อจาก Google และเป็นเจ้าของ SketchUp จนถึงปัจจุบัน



ภาพที่ 1 แสดงภาพการสร้างอาคารเรียนที่จะใช้ศึกษาในโปรแกรม Sketchup

3. ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Pathfinder เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองการอพยพ โปรแกรม Pathfinder จะมีไฟล์นามสกุลเป็น .pth ภายในโปรแกรมจะเน้นการวิเคราะห์เรื่องทางเดินเป็นหลัก สามารถรับข้อมูลจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่นๆ ได้ เช่น Sketchup, AutoCAD, Pirosim เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์งานชิ้นเดียวกันโดยโปรแกรม Sketchup มีไฟล์นามสกุลเป็น .dwg สามารถแปลงไฟล์ข้อมูลที่มีอยู่แล้วเอาไปใช้งานในโปรแกรม Pathfinder ในการจำลองพื้นที่การใช้อพยพ การจำลองบันไดหนีไฟ การจำลองประตู ได้ทั้งหมด เพื่อให้แบบจำลองนั้นมีความสมจริงเทียบเคียงได้กับอาคารจริง สามารถสร้างภาพจำลองในรูปแบบ 2 มิติ และ 3 มิติได้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลเป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นมาเพื่อจำลองการอพยพโดยเฉพาะ ไม่สามารถจำลองการเกิดเพลิงไหม้ได้ ซึ่งโปรแกรมมีทางเลือกของพารามิเตอร์ของพฤติกรรมการเคลื่อนของมนุษย์ในการเคลื่อนของมนุษย์ในการอพยพหนีไฟ 2 โหมดคือ โหมด SFPE เป็นแบบจำลองการไหลของการ เดิน โดยผู้อาศัยจะไม่พยายามหลีกเลี่ยงกับบุคคลอื่น ๆ และจะยอมให้แทรกผ่านไป และโหมด Steering จะมีพฤติกรรมการทำงานที่ซับซ้อน

มากขึ้น คือการเคลื่อนที่มีความโค้งโดยได้มาจากผลที่เกิดขึ้นของสมการของเว้นการระยะห่างระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ และมนุษย์กับสิ่งกีดขวาง

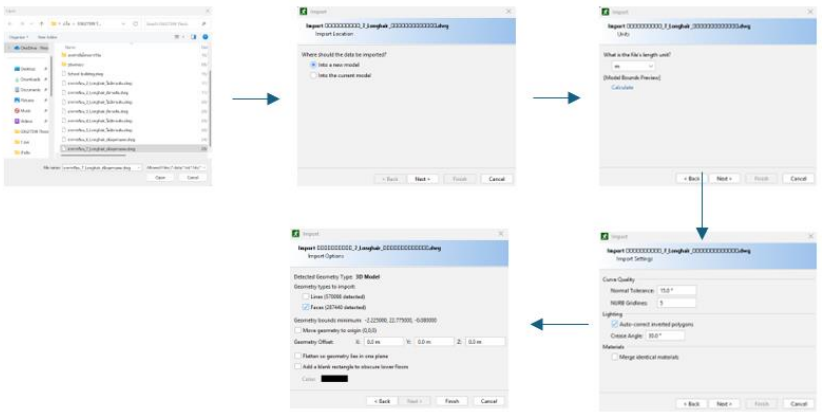


ภาพที่ 2 แสดงหน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม Pathfinder

4. การสร้างแบบจำลองอาคาร เพื่อการจำลองสถานการณ์อพยพ โดยโปรแกรม Pathfinder

4.1 Import ไฟล์ .dwg เข้าไปที่โปรแกรม Pathfinder ดังภาพที่ 3

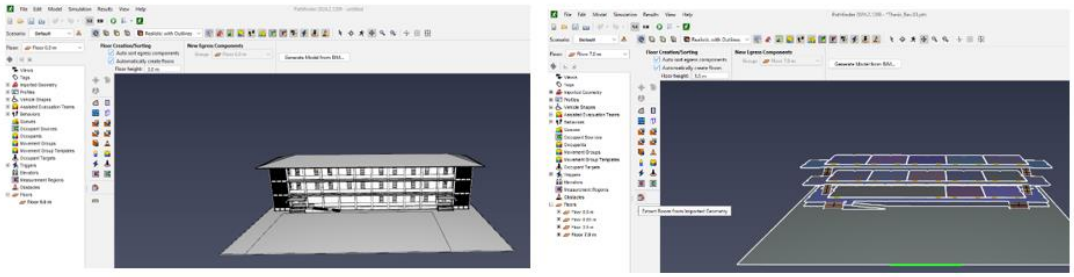
- เปิดโปรแกรม Pathfinder ไปที่ File เลือก Import
- เลือกไฟล์ที่ต้องการ Import แล้วกด Open
- กด Next ไปจนถึงหน้าที่ต้องเลือกจุดอ้างอิง Z เป็นศูนย์ แล้วกด Finish



ภาพที่ 3 แสดงการ Import ไฟล์ .dwg ไปยังโปรแกรม pathfinder

4.2 แก้ไขโมเดลจาก 3D ในโปรแกรม Pathfinder เป็น 2D และตั้งค่าระดับชั้นโดยมีรายละเอียดดังนี้

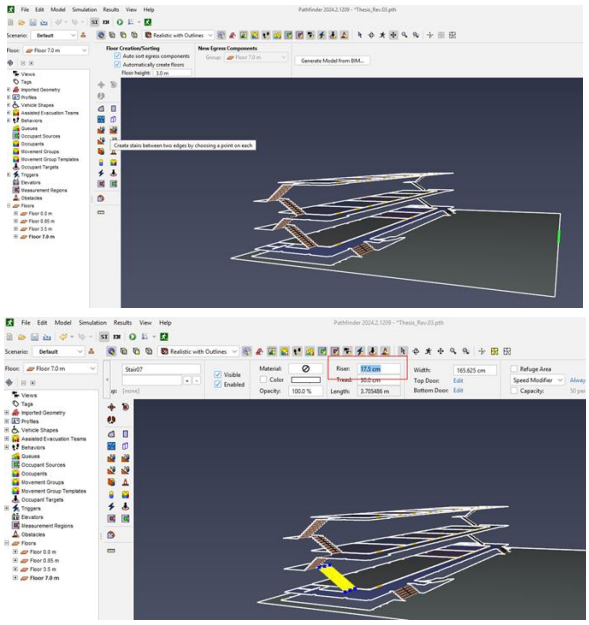
- เลือก Extract Floor from Imported Geometry แล้วคลิกบริเวณพื้นที่ที่เราต้องการเปลี่ยน จาก 3D เป็ น 2D เมื่อได้พื้นที่ที่ต้องการจ าลองการอพยพหนีไฟแล้ว จึงตั้งค่าระดับพื้นในแต่ละชั้น
- ลบชิ้นส่วนพื้น ผนัง ที่เป็น 3D ออก แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงภาพแก้ไขโมเดลจาก 3D ในโปรแกรม Pathfinder เป็น 2D

4.3 การเพิ่มบันได แสดงดังภาพที่ 5

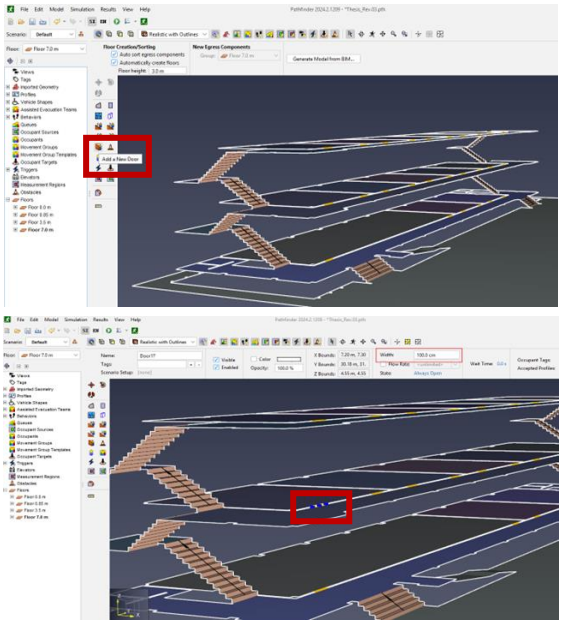
- เลือก Create stairs between two edges by choosing a point on each
- เลือกจุดขอบชานพักที่ต้องการเพิ่มบันไดทั้งสองจุด
- แก้ไขขนาดความกว้างบันได



ภาพที่ 5 แสดงภาพการเพิ่มบันได

4.4 การเพิ่มประตู แสดงดังภาพที่ 6

- คลิกเลือก Add a New Door แล้วไปวางบริเวณที่ต้องการใส่ประตู
- แก้ไขขนาดความกว้างประตูตามแบบจริง



ภาพที่ 6 แสดงภาพการเพิ่มบานประตู

5. หาค่าเวลาก่อนการอพยพ (Pre-Evacuation) จากสมการในการคำนวณหาเวลาในการอพยพ ส่วนหนึ่งที่ต้องพิจารณาคือหาค่าเวลาก่อนการอพยพ (Pre-Evacuation Time) จากการวิเคราะห์แบบแปลนอาคารสามารถกำหนดเวลาก่อนการอพยพหนีไฟ จำแนกตามช่วงอายุได้ดังแสดงในตารางที่ 2 นำไปตั้งค่าในส่วนของ Initial delay time และกำหนด Waiting time ในโปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ 3 คือห้องต้นเพลิงจะแจ้งเตือนและอพยพทันที ผ่านไป 60 วินาที พื้นที่อยู่ส่วนอื่นของชั้นต้นเพลิง จึงจะแจ้งเตือนและอพยพเป็นลำดับถัดมา และเมื่อผ่านไป 120 วินาที ชั้นที่เหลือจึงจะแจ้งเตือนและเริ่มทำการอพยพเป็นลำดับสุดท้าย

ตารางที่ 2 แสดงเวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคาร

ช่วงอายุ	เวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพหนีไฟ (วินาที)
6-12 ปี	21.8
13-19 ปี	30.8
20-59 ปี	17.0

ที่มา: Cuesta A. et al. (2016)

ตารางที่ 3 แนะนำเวลาก่อนการอพยพสำหรับประเภทสถานการณ์จำลองพฤติกรรมการออกแบบที่แตกต่างกัน

หมวดหมู่สถานการณ์และตัวปรับแต่ง	**ประชากรส่วนแรก Δt_{pre} (1st percentile)**	**การกระจายตัวของประชากร $\Delta\ t_{pre}$ (1st percentile)**
A: ตื่นตัว และคุ้นเคย		
M1 B1-B2 A1-A2	0.5	1
M2 B1-B2 A1-A2	1	2
M3 B1-B2 A1-A2	>15	>15
สำหรับ B3 ต้องเพิ่มเวลา 0.5 นาที		
B: ตื่นตัว และไม่คุ้นเคย		
M1 B1-B2 A1-A2	0.5	2
M2 B1-B2 A1-A2	1	3
M3 B1-B2 A1-A2	>15	>15
สำหรับ B2 ต้องเพิ่มเวลา 0.5 นาที		
สำหรับ B3 ต้องเพิ่มเวลา 1.0 นาที		
Ci: นอนหลับ และคุ้นเคย		
(เช่น หอหัก)		
M2 B1 A1	5	5
M3 B1 A3	10	>20
Cii: การเข้าพักที่มีการจัดการดูแล		
(เช่น เซอร์วิสอพาร์ทเมนท์)		
M1 B2 A1-A2	10	20
M2 B2 A1-A2	15	25
Ciii: นอนหลับ และไม่คุ้นเคเย		
(เช่น โรงแรม)	15	15
M1 B2 A1-A2	20	20
M2 B2 A1-A2	>20	>20
M3 B2 A1-A3		
สำหรับ B3 ต้องเพิ่มเวลา 1.0 นาที		
D: ดูแลรักษาทางการแพทย์		
ตื่นตัว และไม่คุ้นเคย		
(เช่น คลีนิค, ศัลยกรรม, ทันตกรรม)		

ตารางที่ 3 แนะนำเวลาก่อนการอพยพสำหรับประเภทสถานการณ์จำลองพฤติกรรมการออกแบบที่แตกต่างกัน (ต่อ)

หมวดหมู่สถานการณ์และตัวปรับแต่ง	**ประชากรส่วนแรก Δt_{pre} (1st percentile)**	**การกระจายตัวของประชากร Δt_{pre} (1st percentile)**
M1 B1 A1-A2	0.5	2
M2 B1 A1-A2	1	3
M3 B1 A1-A3	>15	>15
สำหรับ B2 ต้องเพิ่มเวลา 0.5 นาที		
สำหรับ B3 ต้องเพิ่มเวลา 1.0 นาที		
นอนหลับ และไม่คุ้นเคย		
(เช่น หอผู้ป่ วยใน, สถานพยาบาล)		
M1 B2 A1-A2	5b	10b
M2 B2 A1-A2	10b	20b
E: การขนส่ง		
(เช่น สถานีรถไฟ, สถานีขนส่ง		
สาธารณะ, สนามบิน)		
M1 B3 A1-A2	1.5	4
M2 B3 A1-A2	2	5
M3 B3 A1-A3	>15	>15

ที่มา : The application of fire safety engineering principles to fire safety design of building PD 7974-6 : 2004, British Standard

6. วิเคราะห์ประเภทการใช้งานอาคาร และคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคาร

6.1 ผู้ใช้อาคารในแต่ละห้องเรียน อ้างอิงตามจำนวนโต๊ะเรียน เก้าอี้เรียนและโต๊ะ เก้าอี้ครู ตามแบบแปลนอาคารเรียนของสานักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน(สพฐ.) ซึ่งในแต่ละห้องเรียนจัดให้มีโต๊ะเรียน เก้าอี้เรียน จำนวน 40 ชุด และโต๊ะ เก้าอี้ครู จำนวน 1 ชุด จึงกำหนดให้ในแต่ละห้องเรียนมีจำนวนผู้ใช้อาคาร จำนวน 41 คน และจัดให้มีโต๊ะเก้าอี้ จำนวน 50 ชุด ในห้องสมุด

6.2 ผู้ใช้อาคารในพื้นที่ส่วนที่เหลือ ได้แก่ ทางเดิน บันได และห้องน้ำสามารถคำนวณด้วยวิธีที่กำหนดตามมาตรฐาน NFPA 101 ซึ่งจากการคำนวณพบว่า อาคารเรียนดังกล่าวมีจำนวนผู้ใช้อาคาร จำนวน 824 คน โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 4 ถึง ตารางที่ 6

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคาร ชั้น 1

ลำดับ	สถานที่	พื้นที่ (ตร.ม)	Occupant	Occupant Load Factor	จำนวนผู้ใช้อาคาร	
					จำนวนจริง	จากการคำนวน
ชั้นที่ 1			**สถานศึกษา**			
1	ห้องสมุด	171	ชุมนุมคน	4.6 net	50*	38
2	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
3	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
รวมชั้นที่ 1		285	132 คน			

ตารางที่ 5 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคาร ชั้น 2

ลำดับ	สถานที่	พื้นที่ (ตร.ม)	Occupant	Occupant Load Factor	จำนวนผู้ใช้อาคาร	
					จำนวนจริง	จากการคำนวน
ชั้น 2			**สถานศึกษา**			
1	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
2	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
3	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
4	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
5	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
รวมชั้นที่ 2		285	205 คน			

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคาร ชั้น 3

ลำดับ	สถานที่	พื้นที่ (ตร.ม)	Occupant	Occupant Load Factor	จำนวนผู้ใช้อาคาร	
					จำนวนจริง	จากการคำนวน
ชั้นที่ 3			**สถานศึกษา**			
1	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
2	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30

ตารางที่ 6 แสดงจำนวนผู้ใช้อาคาร ชั้น 3 (ต่อ)

3	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
4	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
5	ห้องเรียน	57	สถานศึกษา	1.9 net	41*	30
รวมชั้นที่ 3		285	205 คน			

7. กำหนดลักษณะการใช้งานของอาคารและพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร กำหนดพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร โดยงานวิจัยครั้งนี้การตั้ง ค่าโปรแกรม Pathfinder โดยใช้พารามิเตอร์ของพฤติกรรมเป็นแบบโหมด Steering ทุกกรณีศึกษา และกำหนดลักษณะการใช้งานของอาคาร ออกเป็น 3 กรณี ตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 รายละเอียดของลักษณะการใช้งานของอาคาร

กรณีที่	ลักษณะการใช้งานของอาคาร
1	ห้องเรียนของนักเรียนประถมศึกษา (อายุ 6-12 ปี) จำนวน 12 ห้อง โดยมีนักเรียนห้องละ 40 คนและครูผู้สอนห้องละ 1 คน / ห้องสมุดมีนักเรียนใช้งาน 50 คน
2	ห้องเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา (อายุ 13-19 ปี) จำนวน 12 ห้อง โดยมีนักเรียนห้องละ 40 คนและครูผู้สอนห้องละ 1 คน / ห้องสมุดมีนักเรียนใช้งาน 50 คน
3	ห้องเรียนของนักเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา ห้องเรียนของนักเรียนประถมศึกษา (อายุ 6-12 ปี) จำนวน 6 ห้อง ในอาคารชั้น 1 และชั้น 2 และห้องเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา (อายุ 13-19 ปี) จำนวน 6 ห้อง ในอาคารชั้น 2 และชั้น 3 โดยมีนักเรียนห้องละ 40 คน และครูผู้สอนห้องละ 1 คน / ห้องสมุดมีนักเรียนใช้งาน 50 คน

8. จำลองกรณีอพยพหนีไฟตามสถานการณ์ที่กำหนดตามมาตรฐาน NFPA101 จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้ภายในอาคารและต้องการอพยพคนทั้งหมดภายในอาคารในโปรแกรม Pathfinder โดยกำหนดสถานการณ์ต่างๆ การพิจารณาห้องต้นเพลิงตามหลักเกณฑ์ NFPA 101, Life Safety Code จำนวน 4 สถานการณ์ ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 ตามมาตรฐาน NFPA 101 เกิดเพลิงไหม้ในพื้นที่ห้องสมุดพื้นที่ชั้น 1 มีโปรเจคเตอร์ซึ่งปลดปล่อยพลังงานความร้อนข้อนข้างน้อย และมีกระดาษหนังสือจำนวนมาก อยู่ใกล้เคียงจึงมีโอกาศลุกลามไปติดและค่อยขยายตัว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟ จนบันไดหนีไฟด้านซ้ายชั้น 1 ที่ติดกับห้องสมุดใช้งานไม่ได้

สถานการณ์ที่ 2 ตามมาตรฐาน NFPA 101 เกิดเพลิงไหม้ถังสีภายในห้องเก็บของพื้นที่ชั้น 1 ที่ไม่มีคนใช้งาน ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ห้องเก็บของที่อยู่ใต้บันได จนบันไดหนีไฟใช้ชั้นที่1 ด้านขวาใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันจำนวนมาก

สถานการณ์ที่ 3 ตามมาตรฐาน NFPA 101 เพลิงไหม้คอมพิวเตอร์ในห้องเรียนพื้นที่ชั้น 2 เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟด้านขวา จนบันไดหนีไฟที่ติดกับห้องเรียนใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันไฟแพร่เข้าไปในบันได

สถานการณ์ที่ 4 ตามมาตรฐาน NFPA 101 เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ห้องเรียนพื้นที่ชั้น 3 ทำให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามไปติดโต๊ะเรียนในห้องเรียน บันไดหนีไฟใช้งานได้ตามปกติ

โดยงานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปสถานการณ์ที่ใช้ในการจำลอง จาก 3 ลักษณะการใช้งานของอาคาร และ 4 สถานการณ์ ซึ่งรวมเป็นทั้งหมด 12 กรณีศึกษา มีรายละเอียดดังนี้

กรณีศึกษาที่ 1 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษา เกิดเพลิงไหม้ในพื้นที่ห้องสมุดพื้นที่ชั้น 1 มีโปรเจคเตอร์ซึ่งปลดปล่อยพลังงานความร้อนข้อนข้างน้อย และมีกระดาษหนังสือจำนวนมาก อยู่ใกล้เคียงจึงมีโอกาศลุกลามไปติดและค่อยขยายตัว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟ จนบันไดหนีไฟด้านซ้ายที่ติดกับห้องสมุดใช้งานไม่ได้ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 2 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษา เกิดเพลิงไหม้ถังสีภายในห้องเก็บของพื้นที่ชั้น 1 ที่ไม่มีคนใช้งาน ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ห้องเก็บของที่อยู่ใต้บันได จนบันไดหนีไฟใช้ชั้นที่1 ด้านขวาใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันจำนวนมากเพลิงไหม้ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 3 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษา เพลิงไหม้คอมพิวเตอร์ในห้องเรียนพื้นที่ชั้น 2 ที่ติดกับบันไดหนีไฟด้านขวา เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟ

ด้านขวา จนบันไดหนีไฟที่ติดกับห้องเรียนใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันไฟแพร่เข้าไปในบันได ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 4 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษา เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ห้องเรียน3 พื้นที่ชั้น 3 ทำให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามไปติดโต๊ะเรียนในห้องเรียน บันไดหนีไฟใช้งานได้ตามปกติ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 5 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนมัธยมศึกษาเกิดเพลิงไหม้ในพื้นที่ห้องสมุดพื้นที่ชั้น 1 มีโปรเจคเตอร์ซึ่งปลดปล่อยพลังงานความร้อนข้อนข้างน้อย และมีกระดาษหนังสือจำนวนมาก อยู่ใกล้เคียงจึงมีโอกาศลุกลามไปติดและค่อยขยายตัว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟ จนบันไดหนีไฟด้านซ้ายที่ติดกับห้องสมุดใช้งานไม่ได้ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 6 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนมัธยมศึกษา เกิดเพลิงไหม้ถังสีภายในห้องเก็บของพื้นที่ชั้น 1 ที่ไม่มีคนใช้งาน ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ห้องเก็บของที่อยู่ใต้บันได จนบันไดหนีไฟใช้ชั้นที่1 ด้านขวาใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันจำนวนมากเพลิงไหม้ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 7 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนมัธยมศึกษา เพลิงไหม้คอมพิวเตอร์ในห้องเรียนพื้นที่ชั้น 2 ที่ติดกับบันไดหนีไฟด้านขวา เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟด้านขวา จนบันไดหนีไฟที่ติดกับห้องเรียนใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันไฟแพร่เข้าไปในบันได ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 8 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนมัธยมศึกษา เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ห้องเรียน3 พื้นที่ชั้น 3 ทำให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามไปติดโต๊ะเรียนในห้องเรียน บันไดหนีไฟใช้งานได้ตามปกติ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 9 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เพลิงไหม้คอมพิวเตอร์ในห้องเรียนพื้นที่ชั้น 2 ที่ติดกับบันไดหนีไฟด้านขวา เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟด้านขวา จนบันไดหนีไฟที่ติดกับห้องเรียนใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันไฟแพร่เข้าไปในบันได ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 10 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เกิดเพลิงไหม้ถังสีภายในห้องเก็บของพื้นที่ชั้น 1 ที่ไม่มีคนใช้งาน ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้ห้องเก็บของที่อยู่ใต้บันได จนบันไดหนีไฟใช้

ชั้นที่1 ด้านขวาใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันจำนวนมากเพลิงไหม้ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 11 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เพลิงไหม้คอมพิวเตอร์ในห้องเรียนพื้นที่ชั้น 2 ที่ติดกับบันไดหนีไฟด้านขวา เกิดไฟลุกลามอย่างรวดเร็ว ไฟลุกลามออกมาทำให้กีดขวางเส้นทางหนีไฟด้านขวา จนบันไดหนีไฟที่ติดกับห้องเรียนใช้งานไม่ได้ เนื่องจากมีควันไฟแพร่เข้าไปในบันได ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

กรณีศึกษาที่ 12 จำลองให้เกิดเพลิงไหม้อาคารเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา เกิดไฟฟ้าลัดวงจรที่ห้องเรียน3 พื้นที่ชั้น 3 ทำให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามไปติดโต๊ะเรียนในห้องเรียน บันไดหนีไฟใช้งานได้ตามปกติ ผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันแสดงในตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3

9. ตั้งค่าจำลองโปรแกรม Pathfinder

9.1 กำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรม Pathfinder โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ประกอบด้วยพฤติกรรมการอพยพ ความสูง ความกว้างของไหล่ และความเร็วในการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยจึงอ้างอิงข้อมูลจากงานวิจัยที่ได้ศึกษาดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ของขนาดร่างกาย และความเร็วที่ป้อนลงในโปรแกรม Pathfinder

ช่วงอายุ	ค่าพารามิเตอร์	เพศชาย	เพศหญิง
6-12 ปี	ความสูง (เซนติเมตร)	134.62***	135.45***
	ความกว้างของไหล่ (เซนติเมตร)	34.00***	33.50***
	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตร/วินาที)	1.178*	1.138*
13-19 ปี	ความสูง (เซนติเมตร)	167.07***	157.53***
	ความกว้างของไหล่ (เซนติเมตร)	39.88***	38.25***
	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตร/วินาที)	1.223*	1.219*
20-59 ปี	ความสูง (เซนติเมตร)	169.46**	157.00**
	ความกว้างของไหล่ (เซนติเมตร)	40.00**	38.00**
	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (เมตร/วินาที)	1.359*	1.294*

ที่มา: *Robert L. Waters et al. (1988)

**ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (2551)

*** Srikanjana Jatuphatwarodom. (2010, 2014)

9.2 สร้างพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารลงในโปรแกรม Pathfinder โดยกำหนดเวลาที่ใช้ในการเตรียมการอพยพหนีไฟ โดยใช้ค่าเวลาจำแนกตามช่วงอายุ จากตารางที่ 2 แล้วจึงนำไปตั้งค่าในส่วนของ Initial delay time และจากตารางที่ 3 การกำหนดสถานการณ์จำลองการเกิดเหตุเพลิงไหม้จะเป็นตัวกำหนดลำดับของสัญญาณการแจ้งเตือน ซึ่งคือการกำหนด waiting time ในโปรแกรม คือห้องต้นเพลิงจะแจ้งเตือนและอพยพทันที ผ่านไป 60 วินาที พื้นที่อยู่ส่วนอื่นของชั้นต้นเพลิง จึงจะแจ้งเตือนและอพยพเป็นลำดับถัดมา และเมื่อผ่านไป 120 วินาที ชั้นที่เหลือจึงจะแจ้งเตือนและเริ่มทำการอพยพเป็นลำดับสุดท้าย ซึ่งการตั้งค่าทั้งหมดนี้ เป็นส่วนประกอบในการตั้งค่า behaviors ในโปรแกรม

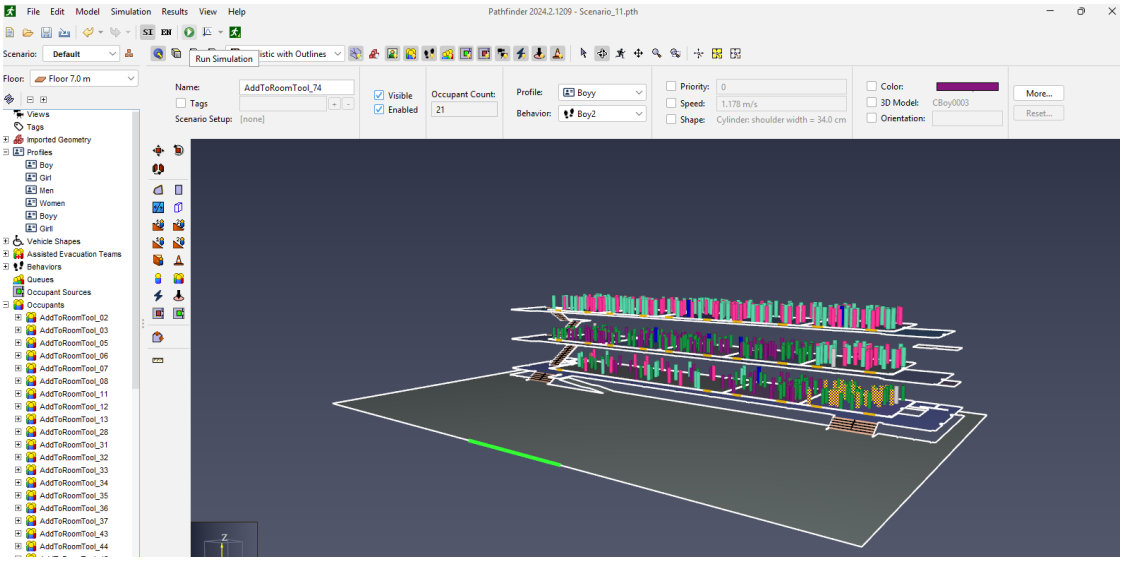
9.3 ทำการเพิ่มจำนวนคนผู้ใช้อาคารในโปรแกรม Pathfinder โดยอ้างอิงจากข้อมูลการคำนวณในข้อที่ 7 และสัดส่วนของเพศในต่ละช่วงอายุ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 สัดส่วนของผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุ

ช่วงอายุ	เพศชาย (ร้อยละ)	เพศหญิง (ร้อยละ)
6-12 ปี	51.41	48.59
13-19 ปี	51.35	48.56
20-59 ปี	49.26	50.74

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2563)

9.4 กำหนด Simulation Parameters โดยให้ Time Limit ที่ไม่จำกัด เลือก Behavior Mode เป็นแบบ Steering



ภาพที่ 7 การตั้งค่าเพื่อจำลองการรันโปรแกรม

ผลการวิจัย

ผลการจำลองการอพยพจากสถานการณ์ที่ 1 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอพยพตามลักษณะการใช้งานของอาคาร พบว่า หากอาคารเรียนดังกล่าวเป็นอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา (ช่วงอายุ 6-19 ปี) จะใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด รองลงมาคือ อาคารเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา(ช่วง อายุ 13-19 ปี) และอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษา (ช่วงอายุ 6-12 ปี) จะใช้เวลามากที่สุด เท่ากับ 463.2 วินาที, 480.8 วินาที และ 494.8 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน กำหนดไว้ว่าต้องจัดเส้นทางหนีไฟที่อพยพคนทั้งหมดออกจากบริเวณที่ทำงานสู่บริเวณพื้นที่ปลอดภัย ภายใน 5 นาที (300 วินาที) นั้น พบว่า ไม่สอดคล้องกับกฎหมายกำหนด และพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในช่วงแรกของการอพยพผู้ใช้อาคารที่อยู่ฝั่งซ้ายของอาคารจะอพยพมาฝั่งขวา เพื่อใช้บันไดฝั่งขวาในการอพยพ แต่จะมีผู้อพยพฝั่งซ้ายบางส่วนใช้บันไดฝั่งซ้ายจากชั้น 3 อพยพลงมาที่ชั้น 2 เพราะบันไดฝั่งซ้ายที่ลงไปชั้นที่ 1 ไม่สามารถใช้งานได้เพราะอยู่ติดกับห้องสมุด (ห้องต้นเพลิง) ทำให้เกิดความแออัดและเกิดการรอคิวอย่างหนาแน่นบริเวณบันไดฝั่งขวารวมถึงเกิดการสะสมของผู้ใช้อาคารอย่างต่อเนื่อง ไปถึงบริเวณทางเดินก่อนเข้าบันไดฝั่งขวาของชั้น 2 และ 3 ส่งผลให้เวลาในการอพยพล่าช้ามากยิ่งขึ้น และเนื่องจากบันไดสามารถใช้ได้เพียงฝั่งเดียวจึงทำให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนเส้นทางอพยพ

ผลการจำลองการอพยพจากสถานการณ์ที่ 2 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอพยพตามลักษณะการใช้งานของอาคาร พบว่า หากอาคารเรียนดังกล่าวเป็นอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา (ช่วงอายุ 6-19 ปี) จะใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด รองลงมาคือ อาคารเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา(ช่วง อายุ 13-19 ปี) และอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษา (ช่วงอายุ 6-12 ปี) จะใช้เวลามากที่สุด เท่ากับ 469.5 วินาที, 479.8 วินาที และ 496.0 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน กำหนดไว้ว่าต้องจัดเส้นทางหนีไฟที่อพยพคนงานทั้งหมดออกจากบริเวณที่ทำงานสู่บริเวณที่ปลอดภัย ภายใน 5 นาที (300 วินาที) นั้น พบว่าไม่สอดคล้องกฎหมายกำหนด และพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในช่วงแรกของการอพยพผู้ใช้อาคารที่อยู่ฝั่งขวาของอาคารจะอพยพมาฝั่งซ้าย เพื่อใช้บันไดฝั่งซ้ายในการอพยพ แต่จะมีผู้อพยพฝั่งขวาบางส่วนใช้บันไดฝั่งซ้ายจากชั้น 3 อพยพลงมาที่ชั้น 2 เพราะบันไดฝั่งขวาที่ลงไปชั้นที่ 1 ใช้งานไม่ได้เพราะอยู่ติดกับห้องเก็บของที่เกิดเพลิงไหม้ (ห้องต้นเพลิง) ทำให้เกิดความแออัดและเกิดการรอคิวอย่างหนาแน่นบริเวณบันไดฝั่งซ้ายรวมถึงเกิดการสะสมของผู้ใช้อาคารอย่างต่อเนื่อง ไปถึงบริเวณทางเดินก่อนเข้าบันไดฝั่งซ้ายของชั้น 2 และ 3 ส่งผลให้เวลาในการอพยพล่าช้ามากยิ่งขึ้น และเนื่องจากบันไดสามารถใช้ได้เพียงฝั่งเดียวจึงทำให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนเส้นทางอพยพ

ผลการจำลองการอพยพจากสถานการณ์ที่ 3 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอพยพตามลักษณะการใช้งานของอาคาร พบว่า หากอาคารเรียนดังกล่าวเป็นอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา (ช่วงอายุ 6-19 ปี) จะใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด รองลงมาคือ อาคารเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา (ช่วงอายุ 13-19 ปี) และอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษา (ช่วงอายุ 6-12 ปี) จะใช้เวลามากที่สุด เท่ากับ 384.5 วินาที, 393.0 วินาที และ 402.0 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน กำหนดไว้ว่าต้องจัดเส้นทางหนีไฟที่อพยพคนงานทั้งหมดออกจากบริเวณที่ทำงานสู่บริเวณที่ปลอดภัย ภายใน 5 นาที (300 วินาที) นั้น พบว่า ไม่สอดคล้องกับกฎหมายกำหนด และพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในช่วงแรกของการอพยพผู้ใช้อาคารที่อยู่ชั้น1 อพยพได้อย่างต่อเนื่อง สำหรับผู้ใช้อาคารที่อยู่ฝั่งขวาของอาคารชั้น2 และชั้น3 จะอพยพมาฝั่งซ้าย เพื่อใช้บันไดฝั่งซ้ายในการอพยพ ทำให้เกิดความแออัดและเกิดการรอคิวอย่างหนาแน่นบริเวณบันไดดังกล่าว รวมถึงเกิดการสะสมของผู้ใช้อาคารอย่างต่อเนื่อง ไปถึงบริเวณทางเดินก่อนเข้าบันไดฝั่งซ้ายของชั้น 3 หลังจากเวลาผ่านไป 2.30 นาที ส่งผลให้เวลาในการอพยพล่าช้ามากยิ่งขึ้น และเนื่องจากบันไดสามารถใช้ได้เพียงฝั่งเดียวจึงทำให้ผู้ใช้อาคารทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนเส้นทางอพยพ

ผลการจำลองการอพยพจากสถานการณ์ที่ 4 เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการอพยพตามลักษณะการใช้งานของอาคาร พบว่า หากอาคารเรียนดังกล่าวเป็นอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา(ช่วงอายุ 6-19 ปี) จะใช้เวลาในการอพยพน้อยที่สุด รองลงมาคืออาคารเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษา (ช่วง อายุ 13-19 ปี) และอาคารเรียนของนักเรียนประถมศึกษา (ช่วงอายุ 6-12 ปี) จะใช้เวลามากที่สุด เท่ากับ 281.0 วินาที, 282.5 วินาที และ 287.3 วินาที ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การป้องกันและระงับอัคคีภัยในโรงงาน กำหนดไว้ว่าต้องจัดเส้นทางหนีไฟที่อพยพคนงานทั้งหมดออกจากบริเวณที่ทำงานสู่บริเวณที่ปลอดภัย ภายใน 5 นาที (300 วินาที) นั้น พบว่าสอดคล้องต้องตามที่กฎหมายกำหนด และพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารในช่วงแรกของการอพยพผู้ใช้อาคารที่อยู่ชั้น1 อพยพได้อย่างต่อเนื่อง สำหรับผู้ใช้อาคารที่อยู่อาคารชั้น2 และชั้น3 สามารถอพยพเพื่อใช้บันไดฝั่งซ้ายและฝั่งขวาในการอพยพ ทำให้เกิดความต่อเนื่องและไม่เกิดการรอคิวหนาแน่นบริเวณบันไดดังกล่าว ส่งผลให้เวลาในการอพยพสอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนด

วิจารณ์ผล

การศึกษาวิจัยการจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมและเวลาที่ใช้ในการอพยพที่ล่าช้าของผู้ใช้อาคารเรียน เพื่อนำไปเป็นแนวทางศึกษาในการวางแผนการอพยพหนีไฟให้กับอาคารเรียนให้สามารถทำการอพยพได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีกฎหมายใดในประเทศไทยที่บังคับให้โรงเรียนต้องมีการอบรม

ดับเพลิงขั้นต้นและฝึกซ้อมการอพยพหนีไฟ แต่จะมีบางโรงเรียนที่มีการจัดให้มีการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟโดยยังถือว่ายังเป็นส่วนน้อยมากๆ ซึ่งในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้ในอาคารโรงเรียน อาจทำให้มีผู้ได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตได้ เนื่องจากผู้ใช้อาคารจะเรียนไม่คุ้นชินกับเหตุการณ์ที่เกิดเพลิงไหม้ และไม่มีแผนในการอพยพหนีไฟ ดังนั้นอาคารโรงเรียนจึงมีความเสี่ยงที่ผู้ใช้อาคารดังกล่าวจะได้รับบาดเจ็บหรือเสียชีวิตหากเกิดเหตุเพลิงไหม้ได้

ผลจากการสร้างและทดสอบการจำลองการอพยพทั้งหมด 12 กรณีศึกษา พบว่าเวลาที่ใช้ในการอพยพผู้ใช้อาคารออกจากอาคารไปยังจุดที่ปลอดภัยในกรณีศึกษา 1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10 และ 11 ใช้เวลาเกิน 5 นาที (300 วินาที) ซึ่งไม่สอดคล้องตามที่กฎหมายที่ใช้อ้างอิง เนื่องจากขณะที่ผู้ใช้อาคารอพยพจะเกิดความแออัดและเกิดการรอคิวอย่างหนาแน่นบริเวณบันไดทั้ง 2 ฝั่งของอาคาร ทำให้เกิดการสะสมของผู้ใช้อาคารอย่างต่อเนื่องทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวายาวไปถึงบริเวณทางเดินก่อนเข้าบันไดในแต่ละชั้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีการปรับปรุงลักษณะทา ง สถาปัตยกรรมของอาคารดังกล่าว โดยนำ 9 กรณีศึกษาดังกล่าวที่ไม่สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนด มาจำลองการอพยพและอ้างอิงข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในปรแกรม Pathfinder พบว่าการเพิ่มบันไดหนีไฟที่ปิดล้อมทนไฟ บริเวณด้านข้างของอาคารทั้ง 2 ฝั่งอาคาร ซึ่งบันไดหนีไฟประกอบด้วยช่องผ่าน ประตูหนีไฟมีความกว้างสุทธิ 1 เมตร นั้นจะทำให้ผู้ใช้อาคารเข้าสู่พื้นที่ปลอดภัยได้เร็วมากยิ่งขึ้น และใช้เวลาไม่เกิน 5 นาที (300 วินาที) ซึ่งสอดคล้องตามที่กฎหมายที่ใช้อ้างอิง

สรุปผลการวิจัย

จากผลการจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษาด้วยโปรแกรม Pathfinder ใช้วิเคราะห์พฤติกรรมและเวลาที่ใช้ในการอพยพของผู้ใช้อาคาร โดยแสดงผลในแบบ 3 มิติและนำข้อมูล ที่ได้จากการจำลองการอพยพมาวิเคราะห์และปรับปรุงลักษณะทางสถาปัตยกรรมของอาคารเรียน อีกทั้งยังเป็นแนวทางในการออกแบบอาคาร เพื่อเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้ใช้อาคาร ซึ่งในการวิจัยสามารถคำนวณจำนวนผู้ใช้อาคารตามมาตรฐาน NFPA 101 ได้ทั้งหมด 824 คน กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของผู้ใช้อาคาร ได้แก่ ความสูง ความกว้างไหล่ และความเร็วในการเคลื่อนที่ เพื่อให้ผลการจำลองที่ได้ใกล้เคียงกับความจริงมากที่สุด รวมถึงใช้กลยุทธ์แบบอพยพพร้อมกันทั้งหมด ซึ่งผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงอายุมีระยะเวลาเตรียมการอพยพที่แตกต่างกันและกำหนดสถานการณ์จำลองที่แตกต่างกันในแต่ละกรณีศึกษา ทั้งหมด 12 กรณีศึกษา พบว่ามีอยู่ 9 กรณีศึกษาด้วยกันใช้เวลาอพยพเกิน 5 นาที (300 วินาที) ซึ่งไม่สอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนดและพบประเด็นปัญหาคือ ความแออัดในเส้นทางการอพยพ บริเวณบันได ทางเดินก่อนเข้าบันไดหรือในกรณีที่บันไดอาคารด้านหนึ่งไม่สามารถใช้งานได้ ทำให้เวลาที่ใช้ในการอพยพเพิ่มมากขึ้น

จึงพิจารณาหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขโดยทำการปรับปรุงลักษณะทางสถาปัตยกรรมอาคาร พบว่าการเพิ่มบันไดหนีไฟที่ปิดล้อมทนไฟ บริเวณด้านข้างอาคารทั้ง 2 ฝั่ง โดยขนาดของบานประตูหนีไฟต้องมีความกว้างสุทธิ 1 เมตร ใช้เวลาในการอพยพไม่เกิน 5 นาที (300 วินาที) ทั้ง 9 กรณีศึกษา ซึ่งสอดคล้องตามที่กฎหมายกำหนด เนื่องจากการเพิ่มบันไดหนีไฟ ทำให้ผู้ใช้อาคารมีเส้นทางในการอพยพได้มากขึ้น อีกทั้งยังใช้เวลาในการอพยพมายังจุดที่ปลอดภัยลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์ สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำ ตลอดจนตรวจแก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งแป็นอย่างยิ่งและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

กฤตพร ภักดี. (2564). การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder: กรณีศึกษาอาคารโรงเรียนประถมศึกษาและมัธยมศึกษา วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขนิษฐา ส่งสกุลชัย. (2554). การศึกษาระยะเวลาการอพยพออกจากโรงภาพยนต์ประเภทรวมหลายโรง ในเขตกรุงเทพมหานคร วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เขมณัฏฐ์ เลิศวิชญนันท์. (2556). การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟ และการคำนวณระยะเวลาการอพยพ : กรณีศึกษาอาคารเทียบเครื่องบิน ชั้น 4 สนามบินเอบีซี วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดารากร ศิริธารงค์. (2561). การจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อความปลอดภัยต่อชีวิต กรณีศึกษาอาคารโรงเรียนอนุบาล วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทวา นนท์ศิริ. (2561). การวิเคราะห์การอพยพหนีไฟเชิงสมรรถนะในอาคารเรียน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนพงษ์ บุญเลี้ยง. (2554). การศึกษาและจำลองพฤติกรรมการอพยพของมนุษย์ออกจากเครื่องบินในสถานการณ์ฉุกเฉิน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นรินทร์ บุญประเสริฐ. (2559). การจำลองการอพยพหนีไฟของอาคารสูงด้วยโปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษาอาคารพื้นที่ครอบครองหลายประเภท วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นิชาภา ทรงวัฒนา. (2561). การวิเคราะห์การอพยพแบบช่วงชนของอาคาร 4 ที่พักอาศัยบุคลากรมหาวิทยาลยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ด้วยโปรแกรม pathfinder วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นันทพร เดชะ. (2553). โปรแกรมออกแบบทางอพยพหนีไฟสำหรับกิจการชุมนุมคน วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บุษกร แสนสุข. (2553). การวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟและการคำนวณระยะเวลาอพยพโดยวิธี Hydralic Analogy อาคารใหม่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปวัชร์ญา วิทิตจรัสพงศ์. (2563). การจำลองการอพยพหนีไฟโดยการใช้โปรแกรม Pathfinder กรณีศึกษา ศูนย์พัฒนาเด็กปฐมวัย วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พัทธนันท์ สุวรรณบูลย์. (2565). การจำลองอพยพหนีไฟในอาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรมด้วยโปรแกรม Pathfinder วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เยาวลักษณ์ ยวงสร้อย. (2555). การคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ กรณีศึกษาอาคารปฏิบัติการวิจัยทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมบุญ สารทอง. (2558). การคำนวณหาเวลาอพยพหนีไฟ กรณีศึกษา อาคารสูงประเภทพื้นที่ครอบครองแบบธุรกิจ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมเกียรติ เวชพฤกษ์พิทักษ์. (2549). การศึกษาแผนอพยพโดยใช้โปรแกรมการจำลองด้านพลศาสตร์อัคคีภัยและจำลองการอพยพ วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อรรถสิทธิ์ ภวนันท์. (2553). การศึกษาและประยุกต์ใชโปรแกรม Fire Dynamic Simulator เพื่อปรับปรุงเส้นทางหนีไฟ : กรณีศึกษาอาคารพักอาศัยรวมวิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

A. Cuesta & S.M.V. Gwynne. (2016). The collection and compilation of school evacuation data for model use : Safety Science 84 (2016) 24–36.

Glenn N. Hamilton & Patrick F. Lennon & John O'Raw. (2017). Human behaviour during evacuation of primary schools: Investigations on pre evacuation times, movement on stairways and movement on the horizontal plane Fire Safety Journal 91 (2017) 937–946.

Peizhong Yang & Chao Li & Dehu Chen. (2013). Fire emergency evacuation simulation based on integrated fire–evacuation model with discrete design method : Advances in Engineering Software 65 (2013) 101–111.

Wenjun Lei & Chuanmin Tai. (2019). Effect of different staircase and exit layouts on occupant evacuation: Safety Science 118 (2019) 258–263.

Zhen-yu Li & Minbo Tang & Dong Lianga & Zhe Zhao. (2016). Numerical simulation of evacuation in a subway station : Procedia Engineering 135 (2016) 616 – 621.

การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของพนักงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน

Ergonomic Risk Assessment of Scaffolding Equipment Repair Workers

ศุภิสรา ทองเย็น[1*] เพ็ญสุดา พันฤทธิ์ดำ[1]

Supitsara Tongyen[1*] Pensuda Phanritdum[1]

[1]หลักสูตรวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

199 ถ.สุขุมวิท ต.ทุ่งสุขลา อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20230

[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

199 Sukhumvit Road, Tung Sukla, Sri Racha, Chon Buri, 20230

***Corresponding author E-mail: supitsara.to@ku.th**

บทคัดย่อ

การทำงานในสถานีซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านมีลักษณะการทำงานที่ต้องใช้ท่าทางในการเคลื่อนไหวที่หลากหลาย โดยเฉพาะในขั้นตอนการขัดสนิมและทาสีเคลือบเงากระดานนั่งร้านซึ่งเป็นงานที่ต้องทำในท่าทางที่ไม่สะดวกและอาจทำให้เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงาน เช่น การเกิดอาการบาดเจ็บจากการทำงานที่มีท่าทางไม่ถูกต้อง หรือการใช้กล้ามเนื้อในท่าที่ไม่เหมาะสมในระยะเวลานาน ซึ่งสามารถนำไปสู่ปัญหาการบาดเจ็บที่เกิดจากการทำงานซ้ำๆ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อประเมินและวิเคราะห์ความเสี่ยงของท่าทางการทำงานตามหลักการยศาสตร์ของสถานีงานซ่อมบำรุงอุปกรณ์นั่งร้าน ด้วยการประเมินท่าทางการทำงานด้วยวิธี REBA (Rapid Entire Body Assessment) ผลการศึกษาพบว่าในขั้นตอนการขัดสนิมกระดานนั่งร้านมีคะแนนเฉลี่ย 10.38 ซึ่งอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง

ในงานวิจัยนี้ได้ปรับปรุงสถานีงานโดยการออกแบบเครื่องขัดกระดานนั่งร้านใช้ระบบลำเลียงอัตโนมัติและการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อลดความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม ผลการปรับปรุงพบว่า คะแนนเฉลี่ย REBA ลดลงจาก 10.38 เป็น 3.88 ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงในระดับปานกลาง และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มขึ้น โดยสามารถลดเวลาการทำงานและเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ถึง 56.62% ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเน้นการปรับปรุงสถานีงานตามหลักการยศาสตร์และการประเมินความเสี่ยงอย่างเหมาะสม เพื่อยกระดับความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน

คำสำคัญ : การยศาสตร์ การประเมินทั่วทั้งร่างกาย (REBA) การออกแบบสถานีงาน อุปกรณ์นั่งร้าน

Abstract

The work in the scaffold equipment repair station requires various movement postures, especially during the steps of rust removal and the application of glossy paint on the scaffold boards. These tasks need to be performed in inconvenient positions and may pose health risks to the workers, such as injuries from incorrect posture or the prolonged use of muscles in

inappropriate positions, which can lead to repetitive strain injuries. This study aims to evaluate and analyze the risk of working postures based on ergonomic principles in the scaffold equipment repair station by assessing work postures using the REBA (Rapid Entire Body Assessment) method. The results showed that during the rust removal process of the scaffold boards, the average score was 10.38, indicating a high-risk level.

In this study, the workstation was improved by designing a scaffold board grinding machine using an automatic conveyor system and motor speed control. This development was aimed at reducing the risks associated with improper working postures. The results after the improvement showed that the average REBA score decreased from 10.38 to 3.88, indicating a moderate risk level. Additionally, work efficiency was enhanced, with a reduction in work time and an increase in productivity by 56.62%. This research highlights the importance of ergonomic workstation design and risk assessment to enhance both safety and work efficiency.

Keywords : Ergonomics, Rapid Entire Body Assessment (REBA), Workstation Design, Scaffold Equipment

บทนำ

การใช้งานนั่งร้านในการก่อสร้างเป็นที่รู้จักกันดีในแง่ของการให้ความมั่นคงและความปลอดภัยสำหรับการทำงานในที่สูงหรือสถานที่ที่ยากต่อการเข้าถึง ซึ่งถือเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการดำเนินงานก่อสร้างและซ่อมแซมอาคารหรือโครงสร้างต่างๆ อย่างไรก็ตาม การบำรุงรักษาและซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านที่ใช้มานานอาจเกิดปัญหาหลายประการ เช่น ความเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ การขาดความปลอดภัยจากการใช้งาน และการเสียเวลาในการซ่อมแซมที่ไม่เป็นระบบ การศึกษาปัญหาดังกล่าวจึงมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานในสถานีซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน การปรับปรุงกระบวนการซ่อมแซมและบำรุงรักษานั่งร้านไม่เพียงแต่ช่วยลดเวลาที่สูญเสียจากการรอคอยหรือการทำงานที่ไม่เป็นระเบียบ แต่ยังสามารถลดต้นทุนในการบำรุงรักษาและตรวจสอบคุณภาพของอุปกรณ์ โดยเฉพาะการเพิ่มความปลอดภัยในการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน การซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านต้องคำนึงถึงการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกและปลอดภัย

จากการศึกษาของแผนกซ่อมบำรุงอุปกรณ์นั่งร้าน พบว่า ปัญหาการทำงานในลักษณะท่าทางการก้มตัว การเอี้ยวตัว หรือการเคลื่อนไหวซ้ำๆ ในระยะเวลานานๆ มีผลให้พนักงานเกิดอาการเมื่อยล้าและบาดเจ็บที่กล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นอาการที่เกิดจากการทำงานที่ไม่สอดคล้องกับหลักการยศาสตร์ การป้องกันและลดความเสี่ยงทางการยศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตการทำงานของพนักงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานด้วยวิธี Rapid Entire Body

Assessment (REBA) และปรับปรุงสถานีงานซ่อมบำรุงให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมกับสัดส่วนของร่างกายผู้ปฏิบัติงาน เพื่อช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ อีกทั้งช่วยเพิ่มความปลอดภัย ลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของพนักงานในการดำเนินงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านอย่างยั่งยืน

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental design) ทำการศึกษาเพียงกลุ่มเดียววัดผลก่อนหลังโดยมุ่งที่การปรับปรุงสภาพงานโดยใช้หลักการยศาสตร์ เพื่อลดความเสี่ยงของท่าทางการทำงานที่จะก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บของผู้ปฏิบัติงานในหน่วยงาน Operation 1 scaffolding แผนกซ่อมบำรุง โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ยื่นเอกสารโครงการวิจัยเพื่อขอพิจารณาจริยธรรมวิจัยในมนุษย์เมื่อได้รับการอนุมัติจึงดำเนินการวิจัย
2. ประเมินความเสี่ยงของท่าทางการทำงานในสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน มีจำนวนพนักงานทั้งสิ้น 8 คน แบ่งเป็นพนักงานชายจำนวน 3 คน พนักงานหญิงจำนวน 5 คน อายุเฉลี่ย 26 ปี และอายุงานเฉลี่ย 3 ปี ด้วยวิธี REBA ซึ่งเป็นการประเมินท่าทางการทำงานที่เป็นการประเมิน ตั้งแต่ส่วนของ คอ ลำตัว ขา แขน และมือ เป็นเทคนิคที่คิดค้นโดย Sue Hignett และ Lyn McAtamney การประเมินด้วยวิธี REBA จะเหมาะสำหรับการประเมินส่วนต่างๆ ของร่างกายสำหรับงานที่มีลักษณะเปลี่ยนท่าทางอย่างรวดเร็วหรืองานที่ไม่อยู่กับที่ งานที่ไม่นั่งหรือยืนปฏิบัติงานในท่าทางเดิมๆ ซ้ำๆ ตลอดเวลา รูปแบบการประเมินเป็น 2 กลุ่มหลักคือ กลุ่ม A ประกอบด้วยการประเมินคอ ลำตัว และขา และกลุ่ม B ประกอบด้วยการประเมินส่วนแขนและข้อมือ โดยการประเมินแบ่งเป็น 15 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ท่าทางของศีรษะและคอ (Neck)
ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ตำแหน่งของลำตัว (Trunk)
ขั้นตอนที่ 3 การประเมินท่าทางของขาและเท้า (Legs)
ขั้นตอนที่ 4 สรุปผลคะแนนการวิเคราะห์ของคอ ลำตัว และขาทั้งสองข้าง
ขั้นตอนที่ 5 การประเมินภาระงานที่ทำ
ขั้นตอนที่ 6 คะแนน Part A นำไปใช้ในตาราง C
ขั้นตอนที่ 7 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนบน (Upper arm)
ขั้นตอนที่ 8 การประเมินตำแหน่งแขนส่วนล่าง (Lower arm หรือ Forearm)
ขั้นตอนที่ 9 การประเมินตำแหน่งมือและข้อมือ (Hand and Wrist)
ขั้นตอนที่ 10 สรุปผลจากขั้นตอนที่ 7-9 โดยใช้ตาราง B
ขั้นตอนที่ 11 ที่จับชิ้นงาน
ขั้นตอนที่ 12 คะแนน Part B นำไปใช้ในตาราง C
ขั้นตอนที่ 13 คะแนนกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 14 สรุปผล

ขั้นตอนที่ 15 การหาค่าคะแนนความเสี่ยงรวมและการสรุปผลคะแนน

การแปลผลคะแนนความเสี่ยงรวมในวิธี REBA

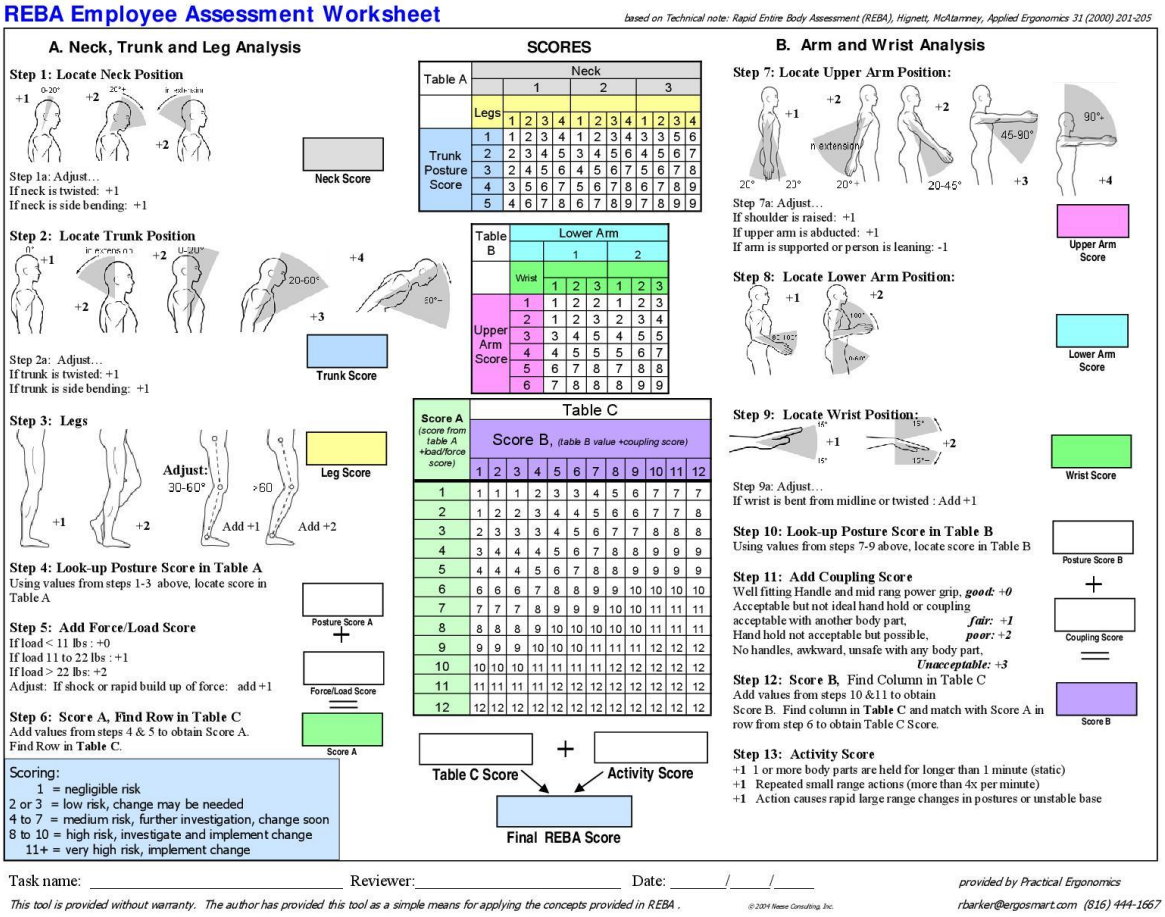
คะแนน 1 = ความเสี่ยงน้อยมาก

คะแนน 2-3 = ความเสี่ยงน้อย ยังต้องมีการปรับปรุง

คะแนน 4-7 = ความเสี่ยงปานกลาง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรได้รับการปรับปรุง

คะแนน 8-10 = ความเสี่ยงสูง ควรวิเคราะห์เพิ่มเติมและควรรีบปรับปรุง

คะแนน ≥ 11 = ความเสี่ยงสูงมาก ควรปรับปรุงทันที



ภาพที่ 1 การประเมินท่าทางการทำงานด้วยแบบประเมิน REBA

3. ออกแบบและปรับปรุงสถานีการทำงานตามหลักการทางการยศาสตร์ โดยอ้างอิงจากการวัดขนาดสัดส่วนในส่วนต่างๆ ของร่างกายของพนักงาน

4. ประเมินความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานหลังจากปรับปรุงสถานีงาน และเปรียบเทียบผลการดำเนินการก่อนและหลังปรับปรุง

ผลการวิจัย

1. รายละเอียดขั้นตอนการทำงานและลักษณะสถานีงาน

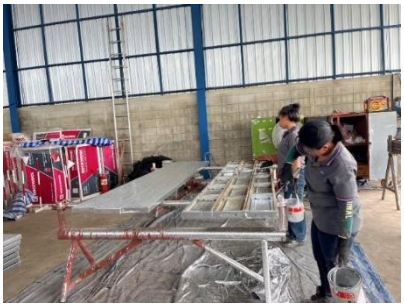
ขั้นตอนในการซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านประเภทกระดานนั่งร้าน มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นตอนการขัดสนิมและการทำความสะอาด เป็นขั้นตอนแรกของการซ่อมแซม โดยพนักงานจะวางแผ่นกระดานนั่งร้านบนแท่นวางอุปกรณ์ ที่มีความสูงระหว่าง 71-78 เซนติเมตร จำนวนแท่นวาง 2-3 แท่น ขึ้นอยู่กับความยาวของแผ่นกระดานนั่งร้าน ขั้นตอนนี้ใช้แปรงลวดทองเหลืองขนาด 5 แถว แบบมีด้ามจับในการขัดสนิมและทำความสะอาดกระดานนั่งร้าน เพื่อขจัดคราบสนิมและสิ่งสกปรกที่เกาะติดอยู่บนพื้นผิวกระดาน ซึ่งช่วยให้กระดานนั่งร้านมีสภาพที่พร้อมสำหรับการทาสีและใช้งานในขั้นตอนถัดไป

1.2 การทาสีเคลือบเงา หลังจากที่ทำการขัดสนิมและทำความสะอาดกระดานนั่งร้านเสร็จสิ้น พนักงานจะนำกระดานไปวางบนแท่นอุปกรณ์ที่มีความสูงระหว่าง 90-95 เซนติเมตร จำนวนแท่นวาง 2-3 แท่น วางตามความยาวของแผ่นกระดานนั่งร้าน จากนั้นจะดำเนินการทาสีเคลือบเงากระดานนั่งร้าน เพื่อเพิ่มความทนทานป้องกันการเกิดสนิม และทำให้กระดานนั่งร้านมีลักษณะที่สวยงาม โดยใช้ลูกกลิ้งขนาด 10 นิ้วในการทาสีเคลือบเงาให้ทั่วถึงทั้งแผ่นกระดาน

1.3 การจัดเรียงและการส่งมอบ หลังจากที่กระดานนั่งร้านได้รับการขัดสนิมและทาสีเคลือบเงาเรียบร้อยแล้ว จะทำการจัดเรียงแผ่นกระดานนั่งร้านให้เรียบร้อย เพื่อเตรียมนำไปส่งไปยังพื้นที่ที่ต้องการใช้งานในขั้นตอนถัดไป

การขัดสนิม



การทาสีเคลือบเงา

การจัดเรียงและการส่งมอบ

ภาพที่ 2 รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน

2. ปริมาณกระดานนั่งร้านทั้งหมดที่มี

กระดานนั่งร้านที่ใช้ในปัจจุบันมีขนาดความยาวหลากหลาย ได้แก่ 1 เมตร, 1.5 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร และ 4 เมตร ตามลำดับ จากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณกระดานนั่งร้าน ตามตารางที่ 1 พบว่า ขนาดกระดานนั่งร้านที่มีความยาว 3 เมตร เป็นขนาดที่มีปริมาณมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่ามีการใช้งานและสึกหรอสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอื่นๆ จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงตัดสินใจเลือกขนาดกระดานนั่งร้านขนาด 3 เมตร เป็นขนาดตัวอย่างสำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะช่วยให้การศึกษาในครั้งนี้สามารถสะท้อน

ถึงขั้นตอนการซ่อมแซมที่มีประสิทธิภาพ และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนากระบวนการซ่อมแซมของกระดานนั่งร้านขนาดอื่นๆ ในอนาคตได้

ตารางที่ 1 ปริมาณกระดานนั่งร้านตามขนาดต่างๆ

ขนาดกระดานนั่งร้าน (เมตร)	**น้ำหนักต่อแผ่น (kg.)**	**ปริมาณกระดานนั่งร้าน (แผ่น)**
1	2.8	6,573
1.5	3.5	7,308
2	7.0	16,252
3	10.4	32,157
4	13.0	7,906
รวมทั้งสิ้น		**70,196**

3. ผลการประเมินท่าทางการทำงานของสถานีงาน

ผลการประเมินท่าทางการทำงานตามขั้นตอนในการทำงานของพนักงานสถานีงานซ่อมแซมกระดานนั่งร้าน โดยผลการประเมิน REBA ของพนักงานสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน ในขั้นตอนการขัดสนิมกระดานนั่งร้าน และขั้นตอนการทาสีเคลือบเงา จำนวน 8 คน ได้ผลตามตารางที่ 2 พบว่าในขั้นตอนการขัดสนิมกระดานนั่งร้าน มีระดับความเสี่ยงสูงกว่าขั้นตอนการทาสี โดยคะแนนเฉลี่ย REBA ของขั้นตอนการขัดสนิมมีค่าเท่ากับ 10.38 ซึ่งแสดงถึงความเสี่ยงสูงที่ต้องการการปรับปรุงท่าทางการทำงานอย่างเร่งด่วน ในขณะที่ขั้นตอนการทาสีเคลือบเงามีระดับความเสี่ยงปานกลาง ด้วยคะแนนเฉลี่ย REBA เท่ากับ 7.25 ซึ่งมีความเสี่ยงปานกลางที่สามารถควบคุมและปรับปรุงได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกปรับปรุงขั้นตอนการขัดสนิมกระดานนั่งร้านก่อนเป็นอันดับแรก เนื่องจากผลความเสี่ยงอยู่ในระดับความเสี่ยงสูง

ขั้นตอนการประเมินส่วนของร่างกาย		**ขั้นตอนการขัดสนิม**		**ขั้นตอนการทาสี**	
		ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D
1	ศีรษะและคอ	3.00	0.00	2.75	0.43
2	ลำตัว	3.63	0.48	2.50	0.50
3	ขาและเท้า	1.00	0.00	1.00	0.00
4	ผลคะแนนวิเคราะห์คอ ลำตัว และขา	5.63	0.48	4.25	0.66
5	ภาระงานที่ทำ	2.00	0.00	2.00	0.00
6	ผลรวมของขั้นที่ 4 และ 5	7.63	0.48	6.25	0.66
7	แขนส่วนบน	3.75	0.43	2.88	0.60

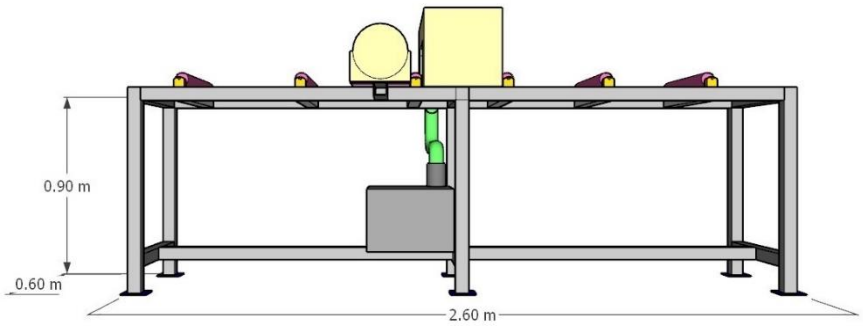
8	แขนส่วนล่าง	1.38	0.48	1.00	0.00
9	มือและข้อมือ	2.38	0.48	1.00	0.00
10	ผลคะแนนวิเคราะห์แขน และมือ	5.25	0.97	2.63	0.99
11	ที่จับชิ้นงาน	0.00	0.00	0.00	0.00
12	ผลรวมของขั้นที่ 4 และ 5	5.25	0.97	2.63	0.99
13	คะแนนกิจกรรม	1.00	0.00	1.00	0.00
14	สรุปผลคะแนน	9.38	0.86	6.25	1.09
15	ระดับความเสี่ยง	10.38	0.86	7.25	1.09
	การแปรผลคะแนนความเสี่ยง	**ความเสี่ยงสูง**		**ความเสี่ยงปานกลาง**	

ตารางที่ 2 ผลคะแนนท่าทางการทำงานของพนักงานสถานีงานซ่อมแซมกระดานนั่งร้าน

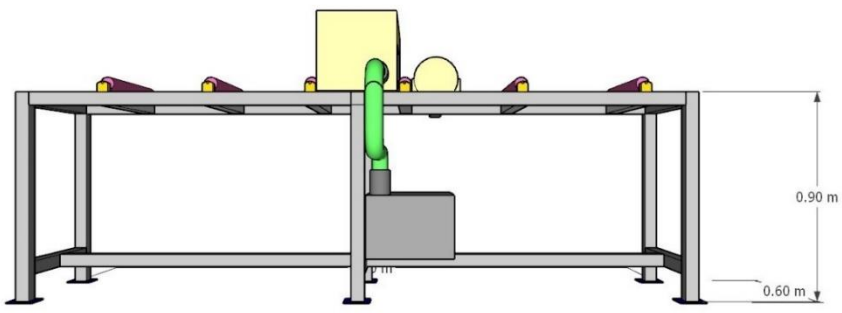
4. หลักการปรับปรุงและออกแบบสถานีงานตามหลักการยศาสตร์

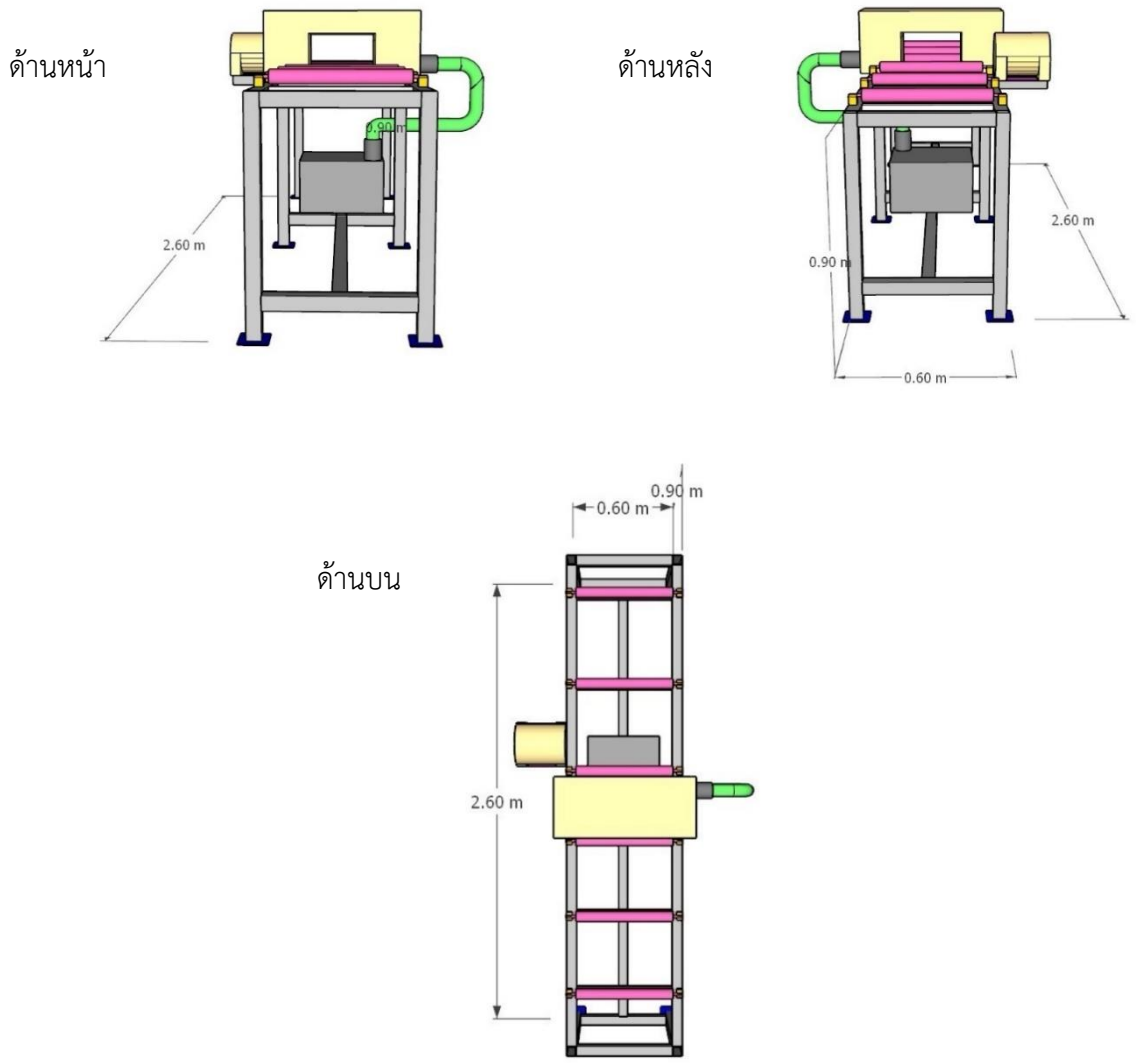
จากผลการประเมินท่าทางการทำงานโดยการประเมินด้วยวิธี REBA ในขั้นตอนการขัดสนิมกระดานนั่งร้าน พบว่าในส่วนของการเคลื่อนไหวของศีรษะและคอ ลำตัว และแขนส่วนบน มีมุมการก้มงอและการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสมซึ่งเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุหรืออาการบาดเจ็บได้ การวิเคราะห์และการปรับปรุงท่าทางการทำงานในขั้นตอนนี้จะช่วยลดความเสี่ยงได้โดยการปรับมุมการทำงานให้เหมาะสมกับสรีระของพนักงาน หรืออาจจะมีการออกแบบเครื่องมือช่วยงานที่สามารถลดการเคลื่อนไหวในมุมที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นรูปแบบการออกแบบเครื่องแสดงตามภาพที่ 3

ด้านข้าง



ด้านข้าง

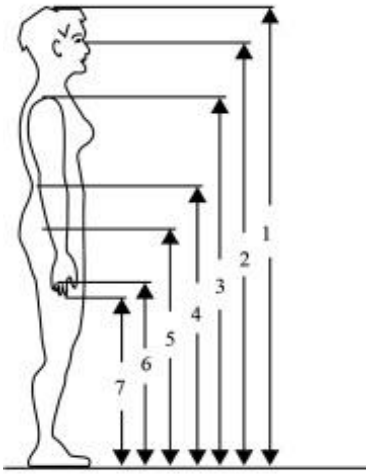




ภาพที่ 3 แบบของเครื่องขัดกระดานนั่งร้าน

5. การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายเพื่อนำไปออกแบบอุปกรณ์

การวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจะอ้างอิงตามท่าทางการวัดสัดส่วนของร่างกายตามมาตรฐานของ Pheasant ซึ่งกำหนดให้ผู้ถูกวัดต้องยืนในท่ามาตรฐานทางกายวิภาค (Anatomical Position) โดยให้พนักงานยืนตัวตรงเพื่อให้ได้ค่าขนาดสัดส่วนที่ถูกต้องและสอดคล้องตามหลักการยศาสตร์ ท่าทางเหล่านี้จะถูกใช้ในการออกแบบระดับความสูงของสถานีงาน เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการทำงานของพนักงาน ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดท่าทางในการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายจำนวน 3 รายการ ตำแหน่งการวัดสัดส่วนในท่ายืนตามภาพที่ 4 ของพนักงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านจำนวน 8 คน ซึ่งประกอบด้วยพนักงานชาย 3 คน และพนักงานหญิง 5 คน ผลการวัดขนาดสัดส่วนร่างกายในท่ายืนที่ได้แสดงตามตารางที่ 3



ภาพที่ 4 ตำแหน่งการวัดสัดส่วนร่างกายในท่ายืน

ตารางที่ 3 ค่าขนาดสัดส่วนร่างกายในท่ายืนของพนักงานสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน

ตำแหน่งการวัดที่	รายการสัดส่วนร่างกายในท่ายืน	ค่าเฉลี่ย (cm.)	S.D	เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่	
				5	95
1	ความสูง	162.38	8.62	150.00	173.90
4	ความสูงของข้อศอก	100.75	5.17	94.70	107.65
5	ความสูงของสะโพก	80.25	3.11	75.10	83.65

6. หลักการทำงานของเครื่องขัดกระดานนั่งร้านในการลดความเสี่ยงของท่าทางการทำงาน

การออกแบบเครื่องขัดกระดานนั่งร้านสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการเคลื่อนไหวของศีรษะ ลำตัว และแขน มีมุมการก้มงอและการเคลื่อนไหวที่ไม่เหมาะสม โดยการปรับมุมการทำงานและการเคลื่อนไหวให้เหมาะสมกับสรีระของพนักงาน ดังนี้

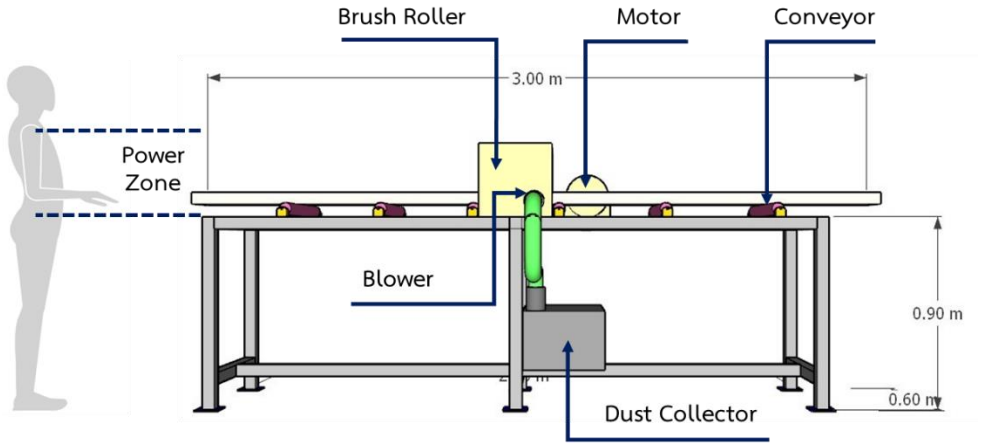
6.1 ระบบลำเลียงอัตโนมัติ (Conveyor) การใช้ระบบสายพานลำเลียงที่ขับเคลื่อนอัตโนมัติช่วยลดความจำเป็นในการยกหรือขยับกระดานด้วยมือ โดยพนักงานไม่จำเป็นต้องก้มตัวหรือยืดแขนเพื่อขยับกระดานเข้าไปในเครื่อง ซึ่งลดการบิดตัวที่อาจทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ

6.2 ระดับความสูงของสถานีปฏิบัติงาน การออกแบบระดับความสูงของสถานีงานคำนึงถึงหลักในการทำงานที่มีการใช้กำลังกล้ามเนื้ออย่างเต็มที่ในช่วงที่เรียกว่า Power Zone หรือ โซนพลัง ซึ่งเป็นช่วงความสูงที่ร่างกายสามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ในการออกแบบใช้ช่วงความสูงของระดับสะโพกถึงระดับข้อศอก ซึ่งจากการวัดขนาดสัดส่วนของพนักงานทั้ง 8 คน ช่วงความสูงอยู่ระหว่าง 83 – 94 เซนติเมตร โดยที่ค่า 83 เซนติเมตร มาจากความสูงระดับสะโพกที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งรองรับผู้ที่มีรูปร่างสูง โดยไม่ต้องก้มตัวขณะทำงาน และค่า 94 เซนติเมตร มาจากความสูงระดับข้อศอกที่เปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 ของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งรองรับผู้ที่มีรูปร่างเตี้ย โดยการวางแขนตั้งฉากและทำให้ผู้ใช้ไม่ต้องยกหรือก้มแขนมากเกินไปในขณะทำงาน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกความสูงของสถานีทำงานที่ระดับ 90 เซนติเมตร ซึ่งเป็นค่าระหว่าง 83 ถึง 94 เซนติเมตรเป็นการออกแบบที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับสถานีปฏิบัติงานใน Power Zone เนื่องจากเป็นช่วงกลางระหว่างความสูงที่เหมาะสมสำหรับ สะโพก และ ข้อศอก และสามารถรองรับกลุ่มผู้ใช้ที่มีความสูงต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถทำให้ผู้ใช้ทั้งคนที่มีรูปร่างสูงและรูปร่างเตี้ยสามารถทำงานได้อย่างสะดวก

6.3 การปรับมุม Brush Roller และความเร็วการขัด การออกแบบ Brush Roller ให้สามารถปรับมุมการหมุนได้ และสามารถปรับความเร็วในการขัดได้ผ่านอินเวอร์เตอร์ ช่วยให้พนักงานสามารถปรับระดับการขัดตามลักษณะของกระดานและลดการเคลื่อนไหวของแขนในมุมที่ไม่เหมาะสม

6.4 การกำจัดฝุ่นละออง มีพัดลม (Blower) เป่าลมออกจากตัวเครื่องเพื่อกำจัดฝุ่นละอองที่เกิดจากการขัด กระบวนการนี้จะทำให้ฝุ่นถูกดูดเข้าไปในระบบเก็บฝุ่น (Dust Collector) ที่ทำหน้าที่เก็บฝุ่นและเศษขยะที่เกิดขึ้นระหว่างการขัด เพื่อให้พื้นที่ทำงานสะอาด



ภาพที่ 5 ส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องขัดกระดานนั่งร้าน

7. ผลการประเมินความเสี่ยงท่าทางการทำงาน REBA หลังปรับปรุง

หลังจากการปรับปรุงโดยการออกแบบสถานีงานใหม่ ผลการประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ท่าทางการทำงานมีคะแนนเฉลี่ย REBA เท่ากับ 3.88 ซึ่งอยู่ในระดับความเสี่ยงปานกลาง ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี REBA หลังปรับปรุง

ขั้นที่	ส่วนของร่างกาย	หลังการปรับปรุง	
		ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D
1	ศีรษะและคอ	1.25	0.43
2	ลำตัว	2.38	0.48
3	ขาและเท้า	1.00	0.00
4	ผลคะแนนวิเคราะห์คอ ลำตัว และขา	2.25	0.43
5	ภาระงานที่ทำ	2.00	0.00
6	ผลรวมของขั้นที่ 4 และ 5	4.25	0.43
7	แขนส่วนบน	2.25	0.43
8	แขนส่วนล่าง	1.38	0.48
9	มือและข้อมือ	1.50	0.50
10	ผลคะแนนวิเคราะห์แขน และมือ	2.38	0.86
11	ที่จับชิ้นงาน	0.00	0.00
12	ผลรวมของขั้นที่ 4 และ 5	2.38	0.86
13	คะแนนกิจกรรม	0.00	0.00
14	สรุปผลคะแนน	3.88	0.33
15	ระดับความเสี่ยง	3.88	0.33
การแปรผลคะแนนความเสี่ยง		**ความเสี่ยงปานกลาง**	

เมื่อเปรียบเทียบผลประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ก่อนและหลังปรับปรุง พบว่าคะแนนเฉลี่ย REBA จาก 10.38 เป็น 3.88 ดังตารางที่ 5 แสดงถึงการลดลงของความเสี่ยงจากการทำงานในท่าทางที่อาจก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บหรือความไม่สบายตัวในระยะยาว ซึ่งสอดคล้องกับการปรับปรุงที่เน้นไปที่การปรับท่าทางการทำงานให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยคำนึงถึงหลักการทางการยศาสตร์ เช่น การปรับตำแหน่งของอุปกรณ์ทำงานให้เข้ากับสรีระของผู้ปฏิบัติงาน และการลดภาระที่อาจก่อให้เกิดความเครียดทางกายภาพในท่าทางการทำงาน

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบผลประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ด้วยวิธี REBA ก่อนและหลังปรับปรุง

ขั้นที่	ส่วนของร่างกาย	ก่อนการปรับปรุง		หลังการปรับปรุง	
		ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D	ค่าเฉลี่ย	ค่า S.D
1	ศีรษะและคอ	3.00	0.00	1.25	0.43
2	ลำตัว	3.63	0.48	2.38	0.48
3	ขาและเท้า	1.00	0.00	1.00	0.00
4	ผลคะแนนวิเคราะห์คอ ลำตัว และขา	5.63	0.48	2.25	0.43
5	ภาระงานที่ทำ	2.00	0.00	2.00	0.00
6	ผลรวมของขั้นที่ 4 และ 5	7.63	0.48	4.25	0.43
7	แขนส่วนบน	3.75	0.43	2.25	0.43
8	แขนส่วนล่าง	1.38	0.48	1.38	0.48
9	มือและข้อมือ	2.38	0.48	1.50	0.50
10	ผลคะแนนวิเคราะห์แขน และมือ	5.25	0.97	2.38	0.86
11	ที่จับชิ้นงาน	0.00	0.00	0.00	0.00
12	ผลรวมของขั้นที่ 4 และ 5	5.25	0.97	2.38	0.86
13	คะแนนกิจกรรม	1.00	0.00	0.00	0.00
14	สรุปผลคะแนน	9.38	0.86	3.88	0.33
15	ระดับความเสี่ยง	10.38	0.86	3.88	0.33
การแปรผลคะแนนความเสี่ยง		**ความเสี่ยงสูง**		**ความเสี่ยงปานกลาง**	

8. ผลการประเมินประสิทธิภาพการทำงาน

จากการปรับปรุงสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านในการขัดสนิมกระดานนั่งร้านแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการขัดกระดานนั่งร้านขนาด 3 เมตร จำนวน 10 แผ่น พบว่า ก่อนการปรับปรุงใช้เวลาเฉลี่ย 76.80 วินาทีต่อแผ่น ขณะที่หลังปรับปรุงใช้เวลาเฉลี่ย 33.32 วินาทีต่อแผ่น ซึ่งลดเวลาได้ถึง 43.48 วินาทีต่อแผ่น นอกจากนี้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 46 แผ่นต่อชั่วโมง เป็น 108 แผ่นต่อชั่วโมง ซึ่งเพิ่มขึ้น 62 แผ่นต่อชั่วโมง แสดงให้เห็นถึงการลดเวลาในการทำงานและเพิ่มปริมาณผลผลิตคิดเป็น 56.62%

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพการทำงานก่อนและหลังปรับปรุงสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน

การประเมินกระดานนั่งร้าน แผ่นที่	**เวลาที่ใช้ก่อนปรับปรุง (วินาที)**	**เวลาที่ใช้หลังปรับปรุง (วินาที)**
1	78.60	36.57
2	88.80	35.18
3	72.60	25.98
4	67.20	29.36
5	70.80	30.25
6	82.80	34.26
7	73.20	41.61
8	70.20	33.81
9	79.20	32.05
10	84.60	34.11
เวลาเฉลี่ย (แผ่น/วินาที)	**76.80**	**33.32**
ผลผลิต (แผ่น/ชั่วโมง)	**46**	**108**

วิจารณ์ผล

ในการศึกษาและปรับปรุงสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านครั้งนี้ พบว่าการออกแบบเครื่องมือและสถานีงานที่เหมาะสมช่วยลดความเสี่ยงจากท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นประโยชน์ในด้านความปลอดภัยและการดูแลสุขภาพของพนักงาน อย่างไรก็ตามควรมีการอบรมให้กับพนักงานเพิ่มเติมเกี่ยวกับท่าทางการทำงานให้ถูกต้องตามหลักการยศาสตร์ เพื่อให้พนักงานสามารถใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ได้รับการปรับปรุงได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

สรุปผล

จากการปรับปรุงสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้าน ในขั้นตอนการขัดสนิมกระดานนั่งร้าน ด้วยการออกแบบสถานีงานใหม่เพื่อลดความเสี่ยงจากท่าทางการทำงาน ผลการประเมิน REBA ลดลงจากเดิมคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.38 ระดับความเสี่ยงสูง เป็นคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.88 ระดับความเสี่ยงปานกลาง ทั้งนี้ยังส่งผลให้เวลาในการทำงานลดลง จากที่เดิมใช้เวลา 76.80 วินาทีต่อแผ่น ลดเหลือ 33.32 วินาทีต่อแผ่น ขณะเดียวกันผลผลิตในการขัดกระดานนั่งร้านเพิ่มขึ้นจาก 46 แผ่นต่อชั่วโมง เป็น 108 แผ่นต่อชั่วโมง ซึ่งสามารถลดเวลาการ

ทำงานและเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ถึง 56.62% โดยรวมแล้วการปรับปรุงสถานีงานซ่อมแซมอุปกรณ์นั่งร้านด้วยเครื่องขัดกระดานตามหลักการยศาสตร์นอกจากช่วยลดความเสี่ยงจากการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อแล้ว ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดระยะเวลาการทำงานได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้บริหาร หน่วยงานต้นสังกัด และพนักงานหน่วยงานซ่อมบำรุงที่ให้การสนับสนุนข้อมูลและความร่วมมือในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นอย่างดี และขอขอบคุณครอบครัวที่ให้กำลังใจและสนับสนุนตลอดระยะเวลาในการศึกษาวิจัย สุดท้าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและสนับสนุนในการทำงานวิจัยของข้าพเจ้าจนสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ณฤดี พูลเกษม, ณันฐชา ธรรมนิยาย, พิชญา ดวงกระโทก, ศิรามณี เอกวรธงชัย, ณัฐดาวดี ยมโครต, วันเฉลิม พรมสุวรรณ, ปองภพ วงษ์มหิง, วิษณุ สร้อยนอก และพิลาส สว่างสุนทรเวศย์. 2564. การประเมินความเสี่ยงทางการยศาสตร์ของท่าทางการทำงานในประกอบอาชีพเกษตร ผู้เลี้ยงโคนม หมู่บ้านหนองไข่น้ำ ตำบลจันทึก อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา, น. 821-831. ในการประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาลัยนครราชสีมา ครั้งที่ 8.

ธีระพงษ์ ทับพร. 2563. การปรับปรุงท่าทางการทำงานของพนักงานบรรจุท่อพีวีซีโดยใช้หลักการยศาสตร์ กรณีศึกษา บริษัท อุตสาหกรรมท่อน้ำไทย จำกัด. Journal of Thonburi University (Science and Technology) 4.

วรรณลักษณ์ แสงโสดา, สุดารัตน์ วงศ์วีระเกียรติ และเลิศชัย ระตะนะอาพร. 2560. การปรับปรุงสถานีงานเพื่อลดความเมื่อยล้าและการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อสำหรับพนักงานประกอบในอุตสาหกรรมผลิตกล้องวงจรปิด, น.612-623 ในการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน.

Ghasemi, F. and N. Mahdavi (2020). "A new scoring system for the Rapid Entire Body Assessment (REBA) based on fuzzy sets and Bayesian networks." International Journal of Industrial Ergonomics 80.

Kee, D. (2021). "Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work-related musculoskeletal disorders." International Journal of Industrial Ergonomics 83.

Saha, A. K., et al. (2024). "Ergonomic design of computer laboratory furniture: Mismatch analysis utilizing anthropometric data of university students." Heliyon 10(14): e34063.

Wang, J., et al. (2023). "3D standard motion time-based ergonomic risk analysis for workplace design in modular construction." Automation in Construction 147.

Zhou, G., et al. (2023). "Investigating gripping force during lifting tasks using a pressure sensing glove system." Appl Ergon 107: 103917.

การวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ด้วยการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย

Performance Analysis of Sprinkler in Bio Plastic Warehouse Using Fire Dynamics Simulation

นางสาวณิชชา งามเนตร[1*] และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภัทร พัฒน์วิชัยโชติ[1]

Nitcha Ngamnate[1*] and Asst. Prof. Supat Patvichaichod[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
199 หมู่ 6 ถนนสุขุมวิท ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี 20230

[1]Safety Engineering and Environmental Management Program, Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University
199 Moo 6, Sukhumvit Road, Tung Sukla, Sri Racha, Chon Buri, 20230

*Corresponding author E-mail : [1]Nitcha.ng@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ของสถานประกอบการแห่งหนึ่งในจังหวังสุพรรณบุรี ที่สร้างเสร็จใหม่เมื่อ พฤศจิกายน พ.ศ. 2566 ซึ่งคลังสินค้ามีพื้นที่ทั้งหมด 3,456 ตารางเมตร ขนาดห้อง กว้าง 48 เมตร ยาว 72 เมตร สูง 12.7 เมตร และมีการติดตั้ง Selective Rack ในระยะ Phase 1 จำนวน 4 Selective Rack พร้อมติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่เพดานเหนือ Selective Rack เท่านั้น จำนวน 96 หัว โดยออกแบบระบบดับเพลิงตาม NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems และใช้โปรแกรม Hydraulic Calculation Software คำนวณ และปัจจุบันยังไม่มีกำหนดการก่อสร้างใน Phase 2

ผู้วิจัยเห็นว่าคลังสินค้านี้จัดเก็บเม็ดไบโอพลาสติกเป็นวัตถุดิบหลัก ซึ่งจัดเป็นกลุ่มโรงงานกลุ่มที่ 3 ที่เกิดอัคคีภัยบ่อยตามสถิติของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และมีความกังวลหากเกิดอัคคีภัยระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งตาม Phase 1 จะสามารถควบคุมเพลิงได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ จึงจัดทำงานวิจัยนี้ขึ้นมา แต่เนื่องจากการทดสอบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งจริงนั้นกระทำได้ยาก ผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัย มาทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงโดยกำหนดสถานการณ์การเกิดเหตุเพลิงไหม้ไว้ 3 สถานการณ์ ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) แต่มีวัตถุดิบเก็บปริมาณน้อย (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนน้อย), สถานการณ์ที่ 2 ไฟไหม้เต้ารับไฟฟ้าที่ผนังห้องและลุกลามไปติดวัตถุดิบที่วางไว้บนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้น 2 และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก), สถานการณ์ที่ 3 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก)

โดยกำหนดความแตกต่างของทั้ง 3 สถานการณ์ จากไฟที่ไหม้พาเลทในแต่ละชั้นและจำนวนวัตถุดิบมากน้อยแตกต่างกัน เพื่อทดสอบการทำงานของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ โดยเน้นปกป้องทรัพย์สิน

จากผลการวิจัยสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่าสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติกแห่งนี้ มีแนวโน้มที่จะระงับเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นได้ อีกทั้งช่วยให้โครงสร้างอาคารไม่พังถล่มลงมาเมื่อเกิดเหตุเพลิงไหม้

คำสำคัญ : หัวกระจายน้ำดับเพลิง สมรรถนะ คลังจัดเก็บสินค้า ไบโอพลาสติก พลศาสตร์อัคคีภัย

Abstract

This research studies the performance of sprinkler system installed in a newly constructed bioplastic storage warehouse in Suphanburi Province, completed in November 2023. The warehouse covers an area of 3,456 square meters, with room dimensions of 48 meters in width, 72 meters in length, and 12.7 meters in height. In Phase 1, four Selective Racks were installed, along with 96 sprinkler heads mounted on the ceiling above the Selective Racks. The performance of sprinkler system was designed according to the NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems and calculated using Hydraulic Calculation Software. Currently, there are no plans for Phase 2 construction.

The researcher noted that this warehouse stores bioplastic pellets as the primary raw material, classified as a high fire risk according to the Department of Industrial Works statistics. There is concern about whether the sprinkler system installed in Phase 1 can effectively control a fire. Therefore, I am interested in conducting this research. Due to the difficulty of testing the actual installed sprinkler system, the researcher used computer software to create a virtual fire dynamics model to test the sprinkler system's performance under three fire scenarios are as follow : Scenario 1: A short circuit caused a fire in the ceiling light, which spread to the topmost materials stored on the selective rack. However, the quantity of materials stored was minimal (the fire affected a pallet containing plastic pellets on the topmost level, with a small amount of materials stored). Scenario 2: A fire started at an electrical outlet on the wall and spread to the materials stored on the selective rack. The quantity of materials stored was significant (the fire affected a pallet containing plastic pellets on the second level, with a large amount of materials stored). Scenario 3: A short circuit caused a fire in the ceiling light, which spread to the topmost materials stored on the selective rack. The quantity of materials stored was significant (the fire affected a pallet containing plastic pellets on the topmost level, with a large amount

of materials stored). The scenarios differ in the fire's origin on different pallet levels and the amount of material involved to test the automatic sprinkler system's performance, focusing on asset protection.

The research results for the three fire scenarios indicate that the installed sprinkler system in this bioplastic storage warehouse is likely to suppress the fire effectively. It also controls the fire temperature.

Keywords : Sprinkler system, Performance, Warehouse, Bioplastics, Pyrosim

บทนำ

อัคคีภัยเป็นภัยใกล้ตัวที่เกิดขึ้นบ่อยในปัจจุบัน ซึ่งเราทราบอยู่แล้วว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นบางครั้งก็ไม่สามารถประเมินค่าได้ทั้งชีวิตและทรัพย์สิน เป็นมหันตภัยร้ายแรงที่ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างมหาศาล สาเหตุการเกิดอัคคีภัยมาได้ทั้งจากความตั้งใจ เช่น การลอบวางเพลิงหรือการก่อวินาศกรรม และสาเหตุจากความประมาท หรือความไม่ระมัดระวัง เช่น การสูบบุหรี่หรือการจุดไฟ อุปกรณ์ไฟฟ้าชำรุด การเสียดสีของเครื่องจักร เป็นต้น จากสาเหตุเหล่านี้ทำให้ภาครัฐและภาคเอกชนมีความตระหนักถึงอันตรายจากการเกิดอัคคีภัย จึงมีการดำเนินการต่าง ๆ ด้านความปลอดภัยในการป้องกันและระงับอัคคีภัยที่มากขึ้น เพื่อลดความเสี่ยงจากสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ ทั้งอาคารที่พักอาศัย บ้านเรือน สถานประกอบกิจการ ที่จะก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินรวมถึงส่งผลกระทบอื่น ๆ

จากสถิติการเกิดเพลิงไหม้ ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม สถานประกอบกิจการที่มีคลังสินค้า ศูนย์กระจายสินค้า สถานที่เก็บวัตถุระเบิดหรือไวไฟ ที่มีการจัดเก็บในพื้นที่ขนาดใหญ่หรือการจัดเก็บวัสดุมากมายในพื้นที่อาคารเดียวกัน รวมถึงสินค้าที่มีมูลค่า พบว่า สถิติการเกิดอุบัติเหตุในโรงงานอุตสาหกรรม ปี พ.ศ. 2565 มีจำนวนโรงงานที่เกิดอุบัติเหตุ จำนวน 107 ครั้ง แบ่งเป็นประเภทอุบัติเหตุที่เกิดมากสุด 3 อันดับแรก คือ 1. อัคคีภัย จำนวน 81 ครั้ง 2. สารเคมีหกรั่วไหล จำนวน 17 ครั้ง และ 3. อุบัติเหตุเกี่ยวกับเครื่องจักร 6 ครั้ง และเมื่อพิจารณาลงลึกไปถึงประเภทของอุตสาหกรรม พบว่ากลุ่มโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับ พลาสติก โฟม กระดาษ ยาง มีอุบัติเหตุจากเพลิงไหม้สูงเป็นอันดับหนึ่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2565 จากสถิติดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพและศักยภาพของระบบที่ใช้ระงับเหตุเพลิงไหม้ที่ยังไม่เพียงพอ หรือติดตั้งไม่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของพื้นที่ที่เปลี่ยนไปจนอาจเป็นที่มาของการเกิดเพลิงไหม้ที่ไม่สามารถจะควบคุมหรือระงับเหตุได้ทัน ส่งผลทำให้เกิดความสูญเสียตามมาอย่างมากมายทั้งต่อชีวิต และทรัพย์สิน

ดังนั้น ทางผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญในด้านการป้องกันและระงับอัคคีภัย จึงได้มีการดำเนินงานให้สอดคล้องกับกฎหมายและมาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งทางโรงงานของผู้วิจัยได้มีการสร้างอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้สูง และภายในอาคารจะมี ฝ่ายผลิตและส่วนสำนักงาน อยู่รวมภายในอาคาร และมีการออกแบบให้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงเฉพาะในพื้นที่

ที่มีชั้นวางสำหรับจัดเก็บสินค้าเท่านั้น เนื่องจากเป็นจุดที่เสี่ยงสูง ไม่ได้ดำเนินการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงทั่วทั้งอาคาร

จึงสนใจทำวิจัยศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าไบโอพลาสติกนี้ขึ้นมา แต่เนื่องจากการทดสอบระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งจริงนั้นกระทำได้ยาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัย มาทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงโดยกำหนดสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ไว้ 3 สถานการณ์ดังนี้ สถานการณ์ที่ 1 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) แต่มีวัตถุดิบเก็บปริมาณน้อย (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนน้อย), สถานการณ์ที่ 2 ไฟไหม้เต้ารับไฟฟ้าที่ผนังห้องและลุกลามไปติดวัตถุดิบที่วางไว้บนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้น 2 และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก), สถานการณ์ที่ 3 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก) โดยกำหนดความแตกต่างของทั้ง 3 สถานการณ์ จากไฟที่ไหม้พาเลทในแต่ละชั้นและจำนวนวัตถุดิบมากน้อยแตกต่างกัน โดยการทดสอบสมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติกในการควบคุมเพลิงจากทั้ง 3 สถานการณ์ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบโดยประยุกต์ใช้โปรแกรมจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย Pyrosim (Fire Dynamics Simulator with Evacuation) เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยมีดังนี้ 1.เพื่อวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ด้วยแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย โดยใช้โปรแกรม Pyrosim และ 2. เพื่อนำผลจากการวิเคราะห์ ไปขยายผลในการดำเนินการแก้ไขระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) การศึกษาลักษณะทั่วไปของอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก และคุณสมบัติเม็ดไบโอพลาสติก ทำการศึกษาลักษณะ เป็นอาคารชั้นเดียว แยกเป็นห้องต่าง ๆ ดังนี้ สำนักงาน ห้องLab ห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่การผลิต พื้นที่ Selective Rack ห้องไฟฟ้า ห้องซ่อมบำรุง รวมพื้นที่ทั้งหมด 3,973 ตารางเมตร ก่อสร้างเสร็จเมื่อเดือน พฤศจิกายน 2566 และเริ่มดำเนินการผลิตสินค้าไบโอพลาสติกเมื่อ มกราคม 2567 พื้นที่ที่นำมาศึกษาค้นคว้าเป็น พื้นที่ Selective Rack กับ พื้นที่การผลิต ที่อยู่รวมในห้องเดียวกัน กว้าง 48 เมตร ยาว 72 เมตร จุดสูงสุดของหลังคาคือ 12.7 เมตร รวมพื้นที่ห้องทั้งหมด 3,456 ตารางเมตร ปัจจุบันมีการดำเนินการติดตั้ง Selective Rack 4 ชุด และ ระบบสปริงเกอร์ 96 หัว ใน Phase 1 โดยออกแบบระบบดับเพลิงตาม NFPA 13 Standard for the Installation of Sprinkler Systems และใช้โปรแกรม Hydraulic Calculation Software คำนวณ และปัจจุบันยังไม่มีกำหนดการก่อสร้างใน Phase 2

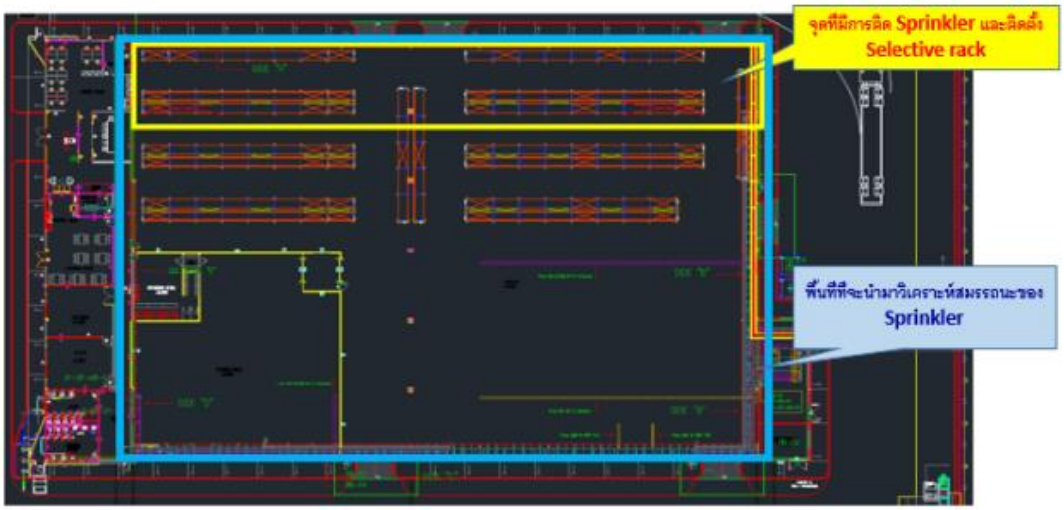
ส่วนวัตถุดิบหลักที่จัดเก็บในคลังสินค้า คือ เม็ดไบโอพลาสติก (Biodegradable Plastic) คือ พลาสติกที่โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะผลิตจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง มันเทศ ข้าวสาลี ฯลฯ และอีกหลากหลายชนิดที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ หรือที่เรียกกันว่า สามารถสลายตัวได้ทางชีวภาพ (Bio Compostable) จนเหลือเพียงน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และสารปรับปรุงดิน (Humus) ไบโอพลาสติก จัดเป็นกลุ่มพลาสติก PLA หรือ Polylactic Acid คือพลาสติกชีวิภาพ ที่มีการผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ส่วนประกอบข้าวโพด ธัญญาพืช มันสำปะหลัง และอ้อย และมีกระบวนการผลิตด้วยการหมัก

คุณสมบัติโดดเด่นของ พลาสติกชีวภาพ (Polylactic Acid : PLA)

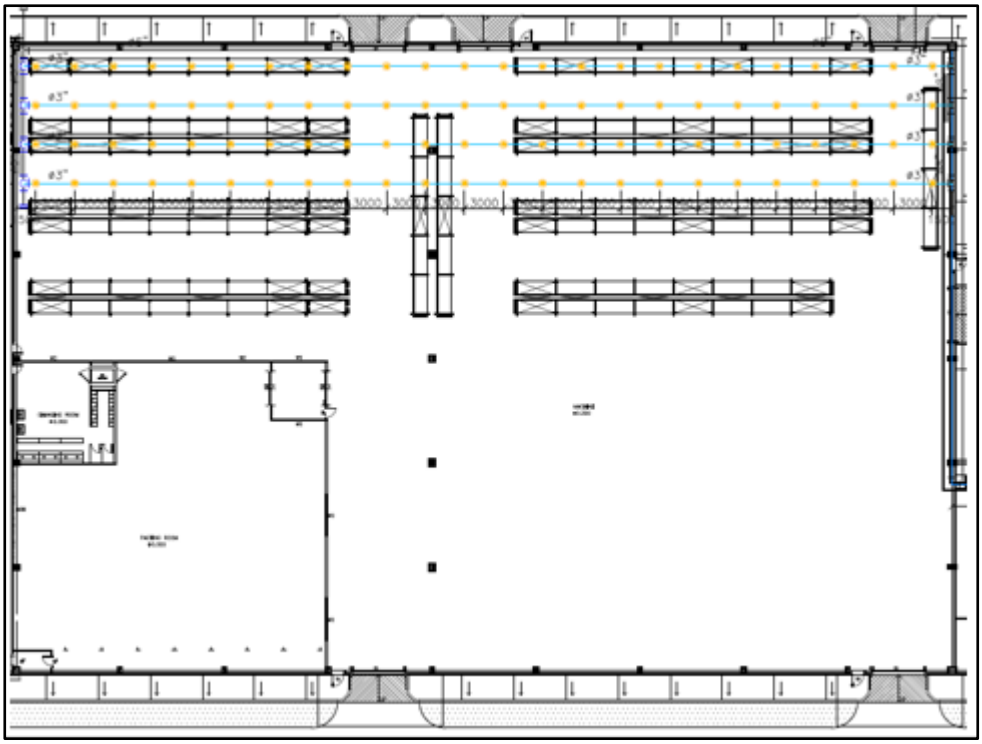
1. มีความใส (คล้ายแก้ว) มีความเงา
2. มีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 180-220 องศา จึงทำให้ขึ้นชิ้นงานได้คมและสวย สามารถเก็บรายละเอียดได้ดี อีกทั้งยังขึ้นรูปได้ง่ายและเย็นตัวเร็ว
3. พลาสติก PLA นิยมนำมาผลิตเป็นบรรจุอาหาร เช่น จาน ช้อน ส้อม มีด ตะเกียบ หลอด แก้วน้ำ รวมถึงถุงหูหิ้ว ใช้ทำเส้นใย สิ่งทอ
4. มีความแข็ง เนื่องจากคุณสมบัติคล้ายๆ กับแก้ว คือ แข็ง จึงเหมาะกับชิ้นงานที่ต้องการความแข็ง แต่ต้องระวังเนื่องจากไม่ทนต่อ การบิด และการดึง
5. กลิ่นเป็นมิตร ขณะหลอมละลายจะมีกลิ่นอ่อนๆ เนื่องจากเป็นส่วนประกอบจากธรรมชาติ กลิ่นจึงไม่เหมือนพลาสติกโดยทั่วไป
6. สามารถย่อยสลายได้เร็ว ใช้เวลาน้อย เพียง 180 วันเท่านั้น ก็สามารถย่อยสลายได้หมด

แหล่งข้อมูล : www.packingdd.com,
https://productsandsolutions.pttgcgroup.com

2) สร้างแบบจำลองอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก โดยอ้างอิงจากแบบแปลนของอาคารแบบ 2 มิติ แล้วนำมาเขียนขึ้นใหม่เป็นแบบ 3 มิติในโปรแกรม Sketchup และนำแบบแปลน 3 มิติที่สร้างขึ้น Import เข้าไปในโปรแกรม Pyrosim เพื่อสร้างแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัยต่อไป เพื่อใช้ทดสอบสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายในงานวิจัย



ภาพที่ 1 แบบแปลนอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก แบบ 2 มิติ



ภาพที่ 2 แบบแปลนอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก พื้นที่ Selective Rack และ พื้นที่การผลิต ที่จะทำการวิจัยและแสดงจุดติดตั้งระบบดับเพลิงอัตโนมัติ จำนวน 96 หัว แบบ 2 มิติ

ภาพที่ 3 แบบแปลนอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก พื้นที่ Selective Rack และพื้นที่การผลิต แบบ 3 มิติ

3) การเลือกใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง และการกำหนดชนิดของวัสดุในโปรแกรม Pyrosim บริษัท Thunderhead พัฒนาซอฟต์แวร์ชื่อว่า “Pyrosim” ขึ้นเป็นโปรแกรมที่สร้างโมเดล 3 มิตินั้นเป็น input ของโปรแกรม FDS ประมวลผลเชิงตัวเลขได้ Output ออกมาเป็นตัวเลข และมีโปรแกรมอีกโปรแกรมชื่อว่า Smoke view เป็นโปรแกรมแปลผล Out put ของ FDS ออกมาในรูปของภาพกราฟฟิคเป็นควัน เนื่องจาก Pyrosim สามารถ import โมเดลจากโปรแกรมอื่น ๆ เข้ามาได้ เช่น Autodesk revit เป็นต้น ดังนั้น โปรแกรม FDS และ Smoke view จึงถูกรวมอยู่ในโปรแกรม Pyrosim จึงเลือกใช้โปรแกรม Pyrosim ในการทำวิจัยครั้งนี้ โปรแกรม Pyrosim หรือ FDS สามารถเอาไปทำได้ 4 พื้นที่ใหญ่ ๆ ดังนี้

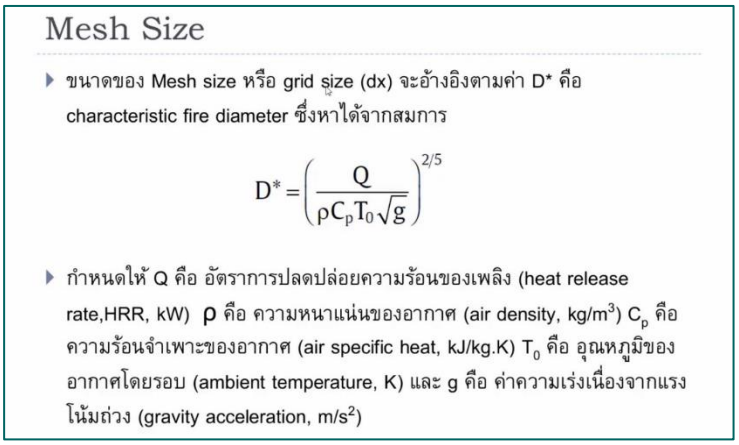
1. วิเคราะห์ตึกที่กำลังจะก่อสร้าง
2. เหตุการณ์ไฟไหม้ครั้งใหญ่นำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้หรือสืบสวน
3. ช่วยเหลือการอบรม Fire Fighting
4. ประเมินตึกอาคารเก่าที่ก่อสร้างเสร็จแล้ว เพื่อวางแผนปรับปรุง

ขั้นตอนต่อมาคือ กำหนดชนิดของวัสดุของอาคาร จะกำหนดให้เหมือนกับลักษณะของอาคารให้เหมือนจริงมากที่สุด ซึ่งได้กำหนดไว้ในตารางที่ 1 และกำหนดตำแหน่งวัสดุต่าง ๆ ของแบบจำลอง 3 มิติในโปรแกรม Pyrosim ดังนี้

ตารางที่ 1 ราละเอียดการเลือกประเภทวัสดุในโปรแกรม Pyrosim

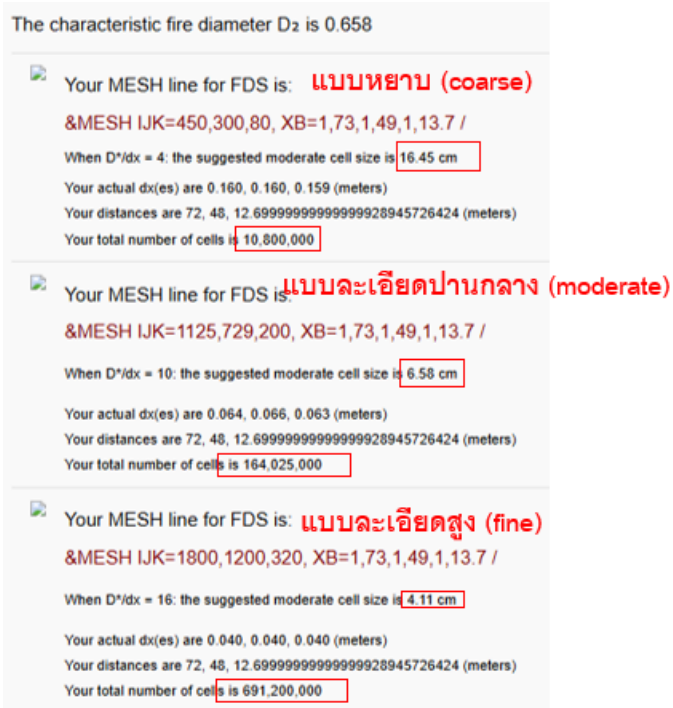
ส่วนประกอบของอาคาร	ชนิดของวัสดุ	ความหนา
1. พื้นของอาคารคลังสินค้า	Concrete	20 ซม.
2. ผนังของอาคารคลังสินค้า	Brick	14 ซม.
3. เสา	Concrete	20 ซม.
4. ชั้นวางสินค้า	Steel	2.5 มม.
5. คานด้านบนหลังคา	Steel	12 มม.
5. หลังคา	STEEL (METAL SHEET)	0.5 มม.

4) กำหนดขนาดกริดในแบบจำลองทางพลศาสตร์อัคคีภัย (Grid) การคำนวณ Mesh Size หรือ grid size (dx) แบ่งโดเมนห้องที่ต้องการศึกษาแบ่งออกเป็นสี่เหลี่ยมขนาดเล็กๆ (Mesh) ขนาด Mesh เล็กลงกล่องสี่เหลี่ยมที่อยู่ในห้องก็จะมากขึ้น ขนาด Mesh ยิ่งเล็กเท่าไหร่ผลลัพธ์ความถูกต้องก็จะดีขึ้นแต่จะใช้เวลาในการ Simulation นานขึ้น หรือ Mesh มากเกินไปคอมพิวเตอร์แรมไม่พอก็จะไม่สามารถประมวลผลได้ ซึ่งขนาด Mesh ที่เหมาะสมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาด RAM 8 GB ของผู้วิจัย ไม่ควรเกิน 3,000,000 เซลล์ ขนาด Mesh เท่าไหร่จึงจะเหมาะสม สามารถคำนวณจากสูตร D* หน่วยเป็นเมตร ตามสูตรด้านล่าง ตามภาพที่ 4 สามารถคำนวณหาขนาด mesh size จาก FDS Mesh Size Calculator ที่ Website : www.utfireresearch.com



ภาพที่ 4 สูตรการคำนวณ Mesh Size

เนื่องจากการคำนวณ Mesh size ที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม ผลลัพธ์จากภาพที่ 5 Mesh แบบหยาบมีค่า Mesh อยู่ที่ 0.16 เมตร จำนวน Cell 10,800,000 ซึ่งคอมพิวเตอร์ไม่สามารถ Simulate ได้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ขนาด Mesh หยาบ ที่ 0.5 เมตร บริเวณพื้นที่ทั่วไป และ Mesh ละเอียด ที่ 0.25 เมตร บริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ จำนวน Mesh Cell 498,732 ซึ่งคอมพิวเตอร์สามารถ Simulate ได้

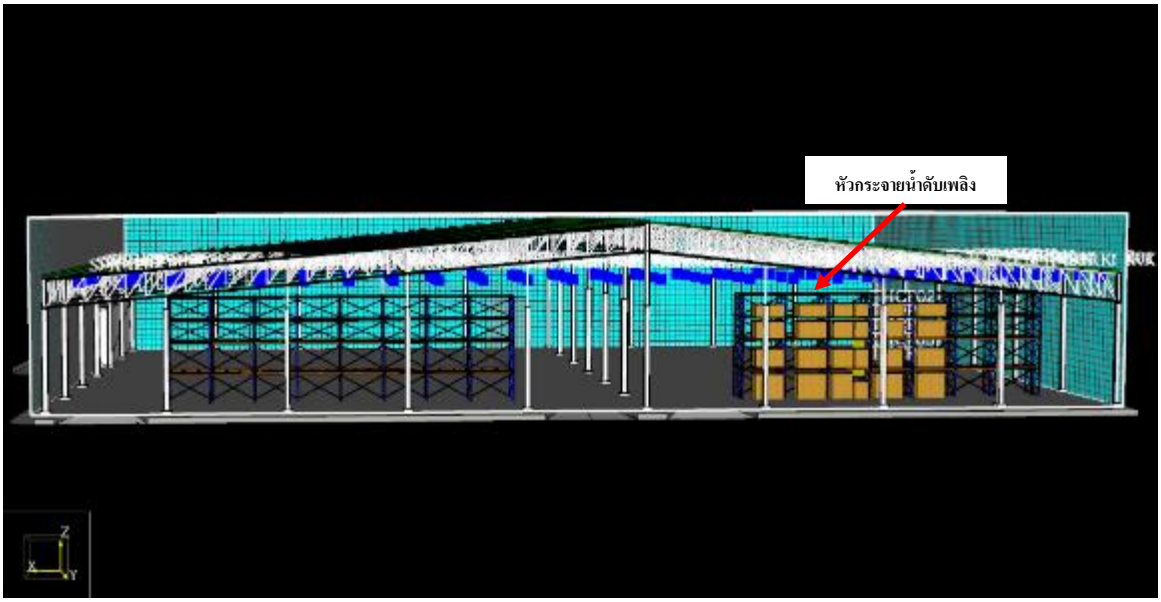


ภาพที่ 5 ผลลัพธ์จากการใช้สูตรคำนวณ Mesh Size

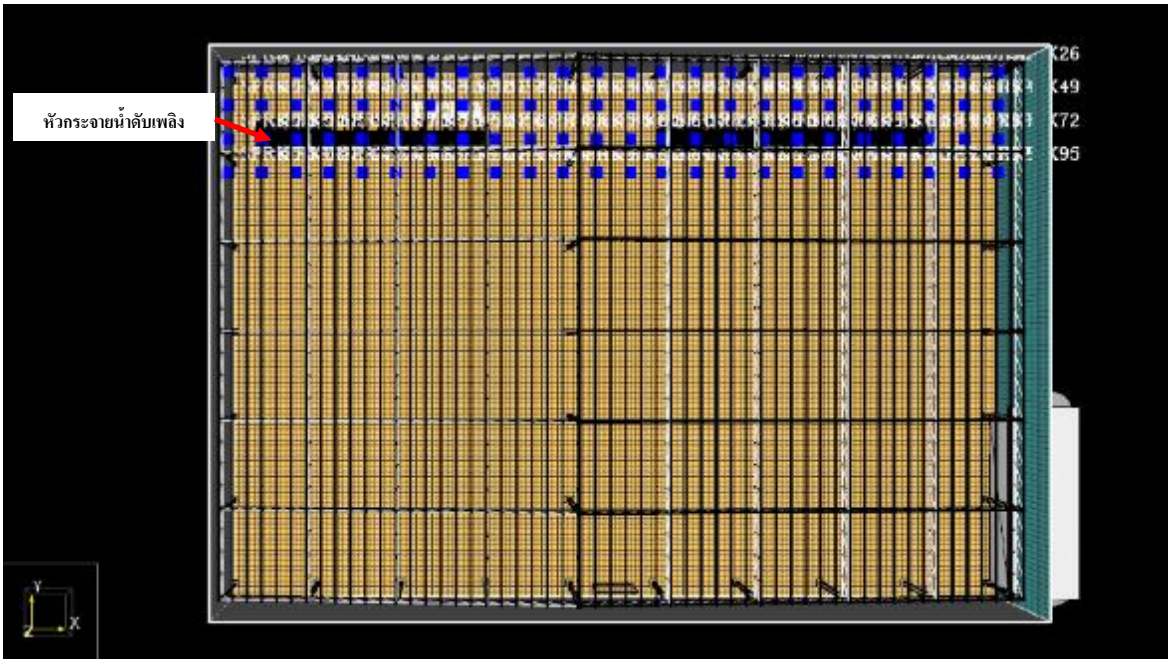
5) กำหนดคุณสมบัติของหัวกระจายน้ำดับเพลิง และเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ในการศึกษาสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง ได้แทนค่าข้อมูลจริงของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง (Fire Sprinkler) ที่ติดตั้งอยู่ในอาคารที่ศึกษาลงในโปรแกรม Pyrosim และติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ของอาคารที่ทำการวิจัยเป็นแบบท่อเปียก ติดตั้งแบบชนิดหัวคว่ำ (Pendent) เป็นหัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบโลหะ ชนิดหัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบ Early Suppression Fast-Response (ESFR-22.4) ขนาดรูออริฟิซ 1 นิ้ว NPT (ชนิดเกลียวเอียง) มีเซ็นเซอร์เป็นชนิด Fusible Link หัวกระจายน้ำดับเพลิงแบบติดบนเพดาน (Ceiling Sprinkler) มีค่าอื่น ๆ ดังนี้

- Operating Pressure (P) : 5.2 bar
- K Factor (K) : 22.4 lpm/bar$^{1/2}$
- Flow Rate (K / √p) : 81.07 l/min/m^2 หรือ 729 L/min
- Temperature Rating : 165 °F (74°C)
- Specied density of discharge : 81.07 mm/min (l/min/m^2)
- Assumed maximum area of operation : 108.00 m^2
- Maximum area covered per head : 9.00 m^2
- Total of head sprinkler : 96 หัว (12 หัวต่อพื้นที่ครอบคลุมของหัว SPK 9 m^2)
- Number of operating sprinkler heads : 12 (รายละเอียดดัง ภาพที่6และภาพที่7)

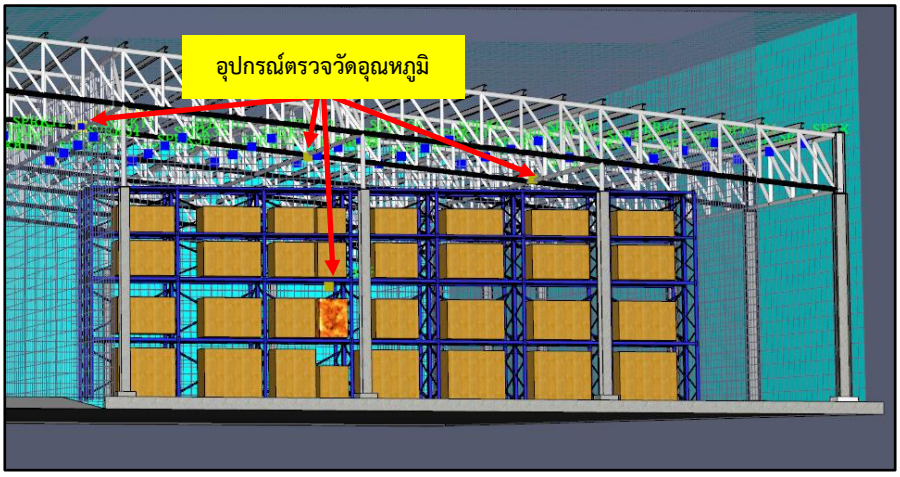


ภาพที่ 6 การติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง 96 หัวในแบบ 3 มิติมุมมอง Side view



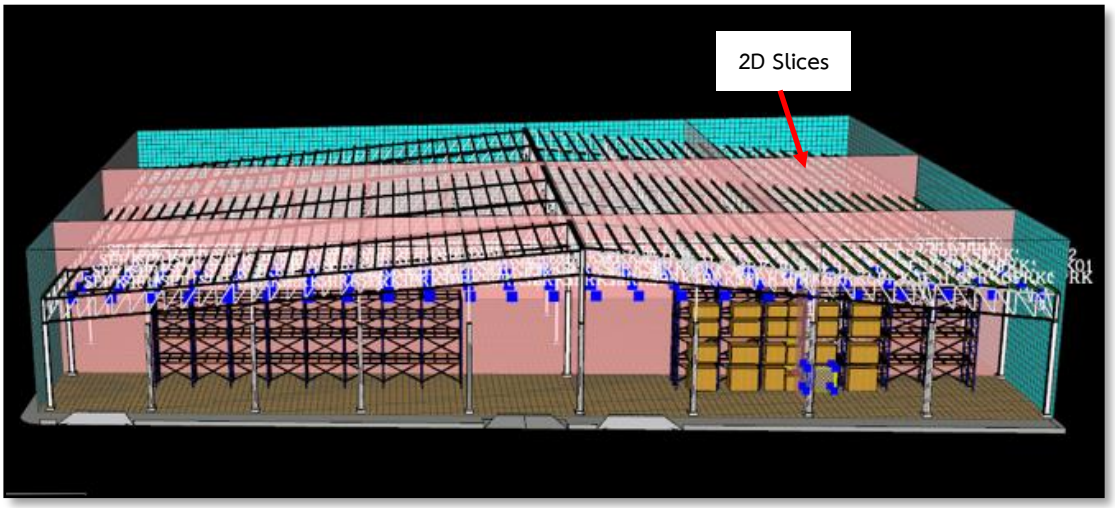
ภาพที่ 7 การติดตั้งหัวกระจายน้ำดับเพลิง 96 หัวในแบบ 3 มิติมุมมอง Top view

อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ติดตั้งในแบบจำลองจำนวน 5 จุด บริเวณจุดที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ 1 จุด และบริเวณคานเหนือจุดเกิดเหตุเพลิงให้ทั้ง 3 คาน เพื่อเก็บข้อมูลอุณหภูมิที่เกิดเพลิงไหม้ว่าเมื่อระบบดับเพลิงทำงานแล้วสามารถควบคุมเหตุเพลิงไหม้ได้ทันที และอุณหภูมิที่คานเหล็กของอาคารยังคงสามารถรองรับน้ำหนักได้ ไม่ทำให้ตัวอาคารพังถล่มลงมา กำหนดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิในแบบจำลอง 3 มิติในโปรแกรม Pyrosim ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิในแบบ 3 มิติมุมมอง Side view

ตรวจสอบอุณหภูมิของชั้นควัน(2D Slices)ทำการติดตั้งตรงกลางห้องในแนวแกน X และแกน Y และตามแนวคานเหล็กใกล้จุดเกิดเหตุเพลิงไหม้ เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิในพื้นที่ สำหรับพิกัดการติดตั้ง 2D Slices ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การติดตั้ง 2D Slices ในแบบ 3 มิติมุมมอง Side view

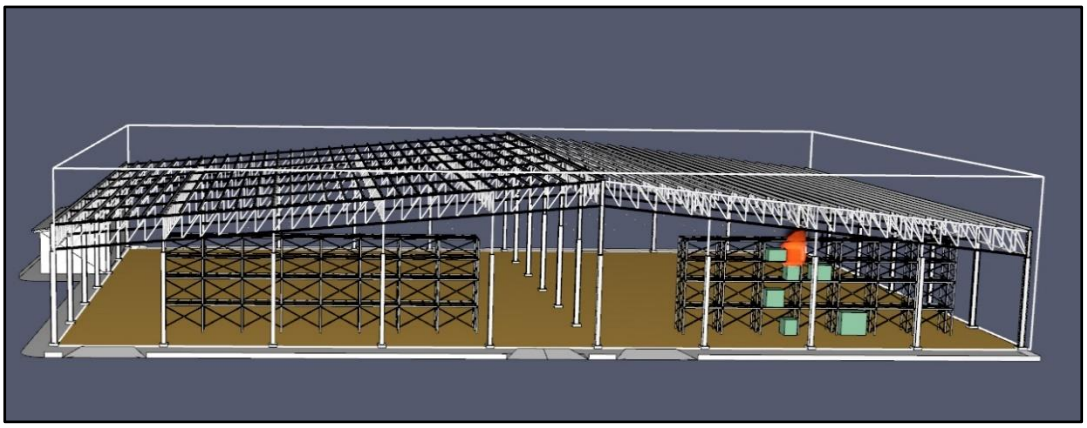
6) กำหนดสถานการณ์จำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ เนื่องจากภายในอาคารบริเวณห้องนี้มีพนักงานประมาณ 2 คน และมีทางออกหนีไฟหลายช่องทาง ผู้วิจัยจึงกำหนดสถานการณ์จำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้โดยคำนึงถึงทรัพย์สินเป็นหลัก ว่าสมรรถะภาพการทำงานของหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดใน Phase 1 จะเพียงพอในการระงับเหตุได้ โดยกำหนดความแตกต่างของทั้ง 3 สถานการณ์ จากไฟที่ไหม้พาเลทในแต่ละชั้นและจำนวนวัตถุดิบมากน้อยแตกต่างกัน เพื่อทดสอบการทำงานของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ โดยเน้นปกป้องทรัพย์สิน ดังนี้

สถานการณ์ที่ 1 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) แต่มีวัตถุดิบเก็บปริมาณน้อย (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนน้อย) ตามภาพที่ 10

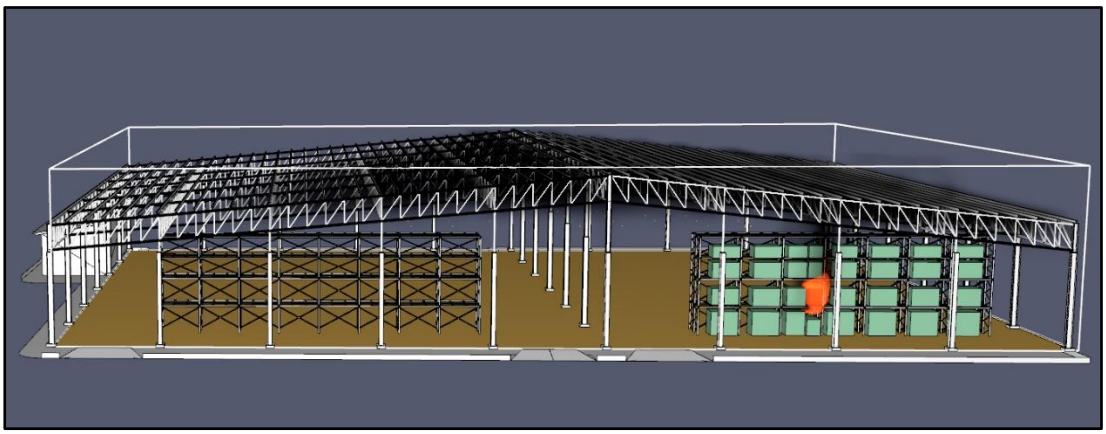
สถานการณ์ที่ 2 ไฟไหม้เต้ารับไฟฟ้าที่ผนังห้องและลุกลามไปติดวัตถุดิบที่วางไว้บนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้น 2 และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก) ตามภาพที่ 11

สถานการณ์ที่ 3 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก) ตามภาพที่ 12

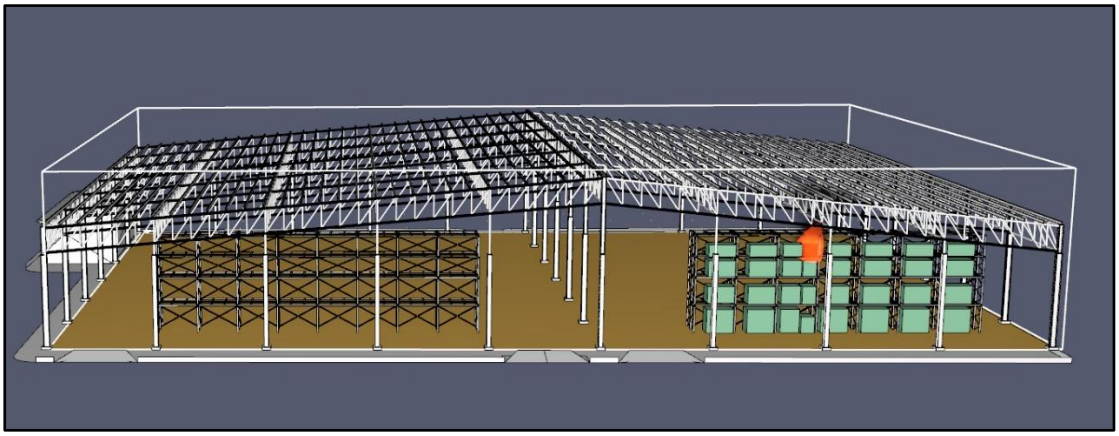
ทั้ง 3 สถานการณ์เกิดเพลิงไหม้ที่กระสอบเม็ดไบโอพลาสติกที่วางอยู่บนพาเลท กำหนดอัตราการปลดปล่อยความร้อนที่ 390 kW/m^2 อ้างอิงค่าอัตราการปลดปล่อยความร้อนของเม็ดไบโอพลาสติก (PLA) จากงานวิจัย “Flame retardancy of sustainable polyhydroxybutyrate (PLA/PHB) blends แหล่งที่มา : https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813023031045



ภาพที่ 10 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 1 ในโปรแกรม Pyrosim ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุดและเก็บวัตถุดิบจำนวนน้อย



ภาพที่ 11 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 2 ในโปรแกรม Pyrosim ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้น 2 และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก



ภาพที่ 12 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 3 ในโปรแกรม Pyrosim ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุดและเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก

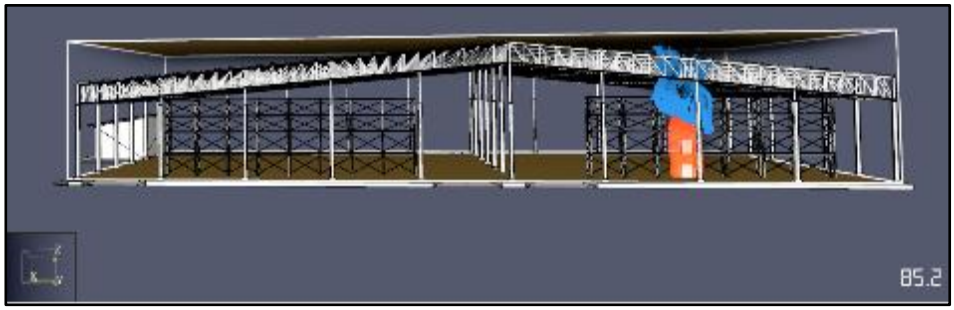
ผลการวิจัย

จากการสร้างแบบจำลองพลศาสตร์อัคคีภัยและแทนค่าต่าง ๆ ลงในโปรแกรม Pyrosim ให้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุดเพื่อนำมาวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติก โดยกำหนดลักษณะการเกิดเหตุเพลิงไหม้ออกเป็น 3 สถานการณ์ โดยเน้นปกป้องทรัพย์สิน และใส่ข้อมูลระยะเวลาในการทดลองเกิดเพลิงไหม้ในโปรแกรม Pyrosim ทั้งสิ้น 1,800 วินาที สามารถสรุปการประมวลผลของโปรแกรม Pyrosim ได้ดังนี้

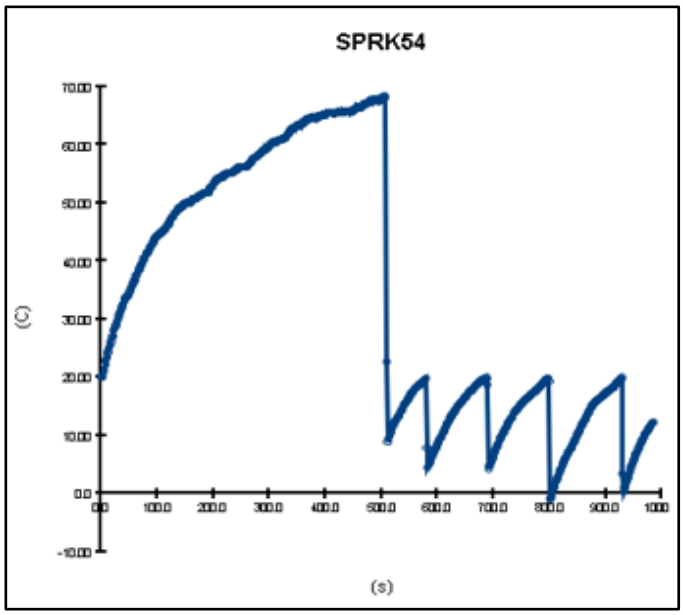
- ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 1 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) แต่มีวัตถุดิบเก็บปริมาณน้อย (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนน้อย)

  หลังจากเกิดไฟไหม้ Sprinkler หัวที่ 54 ฉีดน้ำออกมาวินาทีที่ 509 ดังภาพที่ 13 และผลจากกราฟของ SPRK 54 ที่แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลากับอุณหภูมิที่เวลาประมาณ 509 วินาที อุณหภูมิของ Sprinkler หัวที่ 54 ลดลงมาจากประมาณ 70 องศาเซลเซียส มาอยู่ที่ไม่เกินประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 14 และผลของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ตำแหน่ง THCP 03 ซึ่งอยู่บริเวณคานใกล้แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด อุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าอาคารไม่พังถล่มลงมา ดังภาพที่ 15 และกราฟ HRR พบว่าคงที่อยู่ที่ 2000 kW ดังภาพที่ 16 แสดงให้เห็นว่าหลังจบการทดลองไฟยังคงไม่ดับ อาจเนื่องจากการ Simulate เพียง 984 วินาที ยังไม่ครบ 1,800 วินาที แต่เนื่องจากหัวสปริงเกอร์ทำงานเพียง 1 หัว และอุณหภูมิของหัวสปริงเกอร์, THCP, 2D Slide มีค่าลดลงและคงที่ ซึ่งแสดงว่าสามารถควบคุมเพลิงไม่ให้

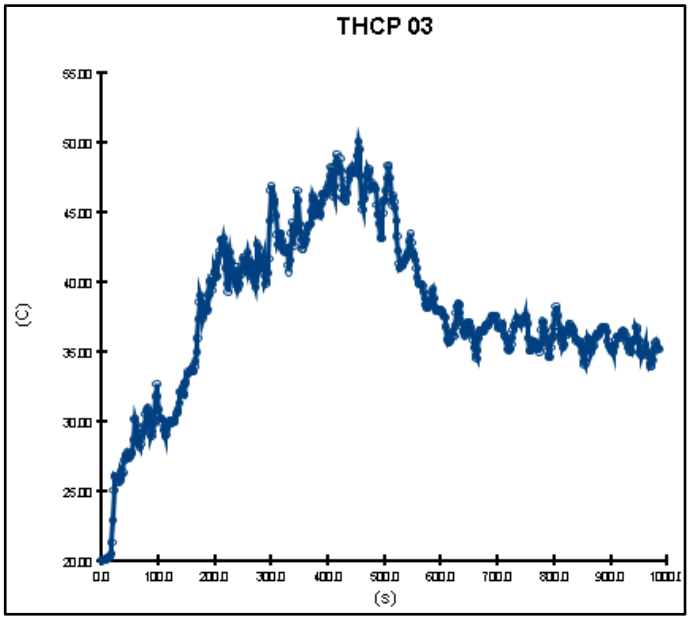
ลุกลามได้ และยังแสดงให้เห็นว่าระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีแนวโน้มที่สามารถระงับเหตุเพลิงไหม้ได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมา



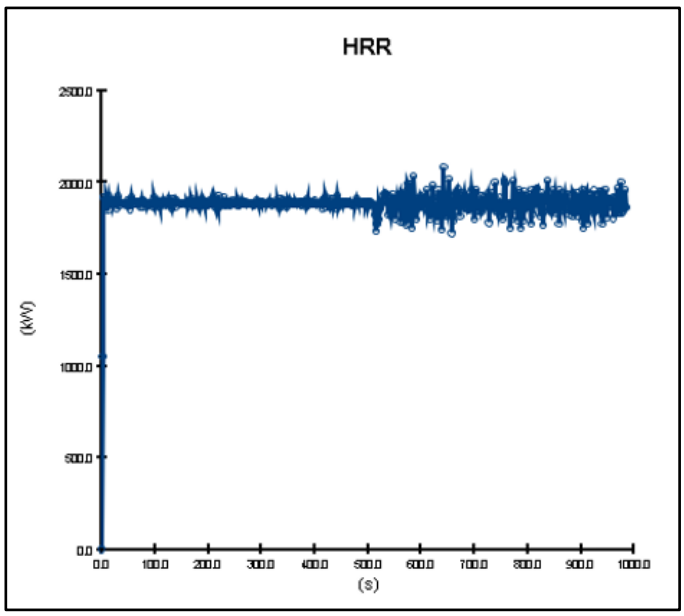
ภาพที่ 13 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 1 หัว Sprinkler ที่ 54 (SPRK54) เป็นหัวแรกที่แตกในวินาทีที่ 509



ภาพที่ 14 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของหัว Sprinkler ที่ 54



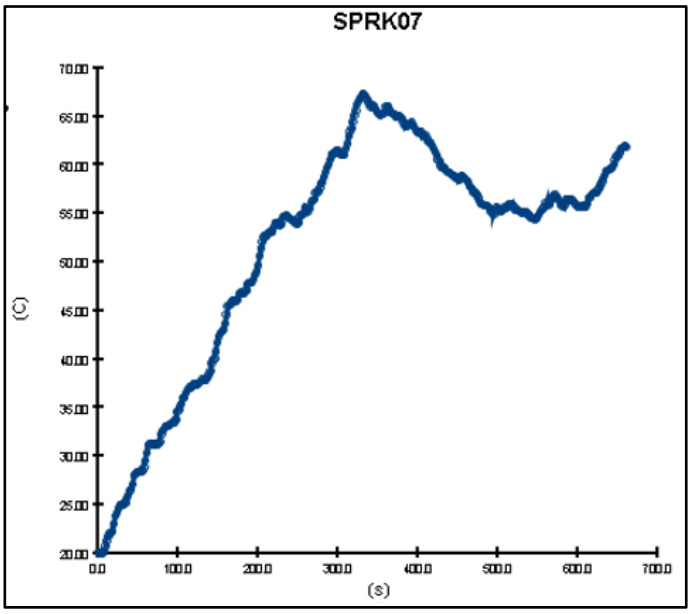
ภาพที่ 15 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 1 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ตำแหน่ง THCP 03 ซึ่งอยู่บริเวณคานใกล้แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด



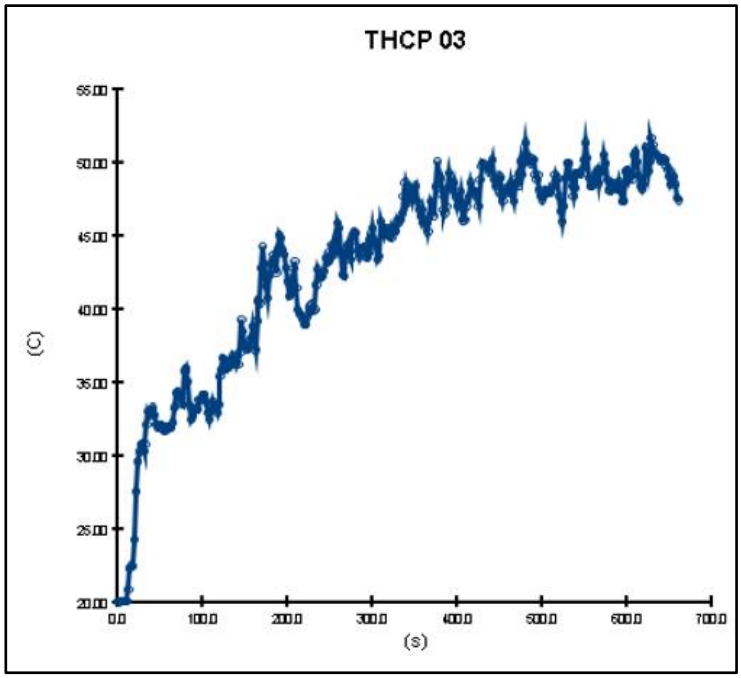
ภาพที่ 16 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 1 กราฟ HRR แสดงความสัมพันธ์ของเวลาและค่า kW

- ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 2 ไฟไหม้เต้ารับไฟฟ้าที่ผนังห้องและลุกลามไปติดวัตถุดิบที่วางไว้บนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้น 2 และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก)

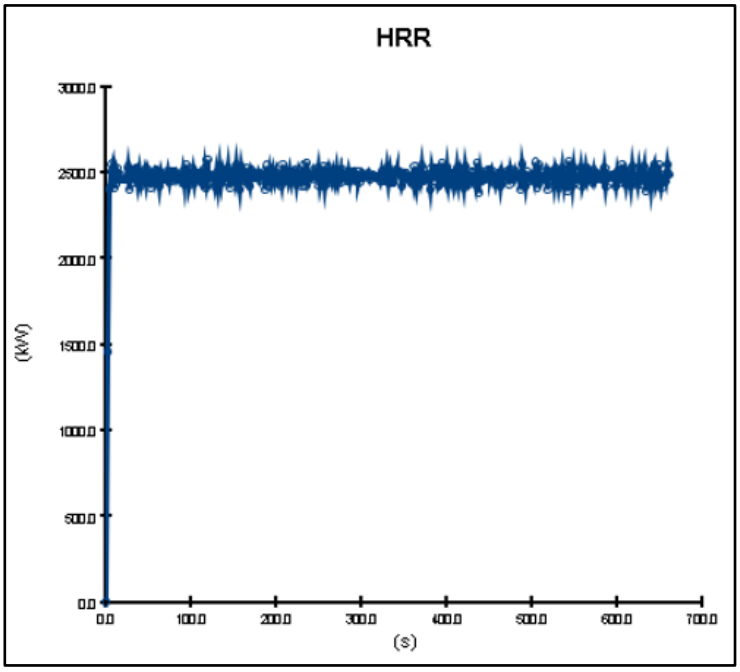
หลังจากเกิดไฟไหม้อุณหภูมิไม่ถึง 72 องสาเซลเซียสจึงไม่มีหัว Sprinkler ทำงาน ดังภาพที่ 17 และผลขอกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ตำแหน่ง THCP 03 ซึ่งอยู่บริเวณคานใกล้แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด อุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 52 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าอาคารไม่พังถล่มลงมา ดังภาพที่ 18 และและกราฟ HRR พบว่าคงที่อยู่ที่ 2500 kW ดังภาพที่ 19 ดังนั้น แสดงให้เห็นว่าหลังจบการทดลองไฟยังคงไม่ดับ อาจเนื่องจากการ Simulate เพียง 660 วินาที ยังไม่ครบ 1,800 วินาที ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการ Simulate ทั้ง 2 ครั้งพบว่าหัว Sprinkler ไม่ทำงานทั้ง 2 ครั้ง เป็นเพราะมีวัตถุบดบังที่ชั้นบนทำให้ไม่สามารถจับอุณหภูมิร้อนที่เกิดจากชั้น 2 ได้ เสี่ยงจะทำให้เกิดเพลิงไหม้ลุกลามเสียหายมากขึ้นได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมา



ภาพที่ 17 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของหัว Sprinkler ที่อุณหภูมิสูงสุด



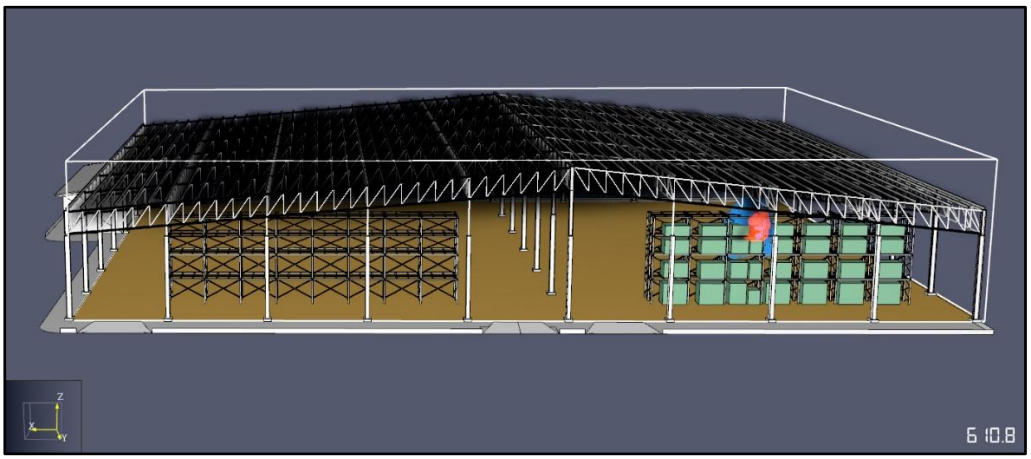
ภาพที่ 18 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 2 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ตำแหน่ง THCP 03 ซึ่งอยู่บริเวณคานใกล้แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด



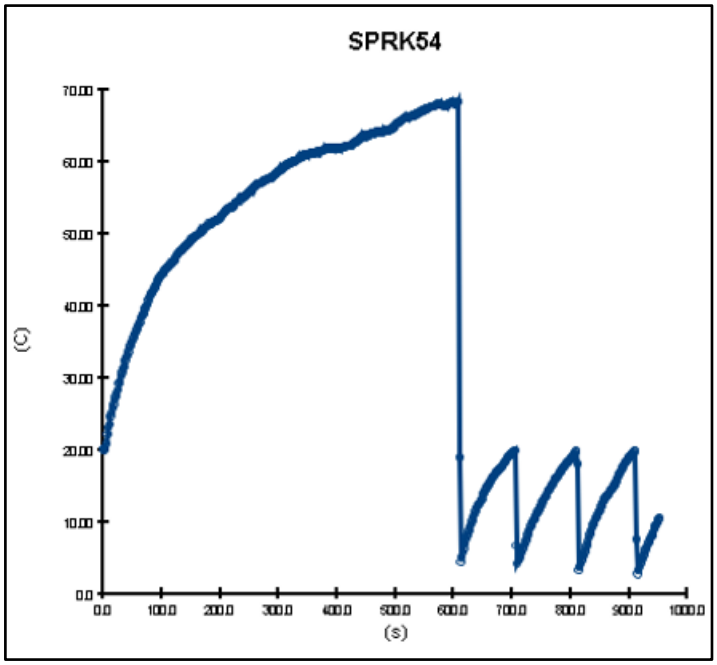
ภาพที่ 19 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 2 กราฟ HRR แสดงความสัมพันธ์ของเวลาและค่า kW

- ผลการจำลองสถานการณ์ที่ 3 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก)

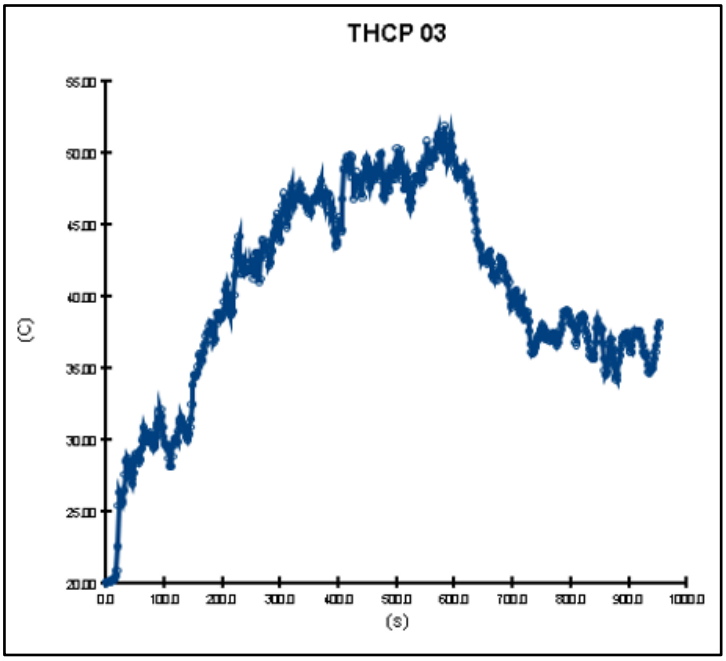
หลังจากเกิดไฟไหม้ Sprinkler หัวที่ 54 ฉีดน้ำออกมาวินาทีที่ 610 ดังภาพที่ 20 และผลจากกราฟของ SPRK 54 ที่แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลากับอุณหภูมิที่เวลาประมาณ 610 วินาที อุณหภูมิของ Sprinkler หัวที่ 54 ลดลงมาจากประมาณ 68 องศาเซลเซียส มาอยู่ที่ไม่เกินประมาณ 20 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 21 และผลของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ตำแหน่ง THCP 03 ซึ่งอยู่บริเวณคานใกล้แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด อุณหภูมิสูงสุดไม่เกิน 52 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าอาคารไม่พังถล่มลงมา ดังภาพที่ 22 และกราฟ HRR พบว่าคงที่อยู่ที่ 2100 kW ดังภาพที่ 23 แสดงให้เห็นว่าหลังจบการทดลองไฟยังคงไม่ดับ อาจเนื่องจากการ Simulate เพียง 954 วินาที ยังไม่ครบ 1,800 วินาที แต่เนื่องจากหัวสปริงเกอร์ทำงานเพียง 1 หัว และอุณหภูมิของหัวสปริงเกอร์, THCP, 2D Slide มีค่าลดลงและคงที่ ซึ่งแสดงว่าสามารถควบคุมเพลิงไม่ให้ลุกลามได้ และยังแสดงให้เห็นว่าระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงมีแนวโน้มที่สามารถระงับเหตุเพลิงไหม้ได้ โดยพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมดที่กล่าวมา



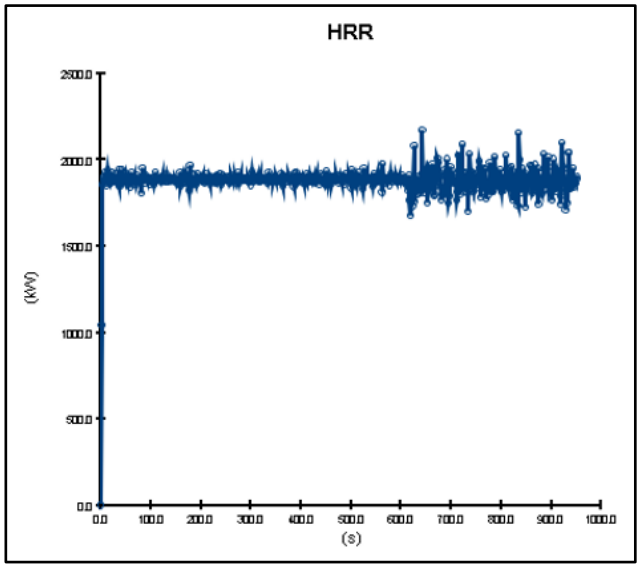
ภาพที่ 20 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 3 หัว Sprinkler ที่ 54 (SPRK54) เป็นหัวแรกที่แตก ในวินาทีที่ 610



ภาพที่ 21 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของหัว Sprinkler ที่ 54 (SPRK54)



ภาพที่ 22 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ของเวลาและอุณหภูมิของ อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิ (Thermocouple) ตำแหน่ง THCP 03 ซึ่งอยู่บริเวณคานใกล้แหล่งกำเนิดเพลิงไหม้มากที่สุด



ภาพที่ 23 ภาพจำลองสถานการณ์ที่ 3 กราฟ HRR แสดงความสัมพันธ์ของเวลาและค่า kW

วิจารณ์ผล

จากผลการวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติก ด้วยการจำลองพลศาสตร์อัคคีภัย ทำให้ทราบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดอัคคีภัยภายในคลังสินค้าที่รุนแรงแตกต่างกันออกไป เช่น แหล่งกำเนิดเพลิงของแต่ละชั้นของ Selective rack, ปริมาณการจัดเก็บวัตถุดิบภายในคลังสินค้า ในการเกิดอัคคีภัยระยะเริ่มต้นมักเกิดจากเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด เช่น ไฟไหม้จากเต้ารับไฟฟ้าที่ผนังห้องที่มีไว้สำหรับชาร์จรถฟอร์คลิฟท์ หรือ ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดาน ซึ่งแต่ละเหตุการณ์สามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงนอกเวลาทำงานซึ่งไม่มีพนักงานคอยเฝ้าระวังทำให้สามารถลุกลามไปได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงจึงเป็นระบบที่ดับเพลิงที่สำคัญ ในการช่วยดับไฟได้อย่างรวดเร็วและอัตโนมัติเมื่อความร้อนจากอัคคีภัยถึงค่าขีดจำกัดที่มาตรฐานกำหนดไว้ให้ระบบดับเพลิงทำงานอัตโนมัติโดยทันถ่วงที จึงเป็นระบบที่สำคัญในการระงับและบรรเทาเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้ไปสู่สถานการณ์ที่รุนแรงที่อาจเกิดขึ้นได้

ระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติก ที่ติดใน Phase 1 จำนวน 96 หัว ครอบคลุมพื้นที่ Selective Rack 4 ชุด ถึงจะยังไม่ได้ติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงครบทั่วทั้งอาคาร แต่ผู้ติดตั้งได้คำนึงถึงความปลอดภัยโดยติดตั้งครอบคลุมเหนือ Selective Rack ทั้งหมด และเนื่องจากเป็นโรงงานเปิดใหม่จึงมีกำลังการผลิตค่อนข้างน้อย และมีการจัดเก็บวัตถุดิบรวมทั้งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปไว้เฉพาะที่ Selective Rack เท่านั้น จึงส่งผลให้สมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ณ ปัจจุบัน ที่นำมาศึกษาโดยการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม Pyrosim มีประสิทธิภาพเพียงในการควบคุมเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้ลุกลามไปอย่างรวดเร็ว และควบคุมอุณหภูมิในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้สูงเกินอุณหภูมิทนไฟของโครงสร้างเหล็กส่วนที่รับน้ำหนักของหลังคาและอาคารโครงสร้างเพื่อ

ป้องกันการพังถล่มลงมาทำให้เกิดความเสียหายของทรัพย์สินที่มากขึ้นได้ แต่สมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงยังคงไม่เพียงพอที่จะดับไฟได้

สรุปผล

สรุปผลลัพธ์จากการสร้างและวิเคราะห์แบบจำลองเสมือนจริงทางพลศาสตร์อัคคีภัย ในการวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติก ใน Phase 1 ของการติดตั้ง ที่ทำการวิจัยทั้ง 3 สถานการณ์จำลอง ได้แก่ สถานการณ์ที่ 1 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) แต่มีวัตถุดิบเก็บปริมาณน้อย (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนน้อย) สถานการณ์ที่ 2 ไฟไหม้เต้ารับไฟฟ้าที่ผนังห้องและลุกลามไปติดวัตถุดิบที่วางไว้บนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้น 2 และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก) สถานการณ์ที่ 3 ไฟฟ้าลัดวงจรไหม้หลอดไฟด้านบนเพดานแล้วลุกลามโดนวัตถุดิบชั้นบนสุดที่วางบนชั้นวางของ (Selective Rack) และมีวัตถุดิบเก็บเป็นจำนวนมาก (ไฟไหม้พาเลทที่มีเม็ดพลาสติกชั้นบนสุด และเก็บวัตถุดิบจำนวนมาก) โดยใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 1,800 วินาทีต่อสถานการณ์จำลองเท่ากัน ผลปรากฏว่าสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติกแห่งนี้มีแนวโน้มที่จะควบคุมเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้ลุกลามไปอย่างรวดเร็วและดับเพลิงไหม้ได้โดยอัตโนมัติ ในสถานการณ์ที่ 1 และสถานการณ์ที่ 3 ที่เกิดเพลิงไหม้บริเวณชั้นบนสุดของ ชั้นวางของ (Selective Rack) ซึ่งสามารถปกป้องทรัพย์สินได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์การติดตั้งในครั้งนี้

แต่ในสถานการณ์ที่ 2 ต้นเพลิงอยู่ที่ชั้น 2 ของชั้นวางของ (Selective Rack) พบว่าหัว Sprinkler ไม่สามารถตรวจจับอุณหภูมิความร้อนได้เนื่องจากมีวัตถุบดบังจากวัตถุดิบที่วางจำนวนมาก จึงยังมีความเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้ลุกลามเป็นเพลิงไหม้ขนาดใหญ่และไม่สามารถดับเพลิงด้วยระบบดับเพลิงอัตโนมัติได้ จึงไม่สามารถปกป้องทรัพย์สินได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวิเคราะห์การติดตั้งในครั้งนี้

สรุปผลการวิจัยสถานการณ์การเกิดเพลิงไหม้ทั้ง 3 สถานการณ์ พบว่าสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บสินค้าประเภทไบโอพลาสติก ใน Phase 1 แห่งนี้ สามารถควบคุมเหตุเพลิงไหม้ไม่ให้ลุกลามไปอย่างรวดเร็วได้กรณีที่เกิดเพลิงไหม้ที่ชั้นบนสุดของชั้นวางของ (Selective Rack) และมีแนวโน้มสามารถดับเพลิงอัติโนมัติเองได้ แต่หากเกิดเพลิงไหม้ที่ชั้น 1 หรือ ชั้น 2 และมีการวางของบดบัง Sprinkler ส่งผลให้ระบบดับเพลิงอัตโนมัติไม่สามารถตรวจจับความร้อนได้ มีแนวโน้มที่ระบบดับเพลิงอัตมัติจะมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอที่จะดับไฟได้ จึงแนะนำให้ติดระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติเพิ่มตามชั้นของ Selective Rack หากจำเป็นต้องเก็บของเต็มพื้นที่ของชั้นวางทุกชั้น เพื่อจะได้เพิ่มสมรรถนะของระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ที่ติดตั้งภายในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ให้สามารถปกป้องทรัพย์สินจากการเกิดเพลิงไหม้ให้เสียหายน้อยที่สุด

เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กที่ใช้เป็นโครงสร้างหลังคาของอาคาร คลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติกแห่งนี้ โดยการใส่อุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิลงในแบบจำลองตามวัตถุประสงค์ในการ

วิจัยพบว่าอุณหภูมิบริเวณคานเหล็กทั้ง 3 จุดที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิมีอุณภูมิสูงสุดไม่เกิน 55 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่สามารถทนไฟได้สำหรับเหล็กที่ใช้ก่อสร้างเป็นคานรับน้ำหนักในส่วนของหลังคาอาคาร ซึ่งโดยทั่วไปเหล็กจะเริ่มสูญเสียกำลังรับน้ำหนักประมาณ 50% เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส และจะสูญเสียกำลังทั้งหมดที่ 1,000 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิของคานเหล็กทั้ง 3 สถานการณ์ที่จำลอง ไม่เกิน 550 องศาเซลเซียส หมายความว่าปลอดภัยจากการวิบัติตัวของโครงสร้างอาคาร ในขณะเกิดเหตุเพลิงไหม้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บสินค้า ประเภทไบโอพลาสติก ใน Phase 1 ที่ติดตั้งนั้นมีประสิทธิภาพเพียงพอในการควบคุมอุณหภูมิหากเกิดเพลิงไหม้ ซึ่งป้องกันการวิบัติตัวของโครงสร้างอาคาร

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และ นายชัยพล เพ่งพิศ ที่ปรึกษาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความรู้ ให้ข้อมูล และให้คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำ และให้ความช่วยเหลือสนับสนุนจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเสร็จสมบูรณ์ได้ตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้ ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2565. **สถิติการเกิดอุบัติเหตุและอุบัติภัยในโรงงานอุตสาหกรรม**. แหล่งที่มา:http://reg3.diw.go.th/safety/%E0%B8%AD%E0%B8%B8%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0%B8%95%E0%B8%B8/, 15 กันยายน 2566.

กฤตธร วัฒนดำรงสุข. 2560. **การวิเคราะห์สมรรถนะระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงในอาคารคลังจัดเก็บยางรถยนต์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วสุกานต์ พิธรัตน์. พันตรี 2558 : **การประยุกต์ใช้โปรแกรมพลศาสตร์อัคคีภัยเพื่อศึกษาการอพยพหนีไฟ กรณีศึกษา : ศูนย์กระจายสินค้า บริษัท โฮม โปรดักส์ เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน).** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมาคมส่งเสริมความปลอดภัยและอนามัยในการทำงาน. 2565. **อัคคีภัย.** แหล่งที่มา: http://www.shawpat.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=207:%E0%B9%92%E0%B9%95%E0%B9%95%E0%B9%96-%25m-%E0%B9%90%E0%B9%93-%E0%B9%90%E0%B9%94-%25M-%25S&catid=47:-m---m-s&Itemid=201. 15 กันยายน 2566.

A. Alhamad, S. Yehia, É. Lublóy, M. Elchalakani. 2022. **Performance of Different Concrete Types Exposed to Elevated Temperatures : A Review**

Baker, W.C., T.D. Bellamy, J. Biggins, C. Bilbo, A. Brinson, B. Caputo, J.A. Denhardt, J.O. Deutsch, J. Golinveaux, R. Huggins, K.E. Isman, A. Kimball, S.L. Laforest, D. Lowrey, E. Rodriguez, P. T.Schwab และ G.W. Stanley. 2016. **Automatic sprinkler Systems handbook.** 13.

Dyer, J.W. 2008. **Effectiveness of automatic fire sprinklers in high ceiling areas & the impact of sprinkler skipping 76.**

M. Kervran, M. Shabanian, C. Vagner, M. Poncot, J. Meier-Haack, F. Laoutid, S. Gaan, H. Vahabi. 2023. **Flame retardancy of sustainable polyhydroxybutyrate (PLA/PHB) blends**

NFPA. 2016. **NFPA13 Standard for the Installation of Sprinkler System. Massachusetts: National Fire Protection Association**

SafeSIRI. 2021. **องค์ประกอบของการลุกติดไฟ เรียนรู้พื้นฐานของการเกี่ยวกับไฟ.** แหล่งที่มา : https://www.safesiri.com/fire-component/, 15 กันยายน 2566.

การศึกษาปัจจัยความเสี่ยงและแนวทางการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมของคนงานก่อสร้างในจังหวัดระยอง

The Study of Psychosocial Risk Factors and Risk Management Approaches for Construction Workers in Rayong Province

ธีรเจต ปัถย์ธนวรรธน์[1*] ปิยะรัตน์ ปรีย์มาโนช[1] เสรีย์ ตู้ประกาย[1] และวัฒนา จันทะโคตร[2]

Teerajet Pattanawat[1*], Piyarat Premanoch[1], Seree Tuprakay[1] and Wattana Chanthakhot[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

[1] Safety Occupational Health And Environmental Engineering Ramkhamhaeng University Bangkok 10240

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพฯ 10160

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University, Bangkok 10160, Thailand

*Corresponding author E-mail: 6614350001@rumail.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาระดับความเครียดในการทำงานของคนงานก่อสร้าง ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงและพฤติกรรมในการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมในการทำงานของคนงานก่อสร้าง ในไซต์งานก่อสร้างแห่งหนึ่งในจังหวัดระยอง ใช้วิธีการวิจัยเชิงสำรวจ ผลการศึกษา พบว่า โดยรวมของผู้ที่ตอบแบบสอบถาม อยู่ในระดับรู้สึกเครียดปานกลาง ($\bar{x}$ = 2.73) ปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียดโดยรวมของผู้ที่ตอบแบบสอบถามอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 2.69) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียดมากสุด ได้แก่ ปัจจัยภายใน ($\bar{x}$ = 3.04) และมีปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียดน้อยสุด ได้แก่ สัมพันธภาพในหน่วยงาน ($\bar{x}$ = 2.31) ในส่วนของพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมโดยภาพรวม อยู่ในระดับเป็นครั้งคราว ($\bar{x}$ = 2.46) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่าคนงานมีพฤติกรรมเผชิญความเสี่ยงด้านจิตสังคมแบบมุ่งแก้ปัญหา ($\bar{x}$ = 2.56) มากกว่าการมีพฤติกรรมเผชิญความความเสี่ยงด้านจิตสังคมแบบลดอารมณ์ ($\bar{x}$ = 2.35) ข้อเสนอแนะจากการศึกษา ได้แก่ การปรับระบบการทำงานและระยะเวลาทำงานให้เหมาะสม เพิ่มมาตรการลดความเสี่ยง เช่น กิจกรรมนันทนาการและสร้างแรงจูงใจ นอกจากนี้ ควรมีการกำหนดขอบเขตหน้าที่ชัดเจน ปรับปรุงสวัสดิการและโอกาสก้าวหน้า รวมถึงเสริมสร้างสัมพันธภาพในองค์กร และปรับโครงสร้างการบริหารให้เหมาะสม เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมการทำงานที่ดี ลดความเครียด และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนงานก่อสร้าง

คำสำคัญ : ความเครียดจากการทำงาน การจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม งานก่อสร้าง

Abstract

This research article aims to study the level of work-related stress among construction workers, the factors contributing to psychosocial risks, and the risk management behaviors in a construction site in Rayong province. The research methodology used was a survey. The study found that, in general, the respondents reported experiencing a moderate level of stress ($\bar{x}$ = 2.73). Work-related factors that correlated with overall stress were also moderate ($\bar{x}$ = 2.69). When examined by individual factors, the most significant factor contributing to stress was internal factors ($\bar{x}$ = 3.04), while the least significant was interpersonal relationships within the organization ($\bar{x}$ = 2.31). Regarding psychosocial risk management behaviors, overall, they were reported as occasional ($\bar{x}$ = 2.46). When examined by category, workers exhibited a problem-solving approach ($\bar{x}$ = 2.56) to psychosocial risks more than an emotional regulation approach ($\bar{x}$ = 2.35). Recommendations from the study include adjusting work systems and working hours to be more suitable, increasing risk-reducing measures such as recreational activities and motivation-building, clearly defining job responsibilities, improving welfare and career advancement opportunities, and enhancing organizational relationships. Additionally, restructuring management practices to create a better work environment will reduce stress and increase work efficiency among construction workers.

Keywords : Work-related stress, psychosocial risk management, construction work.

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้พัฒนาเจริญรุ่งเรืองไปสู่ความทันสมัยอย่างรวดเร็ว ทั้งในด้านวิชาการ เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านเศรษฐกิจและสังคม ทำให้มีผลต่อบทบาท หน้าที่การงาน และความเป็นอยู่ในสังคมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งทำให้การดำเนินชีวิตของแต่ละบุคคลต้องเผชิญกับสภาพการณ์ต่างๆ ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและปัญหาอยู่ตลอดเวลา ทำให้คนเรานั้นจำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อสามารถดำรงชีวิตได้ในสังคม ในปัจจุบันการปรับตัวนี้บุคคลแต่ละบุคคลจะมีการปรับตัวที่แตกต่างกัน และมีการปรับตัวที่ไม่เท่ากัน คนที่สามารถปรับได้ดีก็จะดำเนินอยู่ได้อย่างมีความสุข ส่วนคนที่ปรับตัวได้ไม่ดีก็จะก่อให้เกิดปัญหา และเกิด

ความเครียดขึ้นได้กับการดำเนินชีวิตของตน ความเครียดเป็นความรู้สึกที่สภาพจิตใจไม่เป็นปกติ เกิดอารมณ์ที่ไม่เป็นสุข ไม่พอใจ ไม่สบายใจ กังวล วิตก กลัวเป็นอารมณ์ความรู้สึกที่สามารถจุดชนวน ปฏิกิริยาลูกโซ่ชีวะเคมีในร่างกายมนุษย์เสมือนกับจิตใจของคนเราถูกบีบบังคับ ซึ่งเป็นผลมาจากการแปรปรวนของร่างกายและจิตใจ (สมศักดิ์ วังเอี่ยมเสริมสุข, 2554)

ภาวะความเครียดกลายเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับชีวิตคนสมัยใหม่ เป็นปฏิกิริยาของร่างกายและจิตใจที่ตอบสนองต่อสภาวะหรือการกระทำใดๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจของพนักงานในภาคก่อสร้างและภาคอุตสาหกรรม (Anwer, S. *et al*.,2021; Dennerlein, J. *et al*., 2021; Sun, C. *et al*.,2022; Derdowski, L. A. *et al*.,2023) ส่วนใหญ่มักส่งผลในทางลบต่อความพึงพอใจของบุคคลนั้นๆ มนุษย์ทุกคนย่อมมีความเครียดเกิดขึ้นเสมอ ความเครียดที่เกิดอาจมีทั้งประโยชน์และโทษ ความเครียดรุนแรงเป็นสิ่งกระตุ้นให้พัฒนาตนเองให้เจริญก้าวหน้า แต่ความเครียดที่รุนแรงมากอาจอาจส่งผลเสียมากกว่าผลดี (องค์กร เรืองรัตนอัมพร, 2556 อ้างถึงใน ฐาปณี วังกานนท์, 2556) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับและปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียด ในการทำงานของคนงานก่อสร้าง และศึกษาพฤติกรรมในการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมในการทำงานของคนงานก่อสร้าง เพื่อที่จะได้หาแนวทางป้องกันและแก้ไขปัญหา ตลอดจนเป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของคนงาน และเป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานที่ดีต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

รูปแบบของงานวิจัย

รูปแบบงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงปริมาณ โดยเก็บรวบข้อมูลจากคนงานก่อสร้าง จ.ระยอง ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการวิจัย โดยมี 2 ชุดคำถามดังนี้

1) แบบสอบถามเพื่อหาปัจจัยที่สัมพันธ์กับความเครียดและวิธีการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมโดยประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ปัจจัยส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพ รายได้เฉลี่ยต่อเดือน ระยะเวลาในการทำงาน ส่วนที่ 2 ปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียด ได้แก่ ด้านลักษณะงาน ด้านบทบาทและหน้าที่ด้านสัมพันธภาพในการทำงาน ด้านความสำเร็จและความก้าวหน้าในอาชีพ และด้านโครงสร้างและบรรยากาศองค์กร ส่วนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม ลักษณะของแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม ผู้วิจัยใช้มาตรการวัดแบบ Rating Scale ระดับความสำคัญตามมาตรวัดแบบลิเกิร์ต (Likert’s Scale) 4 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์ในการให้คะแนนพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม ดังนี้

4	หมายถึง	เป็นประจำ
3	หมายถึง	เป็นบ่อยครั้ง
2	หมายถึง	เป็นครั้งคราว
1	หมายถึง	ไม่เคยเลย

การแปลความหมายพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม โดยนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้

$$\text{สูตรการหาอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

เกณฑ์การประเมินค่าวัดระดับความคิดเห็นแบ่งเป็นระดับการแปลความหมายพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม ค่าเฉลี่ยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็น
3.26-4.00	เป็นประจำ
2.51-3.25	เป็นบ่อยครั้ง
1.76-2.50	เป็นครั้งคราว
1.00-1.75	ไม่เคยเลย

2) แบบวัดความเครียด กรมสุขภาพจิต (SPST-20) ซึ่งเป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในระยะ 6 เดือนที่ผ่านมา จำนวนทั้งสิ้น 20 ข้อ และในแต่ละข้อแบ่งระดับความเครียดออกเป็น 5 ระดับ

ลักษณะของแบบสอบถามผู้วิจัยใช้มาตรการวัดแบบ Rating Scale ระดับความสำคัญตามมาตรวัดแบบลิเกิร์ต (Likert's Scale) 5 ระดับ ซึ่งมีเกณฑ์ในการให้คะแนนระดับความเครียด ดังนี้

5	หมายถึง	มากที่สุด	2	หมายถึง	น้อย
4	หมายถึง	มาก	1	หมายถึง	น้อยที่สุด
3	หมายถึง	ปานกลาง			

การแปลความหมาย โดยนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้

$$\text{สูตรการหาอันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ค่าสูงสุด - ค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}}$$

เกณฑ์การประเมินค่าวัดระดับความคิดเห็นแบ่งเป็นระดับการแปลความหมายระดับความเครียด ค่าเฉลี่ยใช้เกณฑ์ประเมิน ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็น
4.21-5.00	มากที่สุด
3.41-4.20	มาก
2.61-3.40	ปานกลาง

1.81-2.60 น้อย

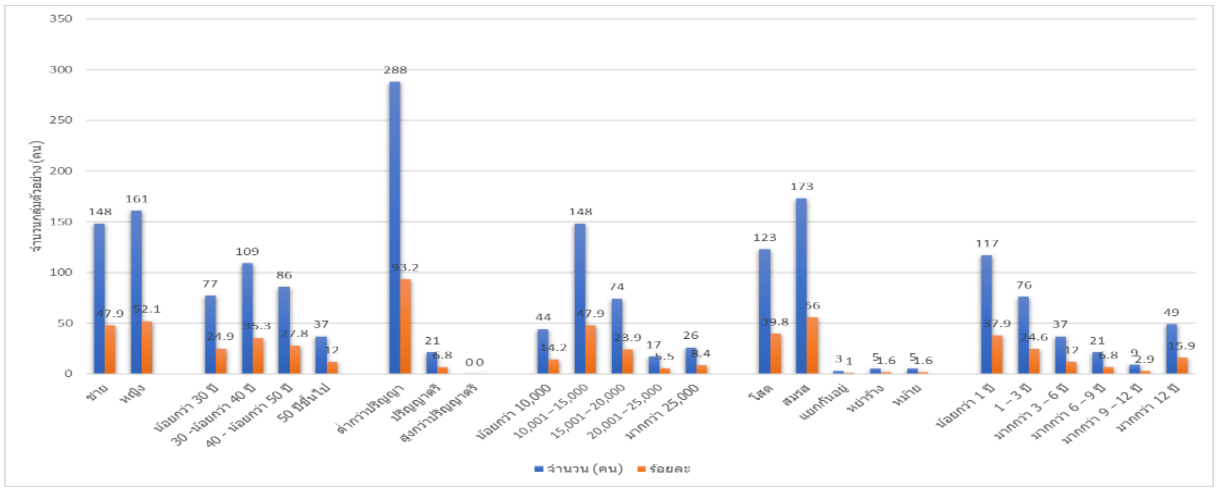
1.00-1.80 น้อยที่สุด

การวิเคราะห์และแสดงผลการวิจัยเป็นรูปแบบ จำนวนความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อให้ทราบถึงความเครียดในการทำงานและการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมของคนงานก่อสร้าง ในแต่ละด้าน โดยประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ คนงานก่อสร้างแห่งหนึ่งใน จังหวัดระยอง จำนวน 1,347 คน (ข้อมูล ณ วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2567) จากการคำนวณหากลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สูตรของ Taro Yamane และที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ความคลาดเคลื่อน เท่ากับ .05) ผู้วิจัยได้จำนวนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 309 คน หลังจากนั้นได้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Sample Random Sampling) กับคนงานก่อสร้างในแห่งหนึ่งใน จ.ระยอง

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยส่วนบุคคลของคนงานก่อสร้างในแห่งหนึ่งใน จ.ระยอง

จากการวิเคราะห์จำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล โดยมีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 309 คน ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามปัจจัยส่วนบุคคล

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงลักษณะข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถามในแต่ละด้าน ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

เพศ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 52.1 และเพศชายคิดเป็นร้อยละ 47.9 ตามลำดับ

อายุ พบว่า ส่วนใหญ่มีอายุ 30 -น้อยกว่า 40 ปีคิดเป็นร้อยละ 35.3 รองลงมาคือ 40 - น้อยกว่า 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 27.8 อายุน้อยกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.9 และ 50 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 12.0 ตามลำดับ

ระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาต่ำกว่าปริญญา คิดเป็นร้อยละ 93.2 ระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 6.8 ตามลำดับ

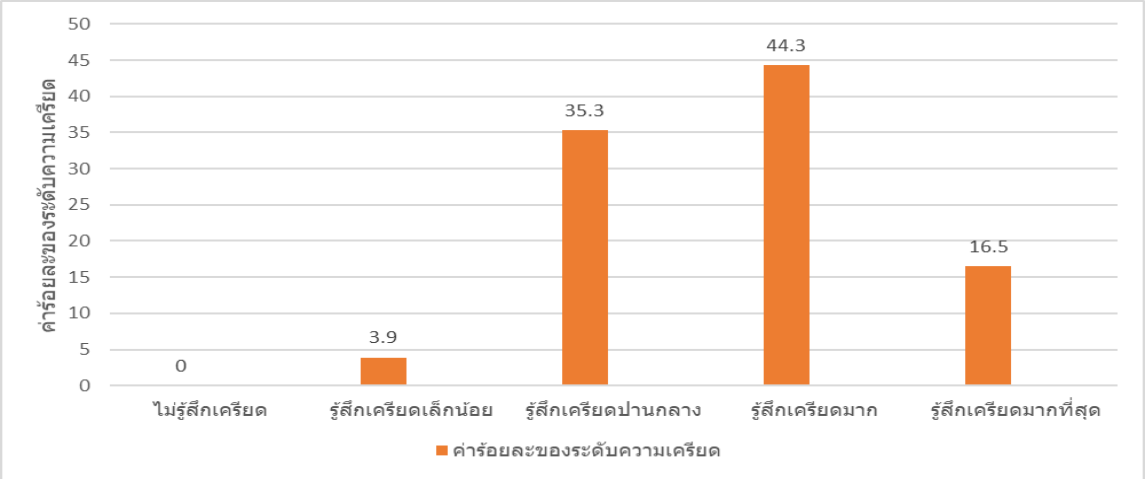
รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่า ส่วนใหญ่มีรายได้ 10,001 – 15,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 47.9 รองลงมาคือ 15,001 – 20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 23.9 น้อยกว่า 10,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 14.2 มากกว่า 25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 8.4 และ 20,001 – 25,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 5.5 ตามลำดับ

สถานภาพ พบว่า ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส คิดเป็นร้อยละ 56.0 รองลงมาคือ สถานะโสด คิดเป็นร้อยละ 39.8 สถานะหย่าร้างและหม้าย คิดเป็นร้อยละ 1.6 เท่ากัน และสถานะแยกกันอยู่ คิดเป็นร้อยละ 1.0 ตามลำดับ

ระยะเวลาในการทำงาน พบว่า ส่วนใหญ่มีระยะเวลาในการทำงานน้อยกว่า 1 ปี คิดเป็นร้อยละ 37.9 รองลงมาคือ 1 – 3 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.6 มากกว่า 12 ปี คิดเป็นร้อยละ 15.9 มากกว่า 3 – 6 ปี คิดเป็นร้อยละ 12.0 มากกว่า 6 – 9 ปี คิดเป็นร้อยละ 6.8 และมากกว่า 9 – 12 ปี คิดเป็นร้อยละ 2.9 ตามลำดับ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราห์ข้อมูลระดับความเครียดของคนงานก่อสร้างแห่งหนึ่งใน จ. ระยอง

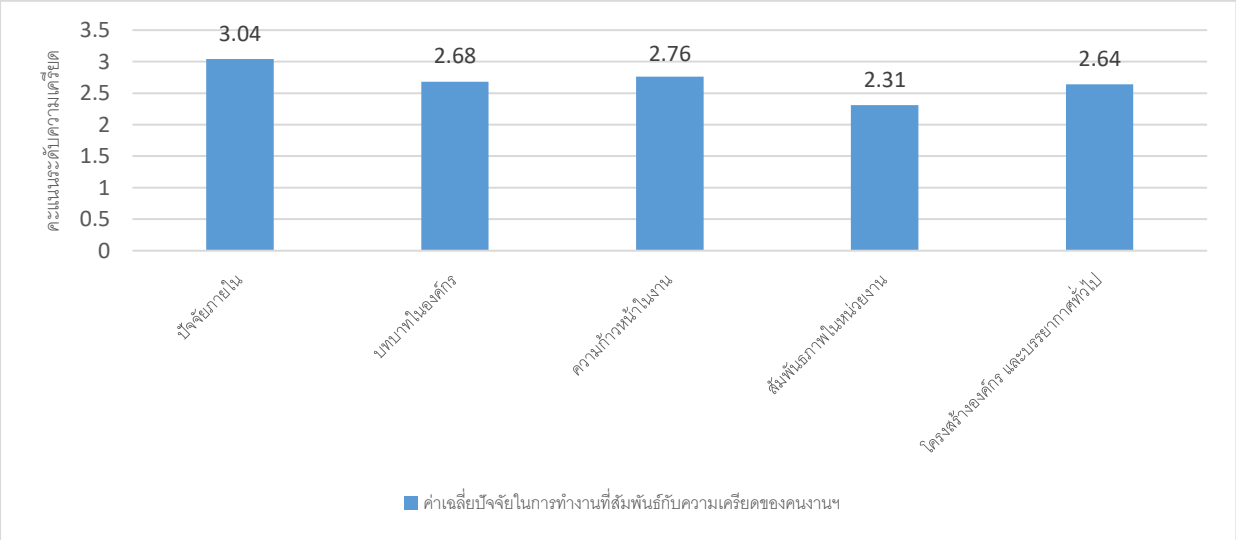
จากการเก็บข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 309 คน โดยใช้แบบสอบถามแบบวัดความเครียดกรมสุขภาพจิต (SPST-20) ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภูมิแท่งแสดงค่าร้อยละของระดับความเครียดของคนงานก่อสร้างแห่งหนึ่งใน จ.ระยอง

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นค่าร้อยละของระดับความเครียดของคนงาน พบว่า คนงานรู้สึกเครียดมาก คิดเป็นร้อยละ 44.3 รู้สึกเครียดปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 35.3 รู้สึกเครียดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.5 และรู้สึกเครียดเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 3.9 ตามลำดับ และไม่พบคนงานที่ไม่รู้สึกเครียด

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยด้านการทำงานของคนงานที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด



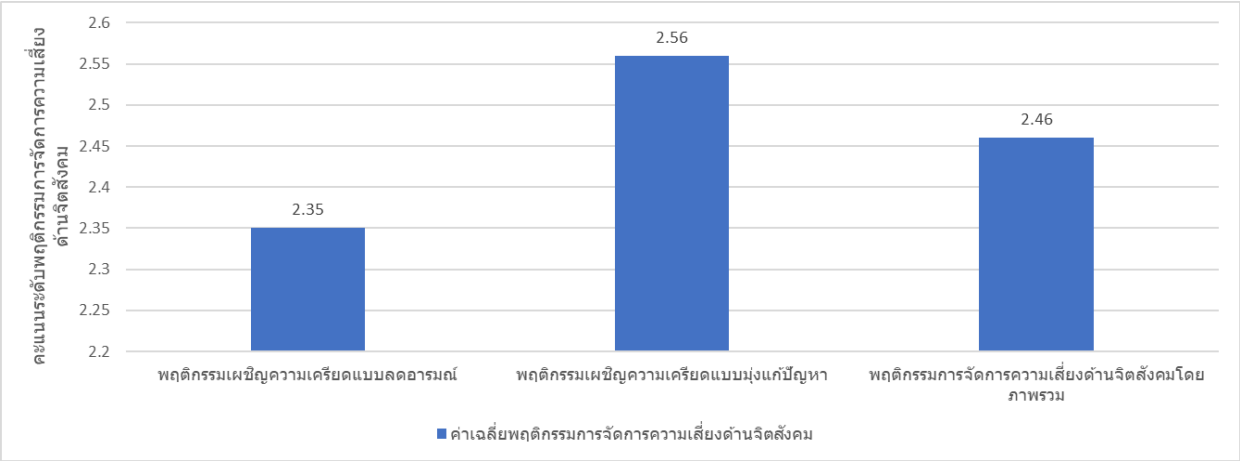
รูปที่ 3 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียดโดยรวม

จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียด จำนวน 309 คน ผลการวิเคราะห์ที่ได้ดังรูปที่ 3 พบว่า ค่าเฉลี่ยปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียดโดยรวมของคนงานก่อสร้างแห่งหนึ่งใน จ.ระยอง อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ 2.69) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีปัจจัยในการทำงานที่สัมพันธ์กับความเครียดส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับปานกลาง ได้แก่ ปัจจัยภายใน ($\bar{X}$ = 3.04) ความก้าวหน้าในงาน ($\bar{X}$ = 2.76) บทบาทในองค์กร ($\bar{X}$ = 2.68) และโครงสร้างองค์กร และบรรยากาศทั่วไป ($\bar{X}$ = 2.64) ตามลำดับ และปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียดน้อยที่สุด ได้แก่ สัมพันธภาพในหน่วยงาน ($\bar{X}$ = 2.31) ซึ่งอยู่ในระดับน้อย เมื่อวิเคราะห์ผลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความเครียด พบว่าคนงานส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญต่อปัจจัยภายใน เนื่องจากลักษณะงานที่ต้องเผชิญ ความเสี่ยงที่ได้รับ ล้วนเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบโดยตรงต่อตัวคนงาน สำหรับความก้าวหน้าในงานของคนงานก่อสร้างนั้น เนื่องจากคนงานส่วนใหญ่จะกังวลในเรื่องของ การไม่ได้รับเบี้ยเลี้ยงพิเศษนอกเหนือจากเงินเดือนประจำ ซึ่งมีผลต่อการดำรงชีวิตของคนงานก่อสร้างทั้งสิ้น สำหรับบทบาทในองค์กรที่มีความสัมพันธ์ต่อความเครียดของคนงานก่อสร้างส่วนใหญ่นั้น คือ การที่ต้องปฏิบัติงานหลายๆ อย่างพร้อมกันในเวลาเดียวกัน และในส่วนของโครงสร้างองค์กร และบรรยากาศทั่วไป คือ จำนวน

พนักงานในหน่วยงานไม่เพียงพอต่อปริมาณงาน หากทั้งสองกรณีนี้ มีการวางแผนและการจัดการที่ดีจะไม่ก่อให้เกิดความเครียดในการทำงานของคนงานก่อสร้าง และสัมพันธภาพในการทำงานที่มีผลที่สัมพันธ์กับความเครียดลำดับท้ายสุด อาจเป็นเพราะคนงานก่อสร้างล้วนมาเพื่อหารายได้ดำรงชีวิตและครอบครัว รวมถึงการปรับเปลี่ยนกลุ่มทำงานกันบ่อยครั้ง จึงไม่นำมาใส่ใจในเรื่องความสัมพันธ์มากนัก จึงสะท้อนให้เห็นว่าสัมพันธภาพในหน่อยงานส่งผลต่อความเครียดของคนงานก่อสร้างน้อยที่สุด

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมของ คนงานก่อสร้าง

เพื่อหาค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมในการจัดการความเสี่ยงของคนงาน จากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมการจัดการความเครียด จำนวน 309 คน ซึ่งผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภูมิแท่งแสดงค่าเฉลี่ยของพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมของคนงานก่อสร้างแห่งหนึ่งใน จ.ระยอง โดยรวม

จากรูปที่ 4 พบว่า พฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมโดยรวมอยู่ในระดับเป็นครั้งคราว ($\bar{x}$ = 2.46) ซึ่งมีพฤติกรรมเผชิญความเครียดแบบมุ่งแก้ปัญหา ($\bar{x}$ = 2.56) อยู่ในระดับเป็นบ่อยครั้ง สำหรับพฤติกรรมเผชิญความเครียดแบบลดอารมณ์ ($\bar{x}$ = 2.35) อยู่ในระดับเป็นครั้งคราว โดยมีปัจจัยย่อย ในเรื่องการเรียนรู้ที่จะพัฒนาตนเองจากประสบการณ์ที่ผ่านมาเป็นอันดับแรกของพฤติกรรมเผชิญความเครียดแบบมุ่งแก้ปัญหา และพยายามรวบรวมสติไม่ตื่นตระหนก พร้อมเผชิญปัญหา เป็นปัจจัยย่อยอันดับแรกของพฤติกรรมเผชิญความเครียดแบบลดอารมณ์ เมื่อวิเคราะห์ดูแล้วอาจเกิดจากสภาพความเป็นอยู่ในไซต์งาน จะเห็นว่าคนงานส่วนใหญ่มักจะนำเอาประสบการณ์ที่ผ่านมาเป็นบทเรียนในการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้า ให้สามารถผ่านพ้นไปได้ก่อน และเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาคนงานส่วนใหญ่มักจะเลือกสงบสติ ไม่ให้เกิดความตระหนก เพื่อลดโอกาศที่จะเกิดข้อผิดพลาดเมื่อต้องเผชิญและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาปัจจัยความเสี่ยงและแนวทางการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคมของคนงานก่อสร้างในจังหวัดระยองสามารถอภิปรายผลดังนี้

ระดับความเครียดในการทำงานของคนงานก่อสร้าง พบว่าระดับความเครียด โดยรวมของผู้ที่ตอบแบบสอบถาม อยู่ในระดับรู้สึกเครียดปานกลาง ซึ่งมีคนงานมีระดับความเครียดมาก คิดเป็นร้อยละ 44.3 มาเป็นอันดับแรกนั้น

ผลการศึกษาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดในการทำงานของคนงานก่อสร้าง จากผลการศึกษาพบว่า ผู้ที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีปัจจัยส่วนบุคคล และปัจจัยด้านการทำงานงานที่มีผลต่อความเครียดในการทำงานโดยภาพรวม อยู่ในระดับน้อยจากการสอบถามข้อมูลทางด้านระดับความเครียดจะเห็นได้ว่าความเครียดจะเกิดขึ้นเมื่อ งานที่ทำมีความเร่งด่วนความเสี่ยงต่อชีวิตและทรัพย์สิน ปริมาณงานที่ทำในแต่ละวันมากเกินไป ขั้นตอนปฏิบัติงานมากเกินไป และการไม่ได้รับเบี้ยเลี้ยงพิเศษนอกเหนือจากเงินเดือนประจำ ซึ่งมีปัจจัยหลักเป็นปัจจัยภายในลักษณะงาน และความก้าวหน้าในงานที่ทำให้คนงานก่อสร้างแห่งหนึ่งใน จ.ระยอง เกิดความเครียดในการทำงานได้ ซึ่งสามารถอธิบายได้ตามแนวคิดของ Luck Man and Sorenson (1987, อ้างถึงในพิชญาภา ธัมมิกะกุล, ปนวัฒน์ สุธิกุญชร และพันธ์ศักดิ์ ภัคดี, 2566) กล่าวว่า ความเครียดนั้นเกิดได้จากหลายปัจจัย ทั้งปัจจัยภายนอก (สิ่งแวดล้อม) และปัจจัยภายใน (ตัวบุคคล) ที่ทำให้บุคคลรู้สึกวิตกกังวลหรือเกิดอารมณ์เชิงลบต่อสถานการณ์ที่เผชิญ และตามแนวคิดของคูเปอร์และคณะ (1988, อ้างถึงใน อนุรัตน์ อนันทนาธร, 2559) ได้อธิบายว่าปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดในการทำงานจาก (Occupational Stress Indicator) ระบุว่าด้านความสำเร็จและก้าวหน้าในงานหากบุคคลสามารถทำงานให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ย่อมคาดหวังถึงโอกาสเลื่อนขั้นเลื่อนตำแหน่งในหน่วยงาน หรือมีโอกาสในการพัฒนาตนเอง ซึ่งถ้าหากบุคคลได้รับการส่งเสริมมากหรือน้อยเกินไป การถูกประเมินความสามารถต่ำกว่าความเป็นจริง การขาดการฝึกอบรมหรือพัฒนา การขาดโอกาสในการพัฒนาตนเอง ขาดความมั่นคงในการทำงาน ไม่มีความก้าวหน้าในอาชีพ ย่อมนำไปสู่ภาวะความเครียดได้

ผลการศึกษา เพื่อศึกษาพฤติกรรมในการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม พบว่า ผู้ที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีพฤติกรรมการจัดการความเสี่ยงด้านจิตสังคม โดยภาพรวม ($\bar{X}$ = 2.46) อยู่ในระดับเป็นครั้งคราว เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า มีพฤติกรรมเผชิญความเครียดแบบมุ่งแก้ปัญหา ($\bar{X}$ = 2.56) อยู่ในระดับเป็นบ่อยครั้ง และมีพฤติกรรมเผชิญความเครียดแบบมุ่งลดปัญหา ($\bar{X}$ = 2.35) อยู่ในระดับเป็นครั้งคราว โดยส่วนใหญ่จะมุ่งพัฒนาศักยภาพการทางานของตนเองให้ดีที่สุด โดยในส่วนนี้อาจเป็นการกระทำเพื่อให้ตนเองนั้นได้รับการยอมรับจากสังคม ไม่ว่าจะเป็นหัวหน้างาน และเพื่อนร่วมงาน เป็นส่วนสำคัญ

ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ ได้ชี้ให้เห็นถึงปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความเครียดในระดับต่างๆ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานและความเสี่ยงด้านจิตสังคมของคนงานก่อสร้าง ในส่วนของข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการศึกษา จึงได้มีการเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงานและระบบการจัดการต่างๆ เพื่อช่วยลดความเครียดและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยข้อเสนอแนะเหล่านี้ได้ถูกแบ่งออกเป็นประเด็นต่างๆ ที่สำคัญซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงด้านจิตสังคม ดังนี้

1) ปัจจัยภายในลักษณะงาน จากผลการศึกษาพบว่าเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง จึงเสนอแนะให้มีการปรับเปลี่ยนระบบการทำงานของคนงานก่อสร้าง และระยะเวลาในการทำงานให้มีความเหมาะสมเพิ่มขึ้น มีการวางแผนและพิจารณาการเพิ่มหรือลดอัตราคนงานก่อสร้างให้เพียงพอต่อภาระงาน เพิ่มมาตรการลดความเสี่ยงให้แก่คนงาน โดยการจัดกิจกรรมนันทนาการ หรือกิจกรรมที่สร้างแรงจูงใจ

2) บทบาทในองค์กร จากผลการศึกษาพบว่าเป็นปัจจัยด้านงานที่มีผลต่อความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งความซับซ้อนของบทบาทหน้าที่ และความรับผิดชอบที่เกิดขึ้นกับคนงานก่อสร้าง อีกทั้งการที่ต้องรับฟังคำสั่งในการปฏิบัติงานอยู่เสมอ หากไม่มีความชัดเจนจะยิ่งทำให้งานเกิดความล้าช้า และมีข้อผิดพลาดในการทำงานได้ จึงควรได้รับการแก้ไข โดยการระบุขอบเขตความรับผิดชอบให้ชัดเจน หากมีการเปลี่ยนแปลงควรสร้างความเข้าใจใหม่ให้คนงานเสมอ

3) ความก้าวหน้าในงาน จากผลการศึกษาพบว่าเป็นปัจจัยด้านงานที่มีผลต่อความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง โดยประเด็นหลักเกี่ยวข้องกับการไม่ได้รับเบี้ยเลี้ยงพิเศษนอกเหนือจากเงินเดือนประจำและผลตอบแทนที่ได้รับนั้นไม่เพียงพอต่อการดำรงชีพ จึงเสนอแนะให้มีพิจารณาตามความเหมาะสมถึงความเป็นไปได้ในการให้ความช่วยเหลือทางด้านสวัสดิการต่าง ๆ และการเปิดโอกาสให้คนงานก่อสร้าง ได้มีโอกาสพัฒนาตนเอง เช่น การส่งเสริมให้การฝึกอบรมต่าง ๆ รวมถึงการพิจารณาถึงความก้าวหน้าในตำแหน่งงาน

4) สัมพันธภาพในหน่วยงาน จากผลการศึกษาพบว่าเป็นปัจจัยด้านงานที่มีผลต่อความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับน้อย ทั้งนี้การจัดให้มีกิจกรรมกระชับความสัมพันธ์ของคนงานก่อสร้าง ทั้งภายในหน่วยงานและระหว่างหน่วยงาน ยังคงมีความสำคัญในการสร้างความสัมพันธ์แน่นแฟ้น กลมเกลียวกันภายในองค์กรเพื่อเสริมสร้างประสิทธิภาพการทำงาน และเพิ่มความสุขในการทำงาน

5) โครงสร้างองค์กร และบรรยากาศทั่วไป จากผลการศึกษาพบว่าเป็นปัจจัยด้านงานที่มีผลต่อความเครียดในการทำงานอยู่ในระดับปานกลาง จึงควรพิจารณาให้มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างให้เหมาะสม ต่อการดำเนินงานที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มหรือลดอัตราคนงานให้เหมาะสมกับภาระหน้าที่ การคัดเลือกบุคลากรที่มีความสามารถเข้ามาภายในองค์การ และการสร้างบรรยากาศที่ดีในการทำงาน หากการจัดสรรในโครงสร้างองค์กรดี จะนำไปสู่องค์กรที่เข้มแข็ง และลดระดับความเครียดในการทำงานลงได้

เอกสารอ้างอิง

ฐาปณี วังกานนท์. (2556). ปัจจัยด้านการทำงานที่มีอิทธพลต่อความเครียดของพนักงาน: กรณีศึกษา บริษัท แอม พาส อินดัสตรี จำกัด. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช มงคลธัญบุรี.

พิชญาภา ธัมมิกะกุล, ปนวัฒน์ สุธิกุญชร และพันธ์ศักดิ์ ภัคดี. (2566). ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพแวดล้อมกับความเครียดของนักศึกษาปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้. วารสารสถาปัตยกรรม การออกแบบและการก่อสร้าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 5(2). 101-116

สมศักดิ์ วังเอี่ยมเสริมสุข. 2556. การเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยด้านงานที่ส่งผลต่อความเครียดและพฤติกรรมเผชิญความเครียดของพนักงานรัฐวิสาหกิจ : กรณีศึกษาพนักงาน บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน) สำนักงานหลักสี่และสำนักงานบางรัก. การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อนุรัตน์ อนันทนาธร. (2559). ภาวะความเครียดและพฤติกรรมการจัดการความเครียดของข้าราชการตำรวจตำรวจภูธร สังกัดตำรวจภูธร ภาค 2. คณะรัฐศาสตร์และนิติศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Anwer, S., Li, H., Antwi-Afari, M. F., & Wong, A. Y. L. (2021). Associations between physical or psychosocial risk factors and work-related musculoskeletal disorders in construction workers based on literature in the last 20 years: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *83*, 103113.

Dennerlein, J. T., Eyllon, M., Garverich, S., Weinstein, D., Manjourides, J., Vallas, S. P., & Lincoln, A. K. (2021). Associations between work-related factors and psychological distress among construction workers. *Journal of occupational and environmental medicine*, *63*(12), 1052-1057.

Derdowski, L. A., & Mathisen, G. E. (2023). Psychosocial factors and safety in high-risk industries: A systematic literature review. *Safety science*, *157*, 105948.

Sun, C., Hon, C. K., Way, K. A., Jimmieson, N. L., & Xia, B. (2022). The relationship between psychosocial hazards and mental health in the construction industry: A meta-analysis. *Safety science*, *145*, 105485.

การวิเคราะห์งานและการประเมินความเป็นอันตรายด้านความปลอดภัยในการประกอบ ติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน

An Analysis of Work Processes and Safety Risk Assessment in the Assembly and Installation of Double-Row Scaffolding and Structural Steel for Scaffolding Support

ปองปรีดา ทองพิเศษ[1*],เสรีย์ ตู้ประกาย[1],ปิยรัตน์ ปรีมาโนช[1] ,วัฒนา จันทะโคตร[2]

Pongpreeda Thongpiset[1*], Seree Tuprakay [2], Piyarat Premanoch[2], Wattana Chanthakhot[3]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

[1] Safety Occupational Health And Environmental Engineering Ramkhamhaeng University Bangkok 10240

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี กรุงเทพฯ 10160

[2] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Thonburi University, Bangkok 10160, Thailand

*Corresponding author E-mail: pongpreeda.klim@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินความเป็นอันตรายด้านความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้านในพื้นที่ก่อสร้างแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานครฯ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความปลอดภัยในการทำงาน (Job Safety Analysis: JSA) ผลการวิจัยพบว่าขั้นตอนการทำงานที่มีความเป็นอันตรายสูงมากคือการออกแบบ คำนวณรับรอง และควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกร ซึ่งมีคะแนนความเป็นอันตราย 9 คะแนน จัดอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ เนื่องจากหากมีข้อผิดพลาดในการออกแบบอาจส่งผลกระทบร้ายแรงต่อความปลอดภัยทั้งในระหว่างและหลังการติดตั้ง ส่วนขั้นตอนการติดตั้งเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้านได้รับคะแนนความเป็นอันตราย 6 คะแนน ซึ่งเป็นระดับความเป็นอันตรายสูง โดยมีปัจจัยเสี่ยงหลักจากการติดตั้งที่อาจจะขาดความแม่นยำ และข้อผิดพลาดที่เกิดจากฝีมือแรงงาน จากผลการศึกษา พบว่าความเสี่ยงในขั้นตอนการทำงานติดตั้งนั่งร้านมีตั้งแต่ระดับต่ำมากไปจนถึงระดับที่ยอมรับไม่ได้ การปรับปรุงมาตรการควบคุมอันตรายจึงเป็นสิ่งจำเป็น เช่น การจัดทำคู่มือการจัดการความเสี่ยงในการทำงาน การตรวจสอบและรับรองแบบแปลนที่ทันสมัย การใช้ระบบป้ายสถานะสำหรับการใช้งานนั่งร้าน และการจัดอบรมเกี่ยวกับการติดตั้งและการทำงานบนที่สูง รวมถึงการตรวจสุขภาพพนักงาน การดำเนินการตามข้อเสนอแนะเหล่านี้จะช่วยลดความเสี่ยงและยกระดับความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งนั่งร้านให้มีมาตรฐานที่ดีขึ้น.

คำสำคัญ : การประเมินความเสี่ยง การติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่ การวิเคราะห์ความปลอดภัยในการทำงาน (JSA)

Abstract

This study aims to assess safety hazards associated with the installation of double-row scaffolding and structural steel supports at a construction site in Bangkok using the Job Safety Analysis (JSA) method. The findings indicate that the most hazardous task involves the design, calculation, and supervision of scaffolding by engineers, receiving a hazard score of 9, classified as unacceptable. Errors in design could lead to severe safety consequences both during and after installation. Additionally, the installation of structural steel supports for scaffolding scored a hazard level of 6, considered high risk, primarily due to potential inaccuracies in installation and workmanship-related errors. The study reveals that the risk levels in scaffolding installation range from very low to unacceptable. Enhancing risk control measures is essential, including the development of a risk management manual, verification and approval of up-to-date design plans, implementation of a status signage system for scaffolding use, and training on installation and working at heights. Employee health assessments should also be incorporated. Implementing these recommendations will help mitigate risks and enhance the overall safety standards in scaffolding installation.

Keywords: Risk assessment, double-row scaffolding installation, Job Safety Analysis (JSA)

บทนำ

การก่อสร้างอาคารสูงเพื่อการอยู่อาศัยในประเทศไทยกำลังเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงหลายปีที่ผ่านมา ซึ่งได้รับผลกระทบจากการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จากการขยายตัวของการลงทุนจากทั้งภาครัฐและเอกชน ในปัจจุบัน ความต้องการอาคารสูงเพื่อใช้ในการอยู่อาศัยในพื้นที่เมืองใหญ่กำลังเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการขยายตัวของประชากรและการเติบโตของเศรษฐกิจเมืองทำให้การพัฒนาอาคารสูงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในการตอบสนองความต้องการที่อยู่อาศัย โดยใน**ปี 2566-2568 ธุรกิจที่อยู่อาศัย 6 จังหวัดหลักในภูมิภาค มีแนวโน้มทยอยฟื้นตัว** โดยมีปัจจัยหนุนจาก (1) เศรษฐกิจไทยที่ฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป (2) ความคืบหน้าของการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐจะหนุนให้กิจกรรมทางเศรษฐกิจเติบโตตามมา (3) การฟื้นตัวของภาคท่องเที่ยว โดยคาดว่าจำนวนนักท่องเที่ยวต่างชาติจะกลับมาอยู่ระดับใกล้เคียงช่วงก่อนวิกฤติ COVID-19 ภายในปี 2568 และ (4) มาตรการกระตุ้นจากภาครัฐ อาทิ การลดค่าธรรมเนียมการโอนและจดจำนอง *(พัชรา กลิ่นชวนชื่น,* 2566)

ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 ที่กำหนดว่า "อาคารสูง" คืออาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 23 เมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นการกำหนดที่เหมาะสมกับการจัดทำโครงการก่อสร้างอาคารเพื่อใช้ประโยชน์จากการอยู่อาศัย อย่างไรก็ตามการก่อสร้างอาคารสูงนั้นนำมา

ซึ่งความเสี่ยงที่หลากหลาย โดยเฉพาะในการติดตั้งโครงสร้างนั่งร้านและระบบต่างๆ ที่ใช้รองรับการทำงานในระหว่างการก่อสร้าง ให้ปลอดภัยตามกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน พ.ศ. 2564 โดยเฉพาะการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณที่มักจะเกิดความเสี่ยงจากอุบัติเหตุที่มีผลกระทบต่อทั้งผู้ปฏิบัติงานและประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้เคียง โอกาสที่อุบัติเหตุจะเกิดขึ้นในระหว่างการทำงานประกอบติดตั้งนั่งร้านมีโอกาสมากเนื่องจากการทำงานบนที่สูง เช่น การตกจากที่สูง การตกหล่นของวัสดุก่อสร้าง ฝุ่นจากการดำเนินการก่อสร้างที่อาจส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของผู้คนในชุมชน และอันตรายจากการที่อาคารไม่ได้รับการควบคุมอย่างถูกต้องในขั้นตอนการออกแบบหรือการติดตั้ง

โดยเฉพาะในขั้นตอนการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณ ซึ่งมีความเป็นอันตรายและมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากที่สูง (ศริณ พีระบูลและมาโนช โลหเตปานนท์,2566; สุนันท์ มนต์แก้ว และคณะ ,2567) การประเมินความเป็นอันตรายในการทำงานจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการป้องกันความเสียหายทั้งต่อผู้ปฏิบัติงานและชุมชน รวมถึงช่วยรักษาภาพลักษณ์ของโครงการก่อสร้างให้ได้มาตรฐานทั้งในด้านความปลอดภัยและคุณภาพ การติดตั้งวัสดุป้องกันต่างๆ เช่น ผ้าเมช (Mesh Sheet) เพื่อป้องกันฝุ่นหรือวัสดุตกหล่นจากอาคารนั้นเป็นหนึ่งในมาตรการที่สำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงในการทำงานและป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น

ตามประกาศกฎกระทรวงแรงงาน เรื่องการประเมินความเป็นอันตราย การศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมการทำงานและการจัดทำแผนควบคุมดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ ลงวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2567 เกี่ยวกับการประเมินอันตรายและการควบคุมความเสี่ยงในสถานประกอบกิจการ ได้กำหนดให้ผู้ประกอบการต้องทำการประเมินอันตรายในการทำงานอย่างละเอียดโดยใช้วิธีการชี้บ่งอันตราย ซึ่งสามารถใช้หลายวิธีร่วมกันเพื่อให้ครอบคลุมทุกขั้นตอนการทำงานได้อย่างครบถ้วน ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการ "การประเมินงานเพื่อความปลอดภัย" หรือที่เรียกว่า Job Safety Analysis (JSA) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพในการประเมินระดับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณ (Rofiq, M. A. and Azhar, A.,2022; Mulyaningsih E.,2020; Persada Y. B.,2015). ผลการประเมินจะช่วยให้สามารถระบุและจัดการความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับแต่ละขั้นตอนของการติดตั้งได้อย่างเหมาะสม เพื่อสามารถป้องกันอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยในกระบวนการก่อสร้าง และยังสามารถช่วยให้ผู้เกี่ยวข้องได้เตรียมการรับมือกับอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต รวมถึงการนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับปรุงกระบวนการทำงานให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการประเมินความเป็นอันตรายด้านความปลอดภัยในการทำงานติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้านในพื้นที่ก่อสร้างแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานครฯ โดยลักษณะของนั่งร้านแบบเสาเรียงคู่ หรือ Double-Row Scaffolding เป็นโครงสร้างรองรับการทำงานบนที่สูงที่ใช้เสาสองแถววางขนานกัน โดยแถว

ด้านในอยู่ใกล้กับผนังอาคาร และแถวด้านนอกตั้งอยู่ห่างออกมาเล็กน้อย โครงสร้างนี้ช่วยกระจายแรงและเพิ่มความมั่นคงมากกว่านั่งร้านแบบเสาเดี่ยว (Single-Row Scaffolding)

3. รูปแบบการวิจัย

ผู้วิจัยใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากพื้นที่การทำงานก่อสร้างที่มีการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณในเขตกรุงเทพมหานคร และออกแบบการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบผสม (Mixed Method) ได้แก่ (1) การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยมีการประเมินความเป็นอันตรายโดยเทคนิค Job Safety Analysis และประเมินค่าคะแนนความเป็นอันตรายและการจัดระดับความเป็นอันตราย (2) การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In – Depth Interview) (จำเนียร จวงตระกูลและคณะ, 2564) ถึงปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำแนวทางการทำงานด้านความปลอดภัย

4. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มผู้ให้ข้อมูลในการศึกษา (จำนวน 5 คน) ประกอบไปด้วย ผู้ทรงคุณวุฒิ วิศวกรติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ (จป.ว) ที่มีประสบการณ์ในการทำงานติดตั้ง ทำงานติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่อย่างน้อย 5 ปี ทำการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) (Thomas, F. B.,2022). ดำเนินการศึกษาโดยการสัมภาษณ์และระดมความเห็นในการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงาน ระบุอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น ประเมินค่าคะแนนความเป็นอันตรายและกำหนดแนวทางการควบคุม

5. เครื่องมือในการวิจัย

ในส่วนการวิจัยเชิงปริมาณ ใช้แบบชี้บ่งอันตรายด้วยเทคนิค JSA ซึ่งมีการชี้บ่ง รายละเอียดขั้นตอนการทำงาน ลักษณะของอันตรายที่จะเกิดขึ้น และมาตรการควบคุมการทำงาน การวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดอันตราย ตามตารางที่ 1 นำค่าคะแนนคูณกับตารางที่ 2 ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความรุนแรงของอันตราย โดยใช้สูตร ระดับอันตราย = โอกาสที่จะเกิดอันตราย x ความรุนแรงของอันตราย นำคะแนนความเป็นอันตรายมาจัดระดับความเป็นอันตราย ดังตารางที่ 3 โดยอ้างอิงแนวทางการประเมินตามประกาศกฎกระทรวงแรงงาน เรื่อง การประเมินอันตราย การศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมการทำงานและการจัดทำแผนควบคุม ดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ ลงวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2567

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดอันตราย

ระดับ	การวิเคราะห์โอกาสที่จะเกิดอันตราย
น้อย (1)	ความถี่และระยะสัมผัสความเป็นอันตรายน้อย ซึ่งเกิดยากและไม่คาดว่าจะเกิดขึ้น ไม่น่าจะเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ปกติ หากสัมผัสแล้วก่อให้เกิดความเสียหายเฉพาะอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร วิธีปฏิบัติงานที่ปลอดภัยเป็นลายลักษณ์อักษร และมีการควบคุมปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง
ปานกลาง (2)	ความถี่และระยะสัมผัสความเป็นอันตราย ซึ่งเกิดเป็นครั้งคราว เป็นไปได้หรือมีโอกาสจะเกิดขึ้น หรือเกิดขึ้นบ่อย เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั่วไป หากสัมผัสแล้วก่อให้เกิดอันตรายแบบรื้อรัง วิธีปฏิบัติงานที่ปลอดภัยไม่เป็นลายลักษณ์อักษร ไม่เหมาะสมกับความเสี่ยง และมีการควบคุมปฏิบัติอย่างไม่ต่อเนื่อง
สูง (3)	ความถี่และระยะสัมผัสความเป็นอันตราย ซึ่งเกิดได้ง่าย เกือบจะเกิดขึ้นแน่นอน เคยเกิดเหตุการณ์อย่างต่อเนื่องหรือซ้ำๆ หากมีการสัมผัสแล้วก่อให้เกิดอันตรายแบบเฉียบพลัน ไม่มีวิธีปฏิบัติงานที่ปลอดภัย ไม่มีการควบคุมการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์ความรุนแรงของอันตราย

ระดับ	การวิเคราะห์ความรุนแรงของอันตราย
น้อย (1)	สถานประกอบกิจการหรือพื้นที่การปฏิบัติงานไม่หยุดดำเนินการ ลูกจ้างได้รับอันตรายบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยจากการทำงานเล็กน้อยสามารถปฐมพยาบาลเบื้องต้นได้ หรือเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องจักร หรือทรัพย์สินมีมูลค่าเสียหายเล็กน้อย
ปานกลาง (2)	สถานประกอบกิจการหรือพื้นที่การปฏิบัติงานหยุดดำเนินการ ลูกจ้างได้รับอันตรายบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์ หรือเครื่องมือ อุปกรณ์ เครื่องจักร หรือทรัพย์สินมีมูลค่าเสียหายไม่มาก
สูง (3)	สถานประกอบกิจการหรือพื้นที่การปฏิบัติงานหยุดดำเนินการ ลูกจ้างได้รับอันตรายบาดเจ็บ หรือเจ็บป่วยที่รุนแรงต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์ สูญเสียอวัยวะ ทุพพลภาพ เสียชีวิต หรือเกิดอุบัติภัย หรืออุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร หรือทรัพย์สินเสียหายมูลค่ามาก

จากสูตร ระดับอันตราย = โอกาสที่จะเกิดอันตราย x ความรุนแรงของอันตราย นำคะแนนความเป็นอันตรายมาจัดระดับความเป็นอันตราย ดังตารางที่ 3 เพื่อนำผลที่ได้นำไปทำแผนควบคุมและลดความเสี่ยง โดยหาทางลดความเป็นอันตรายและลดโอกาสของการเกิดอันตรายในการประกอบติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน ต่อไป

ตารางที่ 3 การจัดระดับอันตรายและผลคะแนนความเป็นอันตราย

ระดับอันตราย	ผลคะแนนความเป็นอันตราย	ความหมาย
(1) ระดับต่ำมาก	1	ความเป็นอันตรายเล็กน้อย ไม่ต้องจัดทำแผนควบคุม
(2) ระดับต่ำ	2	ความเป็นอันตรายที่ยอมรับได้ ต้องมีการเฝ้าระวังและติดตามตรวจสอบมาตรการควบคุม
(3) ระดับปานกลาง	3 หรือ 4	ความเป็นอันตรายปานกลางต้องมีการ ทบทวนมาตรการควบคุมพร้อม จัดทำแผนดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน และแผนควบคุมดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจกรรม(แผนลดและควบคุม)
(4) ระดับสูง	6	ความเป็นอันตรายระดับสูงต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดระดับอันตรายพร้อมจัดแผนดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานและแผนควบคุมดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ(แผนลดและควบคุม)
(5) ระดับสูงมาก	9	ความเป็นอันตรายที่ยอมรับไม่ได้ต้องหยุดดำเนินการและความปรับปรุงแก้ไขทันที เพื่อลดระดับอันตรายพร้อมจัดแผนดำเนินงานด้านงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานและแผนควบคุมดุแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ(แผนลดและแผนควบคุม)

ผลการวิจัย

3. ผลการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

ผลการวิจัยเชิงปริมาณ ด้วยการใช้แนวทางการประเมินความเป็นอันตรายจาก ตารางที่ 1-3 มาทำการวิเคราะห์ผลการประเมินความเป็นอันตรายของติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน ในแต่ละขั้นตอนสรุประดับความเป็นอันตรายได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ คำนวณ และรับรองนั่งร้านโดยวิศวกร มีระดับความเป็นอันตรายระดับสูงมาก (9 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 2 การเชื่อมประกอบนั่งร้าน ความเป็นอันตรายต่ำมาก (1 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 3 การประกอบติดตั้งเหล็กรูปพรรณ มีระดับความเป็นอันตรายระดับสูง (6 คะแนน)

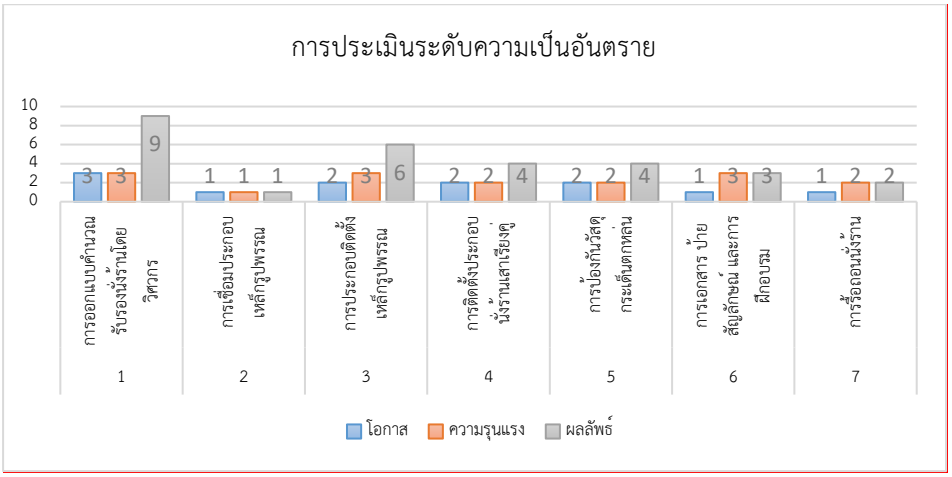
ขั้นตอนที่ 5 ขั้นตอนการติดตั้งประกอบนั่งร้าน มีระดับความเป็นอันตรายระดับปานกลาง (4 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 5 การป้องกันวัสดุตกหล่นกระเด็น มีระดับความเป็นอันตรายระดับปานกลาง (4 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 6 เอกสารป้ายสัญลักษณ์ และการฝึกอบรม ความเป็นอันตรายระดับปานกลาง (3 คะแนน)

ขั้นตอนที่ 7 การรื้อถอนนั่งร้าน ความเป็นอันตรายระดับต่ำ (2 คะแนน)

เมื่อชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี Job Safety Analysis วิเคราะห์ขั้นตอนงานเพื่อความปลอดภัย ผลการประเมินความเป็นอันตรายที่ได้ 7 ขั้นตอน แสดงในรูปที่ 1 พบว่าขั้นการออกแบบ คำนวณ รับรองและควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกรเป็นระดับความเป็นอันตรายสูงมาก (9 คะแนน) และ ขั้นตอนที่ 3 การติดตั้งเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน (I-Beam) เป็นระดับอันตรายสูง (6 คะแนน) ซึ่งใน 2 ขั้นตอนนี้จะได้นำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของอันตรายและแนวทางการแก้ไขต่อไป



รูปที่ 1 กราฟประเมินความเป็นอันตรายของขั้นตอนการประกอบ ติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณ รับนั่งร้าน

4. ผลการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

เนื่องจากการวิเคราะห์ระดับความเป็นอันตราย ระดับอันตรายสูงสุด 9 คะแนน รองมาสูง 6 คะแนน จึงทำการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดอันตรายใน 2 ลักษณะงาน คือ ขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 3 เนื่องจากมีระดับความเป็นอันตรายสูงมากต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงทันที เพื่อลดระดับอันตราย พร้อมจัดทำแผนดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานและแผนควบคุมดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิวิศวกรติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณ เจ้าหน้าที่ความปลอดภัยวิชาชีพ (จป.) ที่มีประสบการณ์ในการทำการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่อย่างน้อย 5 ปี จำนวน 5 คน โดยการสัมภาษณ์และระดมความเห็น และวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์โดยวิธีการวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis) (สุภัททา ปิณฑะแพทย์,2564) ผลผลจากการสัมภาษณ์และวิเคราะห์หาสาเหตุอันตรายของขั้นตอนการทำงาน ขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 3 สรุปได้ดังนี้

2.1 สาเหตุลักษณะของอันตรายในขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ รับรอง ควบคุมการใช้งานโดยวิศวกร หากการออกแบบจัดส่งเอกสารรายการคำนวณไม่ครบถ้วน เช่น ฝ่ายโยธา กระทรวงมหาดไทย กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กระทรวงแรงงาน กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (EIA) อาจส่งผลให้ถูกระงับงานก่อสร้างหรือติดตั้งนั่งร้าน นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์สาเหตุลักษณะของอันตรายในที่ 1 สรุปสาเหตุได้ดังนี้

(12)ผู้เขียนแบบแปลนไม่ได้สอบถามความอยากง่ายของผู้ปฏิบัติงานก่อนการเขียนแบบหรือออกแบบ ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานใช้แบบแปลนนั่งร้านเกิดความสับสนในการติดตั้งนั่งร้าน

(13)แบบแปลนที่นำออกไปใช้ขาดการควบคุมแบบทำให้แบบที่อนุมัติใช้งาน ไม่ตรงกับแบบแปลนที่ใช้งานจริงหน้างานหรือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแบบแปลนใหม่ผู้ปฏิบัติงานไม่รู้

(14)แบบแปลนรายการคำนวณไม่ได้เผื่อแรงบรรทุกน้ำที่เพิ่มขึ้น จนทำให้ส่วนประกอบนั่งร้านโดยเฉพาะการติดตั้งเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน (I-Beam) รับน้ำหนักไม่ไหว

(15)โครงสร้างนั่งร้านระหว่างชั้นแต่ละขั้นสูงกว่า 1.00 เมตร ทำให้ผู้ปฏิบัติงานก้าวขาขึ้นลำบากหรืออาจจะมีการปีนนั่งร้าน และเนื่องจากช่วงขั้นออกแบบไว้ยาวเกินไป จนอาจทำให้ลูกจ้างพลัดตกลงมาได้

(16)ผู้ออกแบบขาดประสบการณ์ทำให้การมองหน้างานในการประกอบ ติดตั้ง กับแบบแปลนไม่ตรงกันโดยเฉพาะช่วงที่มีผนังที่ไม่สามารถติดตั้งเหล็กรูปพรรณได้ ผู้ปฏิบัติงานต้องรื้อออกและติดตั้งใหม่ทำให้ทำงานซ้ำซ้อนหลายครั้งทำให้งานล่าช้า และมีความเสี่ยง

(17)การออกแบบที่ไม่ครบถ้วน โดยเฉพาะแผ่นทางเดินป้องกันวัสดุตกหล่น ที่ผู้ออกแบบไว้ไม่ได้คิดหรือระบุไว้ในแบบประเภทชนิดของวัสดุ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีวัสดุประกอบนั่งร้านไม่เพียงพอ

(18)วัสดุความหนา น้ำหนักที่มากเกินไป เช่น ใช้เหล็กท่อกลม 3 มิลลิเมตร แทนเหล็กท่อกลม 2 มิลลิเมตร หรือนั่งร้านสูง 6.00 เมตร ต่อชุด ผู้ปฏิบัติงานประกอบต่อยากลำบาก อาจจะทำให้ผู้ปฏิบัติงานเสี่ยงต่อการตกจากที่สูงขณะประกอบนั่งร้าน

2.2 สาเหตุลักษณะของอันตรายในขั้นตอนที่ 3 การประกอบติดตั้งเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน (I-Beam)

(6) เหล็กรูปพรรณที่ต้องตรวจสอบรอยเชื่อมก่อนนำขึ้นมาติดตั้งต้องฉีกขาดจากรอยเชื่อม

(7) น๊อต (Nut & Blot) ยึดแผ่นเหล็กขาด การเจาะรูเอียง หรือการใช้ดอกสว่านที่ใหญ่เกินไปทำให้การติดตั้งน๊อตไม่แน่น

(8) วิธีการติดตั้งที่ผิดจากแบบแปลนที่วิศวกรออกแบบไว้ในการติดตั้งเหล็กรูปพรรณ (I-Beam)

(9) ปัจจัยสภาพแวดล้อมในการทำงาน (Environment Factor) โดยติดตั้งนั่งร้านใกล้สายไฟฟ้า ในสภาพแวดล้อมฝนตกนั่งร้านเปียกลื่น ไม่ผูกมัดวัสดุวัสดุประกอบนั่งร้าน เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงด้านความปลอดภัยจากการทำงานติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้วิธีการประเมินแบบ Job Safety Analysis (JSA) มีความสำคัญอย่างมากในการป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้น โดยการประเมินในแต่ละขั้นตอนให้คะแนนความเสี่ยงต่างกันตามลำดับความร้ายแรงของเหตุการณ์และโอกาสที่จะเกิดขึ้น ผลการศึกษาผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนการประกอบติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้านออกเป็น 7 ขั้นตอน โดยมีขั้นตอนที่พบระดับอันตรายที่สำคัญอยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ คำนวณรับรอง ควบคุมการใช้นั่งร้านโดยวิศวกร (ระดับความเป็นอันตรายสูงมาก) รองลงมาเป็นขั้นตอนที่ 3 การติดตั้งเหล็กรูปพรรณรับนั่งร้าน (ระดับความเป็นอันตรายสูง) ผลการสัมภาษณ์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุลักษณะของอันตรายในที่ 1 สรุปสาเหตุได้ เช่นผู้เขียนแบบแปลนไม่ได้สอบถามความอยากง่ายของผู้ปฏิบัติงานก่อนการเขียนแบบหรือออกแบบ ส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานใช้แบบแปลนนั่งร้านเกิดความสับสนในการติดตั้งนั่งร้าน รวมถึงแบบแปลนที่นำออกไปใช้ขาดการควบคุมแบบทำให้แบบที่อนุมัติใช้งาน ไม่ตรงกับแบบ และอาจมีการเปลี่ยนแปลงแบบแปลนใหม่หน้างานโดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่รู้ เป็นต้น สาเหตุลักษณะของอันตรายในที่ 3 สรุปสาเหตุได้ เช่น เหล็กรูปพรรณที่ต้องตรวจสอบรอยเชื่อมก่อนนำขึ้นมาติดตั้งฉีกขาดจากรอยเชื่อม น๊อต (Nut & Blot) ยึดแผ่นเหล็กขาด การเจาะรูเอียง หรือการใช้ดอกสว่านที่ใหญ่เกินไปทำให้การติดตั้งน๊อตไม่แน่น เป็นต้น จากผลการศึกษา พบว่าความเสี่ยงหลักในการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณเกิดจากข้อผิดพลาดในขั้นตอนการออกแบบและติดตั้ง โครงสร้างที่ไม่ได้มาตรฐาน และความคลาดเคลื่อนทางเทคนิค เพื่อป้องกันอุบัติเหตุและเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน จึงมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงมาตรการควบคุมความเสี่ยง ดังนี้

1) ปรับปรุงกระบวนการออกแบบและควบคุมแบบแปลน

จัดทำแบบแปลนโดยคำนึงถึงความสะดวกของผู้ปฏิบัติงาน โดยให้มีการปรึกษาหารือรับฟังความคิดเห็นจากช่างติดตั้งก่อนการออกแบบ **กำหนดกระบวนการควบคุมแบบแปลนอย่างเข้มงวด** เพื่อลดความสับสนและป้องกันการเปลี่ยนแปลงแบบโดยพลการในหน้างาน และอาจ**ใช้เทคโนโลยี BIM (Building Information Modeling)** (Yang, A. *et al.*,2021) ในการออกแบบและตรวจสอบแบบแปลน เพื่อลดข้อผิดพลาดในการสื่อสาร

2) การควบคุมคุณภาพวัสดุและอุปกรณ์ติดตั้ง

ตรวจสอบคุณภาพของเหล็กรูปพรรณก่อนนำมาใช้งาน โดยเฉพาะรอยเชื่อม น๊อต และรูเจาะ เพื่อป้องกันการแตกร้าวและการยึดเกาะที่ไม่แข็งแรง **กำหนดมาตรฐานการตรวจสอบวัสดุที่เข้มงวด** เช่น การทดสอบแรงดึงของน๊อตและรอยเชื่อมก่อนใช้งานจริง และ**ใช้วัสดุที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน (Certified Materials)** เพื่อลดความเสี่ยงจากวัสดุที่ไม่ได้คุณภาพ

3) ปรับปรุงกระบวนการติดตั้งและการทำงานหน้างาน

จัดทำคู่มือการติดตั้งมาตรฐาน (Standard Operating Procedures - SOPs) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน **กำหนดให้มีการตรวจสอบหน้างานอย่างสม่ำเสมอ** โดยทีมวิศวกรหรือเจ้าหน้าที่ความปลอดภัย (Safety Officer) **ปรับปรุงเทคนิคการติดตั้ง** เช่น การใช้แม่แบบเจาะรู (Drilling Template) เพื่อลดปัญหาการเจาะรูเอียงหรือการใช้ดอกสว่านผิดขนาด

4) การพัฒนาศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน

จัดอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการอ่านแบบแปลนและการติดตั้งที่ถูกต้อง เพื่อลดความผิดพลาดจากความเข้าใจคลาดเคลื่อน **ฝึกอบรมการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะทาง** เช่น การตรวจสอบรอยเชื่อมและการติดตั้งน๊อตให้ได้แรงบิดที่เหมาะสม และ**กำหนดให้มีการฝึกอบรมความปลอดภัยก่อนเริ่มงานทุกครั้ง (Toolbox Talk)** เพื่อสร้างวัฒนธรรมการทำงานที่ปลอดภัย (Rice, S. P. *et al*.,2022)

5) การใช้เทคโนโลยีและระบบติดตามความปลอดภัย

ติดตั้งระบบป้ายสถานะ (Scaffolding Status Tags) เพื่อระบุว่านั่งร้านผ่านการตรวจสอบแล้วหรือไม่ **นำระบบเซ็นเซอร์ตรวจจับแรงดึงและการเคลื่อนตัวของนั่งร้านมาใช้** เพื่อเฝ้าระวังการทรุดตัวหรือการเสื่อมสภาพของโครงสร้าง และ**ใช้แอปพลิเคชันตรวจสอบความปลอดภัย (Safety Inspection Apps)** (Umar, T.,2021). สำหรับบันทึกและติดตามปัญหาที่พบหน้างานแบบเรียลไทม์ เป็นต้น

การลดความเสี่ยงในการติดตั้งนั่งร้านเสาเรียงคู่และเหล็กรูปพรรณจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบตั้งแต่การออกแบบ การควบคุมคุณภาพวัสดุ กระบวนการติดตั้ง การพัฒนาความรู้ของผู้ปฏิบัติงาน และการใช้

เทคโนโลยีสนับสนุน การดำเนินมาตรการเหล่านี้จะช่วยลดโอกาสเกิดอุบัติเหตุและยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยในอุตสาหกรรมก่อสร้าง

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานสาระนิพนธ์ หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยรามคำแหง ซึ่งได้รับความเอาใจใส่อย่างดียิ่งจากอาจารย์คณะกรรมการที่ปรึกษาในการดำเนินงาน แก้ไขปรับปรุงงานวิจัย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์ทุกท่านอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานบริหารจัดการและดำเนินการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับนั่งร้านและค้ำยัน พ.ศ. 2564.(2564).สืบค้นจาก : https://ratchakitcha.soc.go.th/ (สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม พ.ศ. 2568)

กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2535). สืบค้นจาก : https://ratchakitcha.soc.go.th/ (สืบค้นเมื่อ 9 มกราคม พ.ศ. 2568)

จำเนียร จวงตระกูล, กล้าหาญ ณ น่าน, วอนชนก ไชยสุนทร, รัญจวน ประวัติเมือง, พิบูลย์ ธาระพุทธิ, สุมณฑา ตันวงศ์วาล, สุเนตร มีนสุขและบวรนันท์ ทองกัลยา. (2564). ทางเลือกใหม่ในการสร้างแนว การสัมภาษณ์เชิงลึกเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยเชิงคุณภาพ. *วารสารวิชาการการตลาดและการ จัดการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, *8*(2), 1-16.

ประกาศกฎกระทรวงแรงงาน เรื่อง การประเมินอันตราย การศึกษาผลกระทบของสภาพแวดล้อมการทำงานและการจัดทำแผนควบคุม ดูแลลูกจ้างและสถานประกอบกิจการ.(2567).สืบค้นจาก : https://ratchakitcha.soc.go.th/ (สืบค้นเมื่อ 10 มกราคม พ.ศ. 2568)

พัชรา กลิ่นชวนชื่น.(2566). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2566-2568 : ธุรกิจที่อยู่อาศัย.สืบค้นจาก : https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/real-estate/housing-in-upcountry/io/io-housing-in-upcountry-2023-2025. (สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม พ.ศ. 2568)

ศริณ พีระบูล และมาโนช โลหเตปานนท์ (2566) การจัดการนั่งร้านในโครงการก่อสร้างอย่างมีประสิทธิภาพโดยใช้แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม.การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28 ,24-26 พฤษภาคม,ภูเก็ต,หน้า 1-9

สุนันท์ มนต์แก้ว, ชูเกียรติ ชูสกุล, และ ไพศาล สุขสม. (2567). การประเมินความปลอดภัยในการทำงาน ก่อสร้างบนที่สูงของโครงการก่อสร้างในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารสถาปัตยกรรมการออกแบบ และการก่อสร้าง*, *6*(2), 132-141.

สุภัททา ปิณฑะแพทย์. (2564). การสัมภาษณ์เพื่อการวิจัยเชิงคุณภาพ. *วารสารพัฒนาธุรกิจและอุตสาหกรรม*, *1*(3), 1-3.

Mulyaningsih, E. (2020). Analysis of the safety risks of working with job safety analysis on the installation of scaffolding at PT. Jaya Konstruksi Jakarta. *International Journal of Science, Technology & Management*, *1*(3), 275-287.

Persada, Y. B. (2015). Risk Assessment K3 Pada Proses Pengoperasian Scaffolding Pada Proyek Apartemen PT. X Di Surabaya. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, *4*(2), 199-210.

Rice, S. P., Rimby, J., Hurtado, D. A., Gilbert-Jones, I., & Olson, R. (2022). Does sending Safety Toolbox Talks by text message to Residential Construction Supervisors increase Safety Meeting Compliance?. *Occupational Health Science*, *6*(3), 313-332.

Rofiq, M. A., & Azhar, A. (2022). Hazards identification and risk assessment in welding confined space ship reparation pt. x with job safety analysis method. *Berkala Sainstek*, *10*(4), 175-186.

Thomas, F. B. (2022). The role of purposive sampling technique as a tool for informal choices in a social Sciences in research methods. *Just Agriculture*, *2*(5), 1-8.

Umar, T. (2021). Applications of drones for safety inspection in the Gulf Cooperation Council construction. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *28*(9), 2337-2360.

Yang, A., Han, M., Zeng, Q., & Sun, Y. (2021). Adopting building information modeling (BIM) for the development of smart buildings: a review of enabling applications and challenges. *Advances in Civil Engineering*, *2021*(1), 8811476.

สมบัติความหนาแน่นและเชิงกลของเซรามิกไร้ตะกั่วบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต เจือด้วยลิเทียมแทนทาลัมไนโอเบต

Density and Mechanical Properties of Lead-Free Bismuth Sodium Potassium Titanate Ceramics Doped with Lithium Tantalum Niobate

วรัญญา กัลยาประสิทธิ์[1*] สุจิตตรา อินทอง[2] ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล[3] และฉัตรชัย เครืออินทร์[3]

Waranya Kanlayaprasit[1*] Suchittra Inthong[2] Pakpoom Ratjiranukool[3] andChatchai Kruea-In[3]

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[1] Master of Science (Science Teaching) Chiang Mai Rajabhat University

[2] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา พิษณุโลก

[2] Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Phitsanulok Campus

[3] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[3] Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: WaranyaKanlayaprasit@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการวิเคราะห์ลักษณะของวัสดุชนิดใหม่ที่เตรียมได้ทั้งสมบัติความหนาแน่น และสมบัติเชิงกลของ (1-x) BNKT-x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10 ตามลำดับ ทำการตรวจสมบัติความหนาแน่น และตรวจสอบสมบัติเชิงกลด้วยการวัดความแข็งแบบวิกเกอร์ส และแบบนูป จากการตรวจสมบัติตความหนาแน่น พบว่า ความหนาแน่นมีค่าสูงที่สุด 5.724 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ X = 0.00 การตรวจสอบสมบัติเชิงกลโดยได้ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สสูงสุดเท่ากับ 5.813 จิกะปาสคาล และค่าความแข็งแบบนูปสูงสุดเท่ากับ 5.206 จิกะปาสคาล

คำสำคัญ : บิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต สมบัติความหนาแน่น สมบัติเชิงกล

Abstract

This research studied the characterization of the new prepared materials in terms of density and mechanical properties of (1-x) BNKT-xLTNb, where x is 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 and 0.10, respectively. The mechanical properties were investigated by Vickers and Knoop microhardness tests. The density measurement showed that the highest density is 5.724 g/cm3 BNKT at X = 0.00. The mechanical properties obtained the highest Vickers microhardness of 5.813 GPa and the Knoop microhardness of 5.206 GPa at same condition.

Keywords : Bismuth sodium potassium titanate, Density properties, Mechanical properties

บทนำ

สารเฟอร์โรอิเล็กทริกที่มีคุณสมบัติในการโพลาไรซ์ในตัวเองได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านวิทยาศาสตร์ วัสดุประเภทนี้ เช่น BNKT (บิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต) และ $LiNbO_3$ (ลิเทียมไนโอเบต) ที่มีคุณสมบัติเพียโซอิเล็กทริกและเฟอร์โรอิเล็กทริก (Inthong & Kruea-In, 2022.) ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์หลากหลายประเภท เช่น เซ็นเซอร์ โมดูเลเตอร์แสง อุปกรณ์เก็บพลังงาน และโซล่าร์เซลล์ อย่างไรก็ตาม วัสดุเฟอร์โรอิเล็กทริกแบบดั้งเดิมที่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบหลัก (เช่น PZT - ตะกั่วเซอร์โคเนตไททาเนต) มักส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์ จึงเกิดแรงจูงใจในการพัฒนาวัสดุไร้สารตะกั่วที่ปลอดภัยและมีคุณสมบัติเทียบเท่าหรือดีกว่า (ญานิกา สิริภัทราธนากูล และ ภานุวัฒน์ อินทนู, 2022.)

งานวิจัยเกี่ยวกับ BNKT ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เนื่องจากมีสมบัติที่ดีในด้านความเสถียรทางไฟฟ้าและความเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ การเติมสารเจือ (dopants) เช่น ลิเทียมไนโอเบต ($LiNbO_3$) ยังช่วยเพิ่มคุณสมบัติเฉพาะ เช่น การปรับปรุงสมบัติทางไฟฟ้าและเชิงกล เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในเทคโนโลยีที่ต้องการสมบัติที่ปรับแต่งได้ เช่น อุปกรณ์พลังงานสะอาดและเซ็นเซอร์ที่มีความแม่นยำสูง แรงจูงใจของงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาวัสดุเซรามิกที่ไร้สารตะกั่วซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สามารถลดผลกระทบต่อธรรมชาติ และยังตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมในอนาคต (Warangkanagool, 2018.)

วัตถุประสงค์การวิจัย

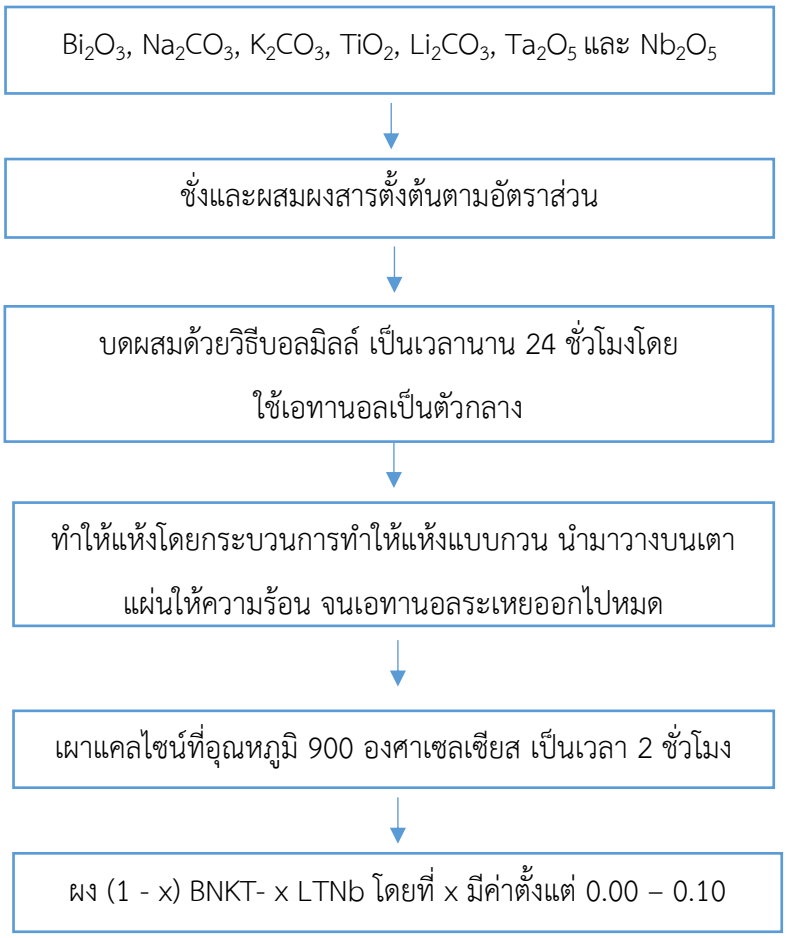
1. เพื่อสังเคราะห์เซรามิกไร้ตะกั่วสารละลายของแข็งบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนตกับสารละลายของแข็งในอัตราส่วน (1 - x) BNKT- x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00 – 0.10
2. เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัสดุชนิดใหม่ที่เตรียมได้ทั้งสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของสารละลายของแข็ง (1 - x) BNKT- x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00 – 0.10

วิธีการดำเนินการวิจัย

1) การเตรียมผงบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต-ลิเทียมแทนทาลัมไนโอเบต

ทำการเตรียมผงเซรามิกในระบบ BNKT เริ่มจากการนำสารทั้งหมดมาชั่ง ได้แก่ Bi_2O_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , TiO_2 Li_2CO_3 ,Ta_2O_5 และ Nb_2O_5 โดยการคำนวณได้จากการดุลสมการเคมีตามอัตราส่วนเพื่อให้ได้สารผลิตภัณฑ์ (1-x)BNKT-x LTNb เมื่อ x เท่ากับ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ 0.10 ร้อยละโดยโมลตามลำดับ ทำการบดผสมด้วยวิธีบอลมิลล์ (ball-milling) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้เอทานอลเป็นตัวกลางสารตั้งต้นทำให้แห้งจนได้ผง

นำไปเผาแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำผงที่ได้มาบดจนได้ผงบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนตกับลิเทียมแทนทาลัมไนโอเบตละเอียด เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการเตรียมเซรามิกต่อไป โดยขั้นตอนการเตรียมผงแสดงตามแผนผังในภาพที่ 1

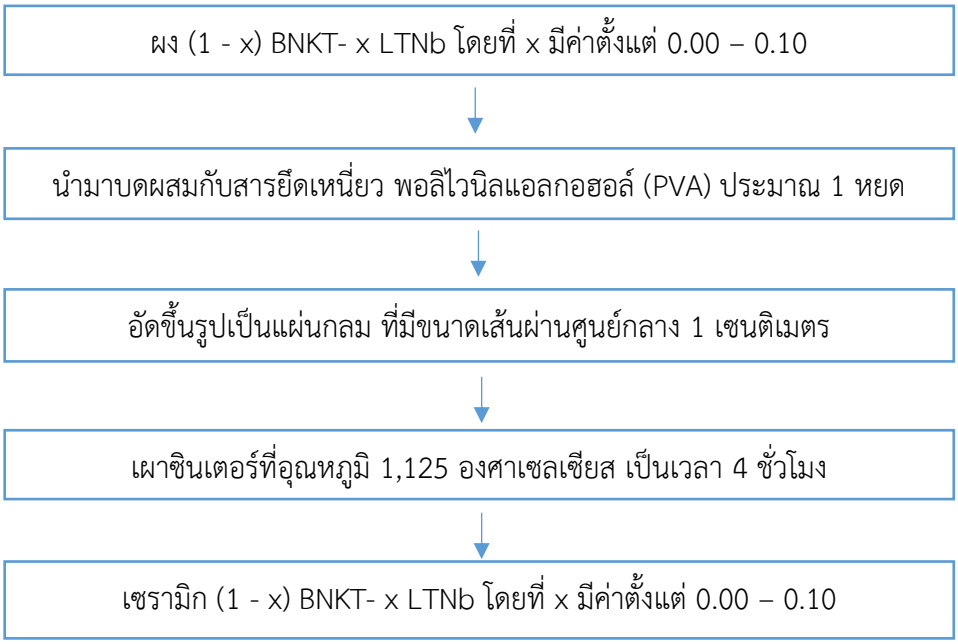


ภาพที่ 1 แผนผังขั้นตอนการเตรียมผง

2) การเตรียมเซรามิกบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต-ลิเทียมแทนทาลัมไนโอเบต

การเตรียมเซรามิกในระบบ (1 - x) BNKT- x LTNb โดยที่ x เท่ากับ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04,0.06, 0.08 และ 0.10 ร้อยละโดยมวล ตามลำดับ เริ่มจากการนำผงสารที่เตรียมได้ไปชั่งน้ำหนัก 0.5 กรัม นำมาบดผสมกับสารยึดเหนี่ยว พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) เป็นตัวประสานในการขึ้นรูปชิ้นงาน 1 หยด ก่อนนำไปอัดขึ้นรูปเป็นแผ่นกลม (disc) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ด้วยเครื่องอัดที่แรงดัน 1 ตัน เป็นเวลา 15 วินาที จากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านการอัดเม็ดมาจัดเรียงในแผ่นอะลูมินากลบด้วยผงเดิมแล้วนำฝามาปิดเพื่อป้องกันสิ่งปนเปื้อน ระหว่างการเผา หลังจากนั้นนำไปเผาซินเทอร์ (sinter) ด้วยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1,125

องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมงแล้วจึงเอาเม็ดเซรามิกออกจากเตาเผาโดยขั้นตอนการเตรียมเซรามิกแสดงตามแผนผังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังขั้นตอนการเตรียมเซรามิก

3) การวิเคราะห์เซรามิกและวิธีการตรวจสอบสมบัติเซรามิกบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต-ลิเทียมแทนทาลัมไนโอเบต

3.1. วิธีการวิเคราะห์สมบัติความหนาแน่น

1) การตรวจสอบความหนาแน่น

การทดลองนี้ได้ทำการหาค่าความหนาแน่นของชิ้นงานเซรามิกที่เตรียมได้ โดยอาศัยหลักการการแทนที่ของอาร์คีมิดิส (Archimedes) ซึ่งทำการทดลองโดยการนำเซรามิกที่เตรียมได้มาต้มในน้ำกลั่นเป็นเวลานาน 5 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำมาชั่งในน้ำ (W_3) ทั้งนี้เพื่อเป็นการกำจัดผลของรูพรุนภายนอกของเม็ดเซรามิก หลังจากนั้นนำเซรามิกที่ผ่านการต้มมาชั่งน้ำหนักในอากาศ (W_2) แล้วจึงนำเซรามิกไปอบในตู้ที่มีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้แห้งก่อนที่จะนำมาชั่งน้ำหนักในอากาศอีกครั้งหนึ่ง (W_1) แล้วจึงทำการคำนวณหาความหนาแน่นของชิ้นงาน เซรามิกจากสมการ (1)

$$\rho_s = \left[\frac{w_1}{w_2 - w_3}\right] \times \rho_{st} \quad (1)$$

เมื่อ ρ_s คือ ความหนาแน่นของเซรามิก

ρ_{st} คือ ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิขณะทดลอง มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3)

W_1 คือ น้ำหนักของเซรามิกหลังจากอบแห้ง มีหน่วยเป็น กรัม (g)

W_2 คือ น้ำหนักของเซรามิกที่ชั่งในอากาศ มีหน่วยเป็น กรัม (g)

W_3 คือ น้ำหนักของเซรามิกที่ชั่งในน้ำ มีหน่วยเป็น กรัม (g)

3.2. วิธีการวิเคราะห์สมบัติเชิงกล

1) การหาค่าความแข็งของเซรามิก

ความแข็ง (Hardness) เป็นสมบัติเชิงกลที่บอกถึงความสามารถในการต้านทานต่อการขีดข่วน (Scraching) ที่บริเวณผิวของเซรามิก โดยเซรามิกที่มีค่าความแข็งสูงจะสามารถทนทานต่อการเกิดร่องรอยจากการขีดข่วนในการใช้งานได้ดี การวัดความแข็งเป็นสมบัติทางกลที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งของวัสดุที่จะแสดงถึงความต้านทานต่อการกดให้เกิดรอยบนผิววัสดุ

1. การทดสอบความแข็งแบบจุลภาค (Microhardness)

เป็นการวัดค่าความแข็งในบริเวณเล็ก ๆระดับจุลภาคหรือระดับวัฏภาค (Phase) การวัดความแข็งระดับจุลภาคนี้จากการวัดด้วยหัวกด 2 แบบ คือ แบบวิกเกอร์ส (Vickers microhardness test) และแบบนูป (Knoop microhardness test)

1.1. การทดสอบแบบวิกเกอร์ส (Vickers indentation)

การทดสอบแบบวิกเกอร์ส (Vickers indentation) จะใช้หัวกดที่ทำมาจากเพชรที่มีฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีมุมระหว่างกัน 136 องศา ความลึกของรอยกดมีค่าประมาณ 1/7 เท่าของความยาวของเส้นทแยงมุม และต้องทำการวัดเส้นทแยงมุมทั้ง 2 ด้านแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยค่าที่ได้จะอยู่ในรูป Vickers hardness number ซึ่งก็คืออัตราส่วนของน้ำหนักที่ใช้ในการกดกับพื้นผิวที่เกิดรอย

1.2 การทดสอบแบบนูป (Knoop indentation)

การทดสอบแบบนูป (Knoop indentation) จะใช้หัวกดที่ทำมาจากเพชรที่มีฐานเป็นรูปปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ที่มีมุมทางยาว 170 องศา และมุมตรงข้าม 130 องศา รูปของรอยกดเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนขนานกัน 2 ด้าน แต่จะทำการวัดเฉพาะด้านแกนยาวเท่านั้นสำหรับความลึกของรอยกดจะมี

ค่าประมาณ 1:30 เส้นทแยงมุมด้านที่ยาวผลการทดสอบจะอยู่ในรูปของ Knoop hardness number ซึ่งก็คืออัตราส่วนของน้ำหนักกดกับพื้นผิวที่ถูกกดลงไป

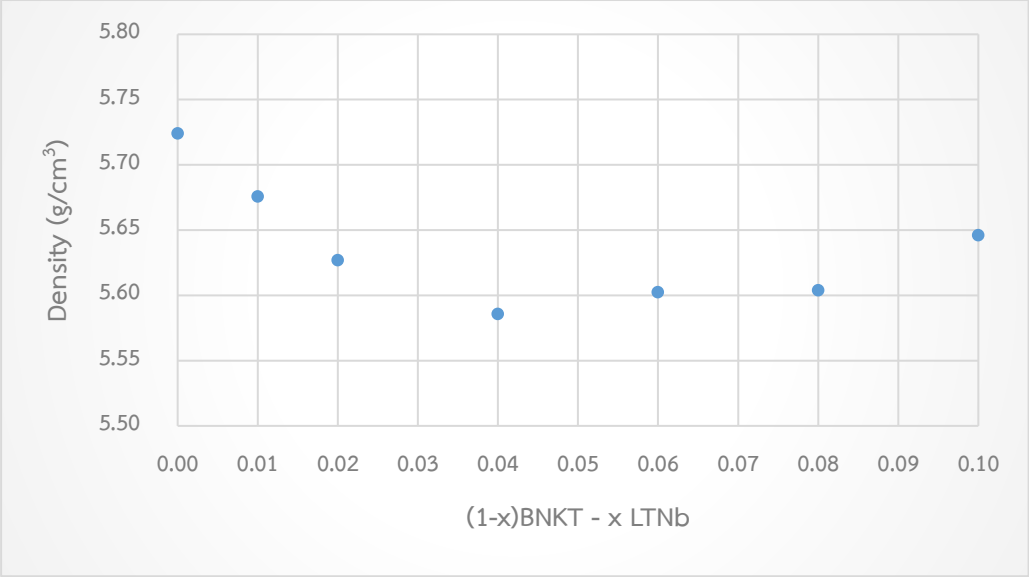
ผลการวิจัย

ผลการวิจัยนี้ได้นำเสนอผลการดำเนินงาน โดยเริ่มจากผลของการเตรียมการวิเคราะห์ลักษณะของวัสดุชนิดใหม่ที่เตรียมได้ทั้งสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของสารละลายของแข็ง (1-x) BNKT-x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ0.10 ร้อยละโดยโมลตามลำดับ พร้อมทั้งผลการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ และสมบัติเชิงกลของเซรามิที่เตรียมได้

1. ผลตรวจสอบคุณสมบัติความหนาแน่นของเซรามิก

1.1 ความหนาแน่นเซรามิก

เมื่อนำชิ้นงานที่ผ่านการขึ้นรูปเป็นเม็ดมาเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1,125 องศาเซลเซียล ทำการตรวจสอบค่าความหนาแน่นของเซรามิกด้วยหลักการอาร์คีมีดีส (Archimedes) มาใช้โดยหลักการแทนที่ด้วยน้ำในวัตถุได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 และเมื่อนำค่าที่ได้มาสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับปริมาณการเจือสารละลายของแข็ง (1-x) BNKT-x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ0.10 สัดส่วนโดยโมล ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นกับปริมาณการเจือสารละลายของแข็ง(1-x) BNKT-x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ0.10 สัดส่วนโดยโมลเผาซินเตอร์ในอุณหภูมิ1,125 °C

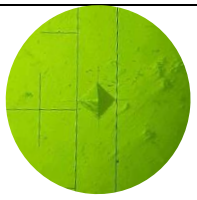
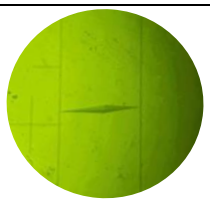
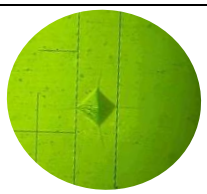
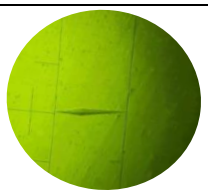
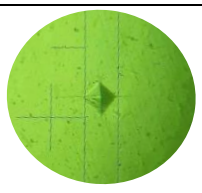
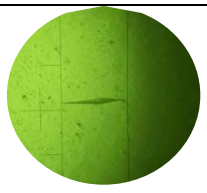
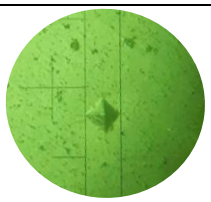
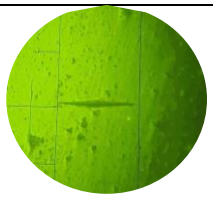
ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นของเซรามิกที่ผ่านการเผาซินเตอร์ในอุณหภูมิ 1,125 °C

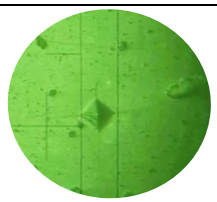
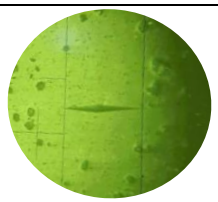
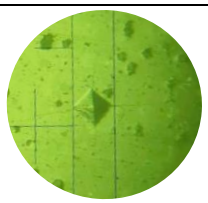
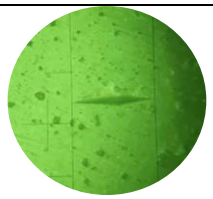
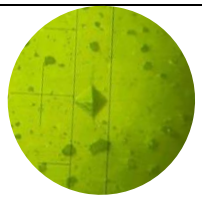
ปริมาณ X	Density (g/cm^3)
0.00	5.724
0.01	5.676
0.02	5.627
0.04	5.621
0.06	5.275
0.08	5.646
0.10	5.716

2. ผลตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลของเซรามิก

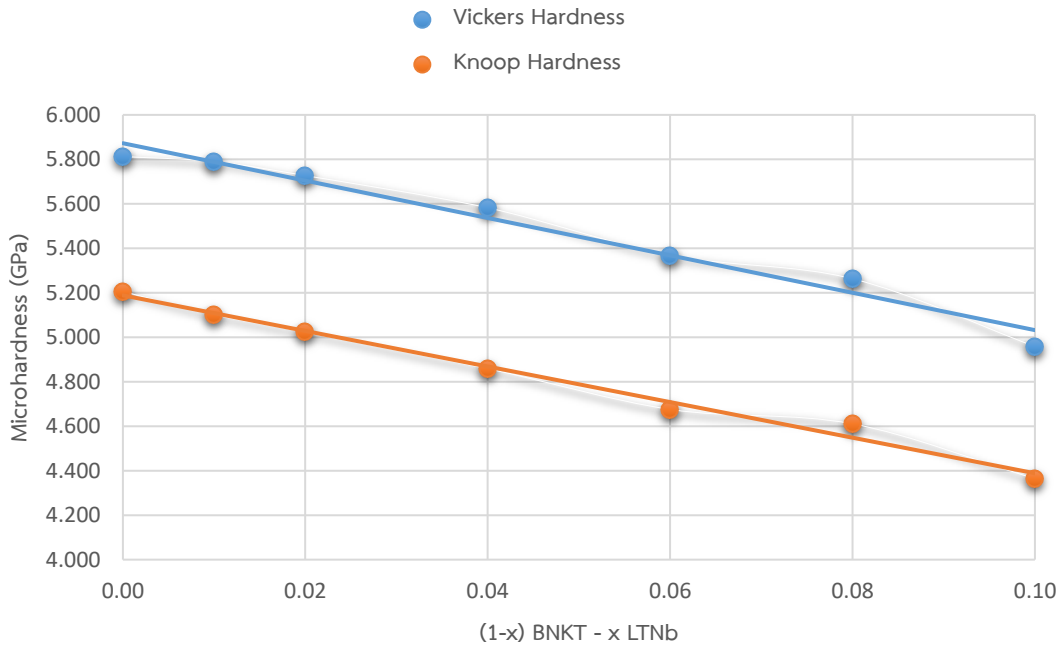
จากการนำชิ้นงานมาทดสอบค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สและแบบนูป ทำให้เกิดรอยดังตารางที่ 2 ลักษณะของรอยกดเป็นแบบรูปพีรามิด (แบบวิกเกอร์ส) และลักษณะของรอยกดเป็นแบบสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนที่เรียกว่า พีรามิดแนวยาว (แบบนูป)

ตารางที่ 2 ภาพถ่ายรอยกดแบบวิกเกอร์สและแบบนูปของเซรามิกที่เงื่อนไขต่าง ๆ

ปริมาณ X	ภาพถ่ายรอยกดแบบวิกเกอร์ส	ภาพถ่ายรอยกดแบบนูป
0.00		
0.01		
0.02		
0.04		

0.06		
0.08		
0.10		

ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งวิกเกอร์สและนูปกับปริมาณการเจือสารละลายของแข็ง (1-x) BNKT-x LTNb โดยที่ x มีค่าตั้งแต่ 0.00, 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 และ0.10 สัดส่วนโดยโมล เผาซินเตอร์ในอุณหภูมิ 1,125 °C



ตารางที่ 3 ค่าความแข็งแบบวิกเกอร์สและแบบนูปของเซรามิกที่ผ่านเผาซินเตอร์ในอุณหภูมิ 1,125 °C

ปริมาณ X	HV (GPa)	HK (GPa)
0.00	5.813	5.206
0.01	5.790	5.101
0.02	5.727	5.023
0.04	5.582	4.859
0.06	5.369	4.676
0.08	5.263	4.611
0.10	4.959	4.364

วิจารณ์ผล

การวิจัยเซรามิกบิสมัทโซเดียมโพแทสเซียมไททาเนต (BNKT) ที่เจือด้วยลิเทียมไนโอเบต (LTNb) แสดงให้เห็นว่า LTNb มีผลต่อความหนาแน่นและค่าความแข็งของวัสดุอย่างชัดเจน การเติม LTNb ในปริมาณ (x = 0.00 – 0.04) ความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นเมื่อการเติม LTNb ในปริมาณ (x = 0.06 – 0.10) และค่าความแข็ง เมื่อ x เพิ่มขึ้น ค่าความแข็งมีแนวโน้มลดลง

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าเมื่อเจือสาร LTNb ในเซรามิก BNKT โดยที่ X มีค่าตั้งแต่ 0.01, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, และ0.10 ทำให้ความหนาแน่นมีค่าตั้งแต่ 5.724, 5.676, 5.627, 5.621, 5.275, 5.646 และ5.716g/cm3 ตามลำดับ และการทดสอบความแข็งระดับจุลภาคแบบวิกเกอร□ส (HV) มีค่า 5.813, 5.790, 5.727, 5.582, 5.369, 5.263 และ4.959 GPa และการทดสอบความแข็งระดับจุลภาคแบบนูป (HK) มีค่า 5.206, 5.101, 5.023, 4.859, 4.676, 4.611 และ4.364 GPa มีแนวโน้มลดลงเช่นกัน โดยทั้งสมบัติความหนาแน่นและสมบัติความแข็งจุลภาคลดลงเมื่อเจือสาร LTNb เพิ่มมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาพิษณุโลกที่มอบโอกาสและทรัพยากรในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ และขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือและสนับสนุนตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัย ด้วยความเคารพและขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

Inthong, S. & Kruea-In, C. (2022). Influence of SFT Content on Physical, Mechanical and Dielectric Properties of BNKT-SFT Binary Ceramic System ในวารสารฟิสิกส์: ซีรีส์การประชุม (เล่มที่ 2175, ฉบับที่ 1, หน้า 012036) สำนักพิมพ์ IOP

Warangkanagool, C. (2018). Properties of (1-x)$NaCu_3Ti_3NbO_{12}$-(x)$BaTiO_3$ ceramics with various sintering temperatures prepared by conventional solid-state reaction method Integrated Ferroelectrics, 187 (1), 173-180.

ญานิกา สิริภัทราธนากูล และ ภานุวัฒน์ อินทนู (2022). การผลิตเซรามิกบิสมัทโซเดียมซามาเรียมไททาเนต-แบเรียมไททาเนตโดยใช้เทคนิคการสังเคราะห์ด้วยการเผาไหม้.

ผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

Effects of Spent Coffee Grounds Bio-Extract on Growth of *Pleurotus Sajor-Caju* (Fr.) Singer

ธิดารัตน์ วงษ์สุวรรณ์[1*] เรืองวิทย์ สว่างแก้ว[2] ดวงใจ บุญกุศล[1] และวันวิสาข์ ลิจ้วน[1]

Thidarat Wongsuwan[1*], Ruengwit Sawangkeaw[2], Duangjai Boonkusol[1] and Wanwisa Lijuan[1]

[1]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี จังหวัดลพบุรี 15000

[1]Faculty of Science and Technology Thepsatri Rajabhat University Lopburi 15000

[2]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330

[2]The Institute of Biotechnology and Genetic Engineering Chulalongkorn University Bangkok 10330

*Corresponding author E-mail: 64227090102@lawasri.tru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ และศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟที่มีต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน เตรียมน้ำหมักชีวภาพโดยการผสมกากกาแฟ กากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 3:1:1 (โดยน้ำหนัก) สารเร่ง พด.2 ปริมาณ 2.5 กรัม หมักเป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมาเป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ด แบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 น้ำ (กลุ่มควบคุม) ชุดการทดลองที่ 2 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 200 โดยปริมาตร ชุดการทดลองที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 400 และชุดการทดลองที่ 4 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 600 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.31-6.86 ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 96.33 – 228.67 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.24 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าโพแทสเซียมพบมากที่สุดในชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 94.69 ppm ผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อการเดินเส้นใย จำนวนดอก เส้นผ่านศูนย์กลางดอก ความยาวก้านดอก และประสิทธิภาพการใช้อาหารของเห็ดนางฟ้าภูฐานในทุกชุดการทดลองไม่แตกต่างจากชุดควบคุม อย่างไรก็ตามชุดการทดลองที่ 3 พบว่ามีน้ำหนักสดของเห็ดนางฟ้าภูฐานสูงว่าทุกชุดการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้นชุดการทดลองที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำ อัตราส่วน 1 : 400 จึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการนำมาใช้ในการเพาะเห็ด

คำสำคัญ: เห็ดนางฟ้าภูฐาน น้ำหมักชีวภาพ กากกาแฟ

Abstract

The objectives of this research were to study the chemical properties of spent coffee grounds bio-extract and to study the effects of spent coffee grounds bio-extract on the growth of *Pleurotus Sajor-Caju* (Fr.) Singer. The bio-extracts were prepared by thoroughly mixing spent coffee grounds, molasses, and water at the weight ratio of 3:1:1 with 2.5 g of microbial activator PD2 for 7 days. The completely randomized design was employed with four experimental sets and quadruplications as follows: experimental set 1: water (control), experimental set 2: spent coffee grounds bio-extract and water at the volumetric ratio of 1:200, experimental set 3: spent coffee grounds bio-extract and water at the volumetric ratio of 1:400, and experimental set 4: spent coffee grounds bio-extract and water at the volumetric ratio of 1:600. The results shown that chemical properties of coffee ground bio-extract were pH values between 4.31-6.86, Electrical conductivity between 96.33 – 228.67 µs/cm. In experimental sets 2, 3, and 4, nitrogen and phosphorus contents were 0.24 %wt. and 0.40 %wt., respectively. The highest potassium was found at 94.69 ppm in experiment 2. All experiments of spent coffee ground bio-extract showed no significant difference in mycelium growth, number, cap diameter, stalk length, and biological efficiency of *Pleurotus Sajor-Caju* (Fr.) Singer when compared with control. However, experiment 3 was the highest significant ($p < 0.05$) fresh weight of *Pleurotus Sajor-Caju* (Fr.) Singer when compared with all experiments. Therefore, in the experimental set 3 coffee ground bio-extract and water at the ratio of 1:400 was a suitable concentration for growth of *Pleurotus Sajor-Caju* (Fr.) Singer.

Keywords : *Pleurotus Sajor-Caju* (Fr.) Singer, Bio-Extract, Spent Coffee Grounds

บทนำ

เห็ดนางฟ้าภูฐาน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) singer จัดอยู่ในสกุล Pleurotus มีถิ่นกำเนิดในประเทศภูฏาน และแถบภูเขาหิมาลัยในประเทศอินเดีย เห็ดนางฟ้าภูฐาน เป็นเห็ดเศรษฐกิจที่มีความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นเห็ดที่เพาะง่าย มีอายุการพักเชื้อสั้น เพาะได้เกือบทุกฤดู ซึ่งเห็ดนางฟ้าภูฐานจัดเป็นเห็ดที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณโปรตีน วิตามิน แร่ธาตุปริมาณมาก นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณในการยับยั้งแบคทีเรีย และต้านการอักเสบได้ (Finimundy et al., 2018) การเพาะเห็ดนิยมทำในถุงพลาสติก โดยมีขี้เลื่อยยางพาราเป็นวัสดุหลักในการเพาะ ในปัจจุบันได้มีการศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มาใช้ใน

การเพาะเห็ด เช่น ชานอ้อย ฟางข้าว (ครุปกรณ์, 2565) เพื่อเป็นทางเลือกในการเพาะเห็ด ลดต้นทุนในการผลิต และใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าว

กากกาแฟเป็นของเหลือทิ้งจากกาแฟที่ผ่านการคั่วบดและรีดเอาน้ำของกาแฟออกด้วยความร้อน ในปัจจุบันมีการนำกากกาแฟไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น ผลิตภัณฑ์สบู่ เชื้อเพลิงอัดแท่งปุ๋ยหมัก และวัสดุเพาะเป็นต้น (สุพัตรา และคณะ, 2651 ; นฤภัทร และ พัชรี, 2558; ชวลิต และคณะ, 2564; ธนภักษ์ และคณะ, 2564) กากกาแฟมีสารสำคัญที่มีประโยชน์ ได้แก่ ค่าอินทรียวัตถุ 70 % และไนโตรเจนรวม 1.96 ซึ่งเป็นสารสำคัญที่พืชสามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ นอกจากนี้ยังมีโพแทสเซียม และฟอสฟอรัส (นงลักษณ์ และคณะ, 2562) จากการศึกษาของอมรรัตน์ และคณะ (2565) พบว่า วัสดุเพาะที่มีส่วนผสมของกากกาแฟ ร่วมกับมูลไก่ และหน้าดินในอัตราส่วน 1:1:4 โดยปริมาตร ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าในด้านความสูง จำนวนใบ ความกว้างทรงพุ่ม และน้ำหนักก่อนและหลังตัดแต่งได้ นอกจากนี้ชไมพร และคณะ (2560) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้ โดยมีส่วนผสมของกากกาแฟ 40 กิโลกรัมต่อกากน้ำตาล 10 กิโลกรัมต่อน้ำ 10 ลิตร ผสมสารเร่งซุปเปอร์ พด.2 ปริมาณ 25 กรัม หมักเป็นเวลา 7 วัน พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดและความสูงของผักกาดฮ่องเต้มากกว่ากลุ่มควบคุม (น้ำกลั่น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สำหรับการศึกษาการนำกากกาแฟมาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ด พบว่า เมื่อนำกากกาแฟผสมขี้เลื่อยสามารถทำให้ผลผลิต และคุณภาพของเห็ดนางฟ้าภูฐานดำ และเห็ดนางรมฮังการีดีกว่าใช้วัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อยอย่างเดียว (ธนภักษ์, 2564) นอกจากนี้ยังพบว่าการผสมกากกาแฟกับขี้เลื่อยไม้ยางพาราในอัตราส่วนร้อยละ 50:50 ทำให้ได้ผลผลิตดอกเห็ดมีปริมาณมากกว่าวัสดุเพาะขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% ถึงร้อยละ 19 – 110 (นงลักษณ์ และคณะ, 2562) น้ำหมักชีวภาพ (Bio-extract) เป็นน้ำหมักที่ได้จากการหมักชิ้นส่วนของพืช ผัก ผลไม้ และสัตว์ด้วยน้ำตาล ในสภาพไร้ออกซิเจน ทำให้ได้น้ำหมักชีวภาพที่ประกอบไปด้วยจุลินทรีย์ ธาตุอาหารและสารอินทรีย์ที่มีประโยชน์กับพืช

อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการวิจัยในการนำน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมาใช้ในการเพาะเห็ด ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาประสิทธิภาพของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟที่มีต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ และศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสมของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟที่มีต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน ซึ่งจะเป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐาน และนำกากกาแฟมาใช้ประโยชน์ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ และการศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ

การเตรียมน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟทำโดยการผสมกากกาแฟกับกากน้ำตาลและน้ำในอัตราส่วน 3:1:1 โดยน้ำหนัก ในภาชนะทึบแสง และใส่สารเร่ง พด.2 ปริมาณ 2.5 กรัม ปิดฝาภาชนะตั้งไว้ในที่ร่ม ทำการกวนทุกวันเพื่อระบายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หมักเป็นเวลา 7 วัน ทำการสังเกตสี กลิ่นทุกวัน จากนั้นกรองเอาส่วนที่เป็นน้ำหมักมาใช้ในการศึกษา โดยนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพกากกาแฟ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด – เบส (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity ; EC) วิเคราะห์ธาตุไนโตรเจน (N) โดยวิธี Kjeldahl วิเคราะห์ธาตุฟอสฟอรัส (P) โดยวิธี spectrophotometer และวิเคราะห์ธาตุโพแทสเซียม (K) โดยวิธี atomic absorption spectrophotometry

2. การเตรียมก้อนเชื้อเห็ดด้วยน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ

การเตรียมก้อนเชื้อเห็ด ทำโดยนำขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100 กิโลกรัม รำละเอียด 8 กิโลกรัม ปูนขาว 1 กิโลกรัม ดีเกลือ 0.2 กิโลกรัม นำส่วนผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน ส่วนละ 27.8 กิโลกรัม จากนั้นนำน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟชุดการทดลองละ 200 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน บรรจุถุงพลาสติกทนร้อนขนาด 8 x 12 นิ้ว นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 2 – 6 ชั่วโมง นำถุงออกมาพักให้เย็น เปิดจุกสำลี ใส่หัวเชื้อเห็ดนางฟ้าภูฐานลงไปตรงคอถุง นำถุงเชื้อเห็ดไปเข้าห้องบ่มเชื้อ โดยบ่มไว้ในห้องที่อุณหภูมิปกติ เมื่อเส้นใยเจริญจนเต็มถุงแล้วทิ้งไว้อีก 7 วัน เพื่อให้เส้นใยรัดตัวกันแน่นจึงนำถุงเห็ดเข้าโรงเปิดดอกเห็ด ภายในโรงเรือนควรมีการถ่ายเทอากาศดี มีแสงสว่างพอสมควรและเก็บความชื้นได้ดี ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนประมาณ 70 % ขึ้นไป

3. การศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน

การศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน วางแผนทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยการใช้น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมาใช้เป็นส่วนผสมในวัสดุเพาะเห็ด แบ่งวิธีการทดลองเป็น 4 ชุดการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 5 ก้อน ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 น้ำ (กลุ่มควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร : น้ำ 200 มิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร : น้ำ 400 มิลลิลิตร

ชุดการทดลองที่ 4 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ 1 มิลลิลิตร : น้ำ 600 มิลลิลิตร

บันทึกความยาวของเส้นใยในแต่ละชุดการทดลอง ตั้งแต่วันที่เริ่มเขี่ยเชื้อเห็ดลงในถุงโดยวัดทุกๆ 5 วัน เป็นระยะเวลา 25 วัน และศึกษาการเจริญเติบโตของเห็ดในแต่ละชุดการทดลอง ได้แก่ จำนวนดอกเห็ด น้ำหนักสด เส้นผ่านศูนย์กลางดอก ความยาวก้านดอกของเห็ดนางฟ้าภูฐาน และวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร (Biological efficiency ; %BE) จำนวน 3 รุ่น จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของเห็ดในแต่ละชุดการทดลอง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการรวบรวมข้อมูลการเจริญเติบโตของเห็ด และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟที่ได้อยู่ระหว่าง 4.31 - 6.86 สำหรับค่าการนำไฟฟ้า พบว่ามีค่ามากที่สุดในชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 228.67 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 มีค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.06, 127.33 และ 96.33 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับไนโตรเจนชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีร้อยละ 0.24 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับกลุ่มควบคุม ฟอสฟอรัสชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีร้อยละ 0.40 โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับกลุ่มควบคุม โพแทสเซียมมากที่สุดในชุดการทดลองที่ 2 เท่ากับ 94.70 ppm โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกชุดการทดลอง โดยชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 4 ซึ่งมีโพแทสเซียม เท่ากับ 0.00, 59.77 และ 14.20 ppm ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ

ชุดการทดลอง	pH	EC (µs/cm)	N (%)	P (%)	K (ppm)
ชุดการทดลองที่ 1	6.86±0.00^{d}	0.06±0.00^{a}	0.00±0.00 ^{a}	0.00±0.00^{a}	0.00±0.00^{a}
ชุดการทดลองที่ 2	4.31±0.01^{a}	228.67±0.58^{d}	0.24±0.00^{a}	0.40±0.00^{a}	94.69±0.51^{d}
ชุดการทดลองที่ 3	5.56±0.01^{b}	127.33±0.58^{c}	0.24±0.00^{a}	0.40±0.00^{a}	59.76±0.39^{c}
ชุดการทดลองที่ 4	6.48±0.03^{c}	96.33±0.58^{b}	0.24±0.00^{a}	0.40±0.00^{a}	14.20±0.08^{b}

หมายเหตุ $^{a, b, c \text{ และ } d}$ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานจากวัสดุเพาะทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า วันที่ 25 ของการทดลองความยาวเฉลี่ยของเส้นใยในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยชุดการทดลองที่ 4

มีความยาวเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 16.58 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1, 3 และ 2 มีความยาวเฉลี่ย เท่ากับ 16.38, 16.32 และ 16.20 เซนติเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเจริญของเส้นใยเห็ดนางฟ้าภูฐานในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	วันที่ 5 (cm)	วันที่ 10 (cm)	วันที่ 15 (cm)	วันที่ 20 (cm)	วันที่ 25 (cm)
ชุดการทดลองที่ 1	2.40±0.21^{a}	5.28±0.34^{c}	7.15±0.31^{a}	10.80±0.82^{ab}	16.38±0.93 ^{a}
ชุดการทดลองที่ 2	2.25±0.41^{a}	4.20±0.41^{a}	7.06±0.80^{a}	10.40±0.64^{a}	16.20±0.65 ^{a}
ชุดการทดลองที่ 3	2.17±0.34^{a}	4.45±0.43^{b}	7.11±0.36^{a}	10.50±0.57^{a}	16.32±1.17 ^{a}
ชุดการทดลองที่ 4	2.45±0.46^{a}	5.38±0.39^{c}	7.12±0.31^{a}	11.17±0.63^{b}	16.58±0.91^{a}

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

การศึกษาผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อผลผลิตเห็ดนางฟ้าภูฐาน สำหรับจำนวนดอกเห็ดต่อก้อน พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5.57 ดอกต่อก้อน รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 3, 4 และ 1 มีจำนวนดอกเห็ดเฉลี่ยเท่ากับ 5.23, 5.18 และ 5.00 ดอกต่อก้อน ตามลำดับ สำหรับน้ำหนักสดเฉลี่ยต่อก้อน พบว่า ชุดการทดลองที่ 2 น้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 56.58 กรัมต่อก้อน รองลงมาได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 4 น้ำหนักสดเฉลี่ยต่อก้อน เท่ากับ 45.43, 43.05 และ 38.83 กรัมต่อก้อน ตามลำดับ เส้นผ่านศูนย์กลางดอกเฉลี่ย พบว่า ในชุดการทดลองที่ 3 มีเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 6.35 เซนติเมตรต่อดอก รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 4 โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางดอกเฉลี่ยเท่ากับ 5.89, 5.84 และ 5.63 เซนติเมตรต่อดอก ตามลำดับ ความยาวก้านเฉลี่ย พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 มีความยาวก้านเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 5.21 เซนติเมตรต่อดอก รองลงมาคือ ชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีความยาวก้านเฉลี่ย เท่ากับ 5.11 และ 4.84 เซนติเมตรต่อดอก ตามลำดับ การคำนวณค่าประสิทธิภาพการใช้อาหาร (%BE) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถของเห็ดในการดึงสารอาหารจากวัสดุเพาะมาใช้ในการสร้างมวลชีวภาพของเห็ดของทั้ง 4 ชุดการทดลอง พบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 8.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 1, 2 และ 4 โดยมีค่าประสิทธิภาพการใช้อาหารเฉลี่ย เท่ากับ 8.59, 7.74 และ 7.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานในแต่ละชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	จำนวนดอก (ดอก/ก้อน)	น้ำหนักสด (กรัม/ก้อน)	เส้นผ่านศูนย์กลางดอก (เซนติเมตร)	ความยาวก้าน (เซนติเมตร)	%BE
ชุดการทดลองที่ 1	5.00±2.72^{a}	45.43±13.47^{b}	5.89±1.58^{a}	5.21±0.70^{b}	8.59±2.56^{b}
ชุดการทดลองที่ 2	5.23±3.46^{a}	43.05±14.70^{ab}	5.84±1.39^{a}	5.21±0.75^{b}	7.74±2.68^{ab}
ชุดการทดลองที่ 3	5.57±2.66^{a}	56.58±12.04^{c}	6.35±4.98^{a}	5.11±0.82^{b}	8.67±3.08^{b}
ชุดการทดลองที่ 4	5.18±3.17^{a}	38.83±16.55^{a}	5.63±1.42^{a}	4.84±0.79^{a}	7.19±3.04^{a}

หมายเหตุ $^{a, b, c}$ ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่มีอักษรแตกต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์ผล

การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟ พบว่าน้ำหมักมีปริมาณธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐาน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวรรณวิภา และคณะ (2561) ที่ได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของกากกาแฟ เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิตแท่งเพาะชำ ซึ่งพบว่าในกากกาแฟมี ไนโตรเจนทั้งหมด 2.25 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 0.24 และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 0.68 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกากกาแฟมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับการเดินเส้นใยเห็ดที่เพาะในก้อนเห็ดทุกชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน อาจเป็นเพราะในน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมีปริมาณของไนโตรเจนไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมจึงทำให้การเจริญของเส้นใยเห็ดไม่แตกต่างกัน เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่มีส่วนช่วยให้เส้นใยเจริญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนภักษ์ (2564) ที่พบว่า เห็ดนางฟ้าภูฐานดำ และเห็ดนางรมฮังการีที่เพาะด้วยขี้เลื่อยไม้ยางพารา 100% เส้นใยเจริญเต็มก้อนเร็วที่สุด ในขณะที่วัสดุเพาะที่ใช้กากกาแฟ 100% ใช้เวลาในการทำให้เส้นใยเจริญเต็มก้อนช้าที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tambaru et al., (2023) ที่พบว่าการใช้กากกาแฟเพียงอย่างเดียวทำให้เส้นใยของเห็ดนางรมเต็มก้อนช้าที่สุด สำหรับผลการทดลองเมื่อนำน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟมาใช้ในการเพาะเห็ดนางฟ้าภูฐานทำให้จำนวนดอกต่อก้อน เส้นผ่านศูนย์กลางดอก ความยาวก้าน และประสิทธิภาพการใช้อาหารไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่พบว่าน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 400 มิลลิลิตร ทำให้น้ำหนักสดต่อก้อนแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนภักษ์ (2564) ที่พบว่า วัสดุเพาะกากกาแฟผสมขี้เลื่อยในอัตราส่วนที่เหมาะสม 50 – 70% ทำให้น้ำหนักดอกสด ขนาดของดอก ความยาวของก้านดอก จำนวนดอกต่อของเห็ดนางฟ้าภูฐานดำ และเห็ดนางรมฮังการีสูงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

สรุปผล

การศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟของทั้ง 4 ชุดการทดลองมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.31-6.86 ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ระหว่าง 96.33 – 228.67 ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ชุดการทดลองที่ 1 ไม่พบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 มีค่าไนโตรเจน และฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.24 และ 0.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยชุดการทดลองที่ 2 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำในอัตราส่วน 1 ต่อ 200 มิลลิลิตร มีค่าโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 94.69 ppm รองลงมาคือชุดการทดลองที่ 3 และ 4 มีค่าโพแทสเซียมมากที่สุด เท่ากับ 59.76 และ 14.20 ppm ตามลำดับ สำหรับผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้าภูฐานทุกชุดการทดลองไม่มีผลต่อการเดินเส้นใยเห็ด จำนวนดอกต่อก้อน เส้นผ่านศูนย์กลางดอก ความยาวก้านดอก และประสิทธิภาพการใช้อาหาร และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตในด้านน้ำหนักสดของเห็ด ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการจำหน่ายเห็ดของเกษตรกร พบว่าในชุดการทดลองที่ 3 ทำให้น้ำหนักสดของเห็ดนางฟ้าภูฐานสูงกว่ากลุ่มควบคุม ดังนั้นชุดการทดลองที่ 3 น้ำหมักชีวภาพจากกากกาแฟต่อน้ำใน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีชีวภาพและวิศวกรรมพันธุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ครุปกรณ์ ละเอียดอ่อน. 2565. การประยุกต์ใช้ชานอ้อย ฟางข้าว และไมยราบยักษ์เป็นวัสดุเพาะเห็ดนางรมเทา. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร. 39(1): 28-39.

ชไมพร แดงตุ้ย, สุนทรี กรโอชาเลิศ และวสันต์ มะโนเรือง. 2560. ผลของน้ำหมักชีวภาพจากกากและเปลือกเมล็ดกาแฟต่อการเจริญเติบโตของผักกาดฮ่องเต้. วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 12(2): 54-63.

ชวลิต รักษาริกรณ์, พัชรพร ปิ่นมณี, อารียา เกิดโต และสุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์. 2564. ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากปุ๋ยหมักเปลือกกาแฟและถ่านชีวภาพ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครสวรรค์. 13(18): 64-74.

ธนภักษ์ อินยอด, ขนิษฐา ชวนะนรเศรษฐ์, ธนภัทร เติมอารมณ์, ชาตรี กอนี, สุริมา ญาติโสม, สุจิตรา บัวลอย และปิยะดา เอี่ยมประสงค์. 2564. ปริมาณและคุณภาพผลผลิตของเห็ดนางฟ้าภูฐานดำ-01 *Pleurotus Pulmonarius* (TISTR_Ppul-01) และนางรมฮังการี Pleurotus Osteatus (TISTR_Post-01) จากการเพาะด้วยวัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ. วารสารแก่นเกษตร. 49(6): 1551- 1562.

นงลักษณ์ บรรยงวิมลณัฐ, จิราภรณ์ บุราคร, สุพะไชย์ จินดาวุฒิกุล และอภิรัชต์ สมฤทธิ์. 2562. การเพิ่มคุณค่าโภชนาการเห็ดนางรมด้วยวัสดุเหลือทิ้งกากกาแฟ. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ กรมวิทยาศาสตร์บริการ. 8(8): 96-105.

นฤภัทร ตั้งมั่นคงวรกูล และพัชรี ปรีดาสุริยะชัย. 2558. การศึกษากากกาแฟและกากชามาใช้ประโยชน์ในรูปเชื้อเพลิงอัดแท่ง. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี). 7(13): 15-26.

วรรณวิภา ไชยชาญ, เอนก สาวะอินทร์, เตือนใจ ปิยัง และวีรศักดิ์ ไชยชาญ. 2561. การศึกษาประสิทธิภาพของแท่งเพาะชำจากวัสดุเหลือใช้อินทรีย์ที่มีการผสมปุ๋ยมูลไส้เดือน. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

สุพัตรา รักษาพรต, สุนิษา สุวรรณเจริญ, เรืองวิทย์ สว่างแก้ว, เกศสุดา สามารถ และจิตรลดา บุญเฒ่า. 2651. การผลิตสบู่คาเฟอีนเพื่อเพิ่มมูลค่ากากกาแฟเหลือทิ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 46(1): 38-43.

อมรรัตน์ ชุมทอง, ศราวุฒิ นาคปาน และศักรินทร์ ขำนุรักษ์. 2565. ผลของวัสดุปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้ากระถาง. วารสารวิทยาศาสตร์สงขลานครินทร์. 9(2): 59-65.

Finimundy, T. C., L. Barros, R. C. Calhelha, M. J. Alev, M. A. Prieto, R. M. V. Abreu, A. J. P. Dillon, Henriques, J. A. P., M. Roesch-Ely, and I. C. F. R. Ferreira. 2018. Multifunctions of *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer: A hight nutritious food and source for bioactive compound. Food Chemistry. 245: 150-158.

Tambaru, E., R. Ura, and M. Tuwo. 2023. The effect of coffee grounds and sawdust *Tectona grandis* L. f. as planting media for cultivation oyster mushroom *Pleurotus* sp. IOP Conference Series: Earth and Environment Science. Doi:10.1088/1755-1315/1230/1/012071.

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของอะโวคาโด

Preliminary phytochemical screening test of avocado

นพฤทธิ์ ไวว่อง[1*] สิริพร กวงขุนทด[1] พวงผกา แก้วกรม[1] และ สุรางค์รัตน์ พันแสง[1]

Noparit Waiwong[1*], Siriporn Kuangkhunthod[1], Puangpaka Kaewkrom[1] and Surangrat Punsaeng[1]

[1] สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1] Department of Biology, Faculty of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun, 67000

***Corresponding author E-mail: tonnoparit@hotmail.com**

บทคัดย่อ

ร่างกายต้องการสารต้านอนุมูลอิสระที่เป็นส่วนประกอบของอาหารเพื่อหลีกเลี่ยงและจัดการกับความเสียหายจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน อะโวคาโดมีสารต้านอนุมูลอิสระตามธรรมชาติ นอกจากนี้แล้วผลอะโวคาโดถูกนำมาใช้เป็นยาพื้นบ้านเพื่อรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคนอนไม่หลับ โรคบิด และโรคท้องร่วง การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยเตรียมสารสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ในอัตราส่วน 1:10 (w/v) เป็นเวลา 7 วัน จากการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบจากส่วนของเปลือกให้ผลผลิตร้อยละสูงสุด 11.58 โดยน้ำหนักต่อตัวอย่างน้ำหนักแห้ง และพบสารพฤกษเคมี จำนวน 5 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์พีนอยด์ ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติและใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมต่อไป

คำสำคัญ : สารพฤกษเคมี อะโวคาโด

Abstract

The body needs antioxidants as a dietary component to avoid and manage oxidative damage. Avocados contain natural antioxidants. In addition, avocados are used in traditional medicine to treat conditions such as insomnia, dysentery and diarrhea. This study was aimed to determine the preliminary phytochemical profile of crude extracts from avocado peel and seed. The avocado peel and seed extraction preparation was macerated using 50% ethanol solvent with a ratio 1:10 (w/v) for 7 days. The studies found that crude extracts of peel gave the highest percent yield (% w/w, dry weight) of 11.58. Phytochemical obtained are alkaloids, flavonoids, saponins, tannins and terpenoids. It can be a source of natural antioxidants and used as a scientific basic that useful in the industry.

Keywords : phytochemical, avocado

บทนำ

อะโวคาโด เป็นพืชไม่ผลัดใบในวงศ์ Lauraceae มีประมาณ 45 สกุล 2,850 ชนิด **(**Christenhusz and Byng, 2016) ต้นอะโวคาโดเมื่อโตเต็มที่สามารถสูงได้ถึง 20 เมตร ใบมีความยาว 15-25 เซนติเมตร การระบุสายพันธุ์อะโวคาโดมีมากกว่า 100 พันธุ์ทั่วโลก และฤดูกาลออกผลจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ (Tan et al., 2017) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติจัดให้ผลอะโวคาโดเป็นอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากพบส่วนประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพจำนวนมาก ได้แก่ เส้นใยอาหาร, โทโคฟีรอล, แคโรทีนอยด์, สเตอรอล, วิตามินซี, โพแทสเซียม และกรดไขมันจำเป็น เช่น โอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 (Dreher and Davenport, 2013) นอกจากนี้แล้วผลอะโวคาโดถูกนำมาใช้เป็นยาพื้นบ้านเพื่อรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคนอนไม่หลับ โรคบิด และโรคท้องร่วง (Afahkan, 2012) ในขณะเดียวกัน การศึกษาทางวิทยาศาสตร์ได้พิสูจน์แล้วว่าการรับประทานผลอะโวคาโดมีประสิทธิภาพในการควบคุมหรือรักษาโรคเรื้อรัง เช่น โรคข้อเสื่อม (Lequesne et al., 2002) โรคอ้วน (Wien et al., 2011) และโรคมะเร็ง (Ding et al., 2009**)** แต่จากรายงานพบว่าองค์ประกอบทางโภชนาการและฤทธิ์ทางพฤกษเคมีของผลอะโวคาโดจะแตกต่างกันตามสายพันธุ์และที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ (Tango et al., 2004) นอกจากนี้แล้ว ข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางโภชนาการและฤทธิ์ทางพฤกษเคมีของเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดยังมีรายงานน้อยมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของเปลือกและเมล็ด เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาสารสกัดจากอะโวคาโดให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

แหล่งที่มาของตัวอย่าง

นำตัวอย่างอะโวคาโด (ภาพที่ 1) โดยใช้ส่วนเปลือก และเมล็ด ที่เก็บมาจาก อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม พ.ศ. 2567

ภาพที่ 1 ลักษณะของอะโวคาโด (ก) เปลือก (ข) เมล็ด

การเตรียมสารสกัดอะโวคาโด

นำเปลือกและเมล็ดอะโวคาโดสดล้างให้สะอาด เปลือกตัดเป็นชิ้นเล็ก เมล็ดทุบให้เป็นชิ้นเล็ก นำไปอบในตู้อบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 1 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักตัวอย่างแห้ง 50 กรัม สกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 500 มิลลิลิตร ด้วยวิธีการแช่หมัก (maceration) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการเขย่าเป็นครั้งคราว เมื่อครบ 1 สัปดาห์นำสารสกัดมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman filter paper No.1 ระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นำมาทำให้แห้งด้วยเครื่อง Lyophilization นำสารสกัดที่ได้มาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของสารสกัด เพื่อนำไปคำนวณหาผลผลิตร้อยละ (% yield) นำค่าที่ได้ไปคำนวณตามสูตร

Percent yield = (น้ำหนักสารสกัดหยาบ/น้ำหนักตัวอย่าง) x 100

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด แบ่งการทดสอบสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) ออกเป็น 10 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โฟลบาแทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ โดยอาศัยปฏิกิริยาการเกิดสีหรือตะกอน (Shyam-Krishnan et al., 2013) ดังนี้

1. การตรวจสอบแอลคาลอยด์ (Alkaloids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมสารละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ (water bath) 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก ปล่อยให้สารละลายเย็นลงที่อุณหภูมิห้อง นำของเหลวที่ได้จากการกรองไปหยดสารละลายเมเยอร์ (Mayer’s reagent) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏตะกอนสีส้มแดง แสดงว่าพบแอลคาลอยด์

2. การตรวจสอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง ใส่ลวดแมกนีเซียมชิ้นเล็ก ๆ ลงไป 1 ชิ้น และหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบฟลาโวนอยด์

3. การตรวจสอบแอนทราควิโนน (Anthraquinones)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมสารละลาย 10% H_2SO_4 ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก ปล่อยให้สารละลายเย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ได้จากการกรอง

ไปเติมสารละลายแอมโมเนีย (10% NH_3) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารละลายเป็นสีชมพูแดงเกิดขึ้นแสดงว่าพบแอนทราควิโนน

4. การตรวจสอบคูมาริน (Coumarin)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วย 50% เอทานอล ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (6M NaOH) ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเข้มแสดงว่าพบคูมาริน

5. การตรวจสอบซาโปนิน (Saponins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 5.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที เขย่าอย่างแรง ถ้าปรากฏฟองถาวรเกิดขึ้นในหลอดทดลองแสดงว่าพบซาโปนิน

6. การตรวจสอบแทนนิน (Tannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด เขย่า ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบแทนนิน

7. การตรวจสอบโฟลบาแทนนิน (Phlobatannins)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม เติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร นำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (10% HCl) จำนวน 5 หยด เขย่า แล้วนำไปอุ่นบนเครื่องอังน้ำ 5 นาที ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีเขียวดำหรือน้ำเงินดำแสดงว่าพบโพลบาแทนนิน

8. การตรวจสอบเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบเทอร์พีนอยด์

9. การตรวจสอบสเตอร์รอยด์ (Steroids)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมกรดแกลเซียลแอซีติก ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เขย่า แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 3 หยด ถ้าปรากฏสารละลายเป็นสีน้ำเงินหรือน้ำเงินเขียวแสดงว่าพบสเตอร์รอยด์

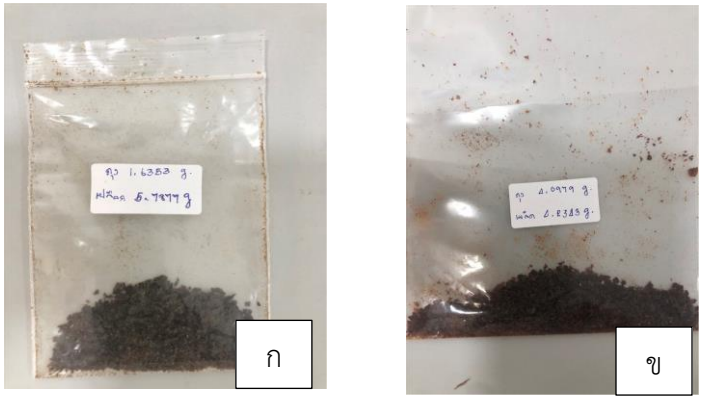
10. การตรวจสอบคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ (Cardiac glycosides)

ชั่งสารสกัด 0.2 กรัม ละลายด้วยคลอโรฟอร์ม ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร เขย่า กรองส่วนที่ไม่ละลายออก นำของเหลวที่ได้จากการกรอง เติมสารละลายเฟอริกคลอไรด์ (1% $FeCl_3$) จำนวน 5 หยด เขย่า เติมกรด

แกลเซียลแอซีติก จำนวน 5 หยด เขย่า เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ถ้าปรากฏวงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างชั้นของสารสกัดกับกรดซัลฟิวริกแสดงว่าพบคาร์ดิแอคไกลโคไซด์

ผลการวิจัย

จากการสกัดสารสกัดจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด โดยการแช่หมัก (Maceration) ด้วยตัวทำละลาย 50% เอทานอลและเมื่อระเหยตัวทำละลายด้วยเครื่องกลั่นระเหยแบบลดความดัน (Rotary evaporator) จะได้เป็นสารสกัดหยาบ (Crude extract) ทำให้แห้งด้วยเครื่อง Lyophilization จะได้สารสกัดแห้งจากอะโวคาโด ที่มีลักษณะแตกต่างกัน ได้แก่ สารสกัดหยาบจากเปลือกเป็นของเหลวหนืด สีเขียวเข้ม สารสกัดจากเมล็ดเป็นของเหลวหนืด สีน้ำตาลแดง ดังภาพที่ 2 โดยสารสกัดดังกล่าวมีน้ำหนักร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 1 โดยสารสกัดหยาบจากเปลือกมีร้อยละผลผลิตมากที่สุด คือ ร้อยละ 11.58



ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือก [ก] และเมล็ด [ข] ของอะโวคาโด

ตารางที่ 1 น้ำหนักสารสกัดหยาบ ร้อยละผลผลิต และลักษณะทางกายภาพ

สารสกัดชั้นเอทานอลของอะโวคาโด	น้ำหนักสาร (กรัม)		ร้อยละผลผลิต	ลักษณะทางกายภาพ
	พืช	สารสกัดหยาบ		
เปลือก	50	5.79	11.58	ของเหลวหนืด สีเขียวเข้ม
เมล็ด	50	4.23	8.46	ของเหลวหนืด สีน้ำตาลแดง

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น 10 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ แอนทราควิโนน คูมาริน ซาโปนิน แทนนิน โฟลบาแทนนิน เทอร์พีนอยด์ สเตอร์รอยด์ และคาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ในสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดพบสารพฤกษเคมี 5 กลุ่ม ได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดของอะโวคาโด

สารพฤกษเคมี	สารสกัดหยาบจากเปลือก	สารสกัดหยาบจากเมล็ด	หมายเหตุ
แอลคาลอยด์	+	+	+ ตะกอนสีแดง ส้ม
ฟลาโวนอยด์	+	+	+ สารละลายสีเหลืองเข้ม
แอนทราควิโนน	-	-	+ สารละลายสีชมพูอมแดง
คูมาริน	-	-	+ สารละลายสีเหลืองเข้ม
ซาโปนิน	+	+	+ เกิดฟองถาวรนาน 15 นาที
แทนนิน	+	+	+ สารละลายสีเขียวดำ
โฟลบาแทนนิน	-	-	+ สารละลายสีเขียวดำ
เทอร์พีนอยด์	+	+	+ วงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างสารสกัดกับชั้นกรด
สเตอร์รอยด์	-	-	+ สารละลายสีน้ำเงินเขียว
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	-	-	+ วงแหวนสีน้ำตาลตรงรอยต่อระหว่างสารสกัดกับชั้นกรด

หมายเหตุ (-) หมายถึง ตรวจสอบไม่พบ
(+) หมายถึง ตรวจสอบพบ

วิจารณ์ผล

การตรวจสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ในสารสกัดหยาบจากเปลือกและเมล็ดอะโวคาโด พบสารพฤกษเคมี 5 กลุ่ม ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์พีนอยด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Shyam and Bai (2019) เปลือกของอะโวคาโดมีซาโปนินสูงสุดเมื่อสกัดด้วยเอทานอล และมีปริมาณเล็กน้อยเมื่อสกัดด้วยน้ำและอะซิโตน ซาโปนินหลายชนิดมีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ ยับยั้งเชื้อรา และปกป้องพืชจากการโจมตีของแมลง นอกจากนี้ยังมีรายงานสารพฤกษเคมีที่พบในเมล็ดอะโวคาโด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน ซาโปนิน ฟีนอลิก (Oluwaniyi et.al., (2017), Shyam and Bai (2019)) และสารพฤกษเคมีที่พบในใบอะโวคาโด ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และสเตอร์รอยด์ (Rahman et.al., (2018), Kafelau et. al., (2022)) จากรายงานที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า สารพฤกษเคมีในส่วนประกอบต่าง ๆ ของพืช มีทั้งที่เหมือนกันและแตกต่างกันขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น อายุ ชิ้นส่วน สภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ หรือแม้กระทั่งสารที่ใช้ในกระบวนการสกัดใน

การวิจัยนี้ใช้สารละลายเอทานอล 50**%** เป็นตัวทำละลายจึงสามารถดึงดูดสารประกอบที่มีขั้วและไม่มีขั้วต่าง ๆ เช่น อัลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และสเตียรอยด์ที่มีอยู่ในอะโวคาโดได้ ถึงแม้ว่าจะมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าเอทานอลมีประสิทธิภาพน้อยในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ (Boeing et.al., 2014) เมทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระ รองลงมาคือ น้ำ เอทานอล และอะซิโตน (Snyder et.al., 1997) อย่างไรก็ตามการใช้เอทานอลนั้นปลอดภัยกว่าเมทานอล เนื่องจากเมทานอลมีพิษ (Korabathina., 2024)

สรุปผล

จากผลการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นสามารถสรุปได้ว่าส่วนต่าง ๆ ของอะโวคาโดสามารถสร้างสารทุติยภูมิที่มีคุณค่าหลายชนิด ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ ซาโปนิน แทนนิน และเทอร์พีนอยด์ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่มีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม การผลิตยารักษาโรค เครื่องสำอาง อุตสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมสิ่งทอ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณด้านวิจัย วิทยาศาสตร์และนวัตกรรม Fundamental Fund ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

เอกสารอ้างอิง

Afahkan, M. E. 2012. Effects of petroleum ether and methanolic fractions of avocado pear (*Persea americana* Mill.) seeds on wistar rats fed a high fat-high cholesterol diet. Ahmadu Bello University, Nigeria.

Boeing, J.S., Barizao, E.O., Silva, B.C.e., Montanher, P.F., Almeida, V. de C. and Visentainer, J.V. 2014. Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: application of principal component analysis. *Chemistry Central Journal*. 8(1): 48.

Christenhusz, M.J.M. and Byng, J.W. 2016 The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*. 261(3): 201-217.

Ding, H., Han, C., Guo, D., Chin, Y.W., Ding, Y., Kinghorn, A.D. and Ambrosio, S.M. 2009. Selective induction of apoptosis of human oral cancer cell lines by avocado extracts via a ROS-mediated mechanism. *Nutrition and Cancer*. 61(3): 348-356.

Dreher, M.L. and Davenport, A.J. 2013. Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 53(7): 738-750.

Kafelau, M., Kopon, A.M., Baunsele, A.B., Tukan, M.B., Leba, M.U., Komisia, F and Boelan, E.G. 2022. Phytochemical screening and TLC profiling of combination extracts of avocado (*Persea americana* Mill.) and papaya (*Carica papaya*) leaves from Timor Island. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 10(1): 32-37.

Korabathina, K. 2024. Methanol toxicity. https://emedicine.medscape.com/article/1174890-overview?form=fpf

Lequesne, M., Maheu, E., Cadet, C. and Dreiser, R.L. 2002. Structural effect of avocado/soybean unsaponifiables on joint space loss in osteoarthritis of the hip. *Arthritis and Rheumatism*. 47(1): 50-58.

Oluwaniyi, O.O., Nwosu, F.O. and Okoye, C.M. 2017. Comparative study of the constituents of the fruits pulps and seeds of *Canarium ovatum*, *Persea americana* and *Dacryodes edulis*. *Jordan Journal of Chem*istry. 13(2): 113-125.

Rahman, N., Utami, N. and Bohari. 2018. Phytochemical and antioxidant activity of avocado leaf extract (*Persea americana* Mill.). *Asian Journal of Scientific Research.* 11(3): 357-363.

Shyam, P. and Bai, S.K. 2019. Phytochemicals analysis of various parts of the avocado plant (*Persea americana*). P. 51-60. In: International conference on agriculture, animal science & rural development. July 6-8, 2023. Ordu Turkiye.

Shyam-Krishnan, M., Dhanalakshmi, P., Sudhalakshmi, G. Y., Gopalakrishnan, S., Manimaran. A., Sindhu, S., Sagadevan, E., and Arumugam, P. 2013. Evaluation of phytochemical constituents and antioxidant activity of Indian medicinal plant Hydnocarpuspentandra.

International Journal of Pharmacy and Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 5: 453-458.

Snyder, L.R., Kirkland, J.J. and Glajch, J.L. 1997. Practical HPLC method development. 2nd Edn., John Willey and Sons, Hoboken, NJ., USA., page: 800.

Tan, C.X., Tan, S.S. and Tan, S.T. 2017. Influence of geographical origins on the physicochemical properties of Hass avocado oil. *Journal of the American oil Chemists' Society*. 94(12): 1431-1437.

Tango, J., Carvalho, C. and Soares, N. 2004. Physical and chemical charterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 26(1): 17-23.

Wien, M., Haddad, E. and Sabate, J. 2011. Effect of incorporating avocado in meals on satiety in healthy overweight adults. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 58: 22-29.

ศึกษาความชุกของการติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือดในโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567

The prevalence study of blood parasitic infection from cow blood sample that collected and examination in Laboratory during March to May 2567

นฤมล วังคีรี[1] ศุภชัย สังเกตุดี[1] จารุณี จงเชิดชูตระกูล[2] วิภาภรณ์ สัจจวาทิต[2]
ธนาวรรณ สุขเกษม[1] และ กานต์ แย้มพงษ์[1*]
Narumon Wangkheeree[1], Supachai Sangkatdee[1], Jarunee Jongcherdchootrakul[2],
Wipaporn Saccavadit[2] , Tanawan Sukkasem[1] and karn Yaempongsa[1*]
[1]หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000
[1]Biology Program, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University 67000
[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคเหนือตอนล่าง 65130
[2]Veterinry Research and Development Center Lower Northern Region
*Corresponding author E-mail: karn.yae@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

โรคพยาธิเม็ดเลือดเป็นโรคที่มีความสำคัญ เนื่องจากก่อให้เกิดความเสียหายต่อสุขภาพของโค ทำให้โคสุขภาพแย่ลง ผอม การเจริญเติบโตลดลง อัตราการสืบพันธุ์สัตว์ลดน้อยลง ผสมติดยาก มีความเสี่ยงต่อการแท้งลูก ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพสัตว์ และทำให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจในโค โรคพยาธิเม็ดเลือดในโคสามารถแพร่กระจายได้ง่ายและรวดเร็วผ่านเห็บ เหลือบ และแมลงวันคอก ที่เป็นตัวพาหะนำโรค การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 โดยนำเลือดโคมาตรวจหาพยาธิเม็ดเลือดโดยวิธี stained blood films แล้วนำไปตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อตรวจหาพยาธิเม็ดเลือดในโค ผลตรวจเลือดจากโค รวม 206 ตัวอย่าง พบโคติดเชื้อ 3 ชนิด ได้แก่ *Anaplasma* spp., *Theileria* spp. และ *Microfilaria* โดยพบโคที่ติดเชื้อทั้งหมด 33 ตัว (16.02%) แบ่งเป็น *Anaplasma* spp. 20 ตัว (9.71%) *Theileria* spp. 9 ตัว (4.37%) และ *Microfilaria* 4 ตัว (1.94%) จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบว่าโคในเขตพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย และนครสวรรค์ มีการติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด โดยเฉพาะการติดเชื้อ *Anaplasma* spp. และ *Theileria* spp. แม้ว่าความชุกของพยาธิเม็ดเลือดไม่สูงมากนัก แต่ก็ยังจำเป็นที่ต้องมีการเฝ้าระวังและป้องกันการแพร่กระจายของพยาธิเม็ดเลือดอยู่เสมอ นอกจากนี้ การตรวจเลือดโคเป็นประจำจะช่วยให้มีข้อมูล ซึ่งการศึกษาข้อมูลสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นองค์ความรู้ในการเฝ้าระวังการระบาดของโรคได้ และช่วยในการควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ : ความชุก พยาธิเม็ดเลือด โค

Abstract

Bovine blood protozoan diseases are of significant concern as they cause severe health issues in cattle, leading to poor body condition, weight loss, reduced growth, decreased reproductive rates, difficulty in conception, and an increased risk of abortion. These conditions impact animal health and result in economic losses for the cattle industry. The disease can spread quickly and easily through vectors such as ticks, lice, and stable flies. This study aimed to investigate the prevalence and types of blood parasites in cattle through laboratory samples collected between March and May 2024. Blood samples were examined using stained blood films and observed under a microscope to detect blood parasites. A total of 206 cattle samples were tested, and three types of blood parasites were identified: *Anaplasma spp.*, *Theileria spp.*, and *Microfilaria*. Of the 206 cattle, 33 (16.02%) were found to be infected, with *Anaplasma spp.* in 20 (9.71%), *Theileria spp.* in 9 (4.37%), and *Microfilaria* in 4 (1.94%). The study revealed the presence of blood parasites, particularly *Anaplasma spp.* and *Theileria spp.*, in cattle from three provinces: Phetchabun, Sukhothai, and Nakhon Sawan. Although the overall prevalence was not high, continuous monitoring and prevention efforts are necessary to control the spread of these parasites. Regular blood testing in cattle will provide valuable data, which can be applied to enhance disease surveillance and improve control measures effectively.

Keywords : Prevalence, Blood parasite, Cow

บทนำ

โรคพยาธิเม็ดเลือดในโค เป็นโรคที่พบได้ทั่วโลกโดยเฉพาะในพื้นที่เขตร้อน ที่มีสาเหตุมาจากการติดเชื้อปรสิตหลายชนิด ได้แก่ *Anaplasma* spp. *Baberia* spp. *Theileria* spp. และ *Trypanosoma* spp. ซึ่งสามารถติดต่อและแพร่กระจายได้อย่างรวดเร็วผ่านเห็บ และแมลงดูดเลือด (เบญจพร และคณะ, 2561) โดย *Anaplasma* spp. *Baberia* spp. และ *Theileria* spp. มีเป้าหมายอยู่ที่เม็ดเลือดแดงของโค มีผลทำให้เกิดเม็ดเลือดแดงแตกหลังจากที่สัตว์ได้รับเชื้อ สำหรับ *Trypanosoma* spp. อยู่ในกระแสเลือดภายนอกเม็ดเลือดแดง

โรคพยาธิเม็ดเลือดในโคมีหลายโรค โดยมีเห็บ เหลือบ แมลงวันคอก เป็นพาหะนำโรค ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ โรค Anaplasmosis เกิดจากเชื้อริกเก็ตเซีย (Rickettsia) 2 ชนิด คือ *Anaplasma marginale* และ *Anaplasma centrale* สัตว์ที่เป็นโรค Anaplasmosis จะมีอาการไข้สูง น้ำหนักลด โลหิตจาง แท้งลูก เป็นหมัน อัตราการเจริญเติบโตช้า (Stokka et al., 2006) โรค Babesiosis เกิดจากเชื้อโปรโตซัว 2 ชนิด คือ *Babesia bigemina* และ *Babesia bovis* สัตว์ที่เป็นโรค Babesiosis จะมี

อาการป่วยเฉียบพลัน ไข้สูง โลหิตจาง เบื่ออาหาร กล้ามเนื้อสั่น อัตราการหายใจเร็วขึ้น ปัสสาวะสีน้ำตาลแดง (OIE, 2024) โรค Theileriosis เกิดจากเชื้อ *Theileria* spp. สัตว์ที่เป็นโรค Theileriosis จะมีอาการไข้ มีน้ำมูกไหล หายใจลำบาก เบื่ออาหาร ต่อมน้ำเหลืองโต (Alicja E. Tabor, 2024) ส่วนโรค Trypanosomasis เกิดจากเชื้อ *Trypanosoma evansi* สัตว์ที่เป็นโรค Trypanosomasis จะมีอาการไข้ เบื่ออาหาร ซูบผอม เชื้อสามารถผ่านทางรกไปยังลูกได้ ทำให้แท้ง (กนกวรรณ และคณะ, 2563) โรคพยาธิเม็ดเลือดในโคที่กล่าวมานั้น สัตว์ที่ป่วยบางตัวอาจแสดงอาการหรือไม่แสดงอาการของโรคก็ได้ สัตว์ป่วยที่ไม่แสดงอาการสามารถแพร่กระจายโรคไปสู่โคและสัตว์อื่นบางชนิด สัตว์ป่วยที่มีอาการรุนแรงอาจถึงตายได้ ทั้งนี้อาการและความรุนแรงของโรคจะขึ้นอยู่กับชนิด ปริมาณของปรสิตและอายุของสัตว์ สัตว์ที่มีอายุมากจะมีความต้านทานต่อโรคพยาธิได้ดีกว่า (Morter, 2006)

ปัจจุบันโรคที่เกิดจากพยาธิเม็ดเลือดหลายชนิด เป็นปัญหาสำคัญทางสัตวแพทย์และสาธารณสุข โดยอาชีพเกษตรกรรมของคนไทยอย่างหนึ่ง คือทำฟาร์มเลี้ยงสัตว์และบริโภคเนื้อโค แต่เนื่องด้วยปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมในการเลี้ยงสัตว์และอาหารที่เลี้ยงสัตว์ ซึ่งอาจทำให้โคเหล่านั้นได้รับพยาธิทางเดินอาหารและพยาธิเม็ดเลือดเข้าสู่ร่างกายได้ อีกทั้งพยาธิเม็ดเลือดบางชนิดจากโคยังสามารถติดต่อมาสู่คนได้ โดยมีโคเป็นเจ้าบ้านหลัก พยาธิในเลือดจะอาศัยอยู่ในน้ำเลือดหรือเม็ดเลือดแดงและมีการเพิ่มจำนวนขึ้นโดยอาศัยองค์ประกอบต่าง ๆ ในเลือด ซึ่งอาจทำให้สัตว์แสดงอาการหรือไม่แสดงอาการของโรคได้ แต่พยาธิเม็ดเลือดจะเป็นปัจจัยส่งเสริมให้แสดงอาการเกิดโรคได้ง่าย โดยทำให้สัตว์มีสุขภาพที่แย่ลง การเจริญเติบโตลดลง อัตราการสืบพันธุ์สัตว์ลดลง และผลผลิตจากสัตว์ที่ได้มีคุณภาพและปริมาณที่ลดลง ในกรณีที่มีความรุนแรง อาจจะทำให้สัตว์เสียชีวิต จึงจำเป็นต้องตรวจหาพยาธิอย่างสม่ำเสมอ เพื่อหาทางป้องกันและกำจัดโรค วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาชนิดและศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคเหนือตอนล่าง

วิธีการดำเนินการวิจัย

แผนการทำวิจัยและกลุ่มตัวอย่าง

ทำการศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในโค จากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 206 ตัวอย่าง จาก 3 จังหวัด ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย และนครสวรรค์ โดยวิธีการทำฟิล์มเลือดบาง (stained blood films)

การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างเลือดโค โดยเจาะเลือดที่ตำแหน่งโคนหาง (coccygeal vein) ปริมาณ 3 - 5 มิลลิลิตร ใส่หลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA)

จากนั้นใส่ในถุงพลาสติก 2 ชั้น โดยเขียนชื่อหรือหมายเลขประจำตัวโค พร้อมนำตัวอย่างบรรจุในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งอยู่ใน อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ขนส่งมาที่ห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง

การตรวจหาพยาธิเม็ดเลือดในโค

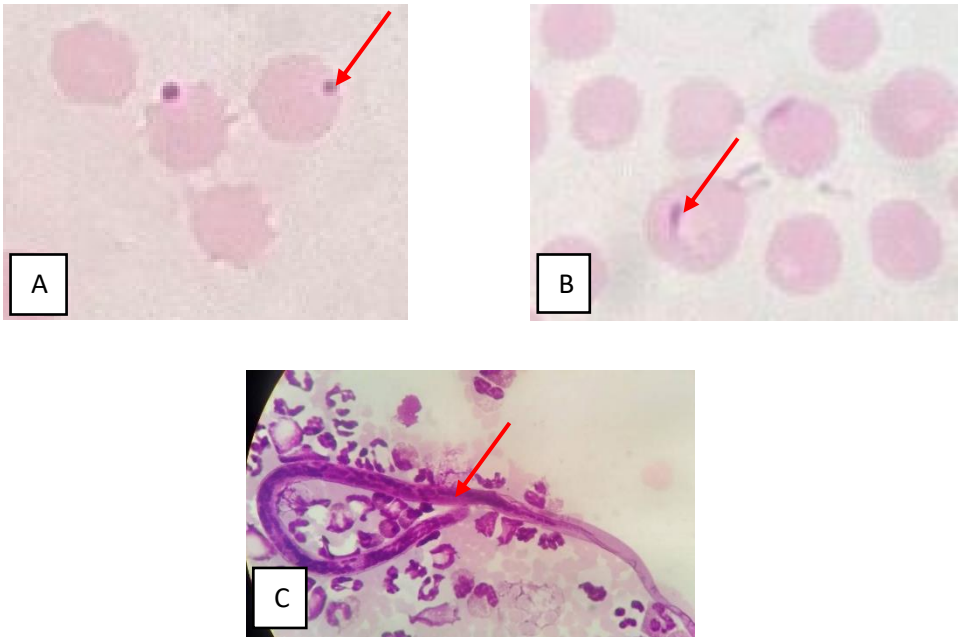
ตรวจหาพยาธิเม็ดเลือดโดยการทำฟิล์มเลือดบาง โดยหยดเลือดลงบนแผ่นสไลด์ 1 - 2 หยด ให้ห่างจากปลายด้านหนึ่งของกระจกสไลด์ ประมาณ 1 เซนติเมตร วางกระจกสไลด์อีกแผ่นให้ขอบติดกับหยดเลือด เอียงทำมุมประมาณ 30 - 40 องศา จากนั้นเลื่อนกระจกสไลด์ไปด้านหน้าด้วยความเร็วคงที่ สม่ำเสมอ ให้เลือดเป็นฟิล์มบาง ทำให้เลือดแห้งโดยโบกไปมา แล้วนำไป ตรึงด้วย absolute alcohol เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปย้อมสี Giemsa เป็นเวลา 45 นาที เมื่อครบเวลาให้ทำการล้างสี Giemsa บนสไลด์ออก และนำสไลด์ไปวางใน rack เอียงทำมุมและทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายวัตถุ 100 เท่า (OIE, 2024)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือดในโคแต่ละชนิดนำมาคำนวณหาค่าร้อยละ โดยคำนวณจากจำนวนโคที่มีผลบวกต่อเชื้อพยาธิเม็ดเลือดหารด้วยจำนวนโคทั้งหมด

ผลการวิจัย

จากการศึกษาชนิดและศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 ของศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคเหนือตอนล่าง จาก 3 จังหวัด ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย และนครสวรรค์ จำนวน 206 ตัวอย่าง แบ่งเป็น เพชรบูรณ์ 77 ตัวอย่าง สุโขทัย 67 ตัวอย่าง และนครสวรรค์ 62 ตัวอย่าง ตรวจพบชนิดของพยาธิในเม็ดเลือด 3 ชนิด คือ *Anaplasma* spp. *Theileria* spp. และ *Microfilaria* แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เชื้อพยาธิในเม็ดเลือด *Anaplasma* spp. (A) *Theileria* spp. (B) *Microfilaria* (C)

โดยพบโคติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด จำนวน 33 ตัว คิดเป็นความชุก เท่ากับ 16.02% ซึ่งมีโคติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด *Anaplasma* spp. จำนวน 20 ตัว คิดเป็น 9.71% ติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด *Theileria* spp. จำนวน 9 ตัว คิดเป็น 4.37% และติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด *Microfilaria* จำนวน 4 ตัว คิดเป็น 1.94% โดยเพชรบูรณ์ติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด 18 ตัว (23.38%) แบ่งเป็น *Anaplasma* spp. 14 ตัว (18.18%) *Theileria* spp. 3 ตัว (3.90%) และ *Microfilaria* 1 ตัว (1.30%) สุโขทัยติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด 11 ตัว แบ่งเป็น *Anaplasma* spp. 3 ตัว (4.48%) *Theileria* spp. 6 ตัว (8.96%) และ *Microfilaria* 2 ตัว (2.99%) และนครสวรรค์ติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด 4 ตัว (6.45%) แบ่งเป็น *Anaplasma* spp. 3 ตัว (4.84%) *Microfilaria* 1 ตัว (1.61%) และไม่พบ *Theileria* spp. ซึ่งพยาธิเม็ดเลือดในโคที่ตรวจพบสูงสุดในการศึกษาครั้งนี้ คือ *Anaplasma* spp. *Theileria* spp. และ *Microfilaria* ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงพยาธิเม็ดเลือดชนิดต่างๆ ที่ตรวจพบในเลือดโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ

จังหวัด	จำนวนเลือดที่ตรวจ	จำนวนเลือดที่ตรวจพบพยาธิเม็ดเลือด (%)	จำนวนที่ตรวจพบพยาธิเม็ดเลือดชนิดต่างๆ (%)		
			Anaplasma spp.	*Theileria* spp.	*Microfilaria*
เพชรบูรณ์	77	18 (23.38)	14 (18.18)	3 (3.90)	1 (1.30)
สุโขทัย	67	11 (16.42)	3 (4.48)	6 (8.96)	2 (2.99)
นครสวรรค์	62	4 (6.45)	3 (4.84)	0	1 (1.61)
รวม	**206**	**33 (16.02)**	**20 (9.71)**	**9 (4.37)**	**4 (1.94)**

วิจารณ์ผล

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างเลือดโคที่ส่งตรวจห้องปฏิบัติการของจังหวัดเพชรบูรณ์ สุโขทัย และนครสวรรค์ ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 พบการติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือด ได้แก่ *Anaplasma* spp. *Theileria* spp. และ *Microfilaria* ซึ่งพยาธิเม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดนี้ สามารถพบได้เป็นปกติในโค ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องการศึกษาของ Charoonluk et al. (2016) และพัชรากร และ รุจีรัตน์. (2554) ที่ทำการศึกษาปรสิตในทางเดินอาหารและในเลือดโคในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ระหว่างปี 2549 - 2551 โดยตรวจหาพยาธิเม็ดเลือดโดยการทำฟิล์มเลือดบาง ย□อมด้วยสี Giemsa ซึ่งพบพยาธิเม็ดเลือด *Trypanosoma* spp. *Theileria* spp. *Microfilaria Anaplasma* spp. และ *Theileria* spp. โดยพบว่าโคมีความชุกของพยาธิเม็ดเลือด *Anaplasma* spp. มากที่สุดที่ร้อยละ 9.71 รองลงมาเป็น *Theileria* spp. ร้อยละ 4.37 และ *Microfilaria* ร้อยละ 1.94 ตามลำดับ การศึกษาในครั้งนี้ ไม่พบการติดเชื้อ *Trypanosoma* spp. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกรุณา และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดของโคนมในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 6 ระหว่าง พ.ศ.2562 - 2563 พบความชุกของ *Anaplasma* spp. และ *Theileria* spp. มากกว่าพยาธิเม็ดเลือดชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในโคกับระดับจังหวัด จะพบความชุกของ *Anaplasma* spp. มากที่สุดที่จังหวัดเพชรบูรณ์ รองลงมาคือ นครสวรรค์ และสุโขทัย ตามลำดับ ความชุกของ *Theileria* spp. พบมากที่สุดที่จังหวัดสุโขทัย และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ ส่วนจังหวัดนครสวรรค์ตรวจไม่พบพยาธิเม็ดเลือดชนิดนี้ ส่วนความชุกของ *Microfilaria* พบมากที่สุดที่จังหวัดสุโขทัย รองลงมาคือ นครสวรรค์ และเพชรบูรณ์ ตามลำดับ

การศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในครั้งนี้ เนื่องด้วยในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิสูง และมีความชื้นปานกลาง ซึ่งเอื้อต่อการแพร่กระจายของพยาธิเม็ดเลือดที่มีพาหะ เช่น เห็บ

แมลงดูดเลือด ซึ่งแมลงดูดเลือดที่เป็นพาหะของพยาธิเม็ดเลือดในโคจะระบาดมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน (Fadly, 2012) แต่เนื่องด้วยสภาพอากาศในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงไม่เป็นไปตามฤดูกาล จึงสามารถที่จะพบแมลงพาหะที่ก่อโรคได้ทุกฤดูกาล ทำให้โคมีโอกาสติดเชื้อพยาธิเม็ดเลือดได้ง่าย (กนกวรรณ และคณะ, 2563)

สรุปผล

การศึกษาความชุกของพยาธิเม็ดเลือดในโคจากตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2567 3 จังหวัด ได้แก่ เพชรบูรณ์ สุโขทัย และนครสวรรค์ พบว่า ตรวจพบชนิดของพยาธิเม็ดเลือดในโค 3 ชนิด คือ *Anaplasma* spp., *Theileria* spp., และ *Microfilaria* ซึ่งพยาธิเม็ดเลือดทั้ง 3 ชนิดนี้ ก่อให้เกิดความรุนแรงของโรค และส่งผลต่อสุขภาพของโค ทั้งแสดงอาการและไม่แสดงอาการ ซึ่งโคที่ไม่แสดงอาการอาจจะเป็นพาหะและแพร่เชื้อไปสู่โคตัวอื่น ๆ ได้ (ธีรกุล และ ปราณปรียา, 2566) ดังนั้น เกษตรกรควรให้ความสำคัญในด้านการจัดการฟาร์ม และมีการเฝ้าระวังโรค เพื่อป้องกันการระบาดของโรค (วิภาวี และ นันทพร, 2562) และควรนำเลือดโคมาตรวจเป็นประจำ เพื่อที่จะให้มีข้อมูลในการเฝ้าระวังการระบาดของโรค (เบญจพร และคณะ, 2561) และสามารถที่จะแก้ไขปัญหา ควบคุมและป้องกันการระบาดของพยาธิเม็ดเลือด เพื่อให้โคมีสุขภาพแข็งแรง และลดการติดเชื้อแทรกซ้อนอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การศึกษางานวิจัยนี้อาจจะต้องมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับการเกิดโรคพยาธิเม็ดเลือดต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการปรสิตวิทยา ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคเหนือตอนล่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์และให้การสนับสนุนในการชันสูตรโรคและให้ข้อมูล และช่วยแนะนำในการทำการศึกษาวิจัย รวมถึงบุคคลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ที่ไม่ได้กล่าวถึงที่ทำให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรุณา กาญจนเตมีย์, วรรัตน์ หาญทองกูล และรตา รังสิติยากร. 2564. ความชุกและความสัมพันธ์ของปัจจัยในการเกิดโรคพยาธิในเลือดของโคนมในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 6 ระหว่างปี พ.ศ. 2562 - 2563. สำนักงานปศุสัตว์เขต 6.

กนกวรรณ สิงห์อาสา, สุชวัล พรสุขอารมณ์, ดลฤทัย ศรีทะ, จเร อุดมยิ่ง, ยุวดี คงภิรมย์ชื่น, ธนกฤต จันทร์คง ดลฤทัย ศรีทะ, ปองพล ทองเสงี่ยม และณัฐกมล ช่างศรี. 2563. การศึกษาหาความชุกและปัจจัยเสี่ยงของการติดเชื้ออนาพลาสมาและบาบีเซียในแพะเนื้อและโคเนื้อในพื้นที่พรมแดนไทย - กัมพูชา. สัตวแพทย์มหานครสาร 15(1): 1 - 11.

ธีระกุล นิลนนท์ และ ปราณปรียา ทอดทอง. 2566. ความชุกและปัจจัยของการติดพยาธิในเลือดในโคนม พื้นที่สหกรณ์โคนวาริชภูมิ จำกัด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 11(3): 129 - 137

นันทิยา แซ่เตียว, พชรธร สิมกิง, นันทวรรณ ญาติบรรทุง, วัชระ นิลเพชร, ประภา เหล่าสมบูรณ์, พุทธพร พุ่มโรจน์ และสถาพร จิตตปาลพงศ์. 2558. ความชุกและปัจจัยเสี่ยงของการติดเชื้อ *Anaplasma marginale* ในโคเนื้อ ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี. สัตวแพทย์มหานครสาร 10(2): 69 - 80.

เบญจพร ฤทธิ์สุทธิ์, ประยุทธ แซ่โค้ว และกรรณิการ์ ณ ลำปาง. 2561. การตรวจหาปรสิตในเลือดโคพื้นเมืองที่เลี้ยงในจังหวัดเชียงใหม่ ภายใต้โครงการเฝ้าระวัง และควบคุมโรคระบาดสัตว์ที่ติดต่อถึงคน. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 35(2) พิเศษ: 32 - 45.

พัชรากร ไชยสลี และรุจีรัตน์ วรสิงห์. 2554. ปรสิตในทางเดินอาหารและในเลือดโคในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง ระหว่างปี 2549 - 2551. วารสารสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ 54(2): 10 - 19.

วิภาวี แสงสร้อย และนันทพร ชูเรือง. 2562. ระบบสารสนเทศงานวิจัย มทร. ศรีวิชัย: ความชุกของปรสิตในเลือดโคชน. แหล่งข้อมูล: https://riss.rmutsv.ac.th. ค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2567.

Alicja E. Tabor. 2024. MERCK MANUAL Veterinary Manual: Anaplasmosis in Ruminants. Available: https://www.merckvetmanual.com/circulatory - system/blood -parasites/anaplasmosis - in - ruminants. Accessed Jan.15, 2025.

Charoonluk, J., Paul, F., Adjou, M., Shinuo, C., Aiko, L., Mingming, L., Guanbo, W., Mo, Z., Patrick, V., Tanasak, C., Sivapong, S., Parntep, R., Walasinee, M., Poonyapat, S., Thekhawet, W., Witsanu, W., Hiroshi, S., and Xuenan, X. 2016. Molecular epidemiology of bovine Babesia spp. and Theileria orientalis parasites in beef cattle from northern and northeastern Thailand. Journal of Parasitology International. 65(1): 62 - 69.

Fadly, R. S. 2012. Prevalence of blood parasites of some farm animals at Behera province. Journal of Assiut Veterinary Medical. 58(134): 316 - 322.

Morter, R. L. 2006. Animal health: Treating for internal parasites of cattle. Available: https://www.extension.purdue.edu/extmedia/vy/vy - 51.html. Accessed Dec.21, 2024.

OIE. 2024. Manual of Diagnostic Tests and Vaccines for Terrestrial Animals, thirteenth edition 2024: Bovine babesiosis. Available: https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/A_summry.htm. Accessed Dec.18, 2024.

Stokka, G. L., Falker, R., and Boening, J. V. 2006. Kansas State University: Anaplasmosis. Available: http://www.oznet.ksu.edu/library/LVSTK2/MF2212.pdf. Accessed Dec.18, 2024.

การผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสจากเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* เพื่อใช้เตรียมน้ำเชื่อมอินเวิร์ตสำหรับเป็นอาหารเสริมเลี้ยงผึ้งพันธุ์

Production of invertase from *Aspergillus* section *Nigri* for the preparation of invert syrup as honeybee supplementary feed

อริสรา มณีกลัด[1*] ศุภคม คล้ายโตนด[2] พิเชษฐ์ ประภาวิลัย[3] ธันย์ชนก เอื้ออาจิน[2] บาจรีย์ ฉัตรทอง[2] และ ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ[1]

Arisra Maneeklad[1*] Supakhom Klaitanoad[2] Pichet Praphawilai[2] Thanchanok Auearchin[2] Bajaree Chuttong[2] and Khanchai Danmek[1]

[1] สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา 19 หมู่ 2 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

[1] Biotechnology program, School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, 19 Moo 2 Tumbon Meaka, Muang Phayao 56000

[2] ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

[2] Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, 239 Tumbon Suthep, Muang Chiang Mai 50200

[3] สำนักงานบริหารงานวิจัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

[3] Office of Research and Administration, Chiang Mai University, 239, Tumbon Suthep, Muang Chiang Mai 50200

*Corresponding author E-mail: Khanchai.da@up.ac.th

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยก *Aspergillus* section *Nigri* ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสมาย่อยสลายน้ำตาลซูโครสให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายที่เรียกว่าน้ำเชื่อมอินเวิร์ต โดยสามารถคัดแยกเชื้อ *Aspergillus* section *nigri* ที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสได้ 24 ไอโซเลท จากนั้นเลือก 4 ไอโซเลท ที่มีค่าแอคติวิตีต่างกัน คือ *Asp.* 5 (0.083 ยูนิต/มล.), *Asp.* 14 (0.713 ยูนิต/มล.), *Asp.* 15 (0.459 ยูนิต/มล.) และ *Asp.* 19 (0.656 ยูนิต/มล.) มาใช้ผลิตน้ำเชื่อมอินเวิร์ต ทำการทดสอบผึ้งพันธุ์ในกล่องทดสอบขนาด 600 มิลลิลิตร โดยใช้ผึ้ง 30 ตัว/กล่อง ทำการเปรียบเทียบผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารแต่สูตรดังนี้ 1. ให้น้ำเชื่อมอย่างเดียว (Negative control; N) 2. ให้น้ำเชื่อมและเกสรดอกข้าวโพด (Positive control; P) 3. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 5 + เกสรดอกข้าวโพด (T1) 4. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 14 + เกสรดอกข้าวโพด (T2) 5. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 15 + เกสรดอกข้าวโพด (T3) และ 6. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 19 + เกสรดอกข้าวโพด (T4) เป็นระยะเวลา 21 วัน พบว่าน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของเอนไซม์มีอัตราการกินสูงกว่าน้ำเชื่อมปกติ โดยผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 5 (T1) มีอายุขัยมากสุด รองลงมาเป็นผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส

Asp. 15 (T3), *Asp.* 14 (T2), Negative control, *Asp*. 19 (T4) และ Positive control ตามลำดับ ในการศึกษาการพัฒนาต่อม Hypopharyngeal gland (HPG) พบว่าผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของเอนไซม์มีขนาดของ acini ใหญ่กว่าผึ้งที่ได้น้ำเชื่อมปกติอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้ N, P, T1, T2, T3 และ T4 มีขนาดของ acini เฉลี่ยเท่ากับ 71.59±0.71, 75.90±0.60, 80.32±1.52, 91.02±1.04, 92.06±1.84 และ 99.99±1.50 ไมโครเมตร ตามลำดับ แสดงว่าน้ำเชื่อมอินเวิร์ตมีผลต่อการพัฒนาต่อม HPG ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

คำสำคัญ : แอสเปอร์จิลลัส ผึ้งพันธุ์ น้ำเชื่อมอินเวิร์ต

Abstract

The experiment aims to separate the *Aspergillus* section *Nigri*, which is capable of producing invertase enzymes, decompose sucrose in an easy-to-use form known as invert syrup. Through sorting *Aspergillus* section *nigri* capable of producing invertase enzymes, 24 isolates were obtained. Subsequently, 4 isolates with different enzyme activity levels were selected: *Asp*. 5 (0.083 units/ml), *Asp.* 14 (0.713 units/ml), *Asp.* 15 (0.459 units/ml) and *Asp.* 19 (0.656 units/ml) to produce invert syrup. Honey bees were tested in 600 ml test boxes, using 30 bees/box. Compare the food-breeding bees, but the formula is as follows: 1. Sugar syrup only (Negative control; N) 2. Sugar syrup and corn pollen (Positive control; P) 3. Sugar syrup mixed with Invertase *Asp.* 5 + Corn pollen (T1) 4. Sugar syrup mixed with Invertase *Asp.* 14 + Corn pollen (T2) 5. Sugar syrup mixed with Invertase *Asp.* 15 + Corn pollen (T3) and 6. Sugar syrup mixed with Invertase *Asp.* 19 + Corn pollen (T4) for a period of 21 days. The results showed that sugar syrup with the enzyme had a higher consumption rate than regular sugar syrup. The bees on the T1 diet had the longest lifespan, followed by the T3, T2, Negative control, T4, and Positive control diets, respectively. In the study of Hypopharyngeal gland (HPG) development, it was found that bees fed with sugar syrup containing the enzyme had a significantly larger acini size than bees fed with regular sugar syrup. The average acini size for N, P, T1, T2, T3, and T4 was 71.59±0.71, 75.90±0.60, 80.32±1.52, 91.02±1.04, 92.06±1.84, and 99.99±1.50 micrometers, respectively. This indicates that invert syrup affects the development of the HPG gland, leading to an increase in size.

Keywords : *Aspergillus* section *Nigri,* invert syrup, Honey bee

บทนำ

ผึ้งเป็นแมลงเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย โดยผึ้งมักอาศัยอยู่บริเวณที่มีพืชอาหารผึ้งที่เหมาะสม การเลี้ยงผึ้งของเกษตรกรในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย จึงมักนำผึ้งไปเลี้ยงในบริเวณพื้นที่ที่มีดอกไม้ที่อุดมสมบูรณ์เพื่อให้ผึ้งมีแหล่งอาหารเพียงพอที่จะสามารถเจริญเติบโต มีการขยายรังและให้ผลผลิตที่ดี อย่างไรก็ตามในสภาวะที่มีอาหารไม่เพียงพอ ส่งผลให้ผลิตน้ำผึ้งได้น้อย ผึ้งอ่อนแอและเสี่ยงที่จะทำให้ผึ้งย้ายรัง ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งจึงมีความจำเป็นในการจัดหาอาหารทางเลือกแทนน้ำหวานจากเกสรดอกไม้ในธรรมชาติ ซึ่งทางเลือกที่ดีที่สุดคือการใช้น้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์ (Barker, 1977) อย่างไรก็ตามการผลิตน้ำผึ้งตามข้อกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร น้ำผึ้งจะต้องมีน้ำตาลซูโครสไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557) นั่นหมายความว่าการที่ให้น้ำตาลซูโครสในปริมาณมากอาจส่งผลให้มีซูโครสตกค้างในน้ำผึ้งสูงแล้วทำให้น้ำผึ้งไม่ได้มาตรฐาน จากเหตุผลดังกล่าวเกษตรกรบางรายจึงใช้ความร้อนหรือกรดเพื่อให้น้ำตาลอยู่ในรูปแบบอาหารที่กินง่ายขึ้น ทำให้เกิดสารประกอบปนเปื้อนที่เรียกว่าสารไฮดรอกซีเมททิลเฟอร์ฟิวรัล (Hydroxymethylfurfural; HMF) ที่เป็นอันตรายต่อผึ้ง (Jachimowicz, 1975; LeBlanc, 2009; Makawi, 2009) ซึ่งจากข้อกำหนดมาตรฐานน้ำผึ้ง HMF ไม่ควรเกิน 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อย่างไรก็ตามจากการศึกษาการย่อยสลายน้ำตาลซูโครสให้อยู่ในรูปแบบที่ใช้งานได้ง่ายสามารถใช้วิธีทางชีวภาพได้ เช่น การใช้เอนไซม์อินเวอร์เทสย่อยสลายน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลอินเวิร์ต ที่ผ่านมามีนักวิจัยได้ทำการศึกษาและคัดแยกจุลินทรีย์เพื่อใช้ในการผลิตเอนไซม์ ซึ่งเอนไซม์กลุ่มนี้จัดเป็นเอนไซม์ที่มีความสำคัญต่อภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ยา และสิ่งแวดล้อม ตัวอย่าง เช่น งานวิจัยของ Garlapatl (2015) ได้มีการคัดแยกเชื้อรา 16 ชนิดจากดิน ทำให้สามารถคัดเลือก *Aspergillus* sp. ที่ผลิตเอนไซม์ได้ดี หนึ่งในนั้นคือ *Aspergillus niger* (*Aspergillus* section *Nigri*) ที่สามารถผลิตเอนไซม์ได้หลายชนิดร่วมกันหนึ่งในนั้นคือเอนไซม์อินเวอร์เทส ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการคัดแยกเชื้อราที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสที่มีประสิทธิภาพและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำเชื่อมที่ผึ้งนั้นนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้เข้าอบรมและผ่านการทดสอบความรู้หลักสูตร “ผู้ขอรับใบอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์” เลขที่ใบอนุญาตใช้สัตว์ U1-10479-2565

1. การคัดแยกเชื้อราจากผึ้งพันธุ์

เก็บตัวอย่างผึ้งพันธุ์ที่มีชีวิตจากบริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงทั้งหมด 4 แห่ง ดังนี้ 1. บริเวณ ต.บ้านเหล่า อ.แม่ใจ จ.พะเยา (พิกัด 19°24'34.7"N 99°49'40.9"E) 2. บริเวณ ต.บ้านถ้ำ อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา (พิกัด 19°04'22.9"N 100°03'34.0"E) 3. บริเวณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยพะเยา จ.พะเยา (พิกัด 19°01'52.7"N 99°53'54.8"E) 4. บริเวณภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ (พิกัด 18°47'35.0"N 98°57'40.0"E) ทำการการุณยฆาต (Euthanasia) โดยใช้

สารเคมีสำหรับให้ผ่านการสูดดม (Inhaled agents) นำตัวอย่างมาคัดแยกหาเชื้อรา *Aspergillus* section *nigri* บนอาหารแข็ง *Aspergillus flavus* and *Parasitic* Agar (AFPA) (Frandberga et al., 2003) ด้วยวิธี Spread plate technique และทดสอบการผลิตเอนไซม์เบื้องต้นบนอาหารที่ดัดแปลงสูตรจาก Semisynthetic Medium (SS medium) (Danmek et al., 2014) ที่มีซูโคส 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นแหล่งคาร์บอนและเติม Bromothymal Blue เป็นอินดิเคเตอร์ ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน เมื่อเชื้อราเจริญให้ทำการคัดแยกลงในอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) เพื่อเก็บรักษาและใช้ในการทดลองต่อไป

2. การผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทส

นำสารละลายสปอร์ของเชื้อราที่คัดแยกได้ 1.0 มล. (10^6 สปอร์/มิลลิลิตร) มาเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว Semisynthetic Medium (SS medium) (Danmek et al., 2014) ที่มีส่วนประกอบของแหล่งอาหารที่สำคัญ คือ Sucrose (2.0 % w/v), Peptone (0.2% w/v), Yeast extract (0.1% w/v), KH_2PO_4 (0.2% w/v), $MgSO_4$ (0.05% w/v), $CaCl_2$ (0.01% w/v), $ZnSO_4.7H_2O$ (0.005% w/v), $FeSO_4.7H_2O$ (0.005% w/v), $MnSO_4.H_2O$ (0.005% w/v) และ Tween 80 (0.2% v/v) pH 7 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เขย่าที่ความเร็ว 80 รอบ/นาที เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นเก็บเอนไซม์ไว้ทดสอบในขั้นตอนต่อไป

3. การวัดแอคติวิตีของเอนไซม์

นำเอนไซม์อินเวอร์เทสที่ได้ไปทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายโครงสร้างน้ำตาล (แอคติวิตีเอนไซม์) โดยใส่ (1) สารละลายเอนไซม์ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร (2) สับสเตรทที่จำเพาะต่อเอนไซม์ คือ น้ำตาลซูโคสที่ละลายใน 50 mM sodium citrate buffer pH 5.5 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงไป บ่มที่อุณหภูมิ 60 องศา-เซลเซียส 30 นาที เพื่อให้เอนไซม์ย่อยสลายสับสเตรทเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ และวัดน้ำตาลที่เกิดขึ้นด้วยการเติมสารละลาย 3,5-Dinitrosalicylic acid (DNS) (Miller, 1959) 3 มิลลิลิตร ร่วมกับการเร่งปฏิกิริยาโดยการนำไปต้มในน้ำเดือด 10 นาที จากนั้นเติมน้ำ กลั่น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานกลูโคสเพื่อคำนวณหาค่าแอคติวิตีของเอนไซม์ กำหนดให้ 1 ยูนิต ของเอนไซม์ หมายถึง ปริมาณของเอนไซม์ที่สามารถย่อยสลายสับสเตรทให้เป็นน้ำตาลกลูโคส 1 ไมโครโมล ภายใน 1 นาที ภายใต้สภาวะที่ใช้ทดสอบ

4. การผลิตน้ำเชื่อมอินเวิร์ตสำหรับทดสอบผึ้งพันธุ์

นำน้ำตาลทรายผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 1 (กรัม) คนให้เข้ากันจนละลายเป็นเนื้อเดียวจะได้เป็นน้ำเชื่อมความเข้มข้น 50 °Brix โดยสูตรที่ใส่เอนไซม์ให้เติมเอนไซม์อินเวอร์เทส 5% (กรัม) ผสมกับน้ำเชื่อม 50 °Brix ให้เข้ากันแล้วนำไปบ่มในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง เสร็จแล้วเก็บรักษาน้ำเชื่อมไว้ในตู้เย็น

5. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำเชื่อมอินเวิร์ตต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของผึ้งพันธุ์

5.1 การเตรียมผึ้งพันธุ์

เตรียมตัวอย่างผึ้งงานเกิดใหม่ โดยใช้ผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) จากแปลงปฏิบัติการภาคกีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากรังที่มีสุขภาพดี โดยเลือกคอนผึ้งที่มีเซลล์ตัวอ่อนที่อยู่ในระยะที่ใกล้เจริญออกมาเป็นตัวเต็มวัย มาบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 33 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60± 10 เปอร์เซ็นต์ ในที่มืดจนกระทั่งดักแด้กลายเป็นผึ้งตัวเต็มวัยอายุ 0 วัน (newly emerged bees) จึงนำมาทำการทดสอบในลำดับต่อไป (Omar et al., 2017)

5.2 การทดสอบอัตราการกินและอายุขัยของผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมอินเวิร์ต

นำผึ้งพันธุ์ที่เกิดใหม่มาเลี้ยงในกล่องทดสอบกลุ่มละ 30 ตัว จำนวน 6 ซ้ำ โดยกล่องเป็นกล่องใสทรงกลมขนาด 600 มิลลิลิตร มีการแขวนแผ่นรังผึ้ง (Bee Wax) ขนาด 5 x 5 เซนติเมตร เลี้ยงในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ ในที่มืด มีการให้น้ำเชื่อมอินเวิร์ตที่ถูกปรับสภาพด้วยเอนไซม์อินเวอร์เทสจากจุลินทรีย์กลุ่ม *Aspergillus* section *Nigri* ที่ต่างกัน 4 กรรมวิธี คือ การใช้เอนไซม์อินเวอร์เทสจากเชื้อ *Asp.* 5 (**T1**), *Asp*. 14 (**T2**), *Asp*. 15 (**T3**) และ *Asp*. 19 (**T4**) เทียบกับกลุ่มควบคุมแบบบวก (Positive Control; **P**) มีการให้อาหารโปรตีนที่เป็นเกสรดอกข้าวโพด (Pollen Patty) ในทุกกล่องทดลองปริมาณ 2 กรัม/ครั้ง น้ำเชื่อมและน้ำเปล่า 5 มิลลิลิตร/ครั้ง ยกเว้นกลุ่มควบคุมแบบลบ (Negative control; **N**) ที่จะไม่มีการให้อาหารโปรตีน ทำการเปลี่ยนอาหารทุก 3 วัน ชั่งน้ำหนักอาหารก่อนกินและหลังกินทุกครั้ง และในแต่ละวันผึ้งพันธุ์ที่ตายจะถูกคัดออกและจดบันทึกผล (Hsu et al., 2021)

5.3 การศึกษาการพัฒนาของต่อม Hypopharyngeal gland (HPG)

ศึกษาการพัฒนาต่อม Hypopharyngeal gland (**HPG**) โดยคัดเลือกผึ้งงานอายุ 7 วัน จากแต่ละกลุ่มการทดลอง กลุ่มละ 5 ตัว มาผ่าส่วนหัวเพื่อศึกษา HPG และวัดขนาดของ Acini โดยใช้คีมคีบสแตนเลส (forceps) ผ่าภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (ดัดแปลงจากวิธีของ Corby-Harris & Snyder, 2018) วางบนแผ่นสไลด์และหยดสารละลายโซเดียมคลอไลด์ 0.05 มิลลิโมลาร์ ก่อนทำการถ่ายภาพและวัดขนาดภายใต้กล้องจุลทรรศน์ไมโครสโคป (Leica M205 FCA-FA, Germany)

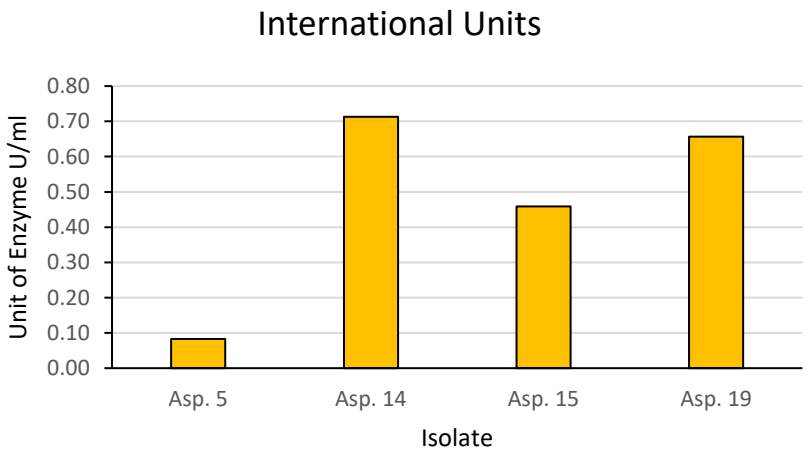
6. สถิติที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) ในแต่ละการทดลองมีการทำซ้ำอย่างน้อย 3 ซ้ำ (Replicates) และวิเคราะห์ค่าทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละทรีตเมนต์โดยใช้วิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรมทางสถิติ Statistics Package for the Social Sciences (SPSS)

ผลการวิจัย

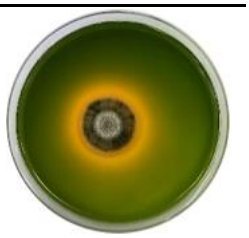
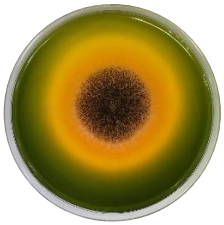
1. การคัดแยกเชื้อราและการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทส

จากการคัดแยกเชื้อรา *Aspergillus* section *nigri* บนอาหาร AFPA และ SS medium พบว่ามีเชื้อรา 24 ไอโซเลท ที่ทำให้อาหาร SS medium ที่เติม Bromothymal Blue เป็นอินดิเคเตอร์ เกิดการเปลี่ยนสีจากอาหารสีเขียวเป็นสีเหลือง และเมื่อนำเชื้อมาตรวจสอบแอคติวิตีของเอนไซม์ด้วย DNS method พบว่าเชื้อราทั้ง 24 ไอโซเลท มีการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสได้ทั้งหมด จากนั้นเลือกเชื้อราไอโซเลทที่ 5 (*Asp*. 5), 14 (*Asp.* 14), 15 (*Asp.* 15) และ 19 (*Asp.* 19) ที่มีการผลิตเอนไซม์แต่งต่างกันดังนี้ *Asp.* 5 (0.083 ยูนิต/มล.), *Asp.* 14 (0.713 ยูนิต/มล.), *Asp.* 15 (0.459 ยูนิต/มล.) และ *Asp.* 19 (0.656 ยูนิต/มล.) (ภาพที่ 1) มาใช้ในการผลิตน้ำเชื่อมอินเวิร์ตสำหรับเลี้ยงผึ้งพันธุ์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำเชื่อมอินเวิร์ตต่อสุขภาพและการเจริญเติบโตของผึ้งพันธุ์



ภาพที่ 1 แสดงค่าแอคติวิตีของเอนไซม์อินเวอร์เทส

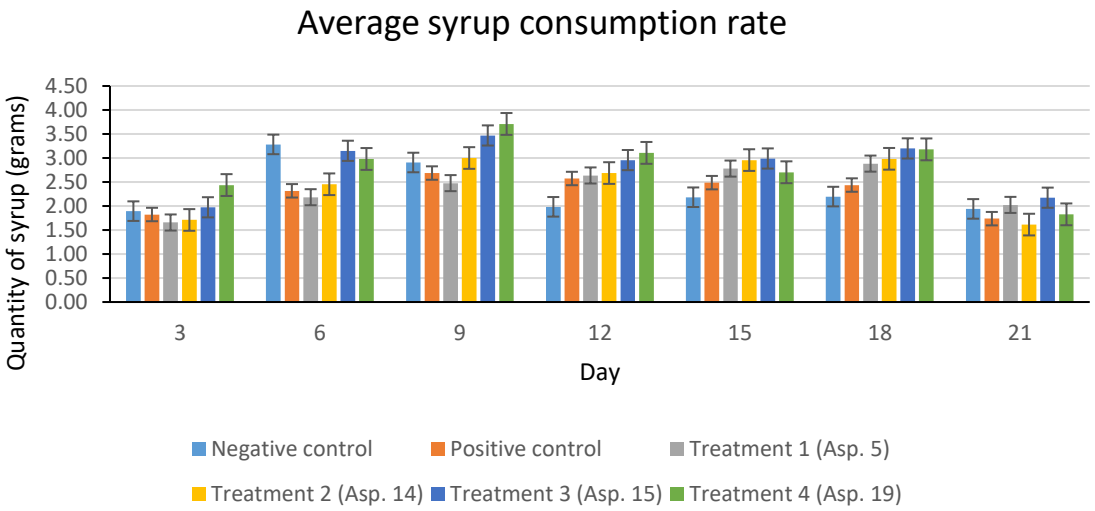
ตารางที่ 1 แสดงลักษณะของเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่ถูกคัดเลือกมาใช้ในการผลิตน้ำเชื่อมอินเวิร์ตบนอาหารสังเคราะห์ PDA, AFPA, SS และ SS + Bromothymol Blue

Isolate	PDA	AFPA	SS medium	SS medium + Bromothymol Blue
Aspergillus spp. 5				
Aspergillus spp. 14				
Aspergillus spp. 15				
Aspergillus spp. 19				

2. การทดสอบอัตราการกินและอายุขัยของผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมอินเวิร์ต

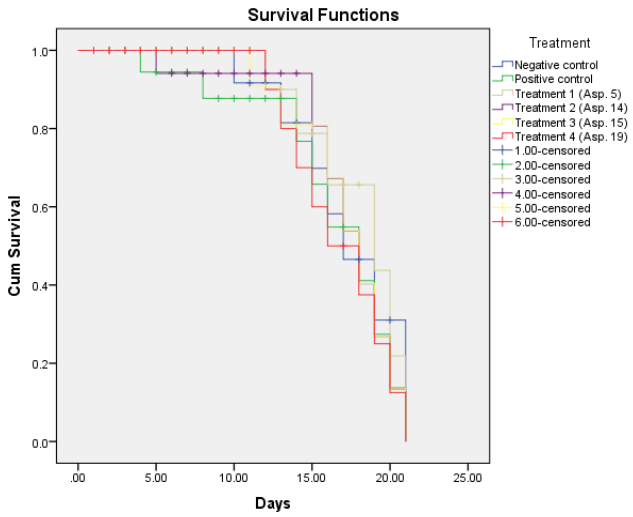
ผลการทดสอบอัตราการกินน้ำเชื่อมของผึ้งพันธุ์ในกล่องทดลองทั้ง 5 ทรีตเมนต์ที่ต่างกันดังนี้ 1. ให้น้ำเชื่อมอย่างเดียว (Negative control; **N**) 2. ให้น้ำเชื่อมและเกสรข้าวโพด (Positive control; **P**) 3. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 5 + เกสรผึ้งดอกข้าวโพด (**T1**) 4. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 14 + เกสรผึ้งดอกข้าวโพด (**T2**) 5. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 15 + เกสรผึ้งดอกข้าวโพด (**T3**) และ 6. น้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 19 + เกสรผึ้งดอกข้าวโพด (**T4**) โดยทำการชั่งน้ำหนักน้ำเชื่อม (หน่วยเป็นกรัม) เพื่อเก็บผลพร้อมเปลี่ยนอาหารทุก 3 วัน เป็นเวลา 21 วัน พบว่าใน 3 วันแรก ผึ้งมีอัตราการกิน

น้ำเชื่อมไม่ต่างกันมากนัก วันที่ 4-9 อัตราการกินเริ่มมีค่าเฉลี่ยลดหลั่นกันไป พอเข้าสู่ช่วงวันที่ 10 – 18 อัตราการกินมีลักษณะไปในทางเดียวกัน คือ T3 และ T4 มีอัตราการกินสูงสุด รองลงมาเป็น T2, T1, Positive control และ Negative control ตามลำดับ แต่ในช่วงท้าย วันที่ 19 – 21 อัตราการกินน้ำเชื่อมกลับไม่แตกต่างกัน



ภาพที่ 2 แสดงอัตราการกินน้ำเชื่อมของผึ้งพันธุ์ในระยะเวลา 21 วัน

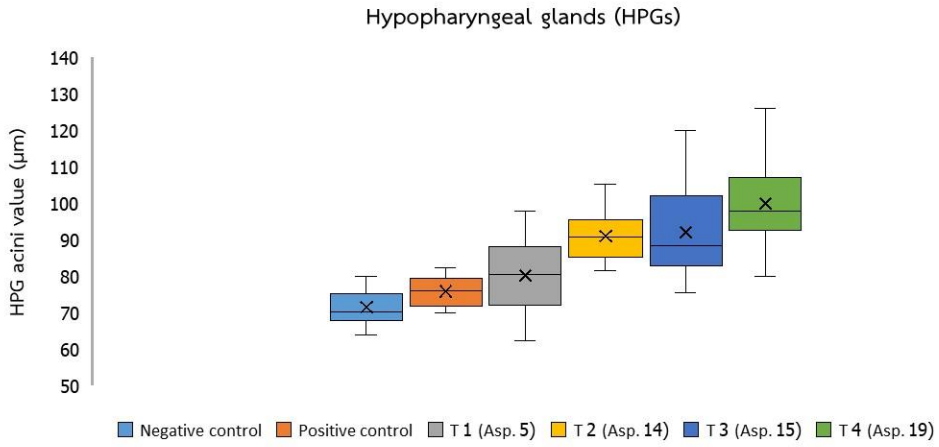
ผลการตรวจสอบอายุขัยของผึ้งทั้ง 6 ทรีตเมนต์ ที่ได้รับอาหารที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 21 วัน พบว่าผึ้งมีอายุขัยเฉลี่ยดังนี้ N (17.21±1.18), P (16.38±1.29), T1 (18.00±1.12), T2 (17.24±1.10), T3 (17.26±1.04) และ T4 (16.75±1.03) โดยผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp*. 5 และเกสรดอกข้าวโพด (T1) มีอายุขัยมากสุด รองลงมาเป็นผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 15 (T3) และ *Asp.* 14 (T2) ตามลำดับ โดยผึ้งที่มีอายุขัยน้อยสุดคือผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมและเกสรดอกข้าวโพด (Positive control) รองลงมาคือผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 19 (T4) และ ผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมอย่างเดียว (Negative control) ตามลำดับ (ภาพที่ 3)



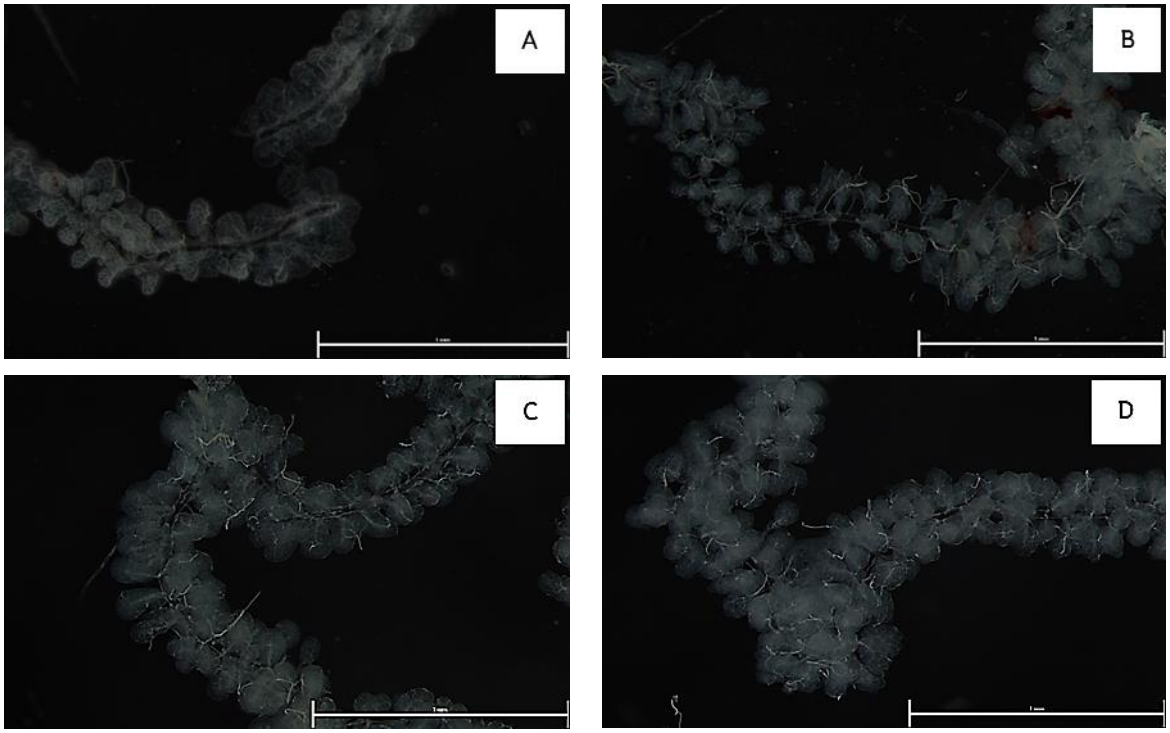
ภาพที่ 3 อายุขัยของผึ้งพันธุ์ในกล่องทดลองที่ได้รับเกสรข้าวโพดและน้ำเชื่อมต่างชนิดกัน เป็นเวลา 21 วัน

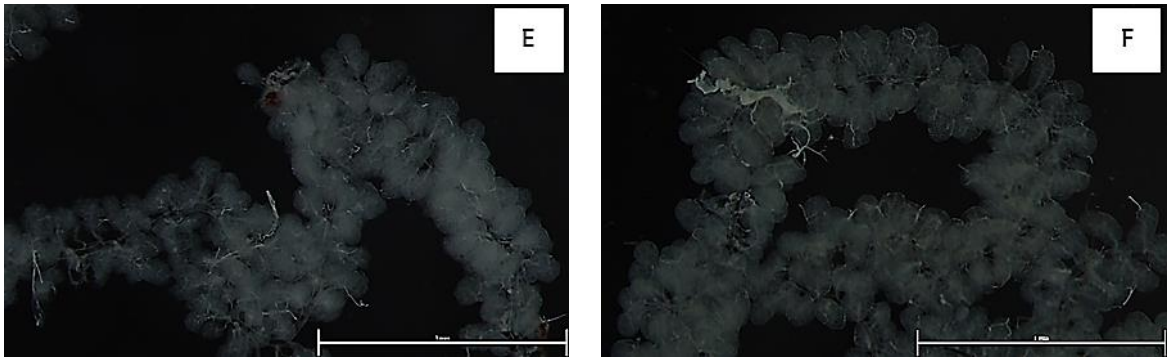
3. การศึกษาการพัฒนาของต่อม Hypopharyngeal gland (HPG)

จากการศึกษาการพัฒนาต่อม Hypopharyngeal gland (**HPG**) ของผึ้งพันธุ์ที่มีอายุ 7 วัน โดยวัดขนาดของ acini พบว่า อาหารแต่ละสูตรมีผลต่อการพัฒนาขนาดของ acini แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 19 (T4) มีขนาดของ acini เฉลี่ยใหญ่ที่สุด คือ 99.99±1.50 ไมโครเมตร รองลงมาคือ ผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 15 (T3), *Asp.* 14 (T2), *Asp*. 5 (T1), Positive control และ Negative control ที่มีขนาดของ acini เฉลี่ยเท่ากับ 92.06±1.84, 91.02±1.04, 80.32±1.52, 75.90±0.60 และ 71.59±0.71 ไมโครเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 4 กราฟแสดงขนาด HPGs ของผึ้งพันธุ์ที่ได้รับเกสรดอกข้าวโพดและน้ำเชื่อมต่างชนิดกันเป็นเวลา 7 วัน





ภาพที่ 5 ลักษณะรูปร่างและขนาด acini ของผึ้งพันธุ์ที่ได้รับอาหารต่างชนิดกันเป็นเวลา 7 วัน Negative control (A), Positive control (B), T1 (C), T2 (D), T3 (E) และ T4 (F)

วิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่าเชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่คัดแยกได้จากผึ้งทั้ง 24 ไอโซเลท ทุกตัวมีความสามารถในการผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทส โดยเลือกเชื้อรา 4 ไอโซเลท ที่มีค่าแอคติวิตีต่างกันมาศึกษาต่อคือ *Asp*. 5 (0.083 ยูนิต/มล.), *Asp.* 14 (0.713 ยูนิต/มล.), *Asp.* 15 (0.459 ยูนิต/มล.) และ *Asp*. 19 (0.656 ยูนิต/มล.) เมื่อนำเอนไซม์ที่ได้มาทำเป็นน้ำเชื่อมอินเวิร์ตเพื่อเลี้ยงผึ้งพันธุ์พบว่าในช่วงแรกอัตราการกินน้ำเชื่อม ที่มีส่วนผสมของเอนไซม์ไม่แตกต่างจากน้ำเชื่อมธรรมดามากนัก เนื่องจากผึ้งเกิดใหม่ต้องการโปรตีนมากกว่าคาร์โบไฮเดรตเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและพัฒนาส่วนต่างๆ ทำให้อัตรากินน้ำเชื่อมในช่วงแรกยังต่ำ แต่เมื่อเวลาผ่านไปผึ้งต้องการพลังงานในการดำเนินชีวิต อัตราการกินน้ำเชื่อมอินเวิร์ตจึงมีปริมาณมากขึ้น โดยวันที่ 10 – 18 อัตราการกินมีลักษณะไปในทางเดียวกัน คือ น้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของเอนไซม์มีอัตราการกินสูงกว่า น้ำเชื่อมธรรมดา ซึ่งอาจเกิดจากน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของเอนไซม์มีโมเลกุลเล็กทำให้ง่ายต่อการกินและดูดซึม แต่หลังวันที่ 18 – 21 อัตราการกินน้ำเชื่อมลดลงอย่างเห็นได้ชัด สาเหตุอาจมาจากจำนวนผึ้งที่เหลืออยู่มีจำนวนน้อยและไม่เท่ากัน และเมื่อศึกษาอายุขัยของผึ้งทั้ง 6 ทรีตเมนต พบว่าผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 5 มีอายุขัยมากสุด รองลงมาเป็นผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่ผสมเอนไซม์อินเวอร์เทส *Asp.* 15, *Asp*. 14, Negative control, *Asp.* 19 และ Positive control ตามลำดับ ซึ่งเมื่อสังเกตค่าแอคติวิตีที่ต่างกันของเชื้อรา พบว่าเอนไซม์อินเวอร์เทสที่มีค่าแอคติวิตีต่ำจะส่งผลให้ผึ้งมีอายุขัยยืนยาวกว่าเอนไซม์ที่มีค่าแอคติวิตีสูง ซึ่งอาจเป็นผลข้างเคียงของเชื้อ *Aspergillus* Section *Nigri* ที่สามารถผลิตโอคราท็อกซิน เอ (Ochratoxin A; OTA) ที่เป็นพิษต่อคนและสัตว์ได้ (Astoreca et al, 2010) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Niu et al. (2011) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับพิษของ OTA ที่ผลิตจากเชื้อราแอสเปอร์จิลลัสที่พบได้บ่อยในรังผึ้ง พบว่าผึ้งงานสามารถทนต่อสาร OTA ได้ที่ความเข้มข้นหลายระดับ โดยทนต่อ OTA ในระดับต่ำ (1 ไมโครกรัม/กรัม) ได้ แต่ถ้าความเข้มข้นสูงกว่า 5 ไมโครกรัม/กรัม จะทำให้ผึ้งตายมากกว่า 50% ภายใน 3 วัน ภายใต้สภาวะการทดสอบ

ในการศึกษาการพัฒนาต่อม Hypopharyngeal gland (HPG) พบว่าผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของเอนไซม์มีขนาดของ acini ใหญ่กว่าผึ้งที่ได้น้ำเชื่อมธรรมดาอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าน้ำเชื่อมอินเวิร์ตที่ผลิตจากเอนไซม์อินเวอร์เทสมีผลต่อการพัฒนาต่อม HPG ซึ่งใกล้เคียงกับงานวิจัยของ Hasan et al (2022) ที่พบว่าการใส่โปรไบโอติกและกรดอินทรีย์ผสมในน้ำเชื่อมเลี้ยงผึ้งทำให้ต่อม HPG มีขนาดใหญ่กว่าผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมธรรมดา โดยผึ้งงานใช้ต่อม HPG ในการผลิตนมผึ้ง (Royal Jelly) สำหรับใช้เป็นอาหารเลี้ยงดูตัวอ่อนผึ้งและผึ้งนางพญา เมื่อผึ้งได้รับสารอาหารที่เหมาะสมต่อการพัฒนาต่อม HPG จะทำให้ acini มีขนาดใหญ่ขึ้นและผลิตนมผึ้งได้มากขึ้น (ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ และคณะ 2024; Jang et al., 2022)

สรุปผล

เชื้อรา *Aspergillus* section *Nigri* ที่คัดแยกได้จากบริเวณผิวผึ้งสามารถผลิตเอนไซม์อินเวอร์เทสได้ดีและสามารถใช้ในการทำน้ำเชื่อมอินเวิร์ตได้แต่ต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสมถึงจะไม่เป็นอันตรายต่อผึ้งพันธุ์ เช่น ไอโซเลท *Asp.* 5 (0.083 ยูนิต/มล.) ที่มีค่าแอคติวิตีของเอนไซม์อินเวอร์เทสและอัตราการกินน้ำเชื่อมอินเวิร์ตน้อยกว่าอีก 3 ไอโซเลท ที่เลือกมา แต่ผึ้งกลับมีอายุขัยมากที่สุด มากว่าน้ำเชื่อมอินเวิร์ตสูตรอื่น และน้ำเชื่อมที่มีส่วนผสมของเอนไซม์อินเวอร์เทสมีผลต่อการพัฒนาต่อม Hypopharyngeal gland (HPG) โดยทำให้ขนาดของ acini ใหญ่ขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับผึ้งที่ได้รับน้ำเชื่อมธรรมดา

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ตามเลขที่ทุน N24A670753 และทุน Fundamental Fund 25567 เลขคำสั่ง 260/2567

เอกสารอ้างอิง

ขรรค์ชัย ดั้นเมฆ, โชค โสรัจกุล, ศุภคม คล้ายโตนด, ชัยณรงค์ วงศ์สรรศรี, พิเชษฐ์ ประภาวิลัย, กนกวรรณ ไกลถิ่น และบาจรีย์ ฉัตรทอง. 2567. ผลของการเสริมอาหารเกสรเทียมต่อการผลิตผึ้งพันธุ์และโภชนาการของตัวอ่อนผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.). วารสารแก่นเกษตร. 52(4): 724–736.

มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 8003-2556 น้ำผึ้ง. (13 กุมภาพันธ์ 2557). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 131 ตอนพิเศษ 31 ง หน้า 1-9.

Astoreca, A. L., Magnoli, C. E., & Dalcero, A. M. 2010. Ecophysiology of *Aspergillus* section *nigri* species potential ochratoxin a producers. Toxins. 2(11): 2593–2605.

Barker, R. J. 1977. Some Carbohydrates Found in Pollen and Pollen Substitutes are Toxic To Honey Bees. The Journal of Nutrition. 107(10): 1859–1862.

Corby-Harris, V., and Snyder, L. A. 2018. Measuring Hypopharyngeal Gland Acinus Size in Honey Bee (*Apis mellifera*) Workers. Journal of visualized experiments. (139): 58261.

Danmek, K., Intawicha, P., Thana, S., Sorachakula, C., Meijer, M., & Samson, R. A. 2014. Characterization of cellulase producing from *Aspergillus melleus* by solid state fermentation using maize crop residues. African journal of Microbiology Research. 8(24): 2397-2404.

Frandberga, E., Pitt, J., & Olsena, M. 2003. Quality control of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* agar and comparison with dichloran 18% glycerol agar: a collaborative study. International Journal of Food Microbiology. 89(1): 99–102.

Garlapatl, V. K., Maheswarl, N., & Gupta, A. 2015. Isolation and Screening of Fungal Isolates for Multienzyme Production Through Submerged and Solid State Fermentations. Journal of Bioprocessing & Biotechniques. 5(8): 1-7.

Hasan, A., Qazi, J. I., Tabssum, F., & Hussain, A. 2022. Feeding probiotics and organic acids to honeybees enhances acinal surface area of their hypopharyngeal glands. Research in veterinary science. 149: 47–50.

Hsu, C.-K., Wang, D.-Y., & Wu, M.-C. 2021. A Potential Fungal Probiotic Aureobasidium melanogenum CK-CsC for the Western Honey Bee, *Apis mellifera.* Journal of Fungi. 7(7): 508.

Jachimowicz, T., and El Sherbing, G. 1975. ZUR PROBLEMATIK DER VERWENDUNG VON INVERTZUCKER FÜR DIE BIENENFÜTTERUNG. Apidologie. 6(2): 121–143.

Jang, H., Ghosh, S., Sun, S., Cheon, K. J., Mohamadzade Namin, S., & Jung, C. 2022. Chlorella-supplemented diet improves the health of honey bee (*Apis mellifera*). Frontiers in Ecology and Evolution. 10:922741.

LeBlanc, B. W., Eggleston, G., Sammataro, D., Cornett, C., Dufault, R., Deeby, T., & St Cyr, E. 2009. Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). Journal of agricultural and food chemistry. 57(16): 7369–7376.

Makawi, S., Tah, M. I., Zakaria, B. A., Siddig, B., & Mahmod, Ha., El, A. R., & kariem, E. A. G. 2009. Identification and Quantification of 5Hydroxymethyl Furfural HMF in Some Sugar-Containing Food Products by HPLC. Pakistan Journal of Nutrition. 8: 1391-1396.

Miller, G. L. 1959. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. Analytical Chemistry. 31(3): 426–428.

Niu, G., Johnson, R. M., & Berenbaum, M. R. 2011. Toxicity of mycotoxins to honeybees and its amelioration by propolis. Apidologie. 42(1): 79–87.

Omar, E., Abd-Ella, A. A., Khodairy, M. M., Moosbeckhofer, R., Crailsheim, K., & Brodschneider, R. 2016. Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (*Apis mellifera*). Apidologie. 48(4): 425–436.

การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะขามหมู

Phytochemical Screening and Antioxidant Activitie in Half Ripe Tamarind (Ma Kham Moo)

รัชดาภรณ์ เชื้อบุญมี[1] เสาวภา ชูมณี[1,2*] ปิยรัตน์ มูลศรี[1,2] กาญจน์ คุ้มทรัพย์[1,3] และ อาทิตย์ หู้เต็ม[1,4]

Ratchadaporn Chuaboonmee[1] Saowapa Chumanee[1,2*] Piyarut Moonsri[1,2] Kan Khoomsab[1,3] Artit Hutem[1,4]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000

[1] Division of Science Education, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

[2*] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

[2*] Division of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

[3] สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

[3] Division of Biology, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

[4] สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์ 67000

[4] Division of Physics, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

*Corresponding author E-mail: Saowapa@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มุ่งเน้นการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อมะขามหมู 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ประกายทอง, พันธุ์สีทอง, พันธุ์ศรีชมภู และพันธุ์ขันตี ที่ปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยนำตัวอย่างมาผ่านกระบวนการทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Freeze Drying) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) โดยวิธี Folin-Ciocalteu และปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoid Content) โดยวิธี Aluminium chloride colorimetric assay มะขามหมูมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 3.19 – 2.58 mg GAE/g DW และ 7.34 – 5.37 mg CAE/g DW ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยใช้วิธี DPPH, ABTS และ FRAP ผลการศึกษาพบว่าพันธุ์สีทองมีปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงที่สุด ส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสายพันธุ์อื่น โดยมีปริมาณ ABTS สูงที่สุดอยู่ในช่วง 9.96 – 8.46 mg TEE/g DW รองลงมา คือ FRAP และ DPPH มีค่าอยู่ในช่วง 3.11 – 2.64 mg TEE/g DW และ 5.04 – 4.50 mg TEE/g DW จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ โดยมะขามหมูเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มีศักยภาพสูง ซึ่งยังไม่มีการศึกษามาก่อน ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ เช่น เครื่องดื่มฟังก์ชันที่อุดมด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ, ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร, ซอสหมักจากสารฟีนอลิกธรรมชาติ หรือสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร ดังนั้น งานวิจัยนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญในการผลักดันให้มะขามหมูเป็นวัตถุดิบที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับอุตสาหกรรมทั้งในเชิงโภชนาการ

และเชิงพาณิชย์ ซึ่งไม่เพียงช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร แต่ยังสนับสนุนเศรษฐกิจชุมชนและการใช้ทรัพยากรท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : มะขามหมู ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This study focused on the preliminary phytochemicals and antioxidants in four kinds of in Half Ripe Tamarind (Ma Kham Moo) that were collected from farmers in Phetchabun province. These were PrakaiThong, SiThong, SiChomphu, and Khantee. We Vacuum Freeze Drying and analyzed their chemical composition, including Total Phenolic Content using the Folin-Ciocalteu method and Total Flavonoid Content using the aluminum chloride colorimetric assay. The amount of phenolic and flavonoid compounds in Ma kham Moo was between 3.19 and 2.58 mg GAE/g DW and 7.34 and 5.37 mg CAE/g DW. In addition, the antioxidant activity was evaluated using the DPPH, ABTS, and FRAP assays. The results showed that the SiThong variety had the highest phenolic and flavonoid content, correlated with the highest antioxidant activity among the tested varieties. The ABTS assay exhibited the highest antioxidant capacity, ranging from 9.96 to 8.46 mg TEE/g DW, followed by FRAP and DPPH, which had values ranging from 3.11 to 2.64 mg TEE/g DW and 5.04 to 4.50 mg TEE/g DW, respectively. This study demonstrated a positive correlation between total phenolic and flavonoid contents and antioxidant capacity, confirming that Ma kham Moo is a potent natural source of antioxidants, which has not been previously studied. The findings provide a foundation for developing prototype products, such as functional beverages rich in antioxidants, dietary supplements, naturally derived phenolic-based marinades, or natural antioxidant preservatives for the food industry. Therefore, this research is crucial in promoting Ma kham Moo as a valuable raw material for industrial applications in the nutrition and commercial sectors. Additionally, utilizing Ma kham Moo could enhance the economic value of local agricultural products, support community-based economies, and promote the sustainable use of local resources.

Keywords : Half Ripe Tamarind (Ma Kham Moo), Phenolic, Flavonoid, Antioxidant Activities

บทนำ

มะขามหวานเพชรบูรณ์ (Phetchabun Sweet Tamarind) ได้รับการรับรองให้เป็นสินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ไทย (Thai Geographical Indication: GI) ภายใต้ทะเบียนเลขที่ สช 4810003 และได้รับการขึ้นทะเบียนเมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 มะขามหวานจากพื้นที่นี้มีลักษณะเฉพาะที่โดดเด่น เปลือกมีสีน้ำตาลเรียบเนียน เนื้อหนา นุ่ม เหนียว ไม่แข็งกระด้าง เส้นใยน้อย และให้รสชาติหวานหอมเป็นเอกลักษณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ถือเป็นพื้นที่เพาะปลูกมะขามหวานที่ดีที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ทั้งภูมิประเทศที่เป็นแอ่งกระทะ มีแม่น้ำป่าสักไหลผ่านทำให้ดินอุดมไปด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมซึ่งช่วยให้ผลผลิตมีคุณภาพสูง สม่ำเสมอ และคงรสชาติเป็นเอกลักษณ์ที่แตกต่างจากแหล่งปลูกอื่น ๆ นอกจากนี้ ดินและสภาพอากาศของเพชรบูรณ์ยังเหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ โดยเฉพาะไม้ผล ซึ่งช่วยเสริมให้มะขามหวานที่ปลูกในพื้นที่นี้มีคุณภาพดี ได้รับการยอมรับในระดับประเทศ (กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์, 2562) ในแต่ละปีมะขามหวานเพชรบูรณ์มีปริมาณการผลิตสูงถึง 52,000 ตัน โดยมีระบบการจัดการควบคุมคุณภาพภายใต้มาตรฐาน GI (Geographical Indication) ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ปัจจุบันตลาดส่งออกหลักของไทย ได้แก่ เวียดนาม จีน และประเทศต่าง ๆ ในทวีปยุโรป ซึ่งช่วยสร้างรายได้ให้แก่ผู้ประกอบการในจังหวัดเพชรบูรณ์กว่า 3,900 ล้านบาทต่อปี (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2565)

นอกจากมะขามหวานแล้ว “มะขามหมู” เป็นชื่อเรียกของมะขามที่ยังสุกไม่เต็มที่ โดยมีลักษณะเด่นคือ เปลือกยังคงเป็นสีเขียว และยังคงรสชาติเปรี้ยว ซึ่งแตกต่างจากมะขามสุกที่เปลือกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและมีรสชาติหวาน นอกจากนี้ มะขามหมูยังมีเนื้อสัมผัสที่แข็งหรือกรอบ มีความฝาดเล็กน้อย เมื่อแกะเปลือกออกจะพบว่าเนื้อภายในเป็นสีเหลืองอ่อนหรือออกสีทอง มะขามหมูมักถูกนำมาบริโภคแบบฝักสด การเลือกซื้อควรเลือกมะขามหมูที่เปลือกยังสดเขียว ไม่มีรอยช้ำหรือรอยด่าง เพื่อให้ได้รสชาติที่ดีที่สุด สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นเพื่อยืดอายุการเก็บรักษา หรือสามารถนำไปแช่แข็งเพื่อคงความสดใหม่และสะดวกต่อการนำมาบริโภคในภายหลัง แม้ว่ามะขามหมูจะยังคงรสเปรี้ยวแต่ก็มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่ม โพลีฟีนอล เช่น แอนโทไซยานิน และฟลาโวนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบฟีนอลิกที่พบได้ในผักและผลไม้ สารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญ ในการต่อต้านอนุมูลอิสระและลดความเสียหายจาก ความเครียดออกซิเดชัน (Oxidative Stress) ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจนำไปสู่โรคเรื้อรัง เช่น ภาวะหลอดเลือดแข็งตัว (Atherosclerosis), ริ้วรอยก่อนวัย, จุดด่างดำ และอาจเกี่ยวข้องกับการเกิดมะเร็งบางชนิด นอกจากนี้ โพลีฟีนอลยังสามารถช่วยลดผลกระทบของรังสี UV ซึ่งเป็นตัวกระตุ้นสำคัญของการทำลายเซลล์ผิวหนัง มะขามอุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระหลากหลายชนิด รวมถึง วิตามินซี, เบตาแคโรทีน, ไทอามีน ไรโบฟลาวิน และไนอาซิน ซึ่งเป็นวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกาย โดยเฉพาะ วิตามินซี ที่มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างระบบภูมิคุ้มกัน ลดการอักเสบและช่วยป้องกันความเสียหายของเซลล์ที่เกิดจากอนุมูลอิสระจากการศึกษาพบว่า ปริมาณฟีนอลิกรวม (Total Phenolic Content) ในเนื้อมะขามหวานสุก มีค่าระหว่าง 5.56 ถึง 20.75 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อ 100 กรัมเนื้อมะขามสุก ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงศักยภาพของมะขามในการเป็นแหล่ง

ของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (พรประภา ชุนถนอม และ พจนีย์ แก้วคำแสน, 2555) มีประโยชน์ต่อสุขภาพโดยเฉพาะฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นอกจากโพลีฟีนอลแล้ว มะขามหวานยังเป็นแหล่งสำคัญของกรดอัลฟ่าไฮดรอกซี (AHA) ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีบทบาทสำคัญในด้านสุขภาพและการดูแลผิวพรรณ โดยเฉพาะในพันธุ์ประกายทอง, พันธุ์สีทอง, พันธุ์ศรีชมภู, พันธุ์อินทผาลัม และพันธุ์น้ำผึ้ง (ปิยรัตน์ มูลศรี, 2544) AHA ในมะขามประกอบด้วยกรดผลไม้จากธรรมชาติ ได้แก่ กรดไกลโคลิก (Glycolic acid) ช่วยผลัดเซลล์ผิว กรดแลคติก (Lactic acid) ส่งเสริมการให้ความชุ่มชื้น กรดมาลิก (Malic acid) ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในร่างกาย กรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) มีฤทธิ์ในการปรับสมดุลค่า pH ของผิว และกรดซิตริก (Citric acid) ช่วยต้านอนุมูลอิสระและให้ความกระจ่างใส

ปัจจุบันการศึกษาสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากพืชธรรมชาติได้รับความสนใจอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสารเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพและลดความเสี่ยงของโรคร้ายแรง เช่น มะเร็ง โรคหัวใจ และความเสื่อมของเซลล์ในร่างกาย ด้วยคุณสมบัติที่ช่วยยับยั้งกระบวนการออกซิเดชันสารต้านอนุมูลอิสระจึงกลายเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจทั้งในวงการแพทย์และอุตสาหกรรมอาหาร แม้ว่าจะมีการศึกษาเกี่ยวกับพืชสมุนไพรและผลไม้หลายชนิดมาแล้ว แต่ยังมีผลไม้ของท้องถิ่นอย่างเช่น มะขามหมูที่ยังไม่ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับสารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะขามหมูที่ยังไม่มีการศึกษา เพื่อค้นหาศักยภาพและเพิ่มพูนองค์ความรู้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองไม่เพียงแต่ช่วยเติมเต็มข้อมูลทางวิชาการ แต่ยังสามารถนำไปต่อยอดในด้านอุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยา หรือผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพตลอดจนส่งเสริมการใช้ทรัพยากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน อีกทั้งยังอาจเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือและสารเคมี

เครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena รุ่น SPECORD 200 PLUS ประเทศเยอรมนี เครื่องคลื่นความถี่สูงร่วมด้วยในการสกัด (Ultrasound-Assisted Extraction: UAE) ยี่ห้อ DW-IID บริษัท DRAWELL artist of science ประเทศจีน เครื่องทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Freeze Drying) ยี่ห้อ GRT รุ่น GFD-4EC บริษัท กฤษเหรียญทอง ประเทศไทย เครื่องดูดสารไมโครปิเปต (Micro pipette) รุ่น Pipet-Lite PL+ บริษัท METTLER TOLEDO เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge) รุ่น Velocity 18R Pro บริษัท Thermo Scientific เครื่องทำน้ำปราศจากไอออน (18.2 MΩcm) ยี่ห้อ arium pro ultrapure บริษัท Sartorius ประเทศเยอรมนี เครื่องชั่งไฟฟ้าอย่างละเอียด 4 ตำแหน่ง โมเดล MS204TS บริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ สารเคมีที่สำคัญที่ใช้ในงานวิจัย โทรลอกซ์ (Trolox) เกรด HPLC บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศไทย กรดแกลลิก (Gallic acid) เกรด HPLC บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศไทย แคทีชิน (Cathechin) เกรด HPLC บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศไทย ดีพีพีเอช (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl ;DPPH) เกรด HPLC บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศไทย

เอบีทีเอส (2,4,6,-tris (2-pyridyl)-s-triazine ;ABTS) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศไทย ทีพีทีแซด (2,4,6,-tris (2-pyridyl)-s-triazine ;TPTZ) บริษัท Sigma-Aldrich ประเทศไทย โฟลิน-ซิโอแคลทู ฟีนอล รีเอเจนต์ (Folin-Ciocalteu's phenol reagent) เกรดวิเคราะห์ บริษัท LOBA CHEMIE PVT.LTD. ประเทศอินเดีย โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate; Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์ บริษัท LOBA CHEMIE PVT.LTD. ประเทศอินเดีย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide; NaOH) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศไทย โซเดียมไนไตรต์ (Sodium nitrite; $NaNO_2$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศไทย อะลูมินียมคลอไรด์ (Aluminum chloride; $AlCl_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Qrec ประเทศนิวซีแลนด์ โซเดียมอะซิเตต (Sodium Acetate; CH_3COONa) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Qrec ประเทศนิวซีแลนด์ เฟอร์ริก-คลอไรด์ (Ferric chloride; $FeCl_3$) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Qrec ประเทศนิวซีแลนด์ กรดอะซีติก (Acetic acid) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Qrec ประเทศนิวซีแลนด์ กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid; HCl) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Carlo ประเทศอิตาลี เอทานอล (Ethanol) เกรดวิเคราะห์ บริษัท RCI Labscan ประเทศไอร์แลนด์ เมทานอล (Methanol) เกรดวิเคราะห์ บริษัท Qrec ประเทศนิวซีแลนด์

2. การเตรียมตัวอย่าง

มะขามหมูที่นำมาทำการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้ง 4 สายพันธุ์ได้แก่ พันธุ์ประกายทอง, พันธุ์สีทอง, พันธุ์ศรีชมภู และพันธุ์ขันตี ได้มาจากเกษตรกรพื้นที่ปลูกในจังหวัดเพชรบูรณ์ เก็บเกี่ยวในระหว่างช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ดังภาพที่ 1 หลังจากนั้นนำมาผึ่งลมหรือตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ทำการแกะเปลือกออกและนำส่วนเนื้อของมะขามแต่ละสายพันธุ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นสีเหลืองทอง เนื้อยังคงความกรอบ ทำแห้งแบบสุญญากาศ (Vacuum Freeze Drying) จากนั้นนำไปบดเป็นผง และใช้วิธีการสกัดโดยเครื่องคลื่นความถี่สูงร่วมด้วยในการสกัด (Ultrasound-Assisted Extraction: UAE) ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงมาจากวิธีของ Anet Režek Jambrak et al., 2022; Anna Muzykiewicz-Szymanska et al., 2024; Yanfei Cheng et al., 2024 โดยชั่งน้ำหนักมะขามหมู 4 สายพันธุ์ จำนวน 5 กรัม เติมตัวทำละลายเอทานอลที่มีความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ตั้งค่ากำลังในการสกัด 200 วัตต์ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน (Centrifuge) โดยใช้ความเร็วรอบ 10000 รอบต่อนาที (rpm) ตั้งค่าอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที นำสารละลายส่วนใสที่ได้ไปทำการทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะมะขามหมู

3. การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้น

3.1 การทดสอบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total Phenolic Content) โดยวิธี Folin-Ciocalteu ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Nazish Siddiqui et al., 2017; Sompong Sansenya et al., 2021; Steve Kupina et al., 2018 สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 10 30 50 70 100 150 และ 200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นทำการวิเคราะห์โดยเติมสารละลาย Folin-ciocalteu's ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารมาตรฐานแต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืด ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ความเข้มข้น 7.5% ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที (ทำซ้ำ 3 ครั้ง) นำสารละลายมาตรฐานแต่ละความเข้มข้นไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตรโดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยที่แกน x คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และแกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสง ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกในตัวอย่างโดยเตรียมทำนองเดียวกันกับสารมาตรฐาน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณหาปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

3.2 การทดสอบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total Flavonoid Content) โดยวิธี aluminum chloride colorimetric assay ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Darunee Puangpronpitag et al., 2021; Sompong Sansenya et al., 2021 สร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานแคทีชิน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 50 100 200 300 400 500 และ 600 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นทำการวิเคราะห์โดยเติมสารละลายมาตรฐาน ปริมาตร 0.6 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมน้ำกลั่นปริมาตร 2.4 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไนไตร์ท ($NaNO_2$) ความเข้มข้น 5% ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 10% ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 1.4 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืด ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 นาที (ปริมาตรรวมทั้งหมด 6 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 ครั้ง) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยที่แกน x คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแคทีชินในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และแกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสง ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมดในตัวอย่าง โดยเตรียมทำนองเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานและคำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด

4. การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

4.1 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Darunee Puangpronpitag et al., 2021; Fan Xiao et al., 2020; Sompong Sansenya et al., 2021 โดยใช้โทรลอกซ์เป็นสารละลายมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 10 20 30 40 50 60 และ 70 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์โดยเติมสารมาตรฐานหรือตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายดีพีพีเอช (DPPH) ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในความมืดที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 30 นาที (ปริมาตรรวมทั้งหมด 5 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 ครั้ง) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ (A) คำนวณค่า %Inhibition ดังสมการที่ 1 จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยที่แกน y คือ %Inhibition แกน x คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง แล้วคำนวณหาค่า %Inhibition ดังสมการที่ 1 จากนั้นนำค่าที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน คำนวณหาปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH

4.2 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Darunee Puangpronpitag et al., 2021; Fan Xiao et al., 2020; Sompong Sansenya et al., 2021 โดยใช้โทรลอกซ์ เป็นสารละลายมาตรฐาน ที่ความเข้มข้น 10 20 30 40 50 และ 60 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ทำการวิเคราะห์โดยเติมสารมาตรฐานหรือตัวอย่าง ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารละลายเอบีทีเอส (ABTS) ความเข้มข้น 7 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 4.5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 นาที (ปริมาตรรวมทั้งหมด 5 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 ครั้ง) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ (A) คำนวณค่า %Inhibition ดังสมการที่ 1 จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาสร้างกราฟมาตรฐานโดยที่แกน y คือ %Inhibition แกน x คือความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนของตัวอย่างแล้วคำนวณหาค่า %Inhibition ดังสมการที่ 1 จากนั้นนำค่าที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐาน คำนวณหาปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS

$$\%\text{Inhibition} = \left(\frac{A_{control} - A_{sample}}{A_{control}} \right) \times 100 \qquad \textbf{(1)}$$

$A_{control}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS หรือ DPPH

A_{sample} คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน

4.3 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP ดัดแปลงจากงานวิจัยของ Darunee Puangpronpitag et al., 2021; Iris F.F. Benzie & Malegaddi Devaki, 2017; Sompong Sansenya et al., 2021 โดยสร้างกราฟมาตรฐานโดยเตรียมสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 25 50 100 150 200 250 และ 300 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร แต่ละความเข้มข้นทำการวิเคราะห์โดยเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จากนั้นเติมสารมาตรฐาน ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย FRAP ปริมาตร 3 มิลลิลิตร นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที (ปริมาตรรวมทั้งหมด 4.1 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 ครั้ง) และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 593 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง Ultra violet -Visible Spectrophotometer (UV-VIS) จากนั้นนำมาสร้างกราฟมาตรฐาน โดยที่แกน x คือ ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ในหน่วยไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร และแกน y คือ ค่าการดูดกลืนแสง คำนวณหาความสามารถในการรีดิวซ์ FRAP ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในตัวอย่างสารสกัด โดยเตรียมทำนองเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง นำค่าการดูดกลืนที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน คำนวณหาความสามารถในการรีดิวซ์ FRAP

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

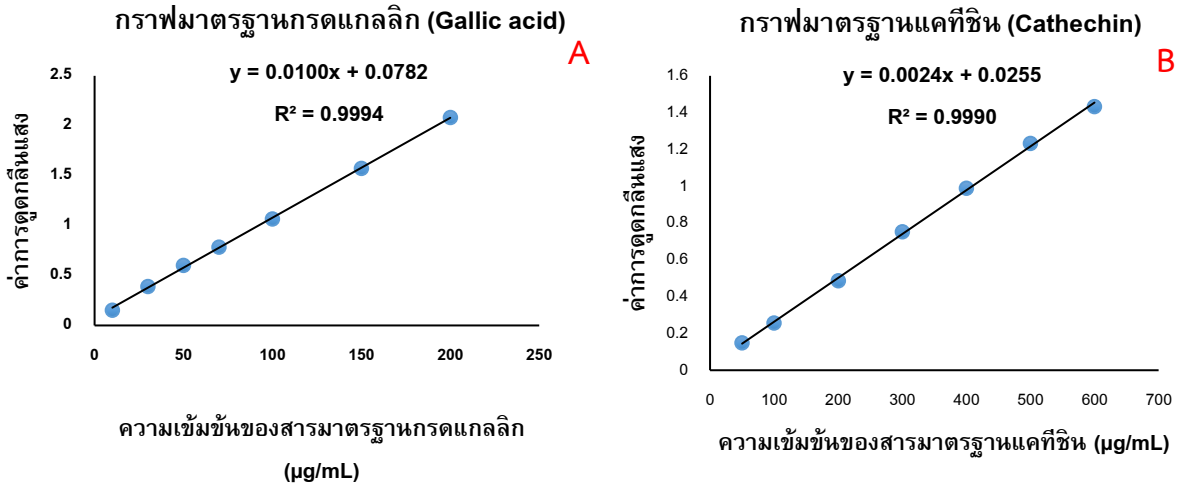
นำข้อมูลผลการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง (n=3) ทำการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (maen±SD) ประเมินความแตกต่างของข้อมูลแต่ละชนิดด้วยสถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และทำการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้วยวิธี Duncan’s new multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

ผลการทดสอบปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด (Total phenolic content) โดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.15 – 2.08 สมการเส้นตรงที่ได้ คือ y = 0.0100x+0.0782 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9994 ดังภาพที่ 2 (A) และทำการทดสอบในตัวอย่างมะขามหมูที่ความเข้มข้น 100 mg/mL ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 1.25 – 1.78 คำนวณหาปริมาณฟีนอลิกในตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (Milligram gallic acid equivalent/gram of dried weight,mgGAE/g DW) พบว่า ในมะขามหมู 4 สายพันธุ์ ปริมาณสารฟีนอลิกอยู่ในช่วง 2.58 – 3.41 mg GAE/g DW แสดงดังตารางที่ 1

ผลการทดสอบปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (Total flavonoid content) โดยใช้สารละลายมาตรฐานแคทีชิน มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.14 – 1.43 สมการเส้นตรงที่ได้ คือ y = 0.0024x+0.0254 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9990 ดังภาพที่ 2 (B) และทำการทดสอบในตัวอย่างมะขามหมูที่ความเข้มข้น 100 mg/mL ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.66 – 0.89 คำนวณหาปริมาณฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานแคทีชินในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของแคทีชินต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง

(Milligram cathechin equivalent/gram of dried weight,mgCAE/g DW) พบว่า ในมะขามหมู 4 สายพันธุ์ มีปริมาณฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 5.37 – 7.24 mg CAE/g DW แสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ภาพ A แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก และภาพ B แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายแคทีชิน

ตารางที่ 1 ปริมาณฟีนอลิกและปริมาณฟลาโวนอยด์ในมะขามหมู 4 สายพันธุ์

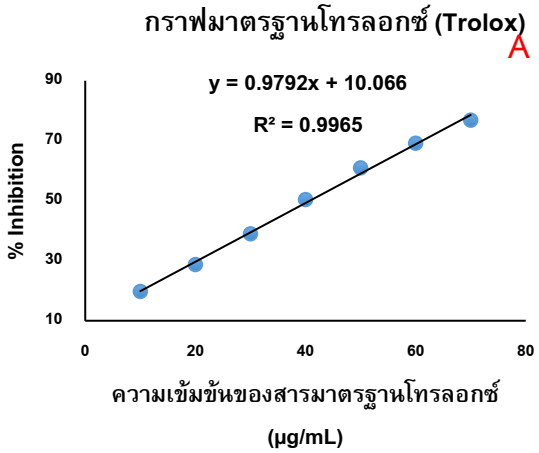
	ปริมาณสารฟีนอลิกรวม (mg GAE/g DW)	ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม (mg CAE/g DW)
พันธุ์ประกายทอง	2.58±0.14^{c}	5.37±0.01^{d}
พันธุ์สีทอง	3.41±0.13^{a}	7.24±0.02^{a}
พันธุ์ศรีชมภู	3.00±0.20^{b}	6.67±0.02^{c}
พันธุ์ขันตี	3.19±0.12^{ab}	7.13±0.01^{b}

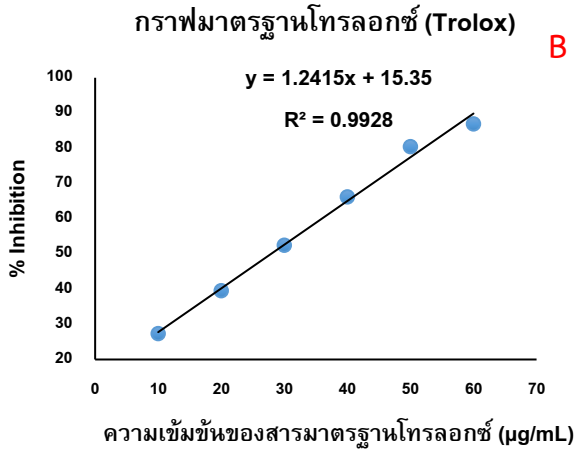
ค่าที่ได้แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (maen±SD) (n=3) โดยตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

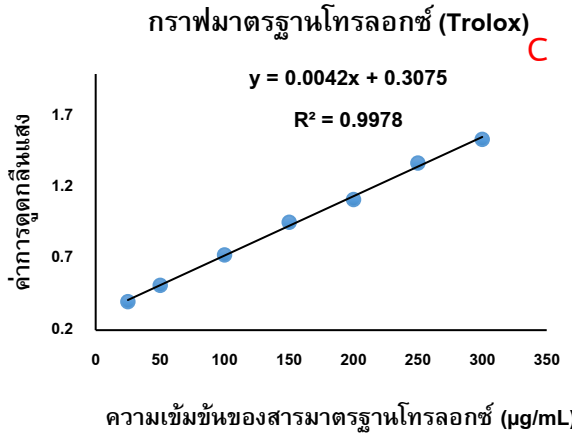
ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH โดยใช้สารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์ มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.20 – 0.72 และค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH อยู่ในช่วง 0.70 – 1.00 สมการเส้นตรงที่ได้คือ y = 0.9792x+10.07 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9965 ดังภาพที่ 3 (A) และทำการทดสอบในตัวอย่างมะขามหมูที่ความเข้มข้น 100 mg/mL ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.21 – 0.30 คำนวณหาปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (Milligram trolox equivalent/gram of dried weight,mgTEE/g DW) พบว่า ในมะขามหมูทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH อยู่ในช่วง 2.64 – 3.11 mg TEE/g DW แสดงดังตารางที่ 2

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS โดยใช้สารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.11 – 0.62 และค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS อยู่ในช่วง 0.70 – 1.00 สมการเส้นตรงที่ได้คือ y = 1.2415x+15.35 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9928 ดังภาพที่ 3 (B) และทำการทดสอบในตัวอย่างมะขามหมูที่ความเข้มข้น 100 mg/mL ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.27 – 0.18 คำนวณหาปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ในตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (Milligram trolox equivalent/gram of dried weight,mgTEE/g DW) พบว่า ในมะขามขาหมูทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS อยู่ในช่วง 8.46 – 9.96 mg TEE/g DW แสดงดังตารางที่ 2

ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP โดยใช้สารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.39 – 1.54 สมการเส้นตรงที่ได้ คือ y = 0.0042x+0.3075 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.9978 ดังภาพที่ 3 (C) และทำการทดสอบในตัวอย่างมะขามหมูที่ความเข้มข้น 100 mg/mL ได้ค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 0.27 – 0.18 คำนวณหาปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP ในตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอกซ์ในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของโทรลอกซ์ต่อกรัมของน้ำหนักตัวอย่างแห้ง (Milligram trolox equivalent/gram of dried weight,mgTEE/g DW) พบว่า ในมะขามหมูทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP อยู่ในช่วง 4.51 – 5.04 mg TEE/g DW แสดงดังตารางที่ 2







ภาพที่ 3 ภาพ A แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH ภาพ B แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ABTS ภาพ C แสดงกราฟมาตรฐานของสารละลายโทรลอกซ์สำหรับการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ FRAP

ตารางที่ 2 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของมะขามหมูทั้ง 4 สายพันธุ์ ด้วยวิธี DPPH ABTS และ FRAP

	DPPH assay (mg TEE/g DW)	ABTS assay (mg TEE/g DW)	FRAP assay (mg TEE/g DW)
พันธุ์ประกายทอง	2.64±0.07^{c}	8.46±0.28^{b}	4.51±0.01^{d}
พันธุ์สีทอง	3.11±0.06^{a}	9.96±0.12^{a}	5.04±0.01^{a}
พันธุ์ศรีชมภู	2.88±0.07^{b}	8.57±0.12^{b}	4.65±0.01^{c}
พันธุ์ขันตี	2.92±0.07^{b}	9.75±0.11^{a}	4.70±0.01^{b}

ค่าที่ได้แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (maen±SD) (n=3) โดยตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

คำนวณค่าความเข้มข้นในตัวอย่างที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาได้ 50% (IC_{50}) โดยวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการยับยั้ง (%Inhibition) กับความเข้มข้นของตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐาน และพิจารณาค่าความสัมพันธ์ในรูปของสมการเส้นถดถอยเชิงเส้น ($y = ax + b$) เพื่อหาค่าความเข้มข้น (x) ที่ทำให้เกิดการยับยั้ง 50% ซึ่งคำนวณจากค่าที่ได้จากการทดลอง แสดงค่าดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่า IC_{50} ของสารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์และมะขามหมูด้วยวิธี DPPH และ ABTS

	DPPH assay IC_{50} (µg/mL)	ABTS assay IC_{50} (µg/mL)
สารละลายมาตรฐานโทรลอกซ์	0.046±0.001[a]	0.035±0.001[a]
พันธุ์ประกายทอง	0.081±0.0018[d]	0.074±0.019[c]
พันธุ์สีทอง	0.070±0.0011[b]	0.065±0.0007[b]
พันธุ์ศรีชมภู	0.075±0.0015[c]	0.073±0.0008[c]
พันธุ์ขันตี	0.074±0.0014[c]	0.066±0.0006[b]

ค่าที่ได้แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (maen±SD) (n=3) โดยตัวอักษรที่แตกต่างกันภายในคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น $p<0.05$

วิจารณ์ผล

จากการศึกษานี้พบว่า มะขามหมูทั้ง 4 สายพันธุ์ เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญโดยมีปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่สัมพันธ์กับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งบ่งชี้ว่ามะขามหมูเป็นพืชท้องถิ่นที่มีศักยภาพสูง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในเชิงโภชนาการและสุขภาพ ผลการศึกษานี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรประภา ชุนถนอม และ พจนีย์ แก้วคำแสน (2555) ที่ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเนื้อมะขามสุกจากภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยรายงานค่าปริมาณฟีนอลิกในช่วง 5.56 - 20.75 mg GAE/g ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH มีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 21.35-95.1 ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุดพบในพันธุ์สีทอง ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่พบในการศึกษานี้ นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของมะขามหมูสูงกว่าค่าที่รายงานในงานของ Sundas FAROOQ et al. (2022) ซึ่งได้ทำการศึกษามะขามจากประเทศอินเดีย ซึ่งบ่งชี้ว่า มะขามหมูของจังหวัดเพชรบูรณ์ในประเทศไทยอาจมีองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันตามสายพันธุ์และแหล่งเพาะปลูก ทำให้มะขามหมูของจังหวัดเพชรบูรณ์มีศักยภาพในด้านคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระเมื่อเปรียบเทียบกับพืชและผลไม้ที่ได้รับการยอมรับว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง เช่น มะม่วงหาวมะนาวโห่ (สกุลกานต์ สิมลา และคณะ, 2556) ดอกดาวเรือง, หญ้าหวาน, กล้วย และใบมะม่วง (Wanatporn Luenloi and Thatsanee Thiangket, 2024) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าเนื้อมะขามหมูเป็นแหล่งที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่มีศักยภาพในการต้านออกซิเดชันสูง ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการส่งเสริมการบริโภคมะขามหมู พร้อมทั้งกระตุ้นให้เกิดการขยายพื้นที่เพาะปลูกเพื่อรองรับความต้องการทั้งในประเทศและตลาดส่งออกที่สำคัญ

สรุปผล

จากผลการศึกษาสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในเนื้อมะขามหมู 4 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ประกายทอง, พันธุ์สีทอง, พันธุ์ศรีชมภู และพันธุ์ขันตี โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิก ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยการทดสอบด้วยวิธี DPPH, ABTS และ FRAP ผลการศึกษาพบว่า มะขามหมูเป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี โดยเฉพาะพันธุ์สีทอง ที่มีปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์สูงที่สุด ส่งผลให้มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง โดยวิธี ABTS ให้ค่าการยับยั้งสูงสุด รองลงมาคือ FRAP และ DPPH นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์มีความสัมพันธ์กับค่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่ามะขามหมูของจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นแหล่งของสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติที่มีศักยภาพสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายด้าน โดยเฉพาะการสร้างโอกาสในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ เช่น เครื่องดื่มผงสำเร็จรูป ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร เครื่องปรุงรส หรือเวชสำอาง โดยสารในมะขามหมูมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง อาจช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ ลดริ้วรอย และช่วยปกป้องผิวจากมลภาวะ ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เป็นสารกันหืนที่ปลอดภัยกว่าการใช้สารสังเคราะห์หรือใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการยืดอายุการเก็บรักษา

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่อง การทดสอบสารพฤกษเคมีเบื้องต้นและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในมะขามหมู นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สามารถดำเนินการจนประสบความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดีจาก อาจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ ข้อแนะนำ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งการวิจัยครั้งนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยครั้งนี้

ในระหว่างการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้เขียนได้ใช้ ChatGPT, Quillbot, Grammarly และ Gemini เพื่อช่วยปรับปรุงความสามารถในการอ่านและความถูกต้องของภาษา หลังจากใช้เครื่องมือนี้แล้ว ผู้เขียนได้ทำการตรวจสอบและแก้ไขเนื้อหาตามความจำเป็น และรับผิดชอบต่อเนื้อหาของสิ่งพิมพ์ทั้งหมด

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. (2565). ฤดูกาลแห่งผลไม้เมืองร้อน.

กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์. (2562). สินค้าสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ไทย (GI THAILAND) (1st ed.). บริษัท ออนป้า จำกัด. https://ipthailand.go.th/th/e-book-gi.html

ปิยรัตน์ มูลศรี. (2544). รายงานโครงการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณสารอัลฟาไฮดรอกซี แอซิค (เอเอชเอ) ในมะขามหวาน. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

พรประภา ชุนถนอม และพจนีย์ แก้วคำแสน. (2555). DPPH free radical-scavenging activity and total phenolic content of sweet Thai tamarind (Tamarindus indica L.). 23–25.

สกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแต่ง, และพัชรี สิริตระกูลศักดิ์. (2556). การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการและกิจกรรมของสารต้านอนุมูลอิสระใน Carissa carandas L. แก่นเกษตร 41(ฉบับพิเศษ).

Anet Režek Jambrak, Marinela Nutrizio, Daniella Pingret, Anne-Sylvie Fabiano-Tixier, and Farid Chemat. (2022). Chapter 3. Ultrasound-assisted Extraction. In Juliana Prado and Mauricio Rostagno (Eds.), Green Chemistry Series (2nd ed., pp. 117–143). Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/9781839165894-00117

Anna Muzykiewicz-Szymanska, Edyta Kucharska, Robert Pełech, Anna Nowak, Karolina Jakubczyk, and Łukasz Kucharski. (2024). The Optimisation of Ultrasound-Assisted Extraction for the Polyphenols Content and Antioxidant Activity on Sanguisorba officinalis L. Aerial Parts Using Response Surface Methodology. Applied Sciences, 14(20), 9579. https://doi.org/10.3390/app14209579

Darunee Puangpronpitag, Puangpaka Tankitjanon, Adisak Sumalee, and Ampa Konsue. (2021). Phytochemical Screening and Antioxidant Activities of the Seedling Extracts from Inca Peanut Plukenetia volubilis. Pharmacognosy Journal, 13(1), 52–58. https://doi.org/10.5530/pj.2021.13.8

Fan Xiao, Tao Xu, Baiyi Lu, and Ruihai Liu. (2020). Guidelines for antioxidant assays for food components. Food Frontiers, 1(1), 60–69. https://doi.org/10.1002/fft2.10

Iris F.F. Benzie and Malegaddi Devaki. (2017). The ferric reducing/antioxidant power (FRAP) assay for non-enzymatic antioxidant capacity: Concepts, procedures, limitations and applications. In Resat Apak, Esra Capanoglu, & Fereidoon Shahidi (Eds.), Measurement of Antioxidant Activity and Capacity (pp. 77–106). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1002/9781119135388.ch5

Nazish Siddiqui, Abdur Rauf, Abdul Latif, and Zeenat Mahmood. (2017). Spectrophotometric determination of the total phenolic content, spectral and fluorescence study of the herbal Unani drug Gul-e-Zoofa (Nepeta bracteata Benth). Journal of Taibah University Medical Sciences, 12(4), 360–363. https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2016.11.006

Sompong Sansenya, Apirak Payaka, Wachirawit Wannasut, Yanling Hua, and Saowapa Chumanee. (2021). Biological activity of rice extract and the inhibition potential of rice extract, rice volatile compounds and their combination against α-glucosidase, α-amylase

and tyrosinase. International Journal of Food Science & Technology, 56(4), 1865–1876. https://doi.org/10.1111/ijfs.14816

Steve Kupina, Chris Fields, Mark C Roman, and Sharon L Brunelle. (2018). Determination of Total Phenolic Content Using the Folin-C Assay: Single-Laboratory Validation, First Action 2017.13. Journal of AOAC INTERNATIONAL, 101(5), 1466–1472. https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0031

Sundas FAROOQ, Rawish MUNIR, Kashuf IMTIAZ, Sundus SEHAR, Amina KHURSHID, Naila YUNUS, Aqsa KANWAL, Yasir MAJEED, Syed F. A. GILLANI, and Nian FANG. (2022). Phytochemical investigation and antioxidant activities of tamarind (Tamarindus indica L.). 50(4).

Wanatporn Luenloi and Thatsanee Thiangket. (2024). EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY AND PHYTOCHEMICALS EFFECTS OF FRUIT-INFUSED TAGETES ERECTA KOMBUCHA BEVERAGE. Life Sciences and Environment Journal, 25, 197211. https://doi.org/10.14456/LSEJ.2024.16

Yanfei Cheng, Tao Fei, Yuyi Liu, Shuai Chen, Zexin Wang, Yiran Han, Lu Wang, and Congfa Li. (2024). Ultrasound-Assisted Extraction of Squalene and 2-Acetyl-1-Pyrroline from Pandan Leaf: The Effects of Drying Methods and Extraction Conditions. Foods, 13(24), 4010. https://doi.org/10.3390/foods13244010

การตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในจังหวัดเพชรบูรณ์

Screening for Organophosphate and Carbamate Pesticide Residues in Vegetables in Phetchabun Province

รุจิรา คุ้มทรัพย์[1] เสาวภา ชูมณี[1]* หนูพิศ บุญสุวรรณ[2] ปิยรัตน์ มูลศรี[3] อาทิตย์ หู้เต็ม[3] และกาญจน์ คุ้มทรัพย์[3]

Ruchira Khoomsab[1] Saowapa Chumanee[1*] Noophit Bunsuwan[2] Piyarut Moonsri[3]

Artit Hutem[3] and Kan khoomsab[3]

[1] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1]Division of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, Mueang, Phetchabun 67000, Thailand

[2] สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[2]Phetchabun Provincial Public Health Office, Mueang Phetchabun, 67000, Thailand,

[3] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[3]Division of Science Education, Faculty of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University, Mueang, Phetchabun 67000, Thailand

***Corresponding author E-mail: Saowapa@pcru.ac.th**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจคัดกรองการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ รวมทั้งเปรียบเทียบความปลอดภัยของผักตัวอย่าง โดยการทดลองใช้ชุดทดสอบ GT-test kit ตรวจสอบการตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่างที่จำหน่ายในตลาด 22 ชนิด จำนวนรวมทั้งสิ้น 130 ตัวอย่าง ผลการวิจัยด้วยชุดทดสอบพบว่ามีการตกค้างของสารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักตัวอย่าง อยู่ในระดับที่ไม่ปลอดภัยค่อนข้างสูงคือ 58 ตัวอย่าง (ร้อยละ 44.6) ตกค้างในระดับที่ปลอดภัย 55 ตัวอย่าง (ร้อยละ 42.3) และไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง 17 ตัวอย่าง (ร้อยละ 13.1) เมื่อจำแนกตามชนิดของผัก พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุดในข้าวโพดอ่อน (ร้อยละ 100) รองลงมาคือ พริกแดง (ร้อยละ 80.0) และใบโหระพา (ร้อยละ 80.0) ผักที่ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืช คือแตงกวา และมะเขือเปราะ คิดเป็นร้อยละ 44.4 และ 40.0 ตามลำดับ จากจำนวนผักแต่ละชนิด ดังนั้นเพื่อลดความเสี่ยงด้านสุขภาพ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรตรวจสอบและเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างอย่างต่อเนื่อง สนับสนุนให้ เกษตรกรปลูกผักโดยไม่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับความปลอดภัยในการบริโภคผักต่อไป

คำสำคัญ : ออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต การตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

Abstract

The objectives of this research were to investigate the organophosphate and carbamate pesticide residues in vegetable in Phetchabun province and compare in term of safety. The experiment was done by GT-test Kit, that specific with organophosphate and carbamate pesticide residues in 22 kinds of vegetables. The total samples were 130 samples. The result found the organophosphate and carbamate pesticide residues in vegetables. The 58 samples contain pesticide residues at high insecurity (44.6%), 55 samples (42.3%) were saft for pesticide residues and 17 samples (13.1%) did not find any pesticide residues. The kinds of vegetables were found a chemical pesticide residues at high insecurity level were baby corn (100%), followed by chilli and basil leaves with 80.0%. Vegetables that were not found to contain pesticides were cucumbers and eggplants, accounting for 44.4% and 40.0 %, respectively, of each type of vegetable. Therefore, relevant agencies should investigate constantly and encourage farmers to grow without chemicals to reduce health risks. Vigilance is essential to ensure the safe consumption of fruits and vegetables.

Keywords : Organophosphate, Carbamate, Pesticide residues

บทนำ

สารกำจัดศัตรูพืชมีหลายชนิด เช่น สารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช สารกำจัดหนู สารกำจัดเชื้อรา ปัจจุบันสารกำจัดแมลง หรือยาฆ่าแมลงมีบทบาทสำคัญในภาคเกษตรกรรม โดยเฉพาะในสินค้าจำพวกผักและผลไม้ เนื่องจากความต้องการบริโภคที่เพิ่มขึ้น และค่านิยมของผู้บริโภคที่นิยมสินค้าที่มีลักษณะสวยงามและสมบูรณ์ อีกทั้งสามารถหาซื้อได้ง่าย ส่งผลให้เกษตรกรมีการใช้ยาฆ่าแมลงมากขึ้น และบางครั้งมีการเก็บเกี่ยวก่อนเวลาที่กำหนดหลังการใช้สารเคมี ดังนั้นประเทศไทยยังประสบกับปัญหาในด้านความไม่ปลอดภัยของอาหารที่ผลิต ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศได้ ประเภทของยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้กันมากในภาคเกษตรกรรม ได้แก่ สารเคมีกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) จะออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์โคลีนเอสเทอเรส (Cholinesterase) ซึ่งเอนไซม์นี้ทำหน้าที่เปลี่ยนอะซิติลโคลีน (acetylcholine) ไปเป็นโคลีน (choline) และอะซิเตท (acetate) จึงทำให้เกิดการคั่งของอะซิติลโคลีน ส่งผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย มีพิษเฉียบพลันสูง หากได้รับสารในปริมาณน้อยอาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ วิงเวียน อ่อนเพลีย กล้ามเนื้อกระตุก แน่นหน้าอก อาเจียน ท้องเสีย ตาพร่า และน้ำลายออกมากผิดปกติ หากได้รับในปริมาณมาก อาจทำให้หมดสติ น้ำลายฟูมปาก กล้ามเนื้อกระตุกทั่วตัว หายใจลำบาก และเสียชีวิตภายใน 24 ชั่วโมง อีกทั้งยังมีรายงานว่าสารในกลุ่มนี้อาจก่อให้เกิดมะเร็งสมองและมะเร็งเม็ดเลือด (อรอุมา และ สุวิทย์, 2562) อีกกลุ่มคือสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) ซึ่งโครงสร้างทางเคมี จะมีคาร์บาริว

(carbaryl) เป็นองค์ประกอบสำคัญ มักใช้ฆ่าแมลงศัตรูพืชในผลผลิตทางการเกษตร มีพิษต่อระบบประสาท เช่นเดียวกับกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต แต่มีระดับพิษต่ำกว่า อาการแสดงของความเป็นพิษที่เกิดจากสารเคมีฆ่าแมลงกลุ่มคาร์บาเมต คือ ปวดศีรษะ วิงเวียน กล้ามเนื้ออ่อนแรง กระตุกหรือสั่น หัวใจเต้นช้าลง รู้สึกบวมหรือแน่นหน้าอก เหงื่อออก คลื่นไส้ ระคายเคืองตา ทำให้สายตาขาดความคมชัด ตาแดง น้ำตาไหล ควบคุมกล้ามเนื้อตาลำบาก ม่านตาหด มีคุณสมบัติเป็นสารก่อมะเร็ง หากได้รับในปริมาณมาก อาจเกิดอาการรุนแรงจนถึงขั้นเสียชีวิต (สุภัทรา และคณะ, 2565) ในปี 2565 เป็นต้นมา มีการเฝ้าระวังของเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือไทยแพน ตรวจสอบสารพิษกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้โดยการสุ่มตรวจจากห้างสรรพสินค้า 5 แห่ง ได้แก่ Makro, Big C, TOPs, Lotus's, Gourmet Market และตลาด 11 จังหวัด รวม 103 ชนิด จำนวน 268 ตัวอย่าง วิเคราะห์สารพิษตกค้างแบบ multi residue analysis ทำการเปรียบเทียบกับค่า MRL ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขประเทศไทยพบสารคาร์เบนดาซึม ตกค้างใน 89 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 33 มากเป็นอันดับที่ 2 ในตัวอย่างพริกแดง มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว กะหล่ำปลี คะน้า กรีนคอส ฝรั่ง แตงโม ส้มไทย ส้มนำเข้า องุ่น และแอปเปิ้ลแดง นอกจากนี้ทางเครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชหรือไทยแพนยังได้ตรวจวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างในเนื้อส้ม โดยมีตัวอย่าง 65 ตัวอย่าง พบสารคาร์เบนดาซิมตกค้าง 59 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 56 (Thailand Pesticide Alert Network, 2022) แม้จะมีมาตรการเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังพบสารเคมีตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยในผักผลไม้ที่จำหน่ายในตลาดสดและห้างสรรพสินค้า เช่น สุภัทรา และคณะ 2565 ได้ศึกษาการตกค้างของสารเคมีฆ่าแมลงในผักสมุนไพรที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้ชุดทดสอบ เอ็ม เจ พี เค (MJPK test kit) ของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า ผักสมุนไพรที่จำนวนทั้งสิ้น 14 ชนิด พบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากจำนวน 5 ชนิด โดยพบการตกค้างมากที่สุดในกระเทียม (ร้อยละ 100) รองลงมาเป็น ผักชี (ร้อยละ 60) พริกขี้หนู (ร้อยละ 40) ผักบุ้งจีน (ร้อยละ 40) และหอมแดง (ร้อยละ 20) ตามลำดับ ส่วนผักสมุนไพรที่พบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยร้อยละ 100 ได้แก่ พริกไทย ข่า โหระพา แมงลัก และช้าพลู จะเห็นได้ว่าผักสมุนไพรที่พบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างส่วนใหญ่ผู้บริโภคมักจะรับประทานสดจึงอาจทำให้มีความเสี่ยงที่จะเกิดสารพิษตกค้างในร่างกายได้ นอกจากนี้ มีการใช้ชุดตรวจ GT-test kit ในการหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง โดยวิเคราะห์ตัวอย่างผัก 193 ตัวอย่างที่ได้มาจากตลาดและห้างสรรพสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ผักตัวอย่างมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับไม่ปลอดภัย 31 ตัวอย่าง (ร้อยละ 16.0) เมื่อจำแนกตามชนิดของผัก พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุดในพริกแดง คิดเป็นร้อยละ 84.6 ของจำนวนตัวอย่างพริกแดง รองลงมาคือ กะเพรา คิดเป็นร้อยละ 30.8 ของจำนวนตัวอย่างกะเพรา (ธนพงศ์ และคณะ, 2559) จะเห็นได้ว่าผักที่บริโภคนั้นยังมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในปริมาณที่ไม่ปลอดภัยอยู่จำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพอย่างต่อเนื่อง จากการศึกษาข้อมูลพบว่ามีหน่วยงานภาครัฐและผู้สนใจได้วิจัยและรายงานข้อมูลของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในหลายพื้นที่ เช่น การตรวจหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักผลไม้ ในจังหวัดนครราชสีมา (จิราภรณ์ และคณะ, 2566) การศึกษาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี (ปัณณทัต และคณะ, 2564) และ ตลาดสดในสมุทรปราการ

(ฐิติญานนท์ และคณะ, 2566) เป็นต้น ส่วนใหญ่จะศึกษาทั้งในแง่มุมชนิดของสารเคมีตกค้างและแง่มุมการศึกษาการตกค้างในบางพื้นที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจทำการศึกษาตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจะทำการตรวจสอบผักในบริเวณพื้นที่ตลาดสดของทุกอำเภอ ในจังหวัดเพชรบูรณ์ รวมถึงศึกษาความปลอดภัยของผักที่ใช้ในการบริโภค

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพรรณนาทำการวิเคราะห์หาสารเคมีตกค้างในผัก ด้วยชุดทดสอบ GT-test kit เก็บตัวอย่างผักในเดือนธันวาคม พ.ศ.2567 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวอย่าง

ตัวอย่างผักที่ศึกษาได้มาจากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ที่ได้รวบรวมผัก ตามแหล่งจำหน่าย ร้านค้าชุมชน และตลาดสด ในพื้นที่เป้าหมายทั้งหมด 11 อำเภอ จังหวัดเพชรบูรณ์ การคัดเลือกตัวอย่างผักใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย (Simple Random sampling) โดยสุ่มผักจากแต่ละอำเภอ รวมเป็นจำนวน 130 ตัวอย่าง แบ่งเป็น 22 ชนิด ได้แก่ พริกหยวก ฟักทอง แครอท แตงกวา ถั่วฝักยาว หอมหัวใหญ่ พริกแดง ต้นหอม ผักชี ผักกาดขาว คะน้า มะเขือเทศ กะหล่ำปลี มะเขือเปราะ ข้าวโพดอ่อน ขึ้นฉ่าย หอมแดง ถั่วงอก ใบกะเพรา ใบโหระพา กระเทียม กวางตุ้ง

เครื่องมือในการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ชุดตรวจวิเคราะห์ GT-test kit ภาพที่ 1 เพื่อตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในกลุ่ม organophosphate, carbamate และกลุ่มสารพิษอื่น ๆ ที่เป็น cholinesterase inhibitors มีคุณสมบัติในการยับยั้งการทำงานของ cholinesterase enzyme เช่น ถ้าตัวอย่างมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างปริมาณสูง ส่งผลให้ cholinesterase enzyme จะถูกยับยั้งการทำงานมากขึ้น สีที่ได้จากการทดลอบจะมีสีเข้มมาก (Thoophom G., et al, 1998) การแปลผลใช้วิธีการเปรียบเทียบสีของสารในหลอดทดลอง จากการทดสอบผักตัวอย่างกับสีของสารในหลอดควบคุม (สีอ่อน) และหลอดตัดสิน (สีเข้ม) ภาพที่ 2 สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1) หลอดตัวอย่างมีความเข้มสีอ่อนกว่าหรือเท่ากับหลอดควบคุม แปลผลได้ว่าไม่พบสารตกค้าง

2) หลอดตัวอย่างมีสีเข้มกว่าหลอดควบคุมแต่อ่อนกว่าหลอดตัดสิน แปลผลได้ว่าพบสารพิษตกค้างแต่อยู่ในระดับที่ปลอดภัย

3) หลอดตัวอย่างมีความเข้มสีเท่ากับหรือเข้มกว่าหลอดตัดสิน แปลผลได้ว่าพบสารตกค้างในระดับไม่ปลอดภัย

ภาพที่ 1 ชุดวิเคราะห์สารเคมีตกค้างในผลผลิตการเกษตร GT-test kit

ก ข ค

ภาพที่ 2 การแปลผลการทดสอบสีสารละลายที่เกิดขึ้นในหลอดตัวอย่าง โดยเปรียบเทียบกับสีของหลอดควบคุมและหลอดตัดสิน ก) หลอดตัวอย่างที่ไม่พบการตกค้าง ข) หลอดตัวอย่างที่พบการตกค้างที่ระดับปลอดภัย ค) หลอดตัวอย่างที่พบการตกค้างที่ระดับไม่ปลอดภัย

ชุดทดสอบ GT-test kit ใช้กับการคัดกรองสารพิษตกค้างและความไม่ปลอดภัยของอาหารให้แก่ผู้บริโภคได้ทันต่อความต้องการ เนื่องจากใช้เวลาในขั้นตอนการตรวจสอบประมาณ 30-60 นาที ผลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ ชุดทดสอบนี้มีค่าต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ (Detection Limit) ของสาร trichlofon 0.05 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีความไว (sensitvity) ร้อยละ 92.3 ความจำเพาะ (speciticity) ร้อยละ 85.1 ความถูกต้อง (accuracy) ร้อยละ 87.1 ค่าความสามารถในการทำนายว่าพบสารกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ70.6 และค่าความสามารถในการทำนายว่าไม่พบสารกำจัดศัตรูพืช ร้อยละ 96.6 (ธนพงษ์ และคณะ, 2559; ปัทมา และคณะ, 2563)

ขั้นตอนการทดสอบ

ตักตัวอย่างผักที่หั่นละเอียด 5 กรัมลงในขวดพลาสติก เติมน้ำยาสกัด 1 จำนวน 5 มิลลิลิตร หรือพอท่วมตัวอย่าง ปิดฝาขวดเขย่าแรงๆ วางทิ้งไว้ 10 - 15 นาที ดูดสารสกัดออกมา 1 มิลลิลิตรใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำยาสกัด 2 จำนวน 1 มิลลิลิตร นำไประเหยในถาดน้ำอุ่นจนน้ำยาสกัด 1 (ชั้นล่าง) ระเหยหมด (จากขั้นตอนนี้ให้ทำในอ่างน้ำอุ่น) นำหลอดใหม่ 3 หลอด Label และเติมน้ำยาดังนี้ หลอดที่ 1 Label หลอดตัดสิน ใส่น้ำยาสกัด 2 จำนวน 1 ขีด (0.25 มิลลิลิตร) หลอดที่ 2 Label หลอดควบคุม ใส่น้ำยาสกัด 2 จำนวน 1 ขีด (0.25 มิลลิลิตร) หลอดที่ 3 Label หลอดตัวอย่าง ใส่น้ำยาสกัดจากตัวอย่างที่ได้นำไประเหยเรียบร้อย จำนวน 1 ขีด (0.25 มิลลิลิตร) หลังจากนั้นเติมน้ำยาจีที 1 จำนวน 2 ขีด (0.5 มิลลิลิตร) ลงทุกหลอด ทิ้งไว้ 5-10 นาที ในระหว่างรอเวลา ให้เทจีที 2.1 ลงใน จีที 2 เป็นน้ำยาผสมจีที 2 และเทจีที 3.1 ลงในจีที 3 เป็นน้ำยาผสมจีที 3 จากนั้น เติมน้ำยาผสมจีที 2 ลงในหลอดที่ 1จำนวน 1.5 ขีด (0.375 มิลลิลิตร) ส่วนหลอดที่ 2 และ 3 เติม 1 ขีด(0.25 มิลลิลิตร) ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เติมน้ำยาผสมจีที 3 จำนวน 4 ขีด (1 มิลลิลิตร) ลงในทุกหลอด ตามด้วยจีที 4 จำนวน 2 ขีด (0.5 มิลลิลิตร) เขย่าและเติมจีที 5 จำนวน 2 ขีด (0.5 มิลลิลิตร) เขย่า สังเกตสีทั้ง 3 หลอดและอ่านผล

การวิเคราะห์ข้อมูล

แสดงข้อมูลเป็นจำนวนตัวอย่าง และร้อยละที่ไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้าง พบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างแต่อยู่ในระดับที่ปลอดภัย และพบสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย

ผลการวิจัย

งานวิจัยได้ตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักที่ได้มาจากตลาดในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยชุดทดสอบ GT- test kit จากตารางที่ 1 พบว่า การตรวจวิเคราะห์ผักจำนวน 22 ชนิด แยกตามชนิดโดยคัดแยกได้ 130 ตัวอย่าง พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย จำนวน 58 ตัวอย่าง (ร้อยละ 44.6) พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ปลอดภัย จำนวน 55 ตัวอย่าง (ร้อยละ 42.3) และไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก จำนวน 17 ตัวอย่าง (ร้อยละ 13.1) จะเห็นว่าผักที่มีการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง รวม 113 ตัวอย่าง (ร้อยละ 86.9) เมื่อจำแนกตามชนิดของผัก ผักที่พบสารเคมี กำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยจำนวนมากที่สุด คือ ข้าวโพดอ่อน จำนวน 3 ตัวอย่าง (ร้อยละ 100 ของตัวอย่างข้าวโพดอ่อน) รองลงมาคือ พริกแดง จำนวน 8 ตัวอย่าง (ร้อยละ 80.0 ของตัวอย่างพริกแดง) ใบโหระพา จำนวน 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 80.0 ของตัวอย่างใบโหระพา) (ตารางที่ 1) ผักตัวอย่างที่ตรวจพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ปลอดภัยมากสุด คือ กวางตุ้ง จำนวน 5 ตัวอย่าง (ร้อยละ 83.3 ของตัวอย่างกวางตุ้ง) รองลงมา คือ พริกหยวก 4 ตัวอย่าง และคะน้า 4 ตัวอย่าง (ร้อยละ 80.0) ส่วนผักที่ตรวจไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง คือ แตงกวา 4 ตัวอย่าง มะเขือเปราะ 2 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 44.4 และ 40.0 ตามลำดับ จากการตรวจคัดกรองหาการตกค้างสารเคมีกำจัดศัตรูพืชโดยแบ่งชนิดตัวอย่างทั้งหมดพบว่า ผักส่วน

ใหญ่ที่ทำการวิเคราะห์พบการตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย คิดเป็นร้อยละ 44.6 และตรวจพบสารเคมีตกค้างร้อยละ 86.9 ซึ่งเกินครึ่งหนึ่งของการวิเคราะห์ทั้งหมด ดังนั้นความปลอดภัยในการบริโภคผักจึงมีค่าต่ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างแยกตามชนิดของผัก (n=130)

ชนิดตัวอย่าง	ไม่พบการตกค้าง		ตกค้างที่ระดับปลอดภัย		ตกค้างที่ระดับไม่ปลอดภัย		
	จำนวน	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**	**จำนวน**	**ร้อยละ**	**รวม**
กะหล่ำปลี	-	-	2	50.0	2	50.0	4
กระเทียม	-	-	2	50.0	2	50.0	4
กวางตุ้ง	-	-	5	83.3	1	16.7	6
ขึ้นฉ่าย	-	-	1	33.3	2	66.7	3
ข้าวโพดอ่อน	-	-	-	-	3	100.0	3
คะน้า	1	20.0	4	80.0	-	-	5
แครอท	2	25.0	2	25.0	4	50.0	8
แตงกวา	4	44.4	4	44.4	1	11.1	9
ต้นหอม	-	-	3	42.9	4	57.1	7
ถั่วงอก	-	-	2	50.0	2	50.0	4
ถั่วฝักยาว	0	0.0	3	42.9	4	57.1	7
ใบกะเพรา	-	-	1	33.3	2	66.7	3
ใบโหระพา	1	20.0	-	-	4	80.0	5
ผักชี	-	-	2	33.3	4	66.7	6
ผักกาดขาว	3	27.3	4	36.4	4	36.4	11
พริกแดง	-	-	2	20.0	8	80.0	10
พริกหยวก	1	20.0	4	80.0	-	-	5
ฟักทอง	1	33.3	2	66.7	-	-	3
มะเขือเทศ	1	10.0	5	50.0	4	40.0	10
มะเขือเปราะ	2	40.0	2	40.0	1	20.0	5
หอมแดง	-	-	1	25.0	3	75.0	4
หอมหัวใหญ่	1	12.5	4	50.0	3	37.5	8
รวม	17	13.1	55	42.3	58	44.6	130

ตารางที่ 2 ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างแยกตามความปลอดภัยของการตรวจพบ (n=130)

ผลการตรวจพบสารเคมีตกค้าง	จำนวน	ร้อยละ
ไม่พบการตกค้าง	17	13.1
ตกค้างที่ระดับปลอดภัย	55	42.3
ตกค้างที่ระดับไม่ปลอดภัย	58	44.6

วิจารณ์ผล

จากการตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผัก โดยการตรวจสอบการปนเปื้อนด้วยชุดทดสอบ GT test kid มีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักจำนวน 22 ชนิด รวม 130 ตัวอย่าง พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย จำนวน 58 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 44.6 พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ปลอดภัย จำนวน 55 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 42.3 และไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก จำนวน 17 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.1 และผักที่ไม่พบสารเคมีตกค้างมากที่สุดคือ แตงกวา และมะเขือเปราะ ส่วนผักที่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยจำแนกตามชนิดของผัก พบว่า ข้าวโพดอ่อนและพริกแดง พบยากำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยมากที่สุด มากกว่าร้อยละ 80 การศึกษาครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาของ พัชรี และคณะ (2559) ที่ศึกษาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งในผักแตงกวาและมะเขือเปราะมีการตรวจพบสารเคมีตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95.56 แต่มีผลที่สอดคล้องในการวิเคราะห์ยากำจัดศัตรูพืชตกค้างในพริกแดงมีการตรวจพบยากำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัย คิดเป็นร้อยละ 73.33 และ สอดคล้องกับการศึกษาของ ธนพงศ์ และคณะ (2559) ศึกษาความชุกของการมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้าง ในผักจากตลาดและห้างสรรพสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม พบว่า พริกแดงมีการตรวจพบ ยากำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับที่ไม่ปลอดภัยมากที่สุด เช่นกัน คิดเป็นร้อยละ 84.67 ดังนั้นก่อนการบริโภคพริกแดงควรล้างทำความสะอาดด้วยวิธีที่ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลทุกครั้ง เพื่อป้องการตกค้างของยากำจัดศัตรูพืชเข้าสู่ร่างกาย

ข้อจำกัดหนึ่งของการศึกษานี้คือเป็นการตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชเฉพาะในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและ คาร์บาเมตที่ตกค้างในผัก อย่างไรก็ตาม สารเคมีกำจัดศัตรูพืชสองกลุ่มนี้มีอัตราการนำเข้าสูงสุดซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณการใช้สารเหล่านี้ในทางการเกษตรที่สูง ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ชุดทดสอบ GT-test kit ในการตรวจสอบ หากเกษตรกรใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มอื่นที่หลากหลายจะทำให้ผลการวิจัยมีแนวโน้มที่พบอัตราการปนเปื้อนน้อยกว่าความเป็นจริง ดังนั้นผลการทดสอบควรได้รับการยืนยันผลเพิ่มเติมจากการทดสอบด้วยวิธี

อื่นๆ หรือใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูงในการตรวจสอบ เช่น High Performance Liquid Chromatography (HPLC) และ Gas Chromatography (GC) นอกจากนี้ ในการเก็บตัวอย่างผักที่นำมาวิเคราะห์ ทำการเก็บภายใน 1 เดือน และขนาดตัวอย่างของผักแต่ละชนิดที่มีปริมาณน้อยทำให้ไม่สามารถสรุปความชุกของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักแต่ละชนิดได้อย่างชัดเจน ดังนั้นในงานวิจัยครั้งต่อไปควรที่จะขยายระยะเวลาการเก็บเพิ่มขนาดตัวอย่างผักให้มีปริมาณมากขึ้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้บ่งบอกว่าสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักเป็นปัญหาในพื้นที่วิจัยและสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังปัญหานี้ต่อไปในอนาคต

สรุปผล

การตรวจคัดกรองสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักเขตพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า ผักร้อยละ 44.6 มีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับไม่ปลอดภัย ร้อยละ 42.3 พบการตกค้างในระดับที่ปลอดภัย และไม่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักร้อยละ 13.1 ผักที่พบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในระดับไม่ปลอดภัยมากที่สุดคือ ข้าวโพดอ่อนรองลงมาคือ พริกแดง และใบโหระพา ตามลำดับ ผักที่มีความปลอดภัยมากที่สุดคือ แตงกวา และมะเขือเปราะผู้บริโภคสามารถใช้ข้อมูลจากวิจัยนี้ในการเลือกบริโภคผัก เจ้าหน้าที่ภาครัฐและผู้เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองผู้บริโภคสามารถใช้ผลการวิจัยนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผัก และเผยแพรข้อมูลการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผักเพื่อให้ผู้บริโภคได้รับข้อมูลและเกิดการตระหนัก รู้เท่าทัน และทราบถึงทางเลือกในการบริโภคผักที่ปลอดภัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเพชรบูรณ์ อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างผัก ขอขอบคุณ คุณวรินธร ชาติสุภาพ และคุณขนิษฐา ศรีสวัสดิ์ นักวิทยาศาสตร์ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ในการเตรียมสารและอุปกรณ์ห้องปฏิบัติการวิจัย ขอขอบคุณนักศึกษาผู้ช่วยนักวิจัย สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ในการคัดแยกผักตัวอย่างและเตรียมผักตัวอย่างก่อนการตรวจวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

จิราภรณ์ ประธรรมโย, วลัญช์ชยา เขตบำรุง, ธมณ วัชรเมธาพงษ์, และชมพูนุท หวังแลกลาง. 2566. ผลการตรวจหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักผลไม้ เขตจังหวัดนครราชสีมา. วารสารวิจัยและพัฒนาด้านสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครราชสีมา. 9(1): 78-90.

ฐิติญานนท์ สัสดีไกรษร, ธิติกร เมธีวุฒิกร, ธีริศรา ถนอมเนื้อ, ปรียากรณ์ เอกอัจฉริยกุล และ ศุจิมน มังคลรังษี. 2566. กรณีศึกษา สถานการณ์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักที่จำหน่ายในตลาดสดในเขต อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารเกษตรรำไพ. 1(2): 10-18.

ธนพงศ์ ภูผาลี, อรนุช วงศ์วัฒนาเสถียร, สมศักดิ์ อาภาศรีทองสกุล และมาลี สุปันตี. 2559. ความชุกของการมีสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักจากตลาดและห้างสรรพสินค้าในอำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. วารสารเภสัชกรรมไทย, 8(2): 399-409.

ปัณณทัต สุทธิรักษ์, อัจฉริยะกูล พวงเพ็ชร์, เวธกา เช้าเริญ, พรอริยา ฉีรินัง, โสภณ เกตุแก้ว และ ทวิพัฒน์ วิจิตรปัญญารักษ์. 2564. การศึกษาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักสดในอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี และแนวทางการบริโภคผักให้ปลอดภัย. PBRU SCIENCE JOURNAL, 18(1): 1-11.

ปัทมา เสนทอง, กชพรรณ หนูชนะ, จันทิมา เอกรัชฤทธิ์, ธนวัฒน์ สายเมธา, จิรกิตติ์ ดวงมุสิก, ภคินี ปิยะพันธ์ และ กฤตภพ ไทรทองคำ. 2563. การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชในดิน น้ำที่ใช้ในการบริโภค และผักสวนครัว ใน ครัวเรือนที่อยู่ในสวนเงาะและสวนทุเรียน. วารสารวิจัย มข, 20(3): 86 – 94.

พัชรี ภคกษมา, สุวรรณี สายสิน และศรมน สุทิน. 2559. การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างของสารกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตในผักในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 5(1): 22-30.

สุภัทรา กลางประพันธ์, มนฑิรา พาราณสี และศรัณย์ ฉวีรักษ์. 2565. การตรวจสอบสารเคมีฆ่าแมลงตกค้างในผักสมุนไพรที่จำหน่ายตามท้องตลาด ในเขตจังหวัดอุบลราชธานี. วารสารเกษตรพระวรุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 19(2): 91–99. https://doi.org/10.14456/paj.2022.23

อรอุมา สร้อยจิต และสุวิทย์ คล่องทะเล. 2562. การตรวจหาสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและคาร์บาเมตที่ตกค้างมากับผักที่ใช้ประกอบอาหารในร้านอาหารของชุมชนใกล้มหาวิทยาลัยรังสิต ต.หลักหก อ.เมืองปทุมธานี จ.ปทุมธานี. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต. 138-149.

Srojit, O. Y., and Klongthalay S. 2019. An investigation of insecticide residues of organophosphate and carbamate compounds in vegetables for food preparation in restaurants near Rangsit University, Lak Hok subdlistrict, Mueang Pathum Thani district, Pathum Thani Province. Proceeding of the Rangsit University National Conference 2019 (pp. 138-149). Pathum Thani: Rangsit University.

Thailand Pesticide Alert Network: Thai-PAN. 2022. Pesticide residues in vegetables and fruits: Monitor results, Available: www.thaipan.org/%0Asites/default/files/file/pesticide_doc24_press_4_5_2%0A559.pdf. Accessed December 17, 2024.

Thoophom G, Sungvaranond B, Jiragobchaiyapong G, Atlsook K and Jongmevasana P. (1998). Test kit for rapid screening residues of pesticide in food. Bulletin of The Department of Medical Sciences, 159: 273–87.

การประเมินศักยภาพของสายพันธุ์บัวหลวงในการผลิตรากบัว

Evaluation of lotus varieties (*Nelumbo nucifera* Geartn.) performance in rhizome production

สุดใจ ล้อเจริญ[1*] ศุภลักษณ์ อริยภูชัย[2] มณีรัตน์ รุจิณรงค์[3] และ จีรภา ออสติน[1]

Sudchai Locharoen[1*] Suppaluck Ariyaphuchai[2] Maneerat Rujinarong[3]and Jirapa Austin[1]

[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ต.หนองไผ่ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ 33000

[1] Si Sa Ket Horticultural Research Center, Nong Phai, Mueang, Si Sa Ket 33000

[2] ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง ต.ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[2] Trang Horticultural Research Center, Mai Fat, Sikao, Trang 92150

[3] กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900

[3] Planning and Technical Division, Department of Agriculture, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

*Corresponding author E-mail: locharoens@gmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อประเมินผลผลิตรากบัวของสายพันธุ์บัวหลวง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ ‘ChHy04 x Nnu_A001 (50)’ ‘ChHy04 x Nnu_A010 (29)’ ‘ChHy04 x Nnu_A010 (50)’ ‘Nnu_A001 x ChHy04 (4)’ ‘Nnu_A003 x chHy04 (50)’ ‘สตูล 28’ และสายพันธุ์ ‘บึงบอระเพ็ด’ ซึ่งเป็นที่นิยมในการนำลำต้นใต้ดิน (รากบัว) มาบริโภค ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2566 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2567 วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี โดยกรรมวิธีคือสายพันธุ์ ปลูกบัวหลวงตามแผนการทดลองในบ่อปลูกขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร และลึก 0.5 เมตร ที่มีวัสดุปลูกดินผสมปุ๋ยคอกอัตรา 3:1 และเก็บเกี่ยวรากบัวทุกกรรมวิธีเมื่อรากบัวมีอายุ 1 ปี หลังการปลูก ผลการประเมินพบว่า สายพันธุ์ **‘สตูล 28’** และ **‘ChHy04 x Nnu_A001 (50)’ มีศักยภาพสำหรับการผลิตรากบัว ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตรากบัวได้** 2,356.6 และ 2,205.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

คำสำคัญ : บัวหลวง นาบัว ลำต้นใต้ดิน ลำต้นเลื้อย

Abstract

The objective of this study was to evaluate the lotus rhizome yield varieties, including 'ChHy04 x Nnu_A001 (50)', 'ChHy04 x Nnu_A010 (29)', 'ChHy04 x Nnu_A010 (50)', 'Nnu_A001 x ChHy04 (4)', 'Nnu_A003 x chHy04 (50)', 'Satun 28', and 'Bueng Boraphet', a popular variety for its edible underground stems (rhizomes). The experiment was conducted at the Si Sa Ket Horticultural Research Center, Si Sa Ket Province, from February 2023 to February 2024. A randomized complete block design (RCB) with three replications and seven treatments (varieties)

was used. Lotus rhizomes were grown according to the experimental plan in an aquatic pond, with dimensions of 6 meters in width, 6 meters in length, and 0.5 meters in depth, with soil mixed with manure at a ratio of 3:1 as the planting medium. Rhizomes were harvested from all treatments one year after planting. The evaluation revealed that 'Satun 28' and 'ChHy04 x Nnu_A001 (50)' showed potential for rhizome production, yielding 2,356.6 kg/rai and 2,205.1 kg/rai, respectively.

Keywords : sacred lotus, lotus field, rhizome, stolon

บทนำ

รากบัวหลวง (*Nelumbo nucifera* Geartn.) คือส่วนลำต้นใต้ดิน (rhizome) ของบัวหลวงที่มีการสะสมอาหารก่อนการพักตัวสามารถนำมาบริโภคได้ โดยควรเก็บเกี่ยวรากบัวที่สมบูรณ์เต็มที่เมื่อมีอายุประมาณ 1 ปี หลังการปลูก (จันทร์เพ็ญ และคณะ, 2552) รากบัวหลวงมีเนื้อสัมผัสกรอบ รสชาติหวาน เส้นใยอาหารสูง เต็มไปด้วยสารอาหารที่เป็นประโยชน์ เช่น เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส ไทอามีน วิตามินบี 6 วิตามินซี (Wang and Zhang, 2004) นอกจากนี้รากบัวหลวงยังมีสารประกอบในกลุ่มฟีโนลิกที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในปริมาณสูง (Yang et al. 2016) จึงทำให้รากบัวเป็นทั้งอาหาร และยาจากธรรมชาติที่เป็นทางเลือกเพื่อสุขภาพสำหรับผู้บริโภคทั่วโลกรวมถึงผู้บริโภคของประเทศไทย แต่ผลผลิตรากบัวในตลาดประเทศไทยเป็นการนำเข้ามาจากแหล่งปลูกในประเทศจีน เนื่องจากการปลูกบัวหลวงเชิงการค้าในประเทศไทยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดดอก และฝัก ซึ่งการปลูกสำหรับผลิตรากบัวนั้นยังไม่เป็นที่นิยม และสายพันธุ์บัวหลวงท้องถิ่นผลิตรากบัวได้ขนาดไม่ใหญ่ จึงมีเพียงการเก็บเกี่ยวรากบัวในพื้นที่ชุ่มน้ำตามธรรมชาติเมื่อถึงฤดูกาลน้ำลดเท่านั้น (อรวรรณ และภูริพันธ์, 2548) ดังนั้นหากมีสายพันธุ์บัวหลวงที่มีศักยภาพในการผลิตรากบัว อาจเป็นการสร้างทางเลือกให้กับเกษตรกรผู้ปลูกบัวหลวงเชิงการค้าสำหรับผลิตรากบัวบริโภคภายในประเทศ และลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้

ในปี 2561-2564 ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษได้มีโครงการปรับปรุงพันธุ์บัวหลวงจากฐานพันธุกรรมที่ได้รวบรวมไว้เพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ที่หลากหลาย โดยหนึ่งในวัตถุประสงค์ของการพัฒนาสายพันธุ์บัวหลวงคือการสร้างลูกผสมที่สามารถให้ผลผลิตรากบัว และคัดเลือกสายพันธุ์ลูกผสมปลูกประเมินในสภาพแปลง เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการส่งต่อให้เกษตรกรผู้ปลูกบัวหลวงได้นำไปใช้ประโยชน์สร้างรายได้ที่เพิ่มขึ้นต่อไปในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

การทดลองดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ จังหวัดศรีสะเกษ ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2566 ถึง กุมภาพันธ์ 2567 โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.การเตรียมพื้นที่ปลูกบัวหลวง

เตรียมบ่อดินที่ปูด้วยพลาสติกหนาป้องกันน้ำซึมออกขนาดกว้าง x ยาว x ลึก เท่ากับ 6 x 6 x 0.5 เมตร มีวัสดุปลูกเป็นดินผสมปุ๋ยคอก อัตราส่วน 3 : 1 และใส่วัสดุปลูกสูงจากก้นบ่อ 30 เซนติเมตรจากนั้นเติมน้ำให้สูงจากระดับผิวดิน 10 เซนติเมตร

2.การปลูกต้นบัวหลวง

คัดเลือกไหลบัวหลวงที่มีปลายยอดสมบูรณ์ และมีข้อ (node) 2 - 3 ข้อ (Figure 1) นำไหลดังกล่าวมาปลูกในบ่อที่เตรียมไว้ ด้วยการวางไหลปลูกลึกจากผิวดิน 3 – 5 เซนติเมตร ให้ปลายไหลโผล่พ้นดินปลูก ในระยะระหว่างแถว x ไหล เท่ากับ 2 x 2 เมตร สามารถปลูกได้จำนวน 9 ไหลต่อพื้นที่บ่อ ทยอยเติมน้ำเพิ่มตามระดับความยาวของก้านใบที่ยืดยาวขึ้น เริ่มให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 - 15 อัตรา 450 กรัมต่อพื้นที่บ่อ โดยการหว่านปุ๋ยให้ทั่วทั้งบ่อปลูก เมื่อต้นบัวหลวงมีใบปกคลุม 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อปลูก และให้ทุก ๆ 15 วันหลังจากการให้ครั้งแรก เมื่อบัวหลวงมีการให้ดอก ทำการตัดดอกบัวตูมในระยะเก็บเกี่ยว (ก่อนดอกบาน 1-2 วัน) ทันที (Figure 1) เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากบัว (Tian *et al*, 2009)

3.การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ 7 กรรมวิธี โดยให้กรรมวิธี คือ สายพันธุ์บัวหลวงกลุ่มกลีบดอกซ้อนกันน้อยชั้นสีชมพู 7 สายพันธุ์ประกอบด้วย ‘ChHy04 x Nnu_A001 (50)’ ‘ChHy04 x Nnu_A010 (29)’ ‘ChHy04 x Nnu_A010 (50)’ ‘Nnu_A001 x ChHy04 (4)’ ‘Nnu_A003 x chHy04 (50)’ ‘สตูล 28’ และให้สายพันธุ์ ’บึงบอระเพ็ด’ ซึ่งเป็นที่นิยมในการนำลำต้นใต้ดิน (รากบัว) มาบริโภค

4.การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลความยาว ความกว้างใบลอยผิวน้ำ ใบชูเหนือน้ำ ในระยะที่มีการเจริญปกคลุม 50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บ่อปลูก (สุ่มวัดจำนวน 10 ใบต่อซ้ำ) จำนวนวันดอกแรกโผล่พ้นน้ำหลังปลูก จำนวนดอกตูมที่เก็บเกี่ยวได้ทั้งหมด น้ำหนักรวมของรากบัวที่อายุเก็บเกี่ยว 360 วันหลังปลูก โดยแบ่งขนาดตามน้ำหนักของรากบัวเป็น 3 กลุ่ม (Figure 2) ดังนี้ รากบัวขนาดเล็ก (มีน้ำหนัก < 100 กรัม) รากบัวขนาดกลาง (มีน้ำหนัก ≥100 กรัม แต่ไม่เกิน 200 กรัม) และรากบัวขนาดใหญ่ (มีน้ำหนัก ≥200 กรัม)

5.การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งที่ทดลองโดยใช้วิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

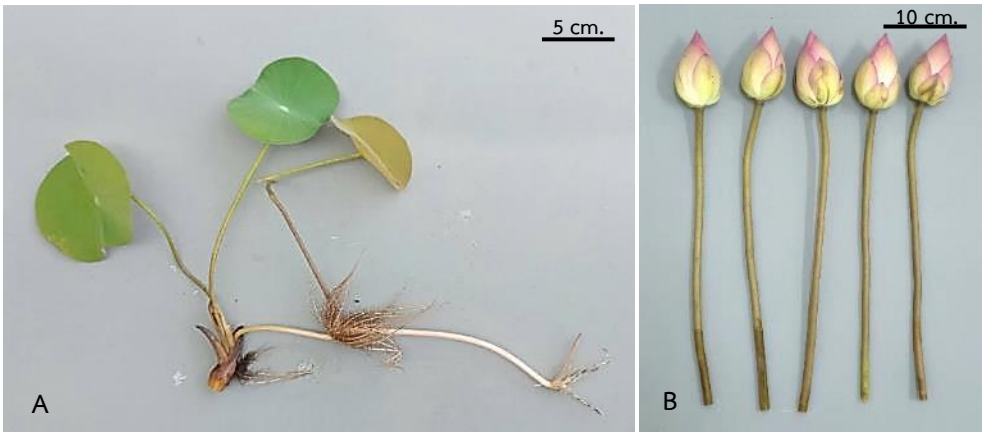


Figure 1 Characteristic of lotus stolon used for planting (A) and lotus bud before blooming, with a flower stalk longer than 30 cm. (B)

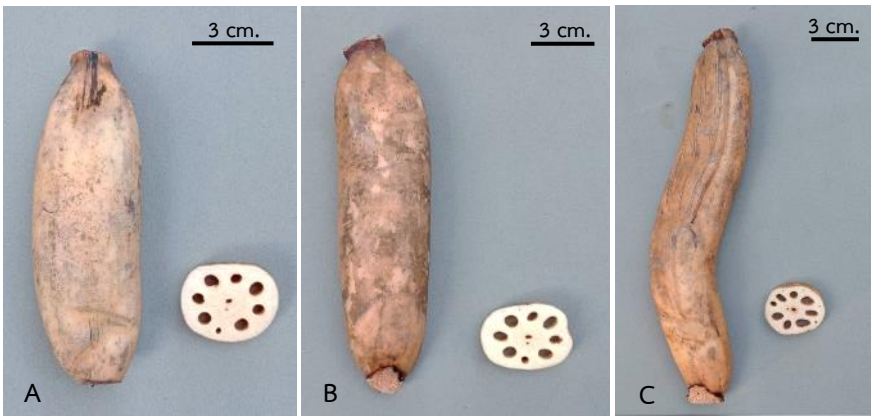


Figure 2 The size of lotus rhizomes is categorized into three groups based on weight: small-sized rhizomes (weighing <100 grams; A), medium-sized rhizomes (weighing ≥100 grams but not exceeding 200 grams; B), and large-sized rhizomes (weighing ≥200 grams; C)

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของขนาดใบลอยผิวน้ำ โดยความยาวใบอยู่ระหว่าง 27.2 – 35.9 เซนติเมตร และความกว้างใบอยู่ระหว่าง 32.5 – 34.9 เซนติเมตร สายพันธุ์ 'ChHy04 x Nnu_A010 *(29)*' แสดงความโดดเด่นทั้งความยาว และความกว้างใบ ในขณะที่สายพันธุ์ 'ChHy04 x Nnu_A001 *(50)*' มีขนาดใบเล็กที่สุด สำหรับใบชูเหนือน้ำ ความยาวใบอยู่ระหว่าง 27.3 – 32.3 เซนติเมตร และความกว้างใบอยู่ระหว่าง 33.8 – 40.5 เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของขนาดใบชูเหนือน้ำระหว่าง สายพันธุ์บัวหลวง (Table 1)

Table 1 Leaf growth characteristic of lotus varieties under fifty percent planting area coverage.

Treatment	Floating leaf		Upright leaf	
	length (cm)	width (cm)	length (cm)	width (cm)
ChHy04 x Nnu_A001 (50)	27.2 c	32.5 c	29.7	35.6
ChHy04 x Nnu_A010 (29)	35.9 a	44.9 a	32.5	39.5
ChHy04 x Nnu_A010 (50)	27.5 c	35.7 bc	30.7	37.8
Nnu_A001 x ChHy04 (4)	33.6 ab	40.6 ab	32.3	40.5
Nnu_A003 x chHy04 (50)	28.2 bc	33.1 c	27.5	33.8
Satun 28	27.2 c	34.8 bc	27.3	36.2
Bueng Boraphet	29.2 bc	35.4 bc	28.5	36.6
Coefficient of Variation (%)	9.6	8.7	7.3	7.9

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

สายพันธุ์บัวหลวงเริ่มให้ดอก 36 - 69 วันหลังปลูก โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติ (Table 2) สายพันธุ์บัวหลวงที่ให้จำนวนดอกตูมต่อไร่สูงที่สุด คือ 'ChHy04 x Nnu_A010 (29)' ซึ่งสามารถเก็บเกี่ยวได้ถึง 22,071 ดอกต่อไร่ ในขณะที่สายพันธุ์ 'Nnu_A003 x chHy04 (50)' ให้จำนวนดอกตูมต่ำที่สุดเพียง 52 ดอกต่อไร่ (Table 2)

สายพันธุ์ 'สตูล 28' และ 'ChHy04 x Nnu_A001 (50)' ให้ผลผลิตรากบัวสูงที่สุด โดยสามารถเก็บเกี่ยวได้ 2,356.6 และ 2,205.1 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) ทั้งสองสายพันธุ์ให้ผลผลิตรากบัวขนาดเล็กเป็นสัดส่วนสูงที่สุด (89 เปอร์เซ็นต์ และ 88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และผลผลิตรากบัวขนาดกลางเพียง 11 เปอร์เซ็นต์ และ 12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยไม่พบรากบัวขนาดใหญ่ (Figure 3) สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตรากบัวต่ำที่สุด คือ 'ChHy04 x Nnu_A010 (29)' โดยมีผลผลิตรวม 370.4 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) ซึ่งประกอบด้วย

ผลผลิตรากบัวขนาดเล็ก 61 เปอร์เซ็นต์ และรากบัวขนาดกลาง 39 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3) และในการศึกษาครั้งนี้ มีเพียงสายพันธุ์ ‘ChHy04 x Nnu_A010 (50)’ เพียงสายพันธุ์เดียวที่ให้ผลผลิตรากบัวขนาดใหญ่ 2 เปอร์เซ็นต์ รากบัวขนาดกลาง 46 เปอร์เซ็นต์ และรากบัวขนาดเล็ก 52 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลผลิตรวม 1,075 กิโลกรัมต่อไร่

Table 2 Flowering speed, bud quantity, and rhizome yield of lotus varieties.

Treatment	Number of days to first flowering after transplanting	Number of buds per rai	lotus rhizomes yield per rai (Kg)
ChHy04 x Nnu_A001 (50)	56	851 cd	2,205.1 a
ChHy04 x Nnu_A010 (29)	55	22,071 a	370.4 b
ChHy04 x Nnu_A010 (50)	64	7,356 b	1,075.3 b
Nnu_A001 x ChHy04 (4)	65	1,630 c	1,045.9 b
Nnu_A003 x chHy04 (50)	36	52 d	951.1 b
Satun 28	50	1,316 cd	2,356.6 a
Bueng Boraphet	69	794 cd	564.2 b
Coefficient of Variation (%)	26.4	30.2	35.8

Means followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

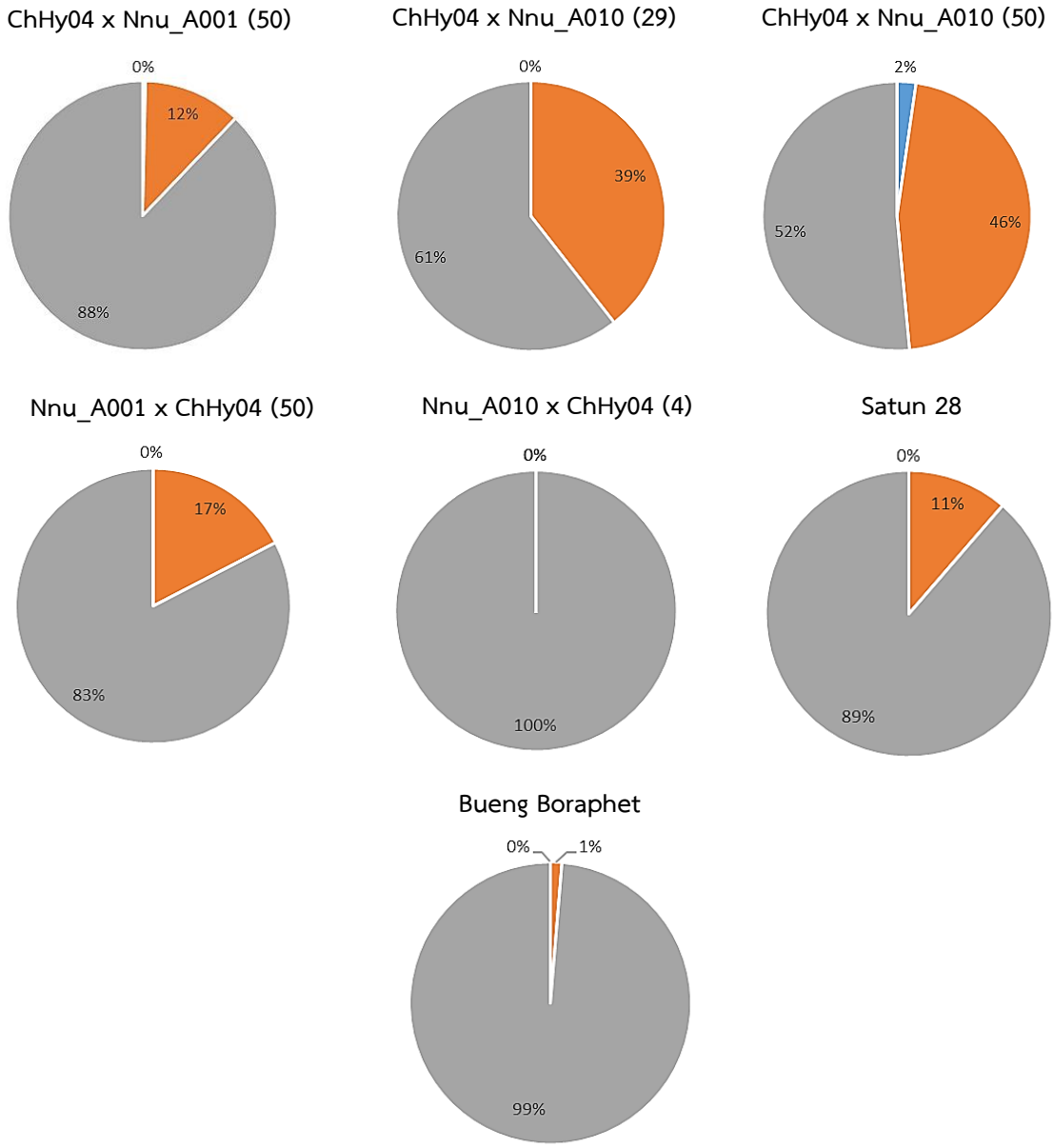


Figure 3 Percentage of lotus rhizomes categorized by rhizome yields per rai; small-sized rhizomes represented in gray, medium-sized rhizomes in orange, and large-sized rhizomes in blue.

วิจารณ์ผล

ผลผลิตรากบัวที่เก็บเกี่ยวได้พบสัดส่วนของรากบัวขนาดเล็ก และขนาดกลางในทุกสายพันธุ์ แต่พบรากบัวขนาดใหญ่เพียงเล็กน้อยในบางสายพันธุ์เท่านั้น อาจเนื่องมาจากสายพันธุ์บัวหลวงตอบสนองต่อสภาพภูมิอากาศที่อุณหภูมิอากาศสูงกว่า 20 องศาเซลเซียสเกือบตลอดทั้งปี และมีอุณหภูมิอากาศต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียสเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ เท่านั้น ซึ่งกระตุ้นให้รากบัวเกิดการแตกกิ่งก้านได้มาก แต่ไม่ขยายขนาดให้ใหญ่ (Masuda *et al.*, 2006) และเมื่อพิจารณาสายพันธุ์ ChHy04 x Nnu_A010 (50) ซึ่งให้ผลผลิตรากบัวสูงรองจาก

สายพันธุ์ ‘**สตูล** 28’ และ ‘ChHy04 x Nnu_A001 **(**50**)’ และผลผลิตมีสัดส่วนของรากบัวขนาดใหญ่นอกจากนี้ให้จำนวนดอกตูมมากรองจากสายพันธุ์ ‘ChHy**04** x Nnu_A**010 (29)**’ มีความน่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมถึงการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิตดอก ฝัก และรากบัว ซึ่งอาจทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการได้ประโยชน์จากทุกส่วนของบัวหลวง

สรุปผล

ผลการประเมินสายพันธุ์บัวหลวงที่มีศักยภาพในการผลิตรากบัวที่เน้นผลผลิตรวมสูง คือ สายพันธุ์ ‘**สตูล 28**’ และ ‘**ChHy04 x Nnu_A001 (50)**’

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และกรมวิชาการเกษตรสำหรับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จันทร์เพ็ญ ชัยมงคล, เยาวรัตน์ วงศ์ศรีสกุลแก้ว, และภูรินทร์ อัครกุลธร. (2552). รายงานผลการวิจัยเรื่อง “การศึกษาสายพันธุ์บัวหลวงที่เหมาะสมสำหรับการผลิตรากบัว”. คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

อรวรรณ วิชัยลักษณ์ และภูริพันธุ์ สุวรรณเมฆ. (2548). บัวหลวง. กลุ่มส่งเสริมการผลิตไม้ดอกไม้ประดับ. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, กรมส่งเสริมการเกษตร. http://www.doae.go.th

Masuda, J.I., Ozaki, Y., and Okudo, H. (2007). Rhizome transition to storage organ is under phytochrome control in lotus (*Nelumbo nucifera*). Planta 226, 909–915

Tian, D.K., Ken, M.T., Jeff, L.S., Floyd, M.W., and Fenny D. (2009). Response of Lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) to Planting Time and Disbudding. HORTSCIENCE 44(3), 656–659.

Wang, Q.C., and Zhang, X.Y. (2004). Lotus flower cultivars in China. China Forestry Publ. House, Beijing, China.

Yang, Y., Jie. S., Jun, X., Ting, M., Li-Mei, W., and Hong-Xun, W. (2016). Phenolic Profiles and Antioxidant Activity of Lotus Root Varieties. Molecules. 21(863). doi:10.3390/molecules21070863

ตำรับสบู่จากใบมันเทศและการประเมินความพึงพอใจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว

Sweet Potato Leaf Soap Formula and Evaluation of Satisfaction Among Members of the Sweet Potato Growers and Processors Community Enterprise in Sa Kaeo Province

ปรีชญา รุ่งวิกรัยกานต์[1*]

Preechaya Rungwikrikarn[1*]

[1] **มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี 13180**

[1] Valaya Alongkorn Rajabhat University under the Royal Patronage Pathumthani Province 13180

*Corresponding author E-mail: preechaya.rung@vru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำสบู่จากใบมันเทศประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศจังหวัดสระแก้ว ใบมันเทศซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มักถูกมองข้าม แต่มีศักยภาพในการนำมาสร้างมูลค่าเพิ่มและประโยชน์ในด้านการดูแลผิว ผลการศึกษาพบว่าใบมันเทศมีสารต้านอนุมูลอิสระและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพหลายชนิด เช่น ฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ ซึ่งช่วยในการลดการอักเสบและส่งเสริมสุขภาพผิว การวิจัยจึงมุ่งเน้นที่การนำใบมันเทศมาผลิตเป็นสบู่และทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น เนื้อสัมผัส ความคงตัวของสบู่ pH ปริมาตรฟอง และการละลายของสบู่ รวมถึงการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน

ผลการทดสอบพบว่า สบู่จากใบมันเทศมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มองหาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยตำรับสบู่ที่พัฒนามีความคงตัวดี และสามารถสร้างฟองได้มากและคงทนในระยะเวลานาน ตัวอย่างเช่น สบู่ตำรับที่ 1 มีปริมาตรฟองเฉลี่ย 75.3 ± 3.2 มิลลิลิตร และสามารถรักษาความคงทนของฟองได้ที่ 65.7 ± 2.8 มิลลิลิตร หลัง 5 นาที ส่วนตำรับที่ 2 มีปริมาตรฟองเฉลี่ยสูงกว่า 85.6 ± 4.1 มิลลิลิตร และความคงทนของฟองที่ 72.4 ± 3.5 มิลลิลิตร หลัง 5 นาที

การประเมินความพึงพอใจจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศจังหวัดสระแก้ว พบว่าตำรับที่ 2 ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงกว่าในหลายด้าน เช่น การให้ความชุ่มชื้น (4.6 ± 0.4) และความรู้สึกต่อผิวหลังใช้ (4.7 ± 0.3) ขณะที่ตำรับที่ 1 ได้คะแนน 4.2 ± 0.5 และ 4.3 ± 0.6 ตามลำดับ นอกจากนี้ ตำรับที่ 2 ยังได้รับคะแนนสูงกว่าในด้านการละลาย (3.9 ± 0.8) และปริมาณฟอง (4.8 ± 0.2) เมื่อเทียบกับตำรับที่ 1 ซึ่งได้คะแนน 4.7 ± 0.2 และ 4.0 ± 0.7 ตามลำดับ

คำสำคัญ : สบู่ใบมันเทศ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ความพึงพอใจ

Abstract

This research aims to develop soap from sweet potato leaves and evaluate the satisfaction of the community enterprise group of sweet potato growers and processors in Sa Kaeo Province. Sweet potato leaves, an often-overlooked agricultural byproduct, have the potential to be repurposed into value-added products with skin care benefits. The study found that sweet potato leaves contain antioxidants and various bioactive compounds, such as phenolics and flavonoids, which help reduce inflammation and promote skin health. Therefore, this research focuses on utilizing sweet potato leaves to produce soap and assessing its physical properties, including color, scent, texture, stability, pH, foam volume, and dissolution rate, as well as evaluating consumer satisfaction within the community enterprise group.

The results showed that soap made from sweet potato leaves possesses unique properties that meet the needs of consumers seeking natural, safe, and eco-friendly products. The developed soap formulations demonstrated good stability and the ability to generate abundant and long-lasting foam. For instance, formulation 1 had an average foam volume of 75.3 ± 3.2 mL, maintaining foam stability at 65.7 ± 2.8 mL after 5 minutes. Meanwhile, formulation 2 exhibited a higher average foam volume of 85.6 ± 4.1 mL and foam stability of 72.4 ± 3.5 mL after 5 minutes.

The satisfaction evaluation from members of the community enterprise group of sweet potato growers and processors in Sa Kaeo Province revealed that formulation 2 received higher satisfaction scores in several aspects, such as moisturization (4.6 ± 0.4) and skin feel after use (4.7 ± 0.3), compared to formulation 1, which scored 4.2 ± 0.5 and 4.3 ± 0.6, respectively. Additionally, formulation 2 also received higher scores for dissolution (3.9 ± 0.8) and foam volume (4.8 ± 0.2) compared to formulation 1, which scored 4.7 ± 0.2 and 4.0 ± 0.7, respectively.

Keywords : Sweet Potato Leaf Soap, Agricultural By-products, Satisfaction

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน ความตระหนักในด้านสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืนได้ผลักดันให้นักวิจัยและอุตสาหกรรมหันมาพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมากขึ้น ใบมันเทศ (Sweet potato leaves) ซึ่งมักถูกมองข้ามในกระบวนการเกษตร เป็นตัวอย่างหนึ่งของวัสดุเหลือใช้ที่มีศักยภาพสูงในการเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์และการวิจัย ใบมันเทศเป็นแหล่งสำคัญของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระที่มีคุณสมบัติหลากหลาย ทั้งช่วยลดการอักเสบ ชะลอการเสื่อมสภาพของเซลล์ และส่งเสริมสุขภาพ

ผิว (Panda & Sonkamble, 2012) นอกจากนี้ ใบมันเทศยังมีคุณสมบัติเด่นในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการติดเชื้อและช่วยปกป้องผิวจากรังสี UV ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของริ้วรอยและมะเร็งผิวหนัง (Dipahayu et al., 2019; Attien et al., 2020)

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างใบมันเทศอ่อนและใบโตเต็มที่พบว่า ใบมันเทศอ่อนมีสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า เช่น แอนโธไซยานิน ฟีโนลิกทั้งหมด และโพลีฟีนอล ซึ่งสามารถปกป้องเซลล์ผิวจากอนุมูลอิสระ ช่วยรักษาความสมบูรณ์ของเซลล์ และลดปัญหาผิวเสีย (Shi et al., 2022; Leonel et al., 2023) สารสกัดจากใบมันเทศยังช่วยป้องกันการเสื่อมสภาพของคอลลาเจนในผิวซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดริ้วรอย (Zhang et al., 2016)

ผลิตภัณฑ์สบู่ถือเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ดูแลผิวที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย การพัฒนาสบู่ที่มีส่วนผสมจากธรรมชาติ เช่น ใบมันเทศ จึงได้รับความสนใจจากผู้บริโภคที่ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การนำใบมันเทศมาพัฒนาเป็นสบู่ไม่เพียงช่วยลดปริมาณของเสียจากการเกษตร แต่ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับใบมันเทศซึ่งเป็นวัสดุที่มักถูกละเลย (Waskito et al., 2022)

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดสระแก้ว มีบทบาทสำคัญในการให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชนผ่านการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลผลิตในท้องถิ่น จังหวัดสระแก้วซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่เกษตรกรรมสำคัญของประเทศไทย มีการปลูกมันเทศในหลายอำเภอ เช่น อำเภออรัญประเทศ อำเภอคลองหาด และอำเภอวัฒนานคร โดยพื้นที่เพาะปลูกมันเทศรวมในจังหวัดมีมากกว่า 800,000 ตารางเมตร

การวิจัยและพัฒนาสบู่จากใบมันเทศจึงเป็นโอกาสสำคัญที่ช่วยสร้างคุณค่าทางเศรษฐกิจและสนับสนุนเกษตรกรในพื้นที่ ด้วยการนำวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่ม พร้อมทั้งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การส่งเสริมให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืนยังช่วยเสริมสร้างความตระหนักด้านการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

การพัฒนาสบู่จากใบมันเทศเป็นแนวทางที่ช่วยลดปริมาณของเสียจากการเกษตร สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับวัสดุเหลือใช้ และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบันที่มองหาผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่ปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ไม่เพียงช่วยยืนยันศักยภาพของใบมันเทศในด้านการดูแลผิว แต่ยังสามารถเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ในด้านอื่นๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.เพื่อผลิตสบู่ที่มีส่วนผสมของใบมันเทศและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น

2. เพื่อประเมินความพึงพอใจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศจังหวัดสระแก้วต่อสบู่ใบมันเทศ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาสบู่จากใบมันเทศ โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบหลัก เพื่อเพิ่มมูลค่าและสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติบำรุงผิวที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ขั้นตอนการดำเนินการมีดังนี้

1. **การเตรียมวัตถุดิบ** เก็บยอดใบมันเทศอ่อนจากพื้นที่เกษตรในจังหวัดสระแก้ว ทำความสะอาดใบมันเทศด้วยน้ำสะอาด จากนั้นนำใบมาหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ และตากแห้งในที่ร่มเป็นเวลา 2-3 วัน บดใบมันเทศให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น และร่อนผ่านตะแกรงละเอียดขนาด 280 ไมโครเมตร
2. **เตรียมตำรับสบู่ 2 ตำรับ** ดังตารางที่1

ตารางที่ 1 ตารางส่วนผสมสบู่ก้อนใบมันเทศทั้ง 2 ตำรับ

ส่วนผสม (Ingredients)	ตำรับที่ 1	ตำรับที่ 2
ฐานสบู่ (Soap Base)	ไขมันจากพืชและน้ำมันธรรมชาติ	เบสสบู่กลีเซอรีน (Glycerin Soap Base)
น้ำมันมะพร้าว (Coconut Oil)	200 กรัม	-
น้ำมันปาล์ม (Palm Oil)	150 กรัม	-
น้ำมันมะกอก (Olive Oil)	100 กรัม	-
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	65 กรัม	-
น้ำใบมันเทศ (Sweet Potato Leaf Extract)	150 กรัม	50 กรัม
กลีเซอรีน (Glycerin)	-	500 กรัม
น้ำผึ้ง (Honey)	10 กรัม	10 กรัม
น้ำมันหอมระเหยลาเวนเดอร์ (Lavender Essential Oil)	5 กรัม	5 กรัม

3. การทดสอบคุณสมบัติสบู่

3.1 **คุณสมบัติทางกายภาพ** ตรวจสอบสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความคงตัวของสบู่

3.2 **การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)**

ละลายสบู่ 1 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร จากนั้นวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วย pH Meter

3.3 **การทดสอบฟองและการคงตัวของฟอง** เขย่าผลิตภัณฑ์ในกระบอกตวงเพื่อวัดปริมาตรฟอง และตรวจสอบความคงตัวของฟองในระยะเวลา 5 นาที

3.4 **การทดสอบการสึกกร่อน** แช่สบู่ในน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ใช้และล้างฟองสบู่ซ้ำ 3 รอบ และวัดน้ำหนักก่อน-หลังการใช้

4. การศึกษาความพึงพอใจ

ใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงคือสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศจังหวัดสระแก้ว 30 คน อธิบายวิธีการประเมินคุณสมบัติของสบู่ เช่น การให้ความชุ่มชื้น ความรู้สึกต่อผิว กลิ่น และปริมาณฟอง

ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลระดับความพึงพอใจตามเกณฑ์ของ จินดาพร สืบขำเพชร และรุ่งเรือง งาหอม (2561) ดังนี้

4.51 - 5.50 หมายถึง พึงพอใจในระดับมากที่สุด

3.51 - 4.50 หมายถึง พึงพอใจในระดับมาก

2.51 - 3.50 หมายถึง พึงพอใจในระดับปานกลาง

1.51 - 2.50 หมายถึง พึงพอใจในระดับน้อย

1.00 - 1.50 หมายถึง พึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณจากการทดสอบทางกายภาพและเคมี ประมวลผลความคิดเห็นจากแบบสอบถามโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัย

1.การผลิตสบู่ที่มีส่วนผสมของใบมันเทศและทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น

ขั้นตอนการทำสบู่ก้อนตำรับที่ 1

สูตรสบู่นี้ใช้ไขมันจากพืชและน้ำมันธรรมชาติเป็นฐาน โดยมีน้ำมันมะพร้าว 200 กรัม น้ำมันปาล์ม 150 กรัม และน้ำมันมะกอก 100 กรัม เพื่อให้ได้ความสมดุลระหว่างฟอง ความแข็ง และความชุ่มชื้นในการทำความสะอาดผิว ขั้นตอนการผลิตเริ่มจากเตรียมพิมพ์และอุ่นน้ำมันทั้งหมดให้ได้อุณหภูมิประมาณ 40°C จากนั้นค่อย ๆ เทโซเดียมไฮดรอกไซด์ 65 กรัมลงในน้ำใบมันเทศ 150 กรัม โดยกวนตลอดเวลาเพื่อให้ละลายสมบูรณ์ เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 40°C ค่อย ๆ เทสารละลายด่างลงในน้ำมันที่เตรียมไว้ แล้วคนจนส่วนผสมข้นขึ้น จากนั้นเติมน้ำผึ้ง 10 กรัมและน้ำมันหอมระเหยลาเวนเดอร์ 5 กรัม คนให้เข้ากัน เทลงแม่พิมพ์ และพักไว้ให้เซ็ตตัว ก่อนนำไปบ่มเป็นเวลา 4-6 สัปดาห์เพื่อให้สบู่มีคุณสมบัติที่สมบูรณ์และพร้อมใช้งาน

ขั้นตอนการทำสบู่ก้อนตำรับที่ 2

สูตรสบู่นี้ใช้กลีเซอรีน 500 กรัมเป็นฐานหลัก ร่วมกับน้ำใบมันเทศ 50 กรัม ซึ่งมีสารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติช่วยบำรุงผิว เสริมด้วยน้ำผึ้ง 10 กรัมเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้น และน้ำมันหอมระเหยลาเวนเดอร์ 5 กรัมที่ให้กลิ่นหอมผ่อนคลาย วิธีทำเริ่มจากการละลายกลีเซอรีนด้วยความร้อนต่ำ จากนั้นเติมน้ำใบมันเทศ น้ำผึ้ง และน้ำมันหอมระเหยลาเวนเดอร์ลงไป คนให้เข้ากันดี แล้วเทลงแม่พิมพ์ ทิ้งไว้จนเซ็ตตัวก่อนนำไปใช้งาน

การทดสอบคุณสมบัติสบู่

การทดสอบคุณสมบัติสบู่ประกอบด้วยการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความคงตัว การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยละลายสบู่ในน้ำกลั่นและใช้ pH meter วัดค่า การทดสอบฟองและความคงตัวของฟอง โดยการเขย่าผลิตภัณฑ์ในกระบอกตวงและตรวจสอบฟองในระยะเวลา 5 นาที และการทดสอบการสึกกร่อน โดยการแช่สบู่ในน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส แล้ววัดน้ำหนักก่อนและหลังการใช้ เพื่อประเมินความคงทนของสบู่และประสิทธิภาพในการใช้งาน

ตารางที่ 2 ตารางผลการทดสอบคุณสมบัติของสบู่ใบมันเทศ

หัวข้อการทดสอบ	**ตำรับที่ 1**	**ตำรับที่ 2**
สี	เขียวเข้ม	เขียวใส
กลิ่น	หอมอ่อน ๆ จากลาเวนเดอร์	หอมอ่อน ๆ จากลาเวนเดอร์
เนื้อสัมผัส	แข็งและแน่น	นุ่ม ลื่น และละลายน้ำง่าย
ความคงตัวของสบู่	ละลายช้ากว่า ใช้งานได้นาน	ละลายเร็วกว่า ใช้งานสั้นกว่า
กรด-ด่าง (pH)	pH 9.45 ± 0.10	pH 8.72 ± 0.08
ปริมาตรฟองเฉลี่ย	75.3 ± 3.2 มิลลิลิตร	85.6 ± 4.1 มิลลิลิตร
ความคงตัวของฟองหลัง 5 นาที	65.7 ± 2.8 มิลลิลิตร	72.4 ± 3.5 มิลลิลิตร

2. การประเมินความพึงพอใจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศจังหวัดสระแก้วต่อสบู่ใบมันเทศ

ผลการศึกษาความพึงพอใจ

การศึกษาความพึงพอใจใช้กลุ่มตัวอย่างสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว จำนวน 30 คน โดยให้ทดลองใช้สบู่แต่ละสูตร และประเมินตามเกณฑ์ 5 ระดับ (1 = พึงพอใจน้อยที่สุด, 5 = พึงพอใจมากที่สุด)

ตารางที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว

หัวข้อการประเมิน	**ตำรับที่ 1**	**ตำรับที่ 2**
การให้ความชุ่มชื้น	4.2 ± 0.5	4.6 ± 0.4
ความรู้สึกต่อผิวหลังใช้	4.3 ± 0.6	4.7 ± 0.3
กลิ่นสบู่	4.5 ± 0.4	4.5 ± 0.4
ปริมาณฟอง	4.0 ± 0.7	4.8 ± 0.2
ความคงตัวของสบู่	4.6 ± 0.3	4.1 ± 0.6
การละลายของสบู่	4.7 ± 0.2	3.9 ± 0.8

จากตารางที่3 พบว่าทั้งสองสูตรได้รับคะแนนความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับ **ดีมาก (≥4.0)** แสดงให้เห็นว่าผู้ใช้มีความพึงพอใจสูงต่อคุณสมบัติของสบู่ ไม่ว่าจะเป็น เนื้อสัมผัส ความคงตัว ปริมาณฟอง และการให้ความชุ่มชื้น

ภาพที่ 1 การทดลองใช้สบู่ตำรับที่ 1

ภาพที่ 2 การทดลองใช้สบู่ตำรับที่ 2

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาคุณสมบัติและความพึงพอใจของสบู่ทั้งสองตำรับจากสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในด้านต่าง ๆ ตำรับที่ 1 มีการละลายช้ากว่าและมีค่า pH ที่สูงกว่าเมื่อเทียบกับตำรับที่ 2 ซึ่งอาจทำให้สบู่ในตำรับที่ 1 เหมาะสมสำหรับผู้ที่ต้องการสบู่ที่คงทนใช้งานได้นาน และมีความเป็นด่างสูง (pH 9.45 ± 0.10) ซึ่งอาจเหมาะกับการทำความสะอาดผิวที่มีความมันมากหรือสำหรับผู้ที่มีผิวไม่บอบบาง (Amro et al., 2018) ขณะที่ตำรับที่ 2 มีการละลายเร็วและมีค่า pH ต่ำกว่า (pH 8.72 ± 0.08) ซึ่งเหมาะสมกับผู้ที่มีผิวบอบบางมากกว่า (สโรชินี ศิริวัฒนา, 2567)

ในส่วนของ ปริมาณฟอง ตำรับที่ 2 มีฟองมากกว่า (85.6 ± 4.1 มิลลิลิตร) ซึ่งทำให้การใช้งานสบู่มีความสะดวกและประสิทธิภาพในการทำความสะอาดสูงขึ้น เมื่อเทียบกับตำรับที่ 1 (75.3 ± 3.2 มิลลิลิตร) ซึ่งอาจทำให้การใช้งานลดความสะดวกลง แต่การคงทนของฟองทั้งสองตำรับยังดี โดยตำรับที่ 1 มีฟองเหลือ 65.7 ± 2.8 มิลลิลิตร และตำรับที่ 2 มีฟองเหลือ 72.4 ± 3.5 มิลลิลิตรหลัง 5 นาที ซึ่งแสดงถึงความสามารถในการรักษาความคงทนของฟองที่ดีในทั้งสองสูตร (Münevver Şeker andÖzlem Esen, 2021)

ตำรับที่ 2 ได้รับความพึงพอใจสูงกว่าในด้านการให้ความชุ่มชื้น (4.6 ± 0.4) และความรู้สึกต่อผิวหลังใช้ (4.7 ± 0.3) เมื่อเทียบกับตำรับที่ 1 (4.2 ± 0.5 และ 4.3 ± 0.6 ตามลำดับ) ซึ่งอาจเนื่องจากเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ลื่น และละลายน้ำได้ง่าย ทำให้ผู้ใช้รู้สึกสบายและผิวมีความชุ่มชื้นมากกว่า (อุสิธารา จันตาเวียง, 2563). อย่างไรก็ตาม ในเรื่องของ ความคงตัวของสบู่ ตำรับที่ 1 ได้รับคะแนนสูงกว่า (4.6 ± 0.3 เทียบกับ 4.1 ± 0.6) ซึ่งแสดงถึง

ความทนทานและใช้งานได้ยาวนานมากกว่าตำรับที่ 2 ซึ่งละลายเร็วกว่า ทำให้การใช้งานสั้นลง (โกมลดา ชูยัง, 2564)

การทดลองนี้ยังมีข้อจำกัดในหลายด้านตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองอาจมีขนาดเล็กหรือไม่ได้ครอบคลุมกลุ่มผู้ใช้หลากหลายประเภทผิว ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่สามารถนำไปสรุปเป็นการใช้สบู่ในกลุ่มผู้ใช้ที่หลากหลายได้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในด้านการควบคุมปัจจัยภายนอก เช่น สภาพอากาศหรืออุณหภูมิที่อาจมีผลต่อคุณสมบัติของสบู่ในระหว่างการทดสอบ ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของผลการทดลอง

เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สมบูรณ์และมีความแม่นยำมากขึ้น ควรเพิ่มการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลายขึ้น เช่น ผู้ใช้ที่มีผิวต่างประเภท (แห้ง, มัน, บอบบาง) รวมทั้งการทดสอบในช่วงระยะเวลานานเพื่อดูถึงความทนทานของสบู่เมื่อใช้งานในระยะยาว. อีกทั้งควรมีการควบคุมปัจจัยภายนอกที่อาจมีผลกระทบต่อสบู่ เช่น อุณหภูมิและความชื้น รวมทั้งทดสอบผลลัพธ์ที่ได้ในระยะยาวเพื่อทดสอบความคงทนของสบู่และประสิทธิภาพในการทำความสะอาดผิวในระยะยาว

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของทั้งสองตำรับในหลายด้าน ซึ่งจะช่วยให้สามารถเลือกใช้สบู่ที่เหมาะสมตามลักษณะการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้ คุณสมบัติทางกายภาพของสบู่ พบว่าตำรับที่ 1 มีสีเขียวเข้ม ในขณะที่ตำรับที่ 2 มีสีเขียวใส ซึ่งแสดงถึงการเลือกใช้ส่วนผสมหรือกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน แต่ในแง่ของ กลิ่นสบู่ ทั้งสองตำรับให้กลิ่นหอมอ่อนๆ จากลาเวนเดอร์เท่ากัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันในส่วนนี้ ทั้งนี้การมีกลิ่นหอมเป็นคุณสมบัติที่ผู้ใช้ส่วนใหญ่ต้องการ เนื่องจากช่วยเพิ่มประสบการณ์ในการใช้งานที่ผ่อนคลายและสดชื่น ซึ่งการทดลองไม่ขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า กลิ่นสบู่ ควรช่วยเพิ่มความน่าพึงพอใจให้กับผู้ใช้ได้

ในส่วนของ เนื้อสัมผัส ตำรับที่ 1 มีเนื้อสัมผัสที่แข็งและแน่น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการออกแบบสบู่ที่มีความคงทนสูงและสามารถใช้งานได้นาน ขณะที่ตำรับที่ 2 มีเนื้อสัมผัสที่นุ่ม ลื่น และละลายน้ำได้ง่าย ซึ่งทำให้สบู่ละลายเร็วกว่า แต่การละลายเร็วนี้อาจทำให้สบู่หมดเร็วกว่าในการใช้งานระยะยาว การทดสอบ ความคงตัวของสบู่ ตำรับที่ 1 ละลายช้ากว่า ซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า สบู่ที่มีความทนทานมากขึ้น จะเหมาะสมกับผู้ใช้ที่ต้องการการใช้งานที่ยาวนาน เกี่ยวกับ กรด-ด่าง (pH) ตำรับที่ 1 มีค่า pH 9.45 ± 0.10 ซึ่งค่อนข้างสูงกว่าตำรับที่ 2 (pH 8.72 ± 0.08) ซึ่งแสดงถึงสบู่ที่มีความเป็นด่างสูงกว่าอาจทำให้เหมาะสมกับผู้ที่มีผิวมันหรือต้องการ

คุณสมบัติที่ช่วยทำความสะอาดได้ดี ในขณะที่ตำรับที่ 2 มี pH ต่ำกว่า ซึ่งอาจจะเหมาะสมกับผู้ที่มีผิวบอบบางหรือผู้ที่ต้องการสบู่ที่ไม่ทำให้ผิวแห้ง

ปริมาณฟองเฉลี่ย ตำรับที่ 2 สร้างฟองได้มากกว่า (85.6 ± 4.1 มิลลิลิตร) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการสร้างฟองที่สูงกว่าตำรับที่ 1 (75.3 ± 3.2 มิลลิลิตร) การสร้างฟองที่มากขึ้นอาจทำให้ผู้ใช้รู้สึกถึงการทำความสะอาดที่ดีขึ้นและทำให้สบู่มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากกว่า โดยการทดลองนี้ไม่ขัดแย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า สบู่ที่สร้างฟองมากจะมีความสามารถในการทำความสะอาดที่ดี ขณะที่ทั้งสองตำรับยังมีฟองที่คงทนดีภายหลังการใช้ 5 นาที (ตำรับที่ 1: 65.7 ± 2.8 มิลลิลิตร และตำรับที่ 2: 72.4 ± 3.5 มิลลิลิตร) ซึ่งสะท้อนถึงความเสถียรของฟองที่ดีในทั้งสองสูตร

ผลการ ศึกษาความพึงพอใจ ของสมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว แสดงให้เห็นว่าตำรับที่ 2 ได้รับคะแนนสูงกว่าในหลายด้าน เช่น การให้ความชุ่มชื้น (4.6 ± 0.4) และ ความรู้สึกต่อผิวหลังใช้ (4.7 ± 0.3) ซึ่งสอดคล้องกับผลที่แสดงว่าตำรับที่ 2 มีประสิทธิภาพในการดูแลผิวดีกว่าตำรับที่ 1 ในด้านนี้ แต่ในส่วนของ การละลายของสบู่ ตำรับที่ 1 ได้คะแนนสูงกว่า (4.7 ± 0.2 เทียบกับ 3.9 ± 0.8) ซึ่งยืนยันผลการทดสอบก่อนหน้าเกี่ยวกับความทนทานและการใช้งานที่ยาวนานของสบู่ตำรับที่ 1

จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่า ผลลัพธ์สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยตำรับที่ 1 เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการสบู่ที่มีความทนทานและใช้งานได้นาน ขณะที่ตำรับที่ 2 เหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการสบู่ที่ให้ความชุ่มชื้น ฟองเยอะ และมีกลิ่นหอมผ่อนคลาย โดยทั้งสองสูตรยังคงมีจุดเด่นในด้านต่างๆ ซึ่งการปรับปรุงสูตรในอนาคตสามารถทำให้สบู่ทั้งสองตำรับเหมาะสมกับกลุ่มผู้ใช้ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สมาชิกวิสาหกิจชุมชนผู้ปลูกและแปรรูปมันเทศ จังหวัดสระแก้ว ที่ให้ความร่วมมือและสนับสนุนข้อมูลสำคัญสำหรับการทดสอบและประเมินผลการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งการจัดหาวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

โกมลดา ชูยัง. (2564). การเสริมสร้างการแปรรูปผลิตภัณฑ์สบู่น้ำผึ้งเพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตคนในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน. *วารสารภูมินิเวศพัฒนาอย่างยั่งยืน*, *2*(1), 21–30. https://so09.tci-thaijo.org/index.php/AJ-SHaDa/article/view/308

จินดาพร สืบขำเพชร, & รุ่งเรือง งาหอม. (2561). สบู่ถ่านกะลามะพร้าวร่วมกับว่านตาลเดี่ยวและย่านาง. *วารสาร*

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ (ออนไลน์), *2*(2), 36–50. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/scibru/article/view/242635

สโรชินี ศิริวัฒนา. (2567). คุณค่าสบู่กัญชาเพื่อสุขภาพ. *ม จร การพัฒนาสังคม*, *9*(2), 267–274.

อุสิธารา จันตาเวียง. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์สบู่จากถั่วดาวอินคา. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม*, *4*(2), 70–79. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JIT/article/view/243524

Attien, P., Kouassi, C., Wélé, M., Sina, H., & Moussa, L. (2020). Microbial contamination potential and antibiotic resistance profile of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* isolated from *Ipomoea batatas* leaf. *International Journal of Pathogen Research*. https://doi.org/10.9734/ijpr/2020/v5i430148

Dipahayu, D., Arifiyana, D., IndramayaD, M., & Anggraeni, S. (2019). Safety study of purple sweet potatoes leaves extract (*Ipomoea batatas* (L.) Lamk) Antin-3 variety as a sunscreen active ingredient on human skin. *International Journal of Drug Delivery Technology*. https://doi.org/10.25258/IJDDT.9.2.2

Panda, V., & Sonkamble, M. (2012). Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Ipomoea batatas* L. (Lam) – A review.

Santiago, S., Sun, H., Mu, T., & Añón, M. (2022). Bacterial characterization of fermented sweet potato leaves by high-throughput sequencing and their impact on the nutritional and bioactive composition. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(9), e16957. https://doi.org/10.1111/jfpp.16957

Şeker, M., & Esen, Ö. (2021). The effect of hemp seed oil on skin and soap performance. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, *4*(3), 420–438. https://doi.org/10.38001/ijlsb.931795

Magali, L., Lucas, F., Nathalia, A., & Sarita, L. (2023). Sweet potato: Nutritional aspects of roots and leaves. https://doi.org/10.56238/globalhealthprespesc-046

Waskito, B., Sargowo, D., Kalsum, U., & Tjokroprawiro, A. (2022). Anti-atherosclerotic activity of aqueous extract of *Ipomoea batatas* (L.) leaves in high-fat diet-induced atherosclerosis model rats. *Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*, *34*(6), 725–734. https://doi.org/10.1515/jbcpp-2021-0080

Zhang, L., Tu, Z., Yuan, T., Wang, H., Xie, X., & Fu, Z. (2016). Antioxidants and α-glucosidase inhibitors from *Ipomoea batatas* leaves identified by bioassay-guided approach and structure-activity relationships. *Food Chemistry*, *208*, 61–67. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.079

การพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงมือสำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็ก

Development of cricket oil extraction process and its application in hand creams for entrepreneurs

เอื้องพลอย ใจลังกา[1] วุฒิชัย ลัดเครือ[2] จรัสศรี แก้วฝั้น[2] พรพรรษา เชื้อสมบูรณ์[2]
พจน์ศิรินทร์ สุคันธมาลา[2] นรีกานต์ ไชยวงค์[2] และกันยวิชญ์ กันจินะ[2*]

Auengploy Chailangka[1], Vuttichai Ladkruea[2], Jarassri Kaewfun[2], Pornpansa Chuesomboon[2], Photsirin Sukhanthamala[2], Nareekan Chaiwong[2] and Kanyawit Kanjina[2*]

[1] กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

[1] Division of Livestock Products Department of Livestock Development, Department of Livestock Development, Thung Phaya Thai, Ratchathewi, Bangkok, 10400

[2] ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

[2] Chiang Mai Livestock Product Research and Development Center, Division of Livestock Products Department of Livestock Development, Department of Livestock Development, Mueang, Chiang Mai, 50300

*Corresponding author E-mail: clpc.lab@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลาย (*Acheta domestica*) โดยใช้เครื่องหีบน้ำมัน (oil screw press) และตัวทำละลายเอทานอล (ethanolic extraction) รวมถึงการพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือที่มีน้ำมันจิ้งหรีดเป็นส่วนประกอบ พบว่าน้ำมันที่ได้จากการสกัดด้วยเครื่องหีบน้ำมัน (Cricket Oil from Screw Press; COS) ให้ผลผลิตน้ำมันสูงถึง 7.01% ซึ่งมากกว่าน้ำมันที่ได้การสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล (Cricket Oil from Ethanol Extraction; COE) คือร้อยละ 3.13 คิดเป็น 0.45 เท่า นอกจากนี้ COS ยังมีปริมาณวิตามิน E สูงถึง 11.54 mg/100g มากกว่า COE ที่มีเพียง 3.10 mg/100g ขณะที่ COE มีวิตามิน A สูงกว่า (62.26 µg/100g) และกรดไขมันโอเมก้า 6 และ 9 สูงกว่า รวมถึงมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่า เมื่อนำ COS ไปพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือ พบว่าสูตรที่เติม COS ร้อยละ 5 (COS5) มีค่าความหนืด 103,100 cP และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง ได้แก่ DPPH 0.03 mg TE/g, ABTS 0.03 mg TE/g, FRAP 0.05 mg TE/g ตามลำดับ นอกจากนี้ครีมบำรุงมือ COS5 ยังได้รับคะแนนความชอบแต่ละคุณลักษณะสูงสุดจากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค โดยมีอัตราการยอมรับผลิตภัณฑ์ร้อยละ 74 และแนวโน้มการซื้อร้อยละ 62 ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมันจิ้งหรีดในการเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่มีมูลค่าสูง

คำสำคัญ : น้ำมันจิ้งหรีด การสกัดน้ำมัน ครีมบำรุงมือ สมบัติต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

This study aimed to investigate the oil extraction process from House cricket (*Acheta domestica*) using oil screw press and ethanolic extraction, as well as the development of a hand cream formulation incorporating cricket oil. The results showed that the oil yield from COS was 7.01%, which was 0.45 times higher than COE (3.13%). Additionally, the oil obtained from (Cricket Oil from Screw Press; COS) contained a higher amount of vitamin E (11.54 mg/100g) compared to (Cricket Oil from Ethanol Extraction; COE) was 3.10 mg/100g. On the other hand, COE had higher vitamin A content (62.26 µg/100g) and higher omega-6 and omega-9 fatty acids, along with better antioxidant properties. When COS was used to develop a hand cream formula, the formulation with 5% COS (COS5) exhibited a viscosity of 103,100 cP and high antioxidant activity, including DPPH 0.03 mg TE/g, ABTS 0.03 mg TE/g, and FRAP 0.05 mg TE/g. Furthermore, the COS5 hand cream received the highest sensory evaluation scores for each attribute, with a product acceptance rate of 74% and a purchase intent rate of 62%. The findings highlight the potential of cricket oil as a valuable ingredient for cosmetic products and its possible applications in other high-value industries.

Keywords: Cricket oil, Oil extraction, Hand cream, Antioxidant properties

บทนำ

ในปัจจุบัน ความต้องการผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติและออร์แกนิกเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมความงามและการดูแลผิว ผู้บริโภคมองหาผลิตภัณฑ์ที่ไม่เพียงแต่มีประสิทธิภาพ แต่ต้องปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้เกิดความท้าทายในการค้นหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ที่มีคุณสมบัติบำรุงผิว หนึ่งในวัตถุดิบที่ได้รับความสนใจ คือ น้ำมันจากจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลาย (*Acheta domestica*) ซึ่งมีศักยภาพสูงในการนำมาใช้ในเครื่องสำอาง (อรัญศิญา กิกสันเทียะ และคณะ) ตลาดเครื่องสำอางในไทยมีมูลค่าการนำเข้าหลายพันล้านบาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Chaiyana et al., 2024) ดังนั้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากวัตถุดิบในประเทศจึงเป็นแนวทางที่ควรส่งเสริม เพื่อลดการนำเข้าและเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจในท้องถิ่น ควบคู่ไปกับการให้ความรู้แก่ผู้ผลิตเครื่องสำอางชุมชน เพื่อยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์โดยใช้สารสกัดธรรมชาติอย่างยั่งยืน

จิ้งหรีดเป็นแมลงเศรษฐกิจที่เลี้ยงง่าย ใช้พื้นที่และทรัพยากรน้อยกว่าสัตว์ใหญ่ เช่น วัวหรือหมู อีกทั้งยังเจริญเติบโตเร็ว และสามารถเลี้ยงในพื้นที่จำกัดได้ นอกจากนี้ การเลี้ยงจิ้งหรีดช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสามารถใช้เศษอาหารหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นอาหารได้ ทำให้เป็นแหล่งโปรตีนที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์, 2564) น้ำมันที่สกัดจากจิ้งหรีดอุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6 ที่ช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นและลดการอักเสบของผิว อีกทั้งยังมีสารต้านอนุมูลอิสระ

ที่ช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์ผิว (Verheyen et al., 2018) การนำน้ำมันจิ้งหรีดมาใช้เป็นส่วนผสมในครีมบำรุงมือจึงเป็นแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

งานวิจัยเกี่ยวกับการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดชี้ให้เห็นถึงศักยภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย งานวิจัยของ Chaiyana et al. (2023) พบว่าน้ำมันจิ้งหรีดมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยชะลอความเสื่อมของเซลล์ผิว นอกจากนี้การศึกษาของ Yeerong et al. (2024) ระบุว่าน้ำมันจากแมลงสามารถเพิ่มความชุ่มชื้นและลดการอักเสบของผิวหนัง การศึกษาของ Pranil et al. (2024) เปรียบเทียบการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดทองดำลายและจิ้งหรีดบ้าน (*A. domesticus*) ด้วยคลื่นเสียงอัลตราซาวด์ (UAE) พบว่าวิธีนี้ให้ปริมาณกรดไขมันโอเมก้า-3 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) สูงกว่าวิธีอื่น ๆ ในขณะที่งานวิจัยของ Chaiyana et al. (2024) ใช้กระบวนการสกัดเย็นร่วมกับนาโนอิมัลชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันจิ้งหรีดในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยพบว่ามีกรดไลโนเลอิก (31.08%) กรดโอเลอิก (30.44%) และกรดปาลมิติก (24.80%) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระและลดความเสื่อมของผิว นอกจากนี้ Loypimai et al. (2024) ศึกษาการสกัดน้ำมันด้วยน้ำร้อนและการสกัดทางกล พบว่าน้ำมันที่ได้มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูงและอุดมด้วยกรดไขมันที่เป็นประโยชน์ต่อผิวพรรณ การวิจัยของ Quinteros et al. (2022) ชี้ให้เห็นว่าน้ำมันจิ้งหรีดช่วยเพิ่มความชุ่มชื้นและลดการอักเสบของผิวหนังอย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ Murugu et al. (2024) ใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย และพบว่าน้ำมันที่ได้มีคุณสมบัติด้านการบำรุงผิวที่ดี ทั้งนี้กระบวนการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดทองดำลายสามารถดำเนินการได้โดยการบีบอัดแบบสกรูที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ซึ่งให้ประสิทธิภาพการสกัดสูงสุด (เยาวพา ความหมั่น, 2565) ผลลัพธ์เหล่านี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมันจิ้งหรีดในการพัฒนาเป็นส่วนประกอบสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ตอบโจทย์ความต้องการของตลาดปัจจุบัน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาวิธีการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดพันธุ์ทองแดงลายมีประสิทธิภาพสูงสุด พร้อมทั้งพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือที่มีน้ำมันจิ้งหรีดเป็นส่วนประกอบหลัก โดยคำนึงถึงคุณภาพของน้ำมันที่ได้และประสิทธิภาพในการบำรุงผิว การนำจิ้งหรีดมาใช้เป็นวัตถุดิบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับแมลงเศรษฐกิจนี้ แต่ยังสร้างโอกาสทางธุรกิจใหม่ ส่งเสริมเศรษฐกิจท้องถิ่น และเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากน้ำมันจิ้งหรีดจึงเป็นก้าวสำคัญในการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน สร้างมูลค่าเพิ่มทั้งในระดับชุมชนและระดับประเทศต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การสกัดน้ำมันจิ้งหรีด

1.1 นำจิ้งหรีดสดพันธุ์ทองแดงลาย (*A. domestica*) ที่ถูกแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส ออกมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำแข็งละลายหมดแล้วให้ทำการสะเด็ดน้ำ จากนั้นนำจิ้งหรีดสดเข้าตู้อบลมร้อน (ED56, Binder GmbH, Tuttlingen, Germany) ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง จนค่าความชื้นอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5-7 นำจิ้งหรีดอบแห้งออกมาพักในอุณหภูมิห้อง ทำการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดด้วยเครื่องหีบน้ำมัน oil screw press ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส นำน้ำมันจิ้งหรีดที่ได้บรรจุ

ลงในหลอดปั่นเหวี่ยงและนำเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง (UNIVERSAL 320R, Hettich, Tuttlingen, Germany) ที่ความเร็วรอบ 4200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกกากและน้ำมันออกจากกัน เพื่อนำน้ำมัน (COS) ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ

1.2. เตรียมผงจิ้งหรีด 130 กรัม ต่อตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 95 จำนวน 650 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน จากนั้นนำไปกวนบนเครื่องกวนสาร magnetic hotplate stirrer (C-MAG HS7, IKA, Staufen im Breisgau, Germany) เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา ทำการแยกกากจิ้งหรีดออกจากตัวทำละลายเอทานอลด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำตัวทำละลายเอทานอลไปกลั่นระเหยด้วยเครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (rotary evaporator) (R-250, Buchi, Flawil, Switzerland) เพื่อนำน้ำมัน (COE) ที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ

ทำการตรวจวัดคุณภาพของน้ำมันจิ้งหรีดที่สกัดได้จากกระบวนการสกัดน้ำมันจิ้งหรีด COS และ COE ดังนี้

1) ร้อยละผลผลิตที่ได้
2) ค่าสีของตัวอย่างน้ำมันที่สกัดได้ ด้วยเครื่องมือ Colorimeter (CR-410, Konica-Minolta, Tokyo, Japan)
3) ปริมาณความชื้น ด้วยเครื่องมือ Moisture Analyzers (MX-50, A&D Company, Limited, Japan)
4) ค่าความเป็นกรด–ด่าง ด้วยเครื่องมือ (FiveEasy F20, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)
5) ค่าความหนืด ด้วยเครื่องมือ Brookfield viscometer หัววัดเบอร์ 28 (DV-II+, Brookfield, Massachusetts, USA)
6) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ABTS และ FRAP assay ตามวิธีการของ Chaiyana et al. (2023)
7) ปริมาณวิตามิน A และ E ด้วยเครื่องมือ HPLC (High-Performance Liquid Chromatography)
8) Amino acid profile ตามวิธีการของ AOAC (2019) method no. 996.06

2. การพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยนำ COS เตรียมลงในส่วนผสมครีมบำรุงมือ และทำการแปรผันปริมาณน้ำมันใน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 5, 10 และ 15 (ร้อยละโดยน้ำหนัก) โดยแบ่งเป็น COS5, COS10 และ COS15 ตามลำดับ จากนั้นทำการเตรียมสูตรครีมบำรุงมือ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบ A, B และ C ดังแสดงในตารางที่ 1 เพื่อนำมาทดสอบและวิเคราะห์ผลการใช้งานต่อไป

ตารางที่ 1 สูตรครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมของ COS และ COE และแปรผันระดับปริมาณน้ำมัน 5, 10 และ 15 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)		
	COS5	COS10	COS15
Phase A			
COS	5.0	10.0	15.0
Stearic acid	3.0	3.0	3.0
Pentaerythrityl Distearate	2.0	2.0	2.0
Polysorbate 60	2.0	2.0	2.0
Span 60	1.0	1.0	1.0
Phase B			
Distilled water	80.3	75.3	70.3
Glycerin	3.0	3.0	3.0
Xanthan gum	0.5	0.5	0.5
Phase C			
Allantoin	0.2	0.2	0.2
Provitamin B5	1.0	1.0	1.0
Fragrance	1.0	1.0	1.0
Phenoxyethanol SA	1.0	1.0	1.0

นำส่วนประกอบ A ใส่ลงในบีกเกอร์และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จากนั้นกวนด้วยเครื่องกวนผสม IKA จนส่วนผสมละลายเข้ากัน แล้วจึงนำส่วนประกอบ B ซึ่งประกอบด้วย Distilled water และ Glycerin มาผสมให้เข้ากันในบีกเกอร์ แล้วจึงเติม Xanthan gum ลงไป กวนให้เข้ากัน จากนั้นนำส่วนประกอบ A และ B ผสมรวมกันจนเป็นเนื้อครีม และลดอุณหภูมิของสารผสมลงเหลือประมาณ 40 องศาเซลเซียส ทำการเติมส่วนประกอบ C ลงไปทีละชนิด กวนผสมให้เข้ากันอย่างต่อเนื่อง จากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำครีมบรรจุใส่ภาชนะและทำการวัดค่าคุณภาพต่าง ๆ ดังนี้

1) ค่าสีระบบ CIE Lab (L*, a*, b*) ด้วยเครื่องมือ Colorimeter (CR-410, Konica-Minolta, Tokyo, Japan)
2) ความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องมือ pH meter (FiveEasy F20, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)
3) ค่าความหนืด ด้วยเครื่องมือ Brookfield Viscometer หัววัดเบอร์ 91 (DV-II+, Brookfield, Massachusetts, USA)

4) สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ABTS และ FRAP assay ตามวิธีการของ Chaiyana et al. (2023)

5) ปริมาณยีสต์และรา ตามวิธีการของ Bacteriological Analytical Manual online, April Chapter 18

6) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ตามวิธีการดัดแปลงจาก Tayupanta et al. (2018) นำตัวอย่างครีมบำรุงมือที่พัฒนาได้จำนวน 3 สูตร ไปสอบถามความชอบกับผู้บริโภคทั่วไป ใช้วิธีทดสอบ 5-point hedonic scale จำนวน 50 คน โดยทาบริเวณท้องแขน หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง และทำการประเมินความชอบต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ สี เนื้อสัมผัส ความลื่นต่อผิว ความหนืด กลิ่นของผลิตภัณฑ์หลังใช้ ความเกลี่ยง่ายไม่เหนอะหนะ และความชอบโดยรวมดังตารางที่ 2

7) ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่ง ด้วยวิธี heating-cooling

นำผลิตภัณฑ์เก็บไว้ในภาชนะปิดสนิทและพ้นแสง ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ Incucell incubator (MMM Medcenter Einrichtungen GmbH, München, Germany) ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำเก็บอุณหภูมิเป็น 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทำเช่นเดียวกันเป็นจำนวน 6 รอบ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของครีม ตามวิธีการดัดแปลงจาก Chuesomboon et al. (2025)

ตารางที่ 2 ระดับความชอบด้วยวิธีทดสอบ 5-point hedonic scale

ระดับความชอบ	คะแนน
ชอบมากที่สุด	5
ชอบ	4
บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่	3
ไม่ชอบ	2
ไม่ชอบมากที่สุด	1

3. การประเมินคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค

ทำการสำรวจและทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วกับผู้เข้าร่วมทดสอบครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมของน้ำมันจิ้งหรีดที่พัฒนาได้ ทำการทาบริเวณใต้ท้องแขนทั้งสองข้าง หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง และทำการประเมินความชอบต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความข้นหนืด ความเกลี่ยง่าย และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบสอบถาม 5-point hedonic scale และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน

4. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิเคราะห์ความแปรปรวน เพื่อคำนวณค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Statistics version 17.0 (SPSS Inc., IBM Corp., IL, USA)

5. สถานที่ที่ใช้ในการดำเนินงาน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

6. ช่วงเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย 1 ปี

กิจกรรม	เดือนที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. สกัดน้ำมันจิ้งหรีดโดยใช้เครื่องหีบน้ำมัน (oil screw press) และตัวทำละลายเอทานอล (ethanolic extraction)	↔											
2. วัดค่าคุณภาพต่าง ๆ ของสกัดน้ำมันจิ้งหรีดทั้ง 2 วิธี			↔									
3. การพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือจำนวน 3 สูตร						↔						
4. วัดค่าคุณภาพต่าง ๆ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมบำรุงมือ								↔				
5. ประเมินความคงตัวของผลิตภัณฑ์ที่สภาวะเร่ง ด้วยวิธี heating-cooling										↔		
6. การประเมินคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค											↔	

กิจกรรม	เดือนที่ 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7. สรุปผลการดำเนินงาน										←	—	→
8. จัดทำรายงาน											←	→

ผลการวิจัย

1. ผลของกระบวนการสกัดต่อลักษณะและคุณภาพของน้ำมันจิ้งหรีด

จากการศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดด้วยเครื่องหีบน้ำมัน (COS) และการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดด้วยด้วยตัวทำละลายเอทานอล (COE) พบว่าน้ำมันที่สกัดได้มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลอ่อน และสีเหลืองเข้ม ดังภาพที่ 1(a-b)

(a) **(b)**

ภาพที่ 1 น้ำมันจิ้งหรีด (a) COS และ (b) COE

การสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดด้วยเครื่องหีบน้ำมัน (COS) และตัวทำละลายเอทานอล (COE) มีผลลัพธ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทั้งในแง่ของปริมาณและคุณภาพของน้ำมัน ดังตารางที่ 3 พบว่าน้ำมันที่ได้จาก COS มีค่าความชื้น ค่า water activity (a_w) และค่าความหนืดที่แตกต่างจากน้ำมันที่ได้จาก COE อย่างชัดเจน ในขณะที่ค่า pH ของน้ำมันทั้งสองประเภทไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการสกัดด้วย COS ให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่าการสกัดด้วย COE ถึง 0.45 เท่า (7.01% เทียบกับ 3.13%) การวัดค่าสีในระบบ L*, a*, และ b* พบว่า COS มีค่าความสว่าง (L*) ต่ำกว่าการสกัดด้วย COE ซึ่งทำให้น้ำมันดูเข้มกว่าการสกัดด้วย COE โดยผลจากกระบวนการสกัดที่แตกต่างกัน นอกจากนี้น้ำมันที่ได้จาก COS และ COE ยังมีความแตกต่างทางเคมีอย่างมีนัยสำคัญ โดยน้ำมันที่สกัดได้จาก COS มีวิตามิน E สูงกว่า (11.54 mg/100g) ในขณะที่น้ำมันที่ได้จาก COE มีวิตามิน A สูงกว่า (62.26 µg/100g)

ตารางที่ 3 คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของของน้ำมันจิ้งหรีดที่ได้จากกระบวนการสกัด 2 วิธี

ค่าคุณภาพ		COS	COE
Yield (%)		7.01 ± 1.79	3.13 ± 0.88
ค่าสี	L*	1.96 ± 0.16	13.25 ± 0.13
	a*	9.85 ± 0.23	17.74 ± 0.16
	b*	3.39 ± 0.28	23.02 ± 0.22
ความชื้น (%)		1.06 ± 0.15	31.44 ± 0.66
a_w		0.4699 ± 0.005	0.8231 ± 0.002
pH		5.7 ± 0.3	5.1 ± 0.5
ความหนืด (cPs)		167.50 ± 6.45	23.50 ± 3.58
Vitamin A (retinol) µg/100g		Not Detected	62.26
Vitamin E (α-Tocopherol) mg/100g		11.54	3.10
DPPH (IC_{50}) mg/mL		28.17 ± 0.74	17.61 ± 0.49
ABTS (mg TE/g)		0.41 ± 0.00	1.35 ± 0.05
FRAP (µmol Fe^{2+}/g extract)		0.13 ± 0.02	0.77 ± 0.04

หมายเหตุ: ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

จากการศึกษากระบวนการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีด พบว่าองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันที่ได้จากแต่ละวิธีมีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4 เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันอิ่มตัว (SFA) พบว่า COS มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่าที่ 35.24 g/100g เทียบกับ 34.40 g/100g ในน้ำมันจาก COE โดยเฉพาะกรดปาลมิติก (Palmitic acid) ที่พบในปริมาณ 25.43 g/100g ใน COS ซึ่งสูงกว่าปริมาณที่พบใน COE คือ 21.57 g/100g สำหรับกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (MUFA) พบว่า COS ปริมาณที่สูงกว่า COE โดยมีค่า 25.86 g/100g และ 21.60 g/100g ตามลำดับ ซึ่งกรดไขมันหลักที่พบคือ กรดโอเลอิก (cis-9-Oleic acid) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (PUFA) พบว่า COE มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูงกว่า COS มีค่า 44.01 g/100g เทียบกับ 38.90 g/100g โดยเฉพาะกรดซีส-ไลโนเลอิก (cis-Linoleic acid) ที่พบใน COE สูงกว่าที่ 42.71 g/100g เทียบกับ 35.77 g/100g ใน COS

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณกรดไขมันโอเมก้า พบว่า COS มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 (Omega-3) สูงถึง 2538.14 mg/100g ซึ่งสูงกว่า COE ที่มีค่า 780.11 mg/100g อย่างไรก็ตาม COE มีปริมาณโอเมก้า 6 (Omega-6) และโอเมก้า 9 (Omega-9) สูงกว่า ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 ปริมาณกรดแอมิโน (Amino acid profile) ของน้ำมันจิ้งหรีดที่ได้จากกระบวนการสกัด 2 วิธี

ชนิดกรดแอมิโน	ปริมาณที่ตรวจพบ (g/100g)	
	COS	COE
Palmitic acid	25.43	21.57
Heptadecanoic acid	0.28	0.27
Stearic acid	7.84	10.00
Arachidic acid	0.46	1.23
Behenic acid	0.14	0.44
Lignoceric acid	0.05	0.5
Saturated fatty acids (SFA)	35.24	34.40
Palmitoleic acid	0.58	0.46
Trans-9-Elaidic acid	0.15	0.29
cis-9-Oleic acid	25.01	20.73
cis-11-Eicisenoic acid	0.06	0.06
Monounsaturated fatty acid (MUFA)	25.86	21.60
cis-Linoleic acid	35.77	42.71
Gamma-Linolenic acid	0.55	0.02
Alpha-Linolenic acid	1.73	0.66
cis-11,14-Eicosadienoic acid	0.14	0.11
cis-8,11,11-Eicosadienoic acid	0.21	0.08
Arachidonic acid	0.13	0.31
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	0.03	0.06
Polyunsaturated fatty acid (PUFA)	38.90	44.01
Unsaturated fatty acid (USFA)	64.76	65.60

ตารางที่ 5 ปริมาณกรดไขมันโอเมก้าในน้ำมันจิ้งหรีดที่ได้จากกระบวนการสกัด 2 วิธี

ชนิดกรดไขมัน	ปริมาณที่ตรวจพบ (mg/100g)	
	COS	COE
Omega 3	**2538.14**	**780.11**
Omega 6	**36159.64**	**43112.24**
Omega 9	**25037.51**	**20771.54**

2. ผลของน้ำมันจิ้งหรีดต่อคุณสมบัติของครีมบำรุงมือ

การพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมน้ำมันจิ้งหรีดจำนวน 4 สูตร พบว่าครีมในสูตร COS5 มีค่า L* สูงที่สุดที่ 87.61 ซึ่งบ่งชี้ถึงความสว่างของครีมที่สูงที่สุด โดยเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของน้ำมันจิ้งหรีดในสูตร COS5, COS10 และ COS15 พบว่า ค่า L* ของครีมลดลงตามลำดับ โดยสูตร COS15 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงสุดของน้ำมันจิ้งหรีดมีค่า L* ต่ำสุดที่ 83.42 ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนสีของน้ำมันจิ้งหรีดที่ทำให้ครีมมีสีเข้มขึ้น นอกจากนี้ค่าของ a* และ b* เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำมันจิ้งหรีด โดยสูตร COS15 มีค่า a* สูงสุดที่ 2.04 และค่า b* สูงสุดที่ 30.68 ในขณะที่สูตร COS5 มีค่า a* และ b* ต่ำที่สุดที่ 0.33 และ 19.44 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าของ pH ของครีมบำรุงมือทั้งหมดอยู่ในช่วง 5.7 ถึง 6.3 นอกจากนี้ความหนืดของครีมยังเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตามความเข้มข้นของน้ำมันจิ้งหรีด โดยสูตร COS15 มีความหนืดสูงสุดที่ 150,333 cP และสูตร COS5 มีความหนืดต่ำสุดที่ 103,100 cP

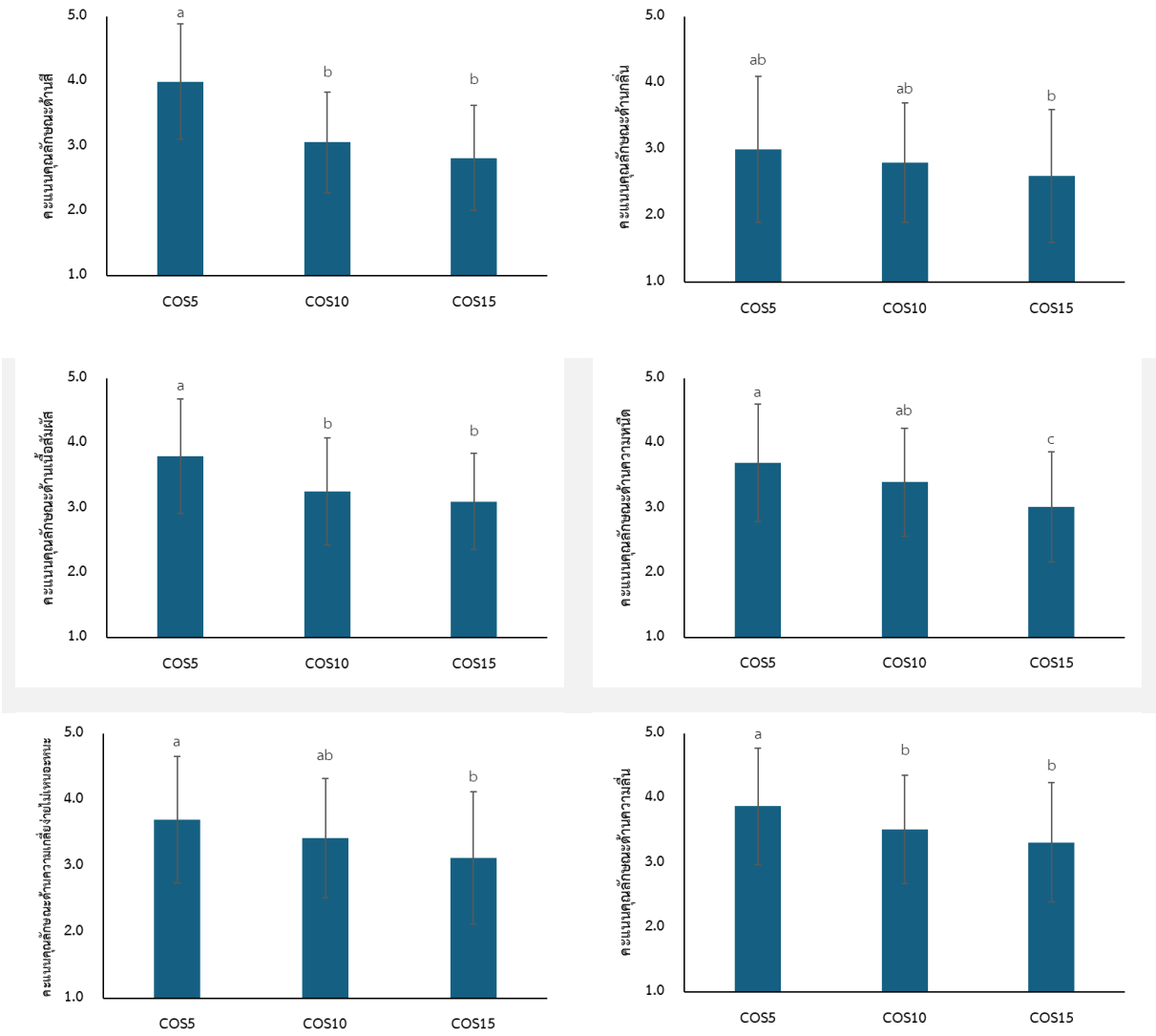
ผลการทดสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าการเพิ่มน้ำมันจิ้งหรีดในสูตรครีมบำรุงมือส่งผลให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น โดยสูตร COS15 ที่มีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุดในทั้ง 3 วิธี ได้แก่ DPPH, ABTS และ FRAP ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.07 mg TE/g, 0.10 mg TE/g และ 0.13 mg TE/g ตามลำดับ แม้ว่าสูตร COS5 จะมีค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่า COS10 และ COS15 มากไปนั้นพบว่าครีมที่พัฒนาขึ้น จำนวน 4 สูตร ไม่พบการปนเปื้อนของยีสต์และเชื้อรา โดยมีจำนวนยีสต์และเชื้อราทั้งหมดไม่เกิน 15 cfu/g แสดงดังตารางที่ 6

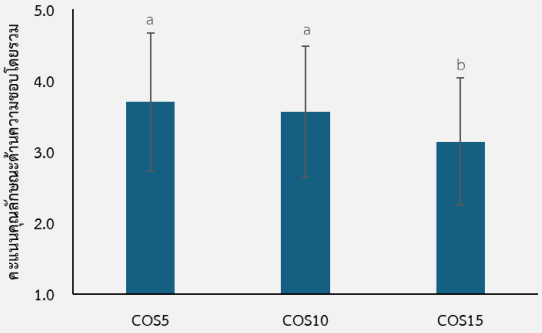
ตารางที่ 6 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของครีมบำรุงมือที่พัฒนาได้

คุณภาพ		COS5	COS10	COS15
สี	L*	87.61 ± 0.06^{a}	86.66 ± 0.14^{b}	83.42 ± 0.05^{c}
	a*	0.33 ± 0.15^{c}	1.21 ± 0.12^{b}	2.04 ± 0.01^{a}
	b*	19.44 ± 0.15^{c}	26.61 ± 0.11^{b}	30.68 ± 0.01^{a}
ความเป็นกรดด่าง		6.0 ± 0.1^{ab}	6.3 ± 0.1^{a}	5.7 ± 0.3^{ab}
ความหนืด (cP)		103,100 ± 1,442^{c}	140,000 ± 2,706^{b}	150,333 ± 25,201^{a}
DPPH (mg TE/g)		0.03 ± 0.00	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.00
ABTS (mg TE/g)		0.03 ± 0.00	0.05 ± 0.00	0.10 ± 0.00
FRAP (mg TE/g)		0.05 ± 0.00	0.08 ± 0.00	0.13 ± 0.00
Yeast and mold (cfu/g)		ไม่เกิน 15	ไม่เกิน 15	ไม่เกิน 15

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมของน้ำมันจิ้งหรีด (COS) โดยมีการเติม COS ในอัตราร้อยละ 5, 10 และ 15 ตามลำดับ พบว่าในการประเมินลักษณะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แบบสอบถาม 5-point hedonic scale ดังภาพที่ 2 ผลการประเมินด้านคุณลักษณะสี กลิ่น ความข้นหนืด

ความเกลี่ยง่าย และความชอบโดยรวมแสดงให้เห็นว่า สูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนที่ดีในเกือบทุกคุณลักษณะ โดยเฉพาะสูตร COS5 ได้รับคะแนนสูงสุดในคุณลักษณะหลายประการ เช่น สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความเกลี่ยง่าย พบว่าคุณลักษณะด้านสีของสูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนใกล้เคียงกัน และอยู่ในระดับชอบถึงชอบมากที่สุด ในขณะที่สูตร COS15 ได้รับคะแนนที่ต่ำกว่า สำหรับคุณลักษณะด้านกลิ่น พบว่าสูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนความชอบสูงสุด เมื่อเทียบกับสูตร COS15 คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสและความข้นหนืด พบว่าสูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนสูงกว่าสูตร COS15 โดยสูตร COS5 และ COS10 มีความข้นหนืดที่เหมาะสมและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มนวล ในขณะที่สูตร COS15 มีความข้นหนืดเกินไป ผลการประเมินคุณลักษณะด้านความเกลี่ยง่ายและความลื่น พบว่าสูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนที่ดีที่สุด โดยการเติม COS ทำให้ผลิตภัณฑ์เกลี่ยได้ง่ายและลื่นเมื่อทาลงบนผิว ในขณะที่สูตร COS15 ทำให้ผลิตภัณฑ์เกลี่ยยากและลื่นน้อยลง มากไปกว่านั้นผลการประเมินคุณลักษณะด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ พบว่าสูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนที่ใกล้เคียงกันและสูงกว่าสูตร COS15





ภาพที่ 2 คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของครีมบำรุงมือที่พัฒนาได้จำนวน 4 สูตร
หมายเหตุ: ตัวอักษรที่ต่างกันแสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

ผลการทดสอบความคงตัวของครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมของน้ำมันจิ้งหรีดด้วยวิธี heating-cooling จำนวน 6 รอบ พบว่าลักษณะเนื้อครีมสูตร COS5 และ COS10 ยังคงมีลักษณะเนื้อครีมเนียนละเอียดทั้งก่อนและหลังการทดสอบ แต่ครีมบำรุงมือในสูตร COS15 แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลง โดยเนื้อครีมมีความหนืดและแน่นขึ้น และมีเศษจิ้งหรีดเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าทุกสูตรที่มี COS พบการเปลี่ยนแปลงสีจากสีขาวเป็นสีเหลืองนวล โดยเฉพาะสูตร COS10 และ COS15 ที่สีเข้มขึ้นหลังจากการทดสอบ heating-cooling โดยสูตร COS15 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงที่สุด มีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีเหลืองมากที่สุด กลิ่นของครีมบำรุงมือที่มี COS แสดงการเปลี่ยนแปลงชัดเจน โดยในช่วงเริ่มต้น กลิ่นน้ำหอมยังคงเด่น แต่หลังการทดสอบ heating-cooling กลิ่นน้ำมันจิ้งหรีดมีความชัดเจนมากขึ้น ขณะที่กลิ่นน้ำหอมลดลง และผลการทดสอบความเสถียรของอิมัลชันพบว่าไม่มีการแยกชั้นในครีมบำรุงมือทุกสูตรทั้งก่อนและหลังการทดสอบ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การทดสอบความคงตัวของครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมของน้ำมันจิ้งหรีดด้วยวิธี heating-cooling จำนวน 6 รอบ

การทดสอบ	COS5		COS10		COS15	
ความคงตัว	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
ลักษณะเนื้อครีม	เนื้อครีมเนียนละเอียด	เนื้อครีมเนียนละเอียด	เนื้อครีมเนียนละเอียด	เนื้อครีมเนียนละเอียด	เนื้อครีมค่อนข้างแน่นและมีเศษจิ้งหรีดเล็กน้อย	เนื้อครีมค่อนข้างแน่นและมีเศษจิ้งหรีดเล็กน้อย
สี	สีเหลืองนวล	สีเหลืองนวล	สีเหลืองนวลเข้มขึ้น	สีเหลืองนวลเข้มขึ้น	สีเหลืองมากที่สุด	สีเหลืองมากที่สุด
กลิ่น	กลิ่นน้ำหอมและน้ำมัน	กลิ่นน้ำหอมอ่อนลงและ	กลิ่นน้ำหอมและน้ำมัน	กลิ่นน้ำหอมอ่อนลงและ	กลิ่นน้ำหอมและน้ำมัน	กลิ่นน้ำหอมอ่อนลงและ

การทดสอบ	COS5		COS10		COS15	
ความคงตัว	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
	จิ้งหรีดเล็กน้อย	กลิ่นน้ำมันจิ้งหรีดมากขึ้นเล็กน้อย	จิ้งหรีดมากขึ้น	กลิ่นน้ำมันจิ้งหรีดมากขึ้น	จิ้งหรีดมากที่สุด	กลิ่นน้ำมันจิ้งหรีดมากที่สุด
การแยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น	ไม่แยกชั้น

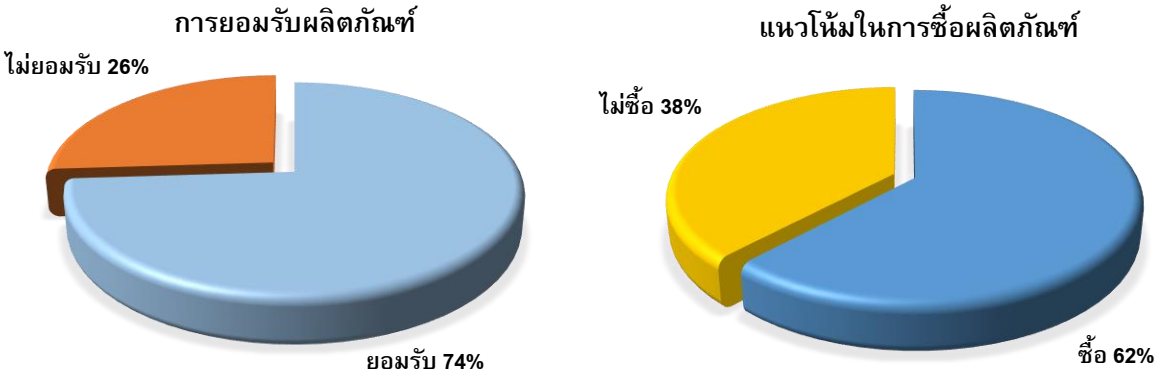
3. การยอมรับของผู้บริโภค

จากการสำรวจและทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการพัฒนาแล้วกับผู้เข้าร่วมทดสอบครีมบำรุงมือที่มีส่วนผสมของน้ำมันจิ้งหรีดที่พัฒนาได้ (COS5) พบว่า จากการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสกับผู้ทดสอบจำนวน 50 คน โดยทำการทาบริเวณใต้ท้องแขนทั้งสองข้าง หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้ง และทำการประเมินความชอบต่อผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความข้นหนืด ความเกลี่ยง่าย และความชอบโดยรวมต่อผลิตภัณฑ์ โดยใช้แบบสอบถาม 5-point hedonic scale และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่ามีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความข้นหนืด ความข้นหนืด ความเกลี่ยง่าย และความชอบโดยรวมอยู่ในช่วงชอบมาก (3.4-4.0) แสดงในตารางที่ 8

ผลการสอบถามเกี่ยวกับการยอมรับในตัวผลิตภัณฑ์เมื่อทำการทดสอบกับผู้บริโภค จำนวน 50 คน โดยพบว่ามีการยอมรับต่อตัวผลิตภัณฑ์ต่อครีมบำรุงมือที่พัฒนาได้ร้อยละ 74 (ภาพที่ 3a) และผู้บริโภคมีแนวโน้มในการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 62 (ภาพที่ 3b)

ตารางที่ 8 คุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยใช้วิธีทดสอบ 5-point hedonic scale

คุณลักษณะ	คะแนน
ลักษณะปรากฏ	4.0 ± 0.8
สี	3.8 ± 0.7
กลิ่น	3.7 ± 0.8
ความข้นหนืด	3.4 ± 0.6
ความเกลี่ยง่าย	3.6 ± 0.9
ความชอบโดยรวม	3.9 ± 0.8



ภาพที่ 3 (a) ร้อยละการยอมรับครีมบำรุงมือที่พัฒนาได้ และ (b) ร้อยละแนวโน้มในการซื้อครีมบำรุงมือ

วิจารณ์ผล

การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการสกัดน้ำมันจากจิ้งหรีดด้วยเครื่องหีบน้ำมัน และตัวทำละลายเอทานอล พบว่า COS ให้ผลผลิตน้ำมันสูงกว่า เนื่องจากแรงดันสูงที่ช่วยแยกน้ำมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ COE ให้ผลผลิตต่ำกว่า เนื่องจากเอทานอลเป็นตัวทำละลายโพลาร์ซึ่งไม่เหมาะกับการสกัดน้ำมันที่มีลักษณะเป็นสารไม่โพลาร์ นอกจากนี้ยังเกิดการสูญเสียน้ำมันบางส่วนระหว่างกระบวนการระเหยตัวทำละลาย จากการเปรียบเทียบค่าสีของน้ำมันที่ได้จากทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกัน รวมถึงปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างการสกัดและสภาวะการจัดเก็บที่แตกต่างกัน (Ngampeerapong et al., 2024) อย่างไรก็ตาม น้ำมันจาก COE มีปริมาณวิตามิน A และสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่า ซึ่งอาจเป็นผลจากการมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวในปริมาณมาก

การวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมัน พบว่า COS มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่า โดยเฉพาะกรดปาลมิติก (Palmitic acid) และกรดสเตียริก (Stearic acid) ซึ่งช่วยเพิ่มความเสถียรของน้ำมัน ในทางตรงกันข้าม COE มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่า โดยเฉพาะกรดซีส-ไลโนเลอิก (cis-Linoleic acid) ซึ่งมีความจำเป็นต่อร่างกายและมีบทบาทสำคัญต่อสุขภาพผิว (Murugu et al., 2024) รวมถึง COS มีปริมาณกรดไขมันโอเมก้า 3 สูงกว่า ซึ่งอาจเป็นผลจากกระบวนการสกัดที่ไม่ใช้ตัวทำละลาย ทำให้สามารถรักษาโครงสร้างของกรดไขมันไว้ได้ดีและลดโอกาสเกิดออกซิเดชัน (Chaiyana et al., 2024) แม้ว่า COE จะมีปริมาณโอเมก้า 3 ต่ำกว่า แต่ก็พบว่ามีกรดไขมันโอเมก้า 6 และโอเมก้า 9 ในปริมาณสูงกว่า ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความชุ่มชื้นและช่วยฟื้นฟูสภาพผิว (Ngampeerapong et al., 2024; Pranil et al., 2024) ทั้งนี้ความแตกต่างขององค์ประกอบกรดไขมันที่ได้จากกระบวนการสกัดทั้งสองวิธีสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการเลือกน้ำมันที่เหมาะสมกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง โดยหากต้องการน้ำมันที่มีกรดไขมันโอเมก้า 3 สูง ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและลดการอักเสบของผิวหนัง น้ำมันจาก COS อาจเป็นทางเลือกที่เหมาะสม ขณะที่น้ำมันจาก

COE ซึ่งมีกรดไขมันโอเมก้า 6 และ 9 สูง อาจเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับผลิตภัณฑ์ที่เน้นให้ความชุ่มชื้นแก่ผิว (Chaiyana et al., 2024; Murugu et al., 2024)

การศึกษาผลของน้ำมันจิ้งหรีดที่มีต่อคุณสมบัติของครีมบำรุงมือพบว่า การเพิ่มน้ำมันจิ้งหรีดในครีมบำรุงมือมีผลต่อคุณสมบัติหลายด้านของผลิตภัณฑ์ รวมถึงสี ความหนืด ความข้นหนืด และประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ จากการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบสอบถาม 5-point hedonic scale พบว่าสูตร COS5 และ COS10 ได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าสูตร COS15 ในด้านต่าง ๆ เช่น สี, กลิ่น, ความข้นหนืด, ความเกลี่ยง่าย และความชอบโดยรวม โดยสูตร COS5 และ COS10 ให้ความรู้สึกนุ่มนวลในการทาครีมและเกลี่ยได้ง่าย ขณะที่สูตร COS15 มีความข้นหนืดสูงและยากต่อการเกลี่ย การทดสอบความคงตัวของครีมโดยวิธี heating-cooling 6 รอบ พบว่า สูตร COS15 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเนื้อครีม เช่น มีลักษณะหนืดและแข็งขึ้น และเกิดการตกตะกอนเล็กน้อยเนื่องจากน้ำมันจิ้งหรีดที่เข้มข้นเกินไป ซึ่งทำให้การรวมตัวกับครีมไม่ดีพอ นอกจากนี้ยังพบการออกซิเดชันที่ทำให้สีของครีมเข้มขึ้น แต่ไม่พบการแยกชั้นในครีม

การศึกษาการเติมน้ำมันจิ้งหรีดในครีมบำรุงมือสามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสได้ โดยสูตร COS5 เป็นสูตรที่ให้ผลดีที่สุดในด้านคุณลักษณะต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การเติม COS ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสบางประการลดลง ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ปริมาณการเติม COS ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงและเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคมากที่สุด

สรุปผล

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนากระบวนการสกัดน้ำมันจิ้งหรีดที่มีประสิทธิภาพและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงมือสำหรับผู้ประกอบการขนาดเล็ก ผลการศึกษาพบว่าการสกัดด้วยเครื่องหีบน้ำมันให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีใช้เอทานอล ถึง 0.45 เท่า และสามารถคงคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันไว้ได้ดี โดยเฉพาะวิตามิน E และกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการบำรุงผิวและป้องกันริ้วรอย นอกจากนี้น้ำมันจิ้งหรีดยังมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระสูง ซึ่งช่วยปกป้องผิวจากมลภาวะและแสงแดด ในการพัฒนาสูตรครีมบำรุงมือที่มีน้ำมันจิ้งหรีดเป็นส่วนประกอบ พบว่าสูตรที่มี COS ร้อยละ 5 (COS5) มีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วงที่ปลอดภัยสำหรับผิว และมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระสูง การประเมินทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภค 50 คน พบว่า COS5 ได้รับคะแนนความพึงพอใจสูงสุด อยู่ในช่วงคะแนน 3.4 ถึง 4.0 และมีอัตราการยอมรับถึงร้อยละ 74 พร้อมแนวโน้มการซื้อที่ร้อยละ 62 แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของน้ำมันจิ้งหรีดในการเป็นวัตถุดิบสำคัญในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง ผลการวิจัยนี้ยืนยันว่าน้ำมันจิ้งหรีดสามารถเพิ่มมูลค่าและนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเป็นส่วนผสมสำคัญในผลิตภัณฑ์บำรุงผิวที่ให้ความชุ่มชื้น และมีคุณสมบัติทางชีวภาพที่เป็นประโยชน์ นอกจากนี้วัสดุเหลือทิ้งจากกระบวนการสกัดน้ำมันยังสามารถนำไปใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงอื่น ๆ เช่น สครับขัดผิว หรือมาส์กหน้า ซึ่งช่วยลดของเสีย และเพิ่มศักยภาพในการใช้ประโยชน์สูงสุดจากวัตถุดิบ งานวิจัยนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญในการส่งเสริมน้ำมันจิ้งหรีดให้เป็นทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมเครื่องสำอางที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในปีงบประมาณ 2567 และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์เชียงใหม่ กองผลิตภัณฑ์ปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ ที่สนับสนุนทั้งอาคาร สถานที่ และการดำเนินการต่าง ๆ จนโครงการสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

เยาวพา ความหมั่น. (2565). การสกัดและเพิ่มมูลค่าน้ำมันจิ้งหรีด และการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากเศษเหลือจากกระบวนการสกัดน้ำมันเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.

กองส่งเสริมและพัฒนาการปศุสัตว์. (2564). คู่มือการเลี้ยงจิ้งหรีดฉบับประชาชน. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อรัญศิญา กิกสันเทียะ, เดือนเพ็ญ วงค์สอน, นุจรี สอนสะอาด, อรรณพ ทัศนอุดม, & เยาวพา ความหมั่น. (2567). ผลของปริมาณความชื้นต่อประสิทธิภาพการสกัดน้ำมันและคุณภาพทางเคมีของน้ำมันจิ้งหรีดทองดำที่ได้จากการสกัดด้วยวิธีการบีบอัดแบบสกรู. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, *26*(3), 1-12.

Chaiyana, W., Inthorn, J., Somwongin, S., Anantaworasakul, P., Sopharadee, S., Yanpanya, P., Konaka, M., Wongwilai, W., Dhumtanom, P., & Juntrapirom, S. (2024). The fatty acid compositions, irritation properties, and potential applications of teleogryllus mitratus oil in nanoemulsion development. *Nanomaterials*, *14*(2), 184.

Chaiyana, W., Jiamphun, S., Bezuidenhout, S., Yeerong, K., Krueathanasing, N., Thammasorn, P., Jittasai, P., Tanakitvanicharoen, S., Tima, S., & Anuchapreeda, S. (2023). Enhanced cosmeceutical potentials of the oil from Gryllus bimaculatus de Geer by Nanoemulsions. *International Journal of Nanomedicine*, 2955-2972.

Chuesomboon, P., Rades, T., & Chaiyana, W. (2025). Potential of Encapsulated Bovine Colostrum in Powder-Based Formulations for Facial Clay, Peel-Off Gel, and Sleeping Gel Masks. *Gels*, *11*(2), 111.

Loypimai, P., Moontree, T., Pranil, T., & Moongngarm, A. (2024). A comparative study of nutritional components of Gryllus bimaculatus and Acheta domesticus cricket powder prepared using different drying methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *18*(5), 3974-3983.

Murugu, D. K., Onyango, A. N., Ndiritu, A. K., Nyangena, D. N., Osuga, I. M., Cheseto, X., Subramanian, S., Ekesi, S., & Tanga, C. M. (2024). Physicochemical properties of edible

cricket oils: Implications for use in pharmaceutical and food industries. *Future Foods*, *9*, 100316.

Ngampeerapong, C., Nakprasom, K., Wangcharoen, W., Rahong, N., Changpradit, T., Waseeanuruk, T., & Tangsuphoom, N. (2024). Effect of Extraction Methods on Fatty Acid Composition, and Chemical and Physical Characteristics of Oil from House Crickets (Acheta domesticus). *Journal of Food Technology, Siam University*, *19*(2), 87-101.

Pranil, T., Moontree, T., Moongngarm, A., & Loypimai, P. (2024). Ultrasound-assisted extraction of edible cricket oils from Gryllus bimaculatus and Acheta domesticus. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *18*(7), 6145-6155.

Quinteros, M. F., Martínez, J., Barrionuevo, A., Rojas, M., & Carrillo, W. (2022). Functional, antioxidant, and anti-Inflammatory properties of cricket protein concentrate (Gryllus assimilis). *Biology*, *11*(5), 776.

Tayupanta, T. d. l. Á. M., Espadero, M., Mancheno, M., Peña, S., Uguña, A., Álvarez, S., & Vega, M. A. (2018). Sensory analysis of cosmetic formulations made with essential oils of Aristeguietia glutinosa (matico) and Ocotea quixos (ishpingo). *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients*, *5*(1), 5.

Verheyen, G. R., Ooms, T., Vogels, L., Vreysen, S., Bovy, A., Van Miert, S., & Meersman, F. (2018). Insects as an alternative source for the production of fats for cosmetics. *Journal of Cosmetic Science*, *69*(3), 187-202.

Yeerong, K., Chantawannakul, P., Anuchapreeda, S., Rades, T., Müllertz, A., & Chaiyana, W. (2024). Acheta domesticus: A Natural Source of Anti-Skin-Aging Ingredients for Cosmetic Applications. *Pharmaceuticals*, *17*(3), 346.

การเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้

Comparison of Assam tea varieties in the southern of Thailand

ศุภลักษณ์ อริยภูชัย[1*] ชญานุช ตรีพันธ์ [1] ปิยะนุช มุสิกพงศ์ [1] และสุมาลี ศรีแก้ว[1]

Suppaluck Ariyaphuchai [1*],Chayanuch Tripan1.[1] ,Piyanuch Musigapong[1] and Sumalee srikaew[1]

[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง 85 ม.2 ต. ไม้ฝาด อ.สิเกา จ.ตรัง 92150

[1] Trang Horticultural Research Center 85 Moo 2, Mai Fat Subdistrict, Sikao District, Trang Province 92150

*Corresponding author E-mail: Suppaluck59@gmail.com

บทคัดย่อ

การเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมในพื้นที่ภาคใต้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตของสายพันธุ์ชาอัสสัมพันธุ์ดีในพื้นที่ภาคใต้ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง ระหว่างปี 2563-2567 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) กรรมวิธีที่ 2 สายพันธุ์ 686 กรรมวิธีที่ 3 สายพันธุ์ 689 กรรมวิธีที่ 4 สายพันธุ์ 706 กรรมวิธีที่ 5 สายพันธุ์ 711 กรรมวิธีที่ 6 สายพันธุ์ 715 กรรมวิธีที่ 7 สายพันธุ์ 719 และกรรมวิธีที่ 8 สายพันธุ์ 720 พบว่าสายต้น 706 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดสูงที่สุดคือ 708.08 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือสายต้น 720 (589.26 กิโลกรัมต่อไร่) สายต้น 686 (576.31 กิโลกรัมต่อไร่) และสายต้น 719 (552.34 กิโลกรัมต่อไร่) ด้านการเจริญเติบโต สายต้น 719 มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุดคือ 3.69 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่ม 104.88 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับสายต้น 706 (3.52 เซนติเมตร และ 94.89 เซนติเมตร) และชาเจ๊ะเหม (3.16 เซนติเมตรและ 91.48 เซนติเมตร) เมื่ออายุ 3 ปี 7 เดือน ปริมาสารสำคัญคือคาเฟอีนพบว่าสายต้น 720 มีปริมาณคาเฟอีนมากที่สุดคือ 2.00 g/100g รองลงมาคือสายต้น 686 (1.91 g/100g) และปริมาณ Antioxidant activity พบว่า สายต้น 686 ให้ปริมาณ Antioxidant activity มากที่สุดคือ 13,849.13±0.04 µmol Trolox/ml รองลงมาคือสายต้น 689 (13,811.28±0.08 µmol Trolox/ml)

คำสำคัญ : ผลผลิต เจริญเติบโต การดื่มชา

Abstract

A comparison of Assam tea varieties in southern, Thailand was conducted in Trang Horticultural Research Centre, between 2020-2021. The objective of this research is to study the growth and yield potential of Assam tea. Randomized Complete Block Design (RCBD) was used for the experiment. The eight treatments and three replications included Cha Jehem (Comparison), 686, 689, 706, 711, 715, 719, and 720 cultivars. The 706 lines produced the highest fresh weight yield at 708.08 kg per rai, followed by 720 line (589.26 kg per rai), line 686 (576.31 kilograms per rai), and 719 line (552.34 kg per rai), respectively. The growth of Assam tea, found that 719 line has the largest trunk diameter of 3.69 cm. and the canopy size was 104.88 cm, which was not statistically different from that of the 706 lines (3.52 cm. and 94.89 cm.) and Cha Ja Me (3.16 cm and 91.48 cm) at 3 years and 7 months of age. The highest caffeine total was found in 720 lines (2.00 g/100g) and 686 lines (1.91 g/100g), respectively. In addition, the highest antioxidant activity total was found in 686 lines (13,849.13±0.04 µmol Trolox/ml) and 689 lines (13,811.28±0.08 µmol Trolox/ml), respectively.

Keywords : yield growth drinking tea

บทนำ

ชาเป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมมากที่สุดชนิดหนึ่งของโลก มีคุณประโยชน์สามารถลดความเสี่ยงการเป็นโรคมะเร็ง โรคหัวใจ ลดระดับน้ำตาลในเลือด และควบคุมไขมันในเลือด โดยไทยเป็นผู้ส่งออกชาสด ชาหมัก และชาผงสำเร็จรูปเป็นอันดับที่ 21 ของโลก มูลค่าการส่งออก 62.63 ล้านดอลลาร์สหรัฐ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.69 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าชาสด ชาหมัก และชาผงสำเร็จรูปรวมของโลก แหล่งปลูกชาที่สำคัญของไทยอยู่ในแถบภูเขาสูงในภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แพร่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และน่าน โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกได้แก่พันธุ์ชาอัสสัม และพันธุ์ชาจีน ร้อยละ 87 และ 13 ตามลำดับ (สำนักการค้าสินค้า, 2565, น.4) นอกจากพื้นที่ทางภาคเหนือยังพบว่าพันธุ์ชาอัสสัมสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมในแหล่งปลูกต่างๆ ทางภาคใต้ได้ดี และต้องการร่มเงาจึงสามารถปลูกแซมในสวนผลไม้ และยางพาราได้ ดังนั้นชาอัสสัมจึงเป็นพืชทางเลือกใหม่ให้กับเกษตรกรปลูกเพื่อเพิ่มรายได้ ทั้งนี้ศูนย์วิจัยพืชสวนตรังได้นำต้นชาในกลุ่มชาอัสสัมที่ได้จากการผสมเปิดจากศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่มาปลูกในปี 2558 ปลูกแซมระหว่างแถวต้นสะตออายุ 20 ปี (ระยะปลูก 10 เมตร) ใช้ระยะปลูกชา 75x150 เซนติเมตร ซึ่งมีการเจริญเติบโตที่ดี ทำการคัดเลือกสายพันธุ์ชาอัสสัมในระหว่างปี 2561 - 2562 ที่มีการเจริญเติบโตดี ผลผลิตสูงได้จำนวน 7 สายพันธุ์ ดังนั้นจึงนำสายพันธุ์

ดังกล่าวมาปลูกเปรียบเทียบพันธุ์กับพันธุ์การค้าในพื้นที่ภาคใต้ของกลุ่มเกษตรกรชุมชนบ้านเจ๊ะเหม อำเภอแว้ง จังหวัดนราธิวาส และพิจารณาเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเพื่อปลูกในพื้นที่ภาคใต้ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลอง แบบ RCBD 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำๆ ละ 20 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ)

กรรมวิธีที่ 2 สายพันธุ์ 686

กรรมวิธีที่ 3 สายพันธุ์ 689

กรรมวิธีที่ 4 สายพันธุ์ 706

กรรมวิธีที่ 5 สายพันธุ์ 711

กรรมวิธีที่ 6 สายพันธุ์ 715

กรรมวิธีที่ 7 สายพันธุ์ 719

กรรมวิธีที่ 8 สายพันธุ์ 720

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

ทำการปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ชาอัสสัมที่ผ่านการคัดเลือกจำนวน 7 สายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้า คือพันธุ์ชาอัสสัมจากเกษตรกรชุมชนบ้านเจ๊ะเหม อำเภอแว้ง จังหวัดนราธิวาส จำนวน 1 พันธุ์ ตามขั้นตอนดังนี้

1. ปี 2562 – 2563 ดำเนินการขยายพันธุ์ชาอัสสัมจำนวน 8 กรรมวิธี โดยการปักชำในศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง สำหรับใช้ในการปลูกเปรียบเทียบที่ศูนย์วิจัยพืชสวนตรัง

2. ปี 2563 ปลูกชาอัสสัมตามกรรมวิธี ใช้ระยะปลูก 75 x 150 เซนติเมตร ดูแลรักษาโดยให้น้ำและใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยใช้ปุ๋ยเคมีผสมสูตร 80-24-26 ในปีที่ 1 2 3 และปีที่ 4 เป็นต้นไป ใส่อัตรา 20 40 60 และ 80 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ แบ่งใส่จำนวน 2 ครั้งในช่วง ช่วงต้นและปลายฤดูฝน และทุกปีควรใส่ปุ๋ยคอกอย่างน้อยปีละ 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ตัดแต่งกิ่งชา ในปีที่ 1-4 มีการตัดแต่งทุกปีโดยตัดแต่งกิ่งให้สูงจากระดับพื้นดิน 20 30 40 50 เซนติเมตรตามลำดับ หลังจากชามีอายุ 5 ปีขึ้นไป ทำการตัดแต่งให้ชามีความสูงจากพื้นดิน 55 เซนติเมตร ซึ่งจากนั้นจะการตัดแต่งกิ่งทุก ๆ 3-4 ปี และแต่ละครั้งตัดให้ห่างจากรอยเดิมไม่เกิน 2.5 เซนติเมตร โดยตัดแต่งในช่วงที่ต้นชาพักตัวคือเดือนธันวาคมถึงมกราคม

3. บันทึกอัตราการเจริญเติบโต เช่น ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และคุณภาพของผลผลิต คือ น้ำหนักสดต่อต้น และจำนวนยอดต่อต้น

4. วิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน และ Antioxidant activity โดยเก็บใบชาจากยอดชาที่ประกอบด้วย 1 ยอด กับ 2 ใบอ่อนด้วยมือ นำตัวอย่างไปอบแห้ง และสุ่มตัวอย่างใบชาตรวจสอบวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ

5. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของชาอัสสัมที่อายุ 3 ปี 7 เดือนพบว่า

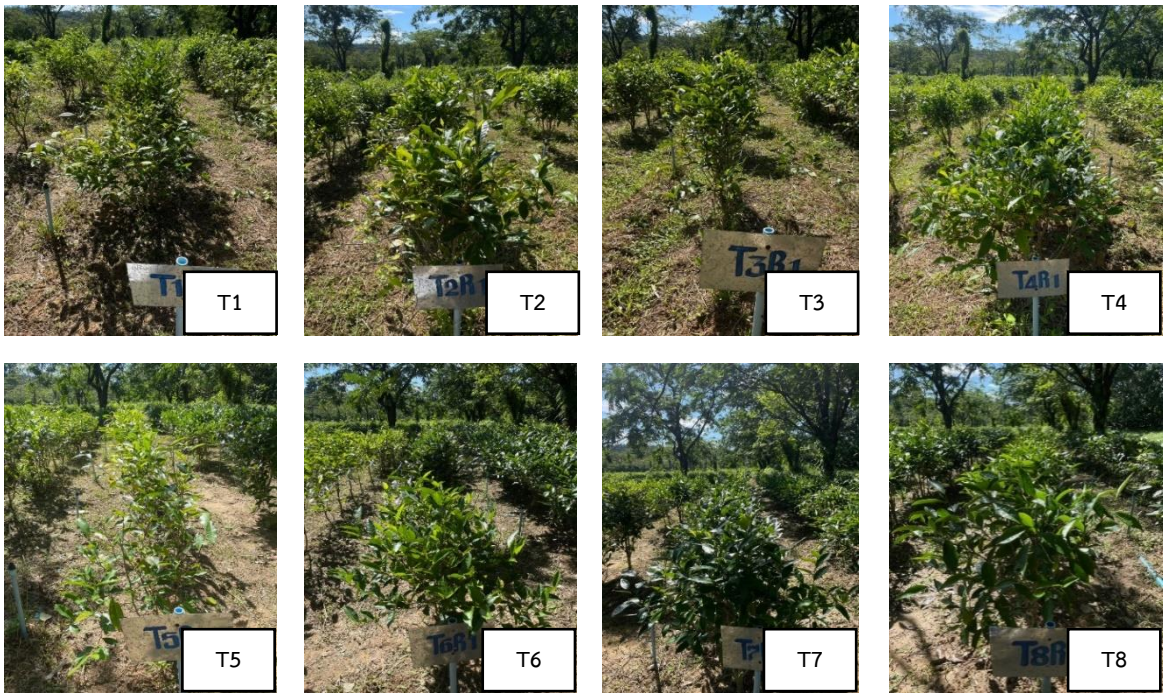
1. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่า กรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719 มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่สุดคือ 3.69 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706 (3.52 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) (3.16 เซนติเมตร) และมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686 (3.05 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720 (2.91 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715 (2.57 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711 (2.49 เซนติเมตร) และกรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689 (2.22 เซนติเมตร)

2. ขนาดทรงพุ่ม พบว่า กรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719 มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุดคือ 104.88 เซนติเมตร รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720 (101.45 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686 (97.20 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711 (96.53 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706 (94.89 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715 (92.80 เซนติเมตร) กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) (91.48 เซนติเมตร) ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689 มีขนาดทรงพุ่มน้อยที่สุดคือ 70.36 เซนติเมตร (ตารางที่ 1, ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของชาอัสสัมแต่ละกรรมวิธีที่อายุ 3 ปี 7 เดือน (เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2567)

กรรมวิธี	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	ขนาดทรงพุ่ม (เซนติเมตร)
กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ)	3.16abc	91.48a
กรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686	3.05bcd	97.20a
กรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689	2.22f	70.36b
กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706	3.52ab	94.89a
กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711	2.49ef	96.53a
กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715	2.57def	92.80a
กรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719	3.69a	104.88a
กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720	2.91cde	101.45a
CV. %	10.81	11.22

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan’s new multiple range test ที่ความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 1 การเจริญเติบโตของชาอัสสัม

ข้อมูลผลิตของชาอัสสัมแต่ละกรรมวิธีที่อายุ 3 ปี 7 เดือน

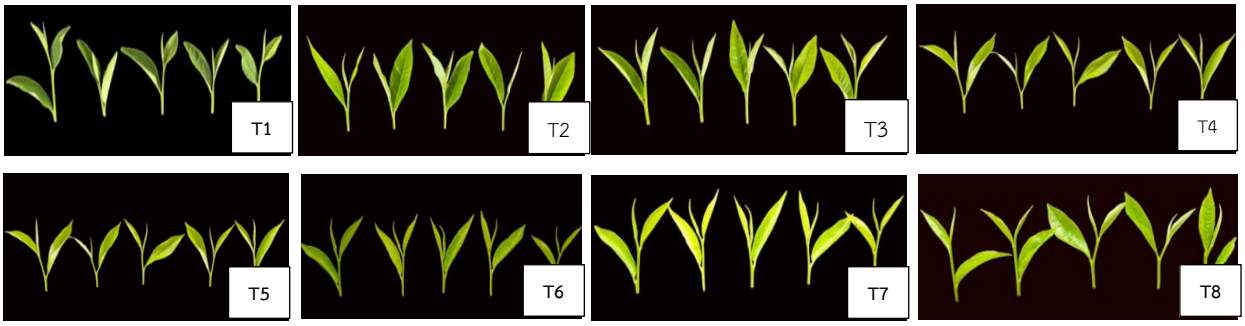
1. จำนวนยอดต่อไร่ พบว่ากรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706 ให้จำนวนยอดต่อไร่มากที่สุดคือ 1,081,350 รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719 (928,953 ยอดต่อไร่) มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686 (77,594 ยอดต่อไร่) กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715 (735,328 ยอดต่อไร่) กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) (708,418 ยอดต่อไร่) กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720 (675,318 ยอดต่อไร่) กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711 (657,052 ยอดต่อไร่) และกรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689 (505,162 ยอดต่อไร่)

2. น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ พบว่ากรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706 ให้น้ำหนักผลผลิตมากที่สุดคือ708.08 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720 (589.26 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686 (576.31 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719 (552.34 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715 (503.44 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711 (478.87 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689 (410.34 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) ให้จำนวนน้ำหนักสดต่อไร่น้อยที่สุดคือ 369.27 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2, ภาพที่ 2)

ตารางที่ 2 ผลผลิตของชาอัสสัมแต่ละกรรมวิธีที่อายุ 3 ปี 7 เดือน (เมื่อวันที่ 16 สิงหาคม 2567)

กรรมวิธี	จำนวนยอดต่อไร่ (ยอด)	น้ำหนักผลผลิตสดต่อไร่ (กิโลกรัม)
กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ)	708,418bcd	369.27b
กรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686	775,943bc	576.31ab
กรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689	505,162d	410.34b
กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706	1,081,350a	708.08a
กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711	657,052cd	478.87ab
กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715	735,328bcd	503.44ab
กรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719	928,953ab	552.34ab
กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720	675,318bcd	589.26ab
CV. %	19.44	25.11

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's new multiple range testที่ความเชื่อมั่น 95 %, * = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, ns = ไม่มีความแตกต่างทางสถิต



ภาพที่ 2 ยอดชาอัสสัมแต่ละกรรมวิธี

เมื่อนำชาอัสสัมแต่ละกรรมวิธีที่อายุ 3 ปี 3 เดือน วิเคราะห์ปริมาณคาเฟอีน และ Antioxidant activity

1. ปริมาณคาเฟอีนพบว่า กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720 มีปริมาณคาเฟอีนมากที่สุดคือ 2.00±0.00 g/100g รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686 (1.91±0.00) กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ (1.87±0.00) กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706 (1.77±0.00) กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711(1.70±0.00) กรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689 (1.60±0.00) กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715 (1.55±0.00) และกรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719 (1.53±0.00)

2. ปริมาณ Antioxidant activity พบว่ากรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686 มีปริมาณ Antioxidant activity มากที่สุดคือ 13,849.13±0.04 µmol Trolox/ml รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689 (13,811.28±0.08)

กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) (13,651.06±0.06) กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711 (12,681.14±0.03) กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720 (12,626.32±0.05) กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715 (12,517.32±0.06) กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706 (12,422.43±0.06) และกรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719 (12,203.13±0.05) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 สารสำคัญของชาอัสสัมแต่ละกรรมวิธีที่อายุ 3 ปี 3 เดือน (เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2567)

กรรมวิธี	คาเฟอีน (g/100g)	Antioxidant activity (µmol Trolox/ml)
กรรมวิธีที่ 1 ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ)	1.87±0.00	13,651.06±0.06
กรรมวิธีที่ 2 สายต้น 686	1.91±0.00	13,849.13±0.04
กรรมวิธีที่ 3 สายต้น 689	1.60±0.00	13,811.28±0.08
กรรมวิธีที่ 4 สายต้น 706	1.77±0.00	12,422.43±0.06
กรรมวิธีที่ 5 สายต้น 711	1.70±0.00	12,681.14±0.03
กรรมวิธีที่ 6 สายต้น 715	1.55±0.00	12,517.32±0.06
กรรมวิธีที่ 7 สายต้น 719	1.53±0.00	12,203.13±0.05
กรรมวิธีที่ 8 สายต้น 720	2.00±0.00	12,626.32±0.05

วิจารณ์ผลการวิจัย

ชาอัสสัมมีถิ่นกำเนิดในรัฐอัสสัมของประเทศอินเดียเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกและผลิตชาที่ใหญ่ที่สุดในโลก เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ และมีอากาศร้อนชื้น เหมาะสมต่อการปลูกชา ส่งผลให้ชามีรสชาติเข้มข้นและชามีสีสว่างสดใส เป็นที่นิยมของทั่วโลก (Campbell,1995, P.77) ชาอัสสัมสามารถปลูกได้ดีในพื้นที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000-2,000 เมตร สำหรับในประเทศไทยนิยมปลูกมากทางแถบภูเขาสูงทางภาคเหนือ แต่พบว่าเมื่อนำมาทดสอบปลูกในพื้นที่ภาคใต้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีในพื้นที่ภาคใต้ โดยพบว่าชาอัสสัมที่ปลูกในพื้นที่ภาคใต้เป็นพืชที่ต้องการร่มเงาเหมาะสมสำหรับปลูกเป็นพืชแซมในสวนผลไม้ต่างๆ หรือสวนสมรม สอดคล้องกับ (สายลม สัมพันธ์เวชโสภา, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชยพันธ์. 2551, น. 1) ที่รายงานว่าชาอัสสัมเป็นพันธุ์ชาที่เจริญเติบโตได้ดีตามป่า มีร่มไม้และแสงแดดผ่านได้พอประมาณ แต่อย่างไรก็ตามหากเกษตกรต้องการปลูกเป็นพืชเดี่ยวสามารถทำได้เช่นกัน แต่ในช่วงแรกจะต้องมีการพรางแสงเพื่อให้ต้นมีการปรับสภาพ เนื่องจากจะเกิดอาการใบไหม้หรือใบร่วง และต้องมีการให้น้ำในช่วงหน้าแล้งหรือฝนทิ้งช่วงจนกว่าต้นชาอัสสัมจะสามารถปรับตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2565, น. 12) ที่รายงานว่าการปลูกพืชร่มเงาให้กับต้นกล้าชาอัสสัมในระยะแรกเป็นสิ่งที่จำเป็นมากหลังจากย้ายปลูก เนื่องจากระบบรากของต้นกล้ายังไม่แข็งแรง ทำให้สูญเสียน้ำได้ง่าย ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าชาอัสสัมเป็นพืชที่สามารถสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ได้อีกทางหนึ่งนอกเหนือจากการปลูกพืชหลัก และเป็นการใช้พื้นที่ให้เกิดประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งนอกเหนือจากการแปรรูปชาอัสสัมเป็นผลิตภัณฑ์ชาชนิดต่างๆ เช่น ชา

เขียว ชาจีน และชาดำหรือชาฝรั่งแล้ว ก็สามารถปลูกเพื่อการท่องเที่ยวได้อีกด้วย และนอกเหนือจากนั้นการที่เกษตรกรมีการปลูกชาและแปรรูปชาได้ จะได้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพซึ่งมีสรรพคุณต่างๆ เช่น ลดความเสี่ยงการเกิดโรคอัลไซเมอร์และพาร์กินสัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากการทำงานที่ผิดปกติของสมอง ช่วยปกป้องผิวจากแสงแดด ชะลอวัยของผิวพรรณ ทำให้ผิวพรรณกระจ่างใส ช่วยทำให้ระบบขับถ่ายดี ลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ลดปริมาณคอเรสเตอรอลในเส้นเลือด ควบคุมระดับความดันโลหิต และลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (เมดไทย, 2567: โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์.2566: สถาบันชาและกาแฟแห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, 2567) ดังนั้นจึงถือได้ว่าการปลูกชาสามารถสร้างรายได้และสร้างสุขภาพที่ดีได้อีกด้วย

จากการเปรียบเทียบพันธุ์ด้านการเจริญเติบโตของชาอัสสัมจากต้นที่คัดเลือก มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและขนาดทรงพุ่มสูงกว่าพันธุ์ชาเจ๊ะเหม (เปรียบเทียบ) จำนวน 2 สายต้นคือสายต้น 706 และ 719 และเมื่อพิจารณาถึงผลผลิตจำนวนยอดต่อไร่เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือ สายต้น 706 ให้จำนวนยอดต่อไร่มากที่สุดคือ 1,081,350 ยอด รองลงมาคือ สายต้น 719 (928,953 ยอด) และเมื่อพิจารณผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ ก็ยังคงพบว่าสายต้น 706 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดมากที่สุดคือ708.08 กิโลกรัม รองลงมาคือสายต้น 720 (589.26 กิโลกรัม) ซึ่งมากกว่าพันธุ์เปรียบเทียบประมาณ 1 เท่า และเมื่อพิจารณาด้านสารสำคัญคือคาเฟอีนพบว่าสายต้น 720 มีปริมาณคาเฟอีนมากที่สุดคือ 2.00 g/100g รองลงมาคือสายต้น 686 (1.91 g/100g) และปริมาณ Antioxidant activity พบว่า สายต้น 686 ให้ปริมาณ Antioxidant activity มากที่สุดคือ 13,849.13±0.04 µmol Trolox/ml รองลงมาคือสายต้น 689 (13,811.28±0.08 µmol Trolox/ml) ดังนั้นการเลือกปลูกพันธุ์ชาอัสสัมสามารถเลือกปลูกได้ตามประโยชน์การใช้งาน เช่นปลูกเพื่อจำหน่ายยอดสดควรเลือกสายต้น 706 และ 720 เพราะให้น้ำหนักสดต่อไร่รวมถึงมีการเจริญเติบโตที่ดีสูงที่สุด แต่หากปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ทางยา ต้องการปริมาณสารคาเฟอีนมากควรเลือกปลูกสายต้น 720 ถ้าต้องการปริมาณสาร Antioxidant activity ควรเลือกปลูกสายต้น 686 หรืออาจปลูกรวมกันหลายสายต้นขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของเกษตรกรเอง

สรุปผลการวิจัย

ชาอัสสัมสายต้น 706 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดมากที่สุดคือ 708.08 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือสายต้น 720 (589.26 กิโลกรัมต่อไร่) ด้านการเจริญเติบโตพบว่า สายต้น 719 มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุดคือ 3.69 เซนติเมตร ขนาดทรงพุ่ม 104.88 เซนติเมตร รองลงมาคือสายต้น 706 (3.52 เซนติเมตร และ 94.89 เซนติเมตร) เมื่ออายุ 3 ปี 7 เดือน และปริมาณสารสำคัญชาอัสสัมสายต้น 720 มีปริมาณคาเฟอีนมากที่สุดคือ 2.00 g/100g รองลงมาคือสายต้น 686 (1.91 g/100g) และสายต้น 686 ให้ปริมาณ Antioxidant activity มากที่สุดคือ 13,849.13±0.04 µmol Trolox/ml รองลงมาคือสายต้น 689 (13,811.28±0.08 µmol Trolox/ml) ทั้งนี้เกษตรกรสามารถเลือกปลูกชาได้ตามประโยชน์การใช้งานที่ต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินงานขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ได้สนับสนุนเงินทุนเพื่อใช้ในการดำเนินงาน และขอขอบคุณบุคลากรจากศูนย์วิจัยพืชสวนตรังที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2565). การผลิตและแปรรูปชาอัสสัมคุณภาพบนพื้นที่สูง. กรุงเทพฯ:สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร.

เมดไทย. (2567). ชาเขียว สรรพคุณและประโยชน์ของชาเขียว 38 ข้อ ! (GreenTea) สืบค้นจาก https://medthai.com/%e0%b8%8a%e0%b8%b2%e0%b9%80%e0%b8%82%e0%b8%b5%e0%b8%a2%e0%b8%a7/

โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์. (2566) ดื่มชาอย่างไรดีต่อสุขภาพ. สืบค้นจาก https://www.siphhospital.com/th/news/article/share/tea

สถาบันชาและกาแฟแห่งมหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง. (2567). เมี่ยง. สืบค้นจาก https://teacoffee.mfu.ac.th/tc-tea-coffeeknowledge/tc-tea/tc-complementing.html

สายลม สัมพันธ์เวชโสภา สายลม สัมพันธ์เวชโสภา, ธีรพงษ์ เทพกรณ์, พนม วิญญายอง และประภัสสร อึ้งวณิชยพันธ์. (2551). โครงการการศึกษาสถานภาพปัจจุบันของชาในประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

สำนักการเค้าสินค้า. (2565). สินค้าชา และผลิตภัณฑ์ชา. สำนักการค้าสินค้า กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ, 1-18. สืบค้นจาก https://www.dtn.go.th/th/file/get/file/1.20220901358aaa86e2db260b359f2fc37f7 a85c6161127.pdf

Campbell (1995). The Tea Book. Pelican Publishing.

สัณฐานวิทยาของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว

Morphology of Local Black Sugarcane in Sakaeo Province

ประทีป อูปแก้ว[1*] ทิษฎยา เสมาเงิน[2] วิทูร ขาวสุข[2] ปริญญาพร หนูอุไร[2]

Prateep Oupkaew[1*] Tistaya Semangoen[2] Witoon Khawsuk[2] Parinyaporn Nuurai[2]

[1] คณะเทคโนโลยีการเกตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว 254 หมู่ 4 ต. วัฒนานคร อ. วัฒนานคร จ. สระแก้ว 27260

[1] Faculty of Agricultural Technology, Burapha University, Sakaeo Campus, 254 M. 4, Watthananakhon Sub-district, Watthananakhon District, Sakaeo Province, 27160

[2] คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

[2] Faculty of Allied Health Sciences, Burapha University, 169 Longhaad Bangsaen Road, Saensuk, Mueang, ChonBuri Province, 20131

*Corresponding author E-mail: prateep_o@buu.ac.th

บทคัดย่อ

อ้อยดำพื้นเมืองพบทั่วไปในภาคตะวันออกของประเทศไทยและนิยมปลูกเพื่อเป็นพืชสมุนไพร ดังนั้นการศึกษานี้จึงปลูกเพื่อประเมินลักษณะสัณฐานวิทยาของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว โดยได้เก็บตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมืองจำนวน 18 ตัวอย่าง ในพื้นที่ 9 อำเภอคือ เมืองสระแก้ว คลองหาด ตาพระยา วังน้ำเย็น วัฒนานคร อรัญประเทศ เขาฉกรรจ์ โคกสูง และวังสมบูรณ์ โดยปลูกทดสอบในแปลงของคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ประเมินลักษณะทางคุณภาพจำนวน 7 ลักษณะได้แก่ ลักษณะทรงกอ การมีขนบนแผ่นใบ สีแผ่นใบ สีกาบ สีก้านใบ สีข้อ และสีปล้อง ส่วนลักษณะทางปริมาณ 3 ลักษณะได้แก่ ความสูงต้น จำนวนต้นต่อก่อและจำนวนใบต่อต้นจากการทดลองพบว่าอ้อยดำพันธุ์พื้นเมืองที่มีลักษณะ มีความแปรปรวนของลักษณะทรงกอ แต่ไม่มีความแตกต่างของการมีขนบนแผ่นใบ สีแผ่นใบ สีกาบ สีก้านใบ สีข้อ สีปล้อง ส่วนความหลากหลายทางปริมาณมีความหลากหลายของความสูงต้น จำนวนต้นต่อก่อ และจำนวนใบ มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน เท่ากับ 0.10-0.26 0.- 1.79 และ 0.29-2.44 ตามลำดับ จากการศึกษานี้สรุปได้ว่า การประเมินลักษณะของอ้อยดำพันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดสระแก้วมีความแปรปรวนในลักษณะด้านปริมาณเช่นความสูง จำนวนต้นต่อกอและจำนวนใบต่อต้น

คำสำคัญ : อ้อยดำ ลักษณะสัณฐาน จังหวัดสระแก้ว

Abstract

The local black sugarcane has a wide distribution throughout Eastern Thailand and was usually planted as herb plant. This study was conducted to evaluate the genetic variation of local black sugarcane in Sakaeo province. The 18 populations of local black sugarcane were collected in nine districts; Mueang SaKaeo, Khlong Hat, Ta Phraya, Wang Nam Yen, Watthana

Nakhon, Aranyaprathet, Khao Chakan, Khok Sung, and Wang Sombun. The experiment tested in field at Faculty of Agricultural Technology, Burapha Univerity Sakaeo Campus and evaluated the 7 qualitative characters: hill shape, lamina hairs, lamina color, sheath color, midrib color, node color and internode color. Thus, the three quantitative characters in plant high, number of tillers per hill and leaf per plant. The results showed the variation in hill shape but the lamina hairs, lamina color, sheath color, midrib color, node color and internode color weren't differed. In local black sugarcane populations. The variations of quantitative characters in plant high, number of tillers per hill and number of leafs per plant were varied form 0.10-0.26, 0- 1.79 and 0.29-2.44 respectively. These studies was concluded that the variation of quantitative characters in plant high, number of tillers per hill and number of leafs per plant.

Keywords : Black Sugarcane, Morphology, Sakaeo Province

บทนำ

อ้อยดำพื้นเมืองเป็นอ้อยชนิดหนึ่งที่ชาวบ้านนิยมปลูกบริเวณบ้านและในไร่มีลักษณะสำคัญคือ เจริญเติบโตง่าย ทนแล้ง และมีคุณสมบัติรักษาโรค ซึ่งจัดในกลุ่ม *Saccharum sinense* จากข้อมูลสรรพคุณของอ้อยดำในการรักษาแผลเน่าเปื่อย แผลเรื้อรัง และรักษาฝีอักเสบบวม ทำให้สามารถสันนิษฐานได้ว่าอ้อยดำน่าจะมีฤทธิ์ในการยับยั้งการอักเสบได้ ซึ่งการเกิดอนุมูลอิสระเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการอักเสบและกระบวนการต่างๆ ตามปกติของร่างกายหากการเกิดอนุมูลอิสระหรือการควบคุมการเกิดอนุมูลอิสระมีความผิดปกติหรือไม่สมดุล อาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคหลายอย่างตามมา เช่น atherosclerosis rheumatoid arthritis cardiovascular diseases โรคเบาหวาน โรคอัลไซเมอร์ พาร์กินสัน การอักเสบเรื้อรัง มะเร็ง เป็นต้น และนอกจากนี้ การเกิดอนุมูลอิสระยังมีผลให้เกิดความแก่อีกด้วย (Uttara et al., 2009; Gupta et al., 2014) จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลรวมสารประกอบฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในอ้อยสายพันธุ์ *S. officinarum L.* พบว่ามีปริมาณต่ำกว่าอ้อยดำสายพันธุ์ *Saccharum sinensis Roxb.* ส่วนของอ้อยที่ใช้เป็นยาสมุนไพร ได้แก่ ลำต้น เปลือกต้น น้ำอ้อย ชานอ้อย และราก มีรายงานการพบสารในส่วนต่างๆ ของอ้อยดำ ดังนี้ ส่วนของลำต้นมีสาร Alcohols, Amino acids, Asparagine, Phenolic esters and ethers Alkaloids ใบมีสาร 5**,** 7**-**Dimethyl-apigenin-4**-**O-B-D-glycoside ดอกมีสาร 5-0-Methyl apigenin รากมีสาร Nitrogenase และน้ำอ้อยพบธาตุแคลเซียม โพแทสเซี่ยม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ จากข้อมูลตำรับยาไทยได้กล่าวถึงสรรพคุณของอ้อยดำใช้รักษาโรคได้หลายชนิด เช่น แก้ไข้ แก้ไอ ขับเสมหะ แก้เบาหวาน แก้ช้ำบวม แก้อาการร้อนในและปากเปื่อย ใช้ขับปัสสาวะ และขับนิ่ว เป็นต้น และจากการศึกษาข้อมูลทางเภสัชวิทยาของอ้อยดำพบว่ามีฤทธิ์หลายอย่าง เช่น ต้านอนุมูลอิสระยับยั้งมะเร็งและการเจริญของเนื้องอก ต้านการอักเสบ ลดระดับคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ และน้ำตาลในเลือดต้านเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย ขับ

ปัสสาวะ และขับนิ่ว อย่างไรก็ตามการศึกษาความหลากหลายของอ้อยดำพื้นเมืองไม่ได้มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย การทดลองนี้จึงต้องความเข้าใจในลักษณะสัณฐานวิทยา โครงสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งภายในและระหว่างประชากร อีกทั้งยังเพื่อเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมอ้อยดำพื้นเมือง ซึ่งการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งภายในและระหว่างประชากรในลักษณะสัณฐานวิทยาของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาลักษณะสัณฐานในอ้อยดำพื้นเมืองดำเนินการทดลองที่ แปลงทดสอบ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว อ้อยดำพื้นเมืองจำนวน 18 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1) โดยรวบรวมจาก 9 อำเภอ คือ อำเภอเมืองสระแก้ว อำเภอคลองหาด อำเภอตาพระยา อำเภอวังน้ำเย็น อำเภอวัฒนานคร อำเภออรัญประเทศ อำเภอเขาฉกรรจ์ อำเภอโคกสูง และอำเภอวังสมบูรณ์ ในจังหวัดสระแก้ว เก็บท่อนพันธุ์อ้อย สุ่มต้นอ้อยดำพื้นเมืองจำนวน 5 กอมาจากแต่ละพื้นที่ แล้วตัดท่อนอ้อยดำให้มีความยาวประมาณ 15 - 20 เซนติเมตร ให้มีตาอ้อย 2 ตาใน 1 ท่อน นำท่อนอ้อยดำแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำท่อนพันธุ์ไปปลูก 1 หลุมปลูก 2 ท่อน โดยวางแนวนอนตามแนวร่อง ที่มีความกว้าง 1 เมตร ระยะห่างระหว่างหลุม 1 เมตร แล้วฝังกลบท่อนพันธุ์หนาประมาณ 3 เซนติเมตร การให้น้ำจะมีการให้น้ำใกล้เคียงกับระดับความจุความชื้นในดิน ส่วนการให้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1 ตันต่อไร่ การบันทึกลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยประเมินลักษณะทรงกอ การมีขนบนแผ่นใบ สีก้านใบ สีข้อ สีปล้อง สีแผ่นใบ สีกาบใบ นอกจากได้ประเมินการบันทึกลักษณะทางปริมาณได้แก่ความสูง จำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนใบ การวิเคราะห์ข้อมูล ลักษณะทางคุณภาพประเมินความหลากหลายภายในประชากรและระหว่างประชากรโดยนำลักษณะทางคุณภาพที่ศึกษาทั้งหมด ไปแบ่งกลุ่มตามชนิดลักษณะที่พบแตกต่างกันไป ส่วนลักษณะทางปริมาณ นำไปคำนวณค่าเฉลี่ย (mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE)

ตารางที่ 1 แหล่งที่มาของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว

รหัส	สถานที่
BS1	บ้านระเบาะหูกวาง ตำบลช่องกุ่ม อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว
BS2	บ้านเขาจาน ตำบลท่าเกวียน อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว
BS3	บ้านโคกสะอาด ตำบลทับเสด็จ อำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว
BS4	บ้านมะค่าปุ่ม ตำบลโคคลาน อำเภอตาพระยา จังหวัดสระแก้ว
BS5	บ้านโนนประดู่ ตำบลไทรเดี่ยว อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว
BS6	บ้านสุขสำราญ ตำบลท่าเกษม อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว
BS7	บ้านหนองแวง ตำบลโคกสูง อำเภอโคกสูง จังหวัด สระแก้ว

BS8	บ้านโคกไม้งาม ตำบลโคกสูง อำเภอโคกสูง จังหวัดสระแก้ว
BS9	บ้านเนินผาสุก ตำบลสระขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว
BS10	บ้านเนินตะแบก ตำบลเขาสามสิบ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว
BS11	บ้านทรัพย์ตะเคียน ตำบลซับมะกรูด อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว
BS12	บ้านเนินผาสุก ตำบลสระขวัญ อำเภอเมือง จังหวัดสระแก้ว
BS13	บ้านเขาฉกรรจ์ ตำบลเขาฉกรรจ์ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว
BS14	บ้านวังสมบูรณ์ ตำบลวังสมบูรณ์ อำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว
BS15	บ้านโนนสมบัติ ตำบลคลองหินปูน อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว
BS16	บ้านนา ตำบลเขาฉกรรจ์ อำเภอเขาฉกรรจ์ จังหวัดสระแก้ว
BS17	ตำบลซับมะกรูด อำเภอคลองหาด จังหวัดสระแก้ว
BS18	บ้านแก่งสะเดา ตำบลทุ่งมหาเจริญ อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว

ผลการวิจัย

จากการปลูกทดสอบในแปลงทดสอบ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว ตำบลวัฒนานคร อำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 7 ลักษณะ (ดัดแปลงมาจาก James, 2003) พบลักษณะต่างๆ ดังนี้ ลักษณะทรงกอพบทั้งตั้งตรงและเอนเล็กน้อย การมีขนบนแผ่นใบพบว่ามีขนบ้าง ลักษณะสีของส่วนต่างๆ คือ แผ่นใบพบทั้งสีม่วงผสมเขียว ม่วงที่ริมและเขียว กาบใบพบสีม่วง ก้านใบพบทั้งสีม่วงและเขียว ข้อพบทั้งสีม่วงและเขียว ปล้องพบทั้งสีม่วงดำ ดำแดง ม่วง ดำ แดงม่วง (ตารางที่ 2)

ความสูงของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้วอายุ 2 เดือน มีค่าเฉลี่ยความสูงอยู่ระหว่าง 67.30 - 127.16 เซนติเมตร โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS2 มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดคือ 127.16 เซนติเมตร และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS18 มีความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 67.30 เซนติเมตร ส่วนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0.23 - 3.09 โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมืองตำแหน่งที่ BS10 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุดคือ 3.09 และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมืองตำแหน่งที่ 2 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดคือ 0.23 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) อยู่ระหว่าง 0.10 - 1.38 โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS 10 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมากที่สุดคือ 1.38 และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมืองตำแหน่งที่ 2 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุดคือ 0.10 (ตารางที่ 3)

จำนวนต้นต่อกอของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระที่อายุ 2 เดือนมีค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกออยู่ระหว่าง 4.00 - 12.40 ต้นต่อกอ โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS5 มีค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอมากที่สุดคือ 12.40 ต้นต่อกอ และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS11 BS12 และ BS13 มีค่าเฉลี่ยจำนวนต้นต่อกอน้อยที่สุดคือ 4.00 ต้นต่อกอ ส่วนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0 - 1.79 โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS2 และ BS10 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุดคือ 1.79 และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS1 BS4 BS8 BS11 BS13 และ BS15 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดคือ 0 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) อยู่ระหว่าง 0 - 0.80 โดย

ตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS2 และ BS10 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมากที่สุดคือ 0.80 และตัวอย่างอ้อยดำพื้น BS1 BS4 BS8 BS11 BS13 และ BS15 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุดคือ 0 (ตารางที่ 4)

จำนวนใบของอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้วที่อายุ 2 เดือน มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบอยู่ระหว่าง 8 - 19.40 ใบ โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS3 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบมากที่สุดคือ 19.40 ใบ และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS10 มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 8ใบ ส่วนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อยู่ระหว่าง 0.58 - 5.46 โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมืองตำแหน่งที่ 5 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากที่สุดคือ 5.46 และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมืองตำแหน่งที่ 17 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดคือ 0.58 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (SE) อยู่ระหว่าง 0.29 - 2.44 โดยตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS1 และ BS5 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานมากที่สุดคือ 2.44 และตัวอย่างอ้อยดำพื้นเมือง BS17 มีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานน้อยที่สุดคือ 0.29 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของอ้อยดำในจังหวัดสระแก้ว

รหัส	ทรงกอ	ขนบนแผ่นใบ	สีก้านใบ	สีข้อ	สีปล้อง	สีแผ่นใบ	สีกาบใบ
BS1	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS2	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS3	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS4	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS5	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS6	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS7	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS8	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS9	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง

BS10	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS11	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS12	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS13	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS14	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS15	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS16	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS17	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง
BS18	ตั้งตรง-เอนเล็กน้อย	มีขนบ้าง	ม่วง	ม่วง	ม่วงดำ	ม่วงผสมเขียว	ม่วง

ตารางที่ 3 ค่าพิสัย (range) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(SE) ของความสูง (เซนติเมตร) ของอ้อยดำ

รหัส	**ค่าพิสัย**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน**
BS1	126.00-127.00	126.80	0.45	0.20
BS2	127.00-127.00	127.16	0.23	0.10
BS3	124.50-124.50	125.20	0.76	0.34
BS4	123.90-124.50	124.78	0.79	0.35
BS5	124.50-124.50	124.72	0.23	0.10
BS6	124.70-127.50	126.50	1.16	0.52
BS7	124.00-125.00	124.64	0.42	0.19
BS8	120.00-126.00	123.75	2.63	1.31
BS9	119.40-125.00	122.86	2.89	1.29

BS10	125.00-124.50	121.38	3.09	1.38
BS11	121.00-123.00	122.03	0.93	0.47
BS12	-	-	-	-
BS13	97.0-098.00	97.67	0.58	0.33
BS14	114.90-116.00	115.40	0.54	0.27
BS15	97.0-098.00	97.50	0.50	0.29
BS16	114.60-116.00	115.15	0.60	0.30
BS17	114.00-115.00	114.55	0.41	0.21
BS18	65.90-68.60	67.30	1.04	0.46

ตารางที่ 4 ค่าพิสัย (range) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(SE) ของจำนวนต้นต่อกอของอ้อยดำ

รหัส	**ค่าพิสัย**	**ค่าเฉลี่ย**	**ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน**
BS1	12.00-12.00	12.00	0.00	0.00
BS2	8.00-12.00	9.20	1.79	0.80
BS3	12.00-13.00	12.20	0.45	0.20
BS4	12.00-12.00	12.00	0.00	0.00
BS5	12.00-14.00	12.40	0.89	0.40
BS6	11.00-12.00	11.80	0.45	0.20
BS7	6.00-8.00	6.40	0.89	0.40
BS8	8.00-8.00	8.00	0.00	0.00
BS9	11.00-14.00	12.00	1.41	0.63
BS10	4.00-8.00	4.80	1.79	0.80
BS11	4.00-4.00	4.00	0.00	0.00
BS12	-	-	-	-
BS13	4.00-4.00	4.00	0.00	0.00
BS14	4.00-5.00	4.25	0.50	0.25
BS15	5.00-5.00	5.00	0.00	0.00
BS16	5.00-5.00	4.75	0.50	0.25
BS17	4.00-5.00	4.75	0.50	0.25
BS18	5.00-6.00	5.20	0.45	0.20

ตารางที่ 5 ค่าพิสัย (range) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน(SE) ของจำนวนใบต่อต้นของอ้อยดำ

รหัส	ค่าพิสัย	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
BS1	12.00-25.00	16.80	5.45	2.44
BS2	11.00-18.00	14.80	3.27	1.46
BS3	17.00-25.00	19.40	3.36	1.50
BS4	17.00-21.00	19.20	1.48	0.66
BS5	8.00-21.00	17.60	5.46	2.44
BS6	11.00-19.00	14.40	4.22	1.89
BS7	12.00-18.00	14.60	2.61	1.17
BS8	12.00-20.00	16.75	3.40	1.70
BS9	8.00-20.00	14.20	5.36	2.40
BS10	7.00-9.00	8.00	0.71	0.32
BS11	8.00-10.00	8.50	1.00	0.50
BS12	-	-	-	-
BS13	8.00-10.00	8.67	1.15	0.67
BS14	8.00-10.00	9.25	0.96	0.48
BS15	8.00-10.00	8.67	1.15	0.67
BS16	8.00-10.00	8.75	0.96	0.48
BS17	8.00-9.00	8.50	0.58	0.29
BS18	8.00-10.00	8.80	0.84	0.37

วิจารณ์ผล

ลักษณะความหลากหลายทางสัณฐานวิทยาในอ้อยพื้นเมืองมีความหลากหลายภายในประชากรและระหว่างประชากร ซึ่งจากการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้ว ที่รวบรวมมาจากท้องถิ่นต่างๆ ใน 9 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองสระแก้ว อำเภอคลองหาด อำเภอตาพระยา อำเภอวังน้ำเย็น อำเภอวัฒนานคร อำเภออรัญประเทศ อำเภอเขาฉกรรจ์ อำเภอโคกสูง และอำเภอวังสมบูรณ์ โดยศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาพบว่าไม่พบความหลากหลายในลักษระอ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้วในลักษณะของทรงกอ การมีขนบนแผ่นใบ สีก้านใบ สีข้อ สีปล้อง สีแผ่นใบ และสีกาบใบ ด้วยลักษณะดังกล่าวได้ถูกคัดเลือกจากผู้ใช้ประโยชน์ทำให้ไม่พบลักษณะอ้อยดำพื้นเมืองที่แตกต่างกัน แต่ส่วนจาการศึกษาพบความ

แปรปรวนของลักษณะทางปริมาณคือความสูง จำนวนต้นต่อกอและจำนวนใบต่อกอ สอดคล้องกับการศึกษาของ พจนีย์ (2549) ข้าวพื้นเมืองที่แตกต่างกันจะผลต่อลักษณะทางปริมาณ โดยผลการทดลองที่ได้มีความแปรปรวนของลักษณะความสูง จำนวนต้นต่อก และผลผลิตต่อไร่ของข้าวพื้นเมือง 18 สายพันธุ์ นอกจากนี้จากการศึกษาของ ทรายแก้ว (2547) ได้ศึกษาความแปรปรวนของของข้าวพื้นเมืองบือชอมีพบว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีความหลากหลายภายในประชากรและระหว่างประชากร ในลักษณะทางคุณภาพและลักษณะทางปริมาณ ซึ่งผลผลิตของข้าวบือชอมีต่างแหล่งกันจะมีความแตกต่างทางพันธุกรรมส่งผลให้มีข้าวพื้นเมืองที่มีชื่อเหมือนจะมีความแตกต่างพันธุกรรมและไม่มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับการคัดเลือกและการเลือกสายพันธุ์ของเกษตรกร ซึ่งจากประเมินผลผลิตในข้าวพื้นเมืองเหมยนองที่มีชื่อเหมือนกันบางตัวอย่างจะมีผลผลิตไม่แตกต่างกันและบางตัวอย่างจะมีความแตกต่างกัน (พจนีย์, 2549)

สรุปผล

อ้อยดำพื้นเมืองในจังหวัดสระแก้วมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้อมูลทางคุณภาพที่เหมือนกันได้แก่ ขนบนแผ่นใบ สีก้านใบ สีข้อ สีปล้อง สีแผ่นใบ และสีกาบใบ แต่ลักษณะทรงกอพบตั้งตรงและเอนเล็กน้อย ส่วนลักษณะทางปริมาณมีความแปรปรวนคื ความสูงของอ้อยดำ จำนวนต้นต่อกอและจำนวนใบต่อต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ต่อยอดจาการงานวิจัยที่ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยบูรพา “ผ่านกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2568 งบประมาณด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.)”

เอกสารอ้างอิง

ทรายแก้ว มีสิน. 2547. โครงสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พจนีย์ สุภามงคล. 2549. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวพื้นเมืองพันธุ์เหมยนอง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Gupta, RK., AK. Patel, N. Shah, AK. Choudhary, UK. Jha, UD. Yadav, PK. Gupta, and U. Pakuwal. 2014. Oxidative stress and antioxidants in disease and cancer: a review. Asian Pac J Cancer Prev. 15: 4405-4409.

Uttara, B., AV. Singh, P. Zamboni, and TR. Mahajan. 2009. Oxidative stress and neurodegenerative diseases: A review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options. Curr Neuropharmacol. 7(1): 65–74.

Identification and Characterization of a Spore Wall Protein in *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP)

Thipsuda Chiwka[1,2], Suparat Taengchaiyaphum[3], Kallaya Sritunyalucksana[3], and Siripong Thitamadee[1,2*]

[1] Department of Biotechnology, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand

[2]Center of Excellence for Shrimp Molecular Biology and Biotechnology (Centex Shrimp), Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand

[3]Aquatic animal health research team (AQHT), National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA), Yothi office, Rama VI Rd., Bangkok 10400, Thailand

*Corresponding author E-mail: siripong.thi@mahidol.ac.th

Abstract

Hepatopancreatic microsporidiosis (HPM) is caused by *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP), a microsporidian parasite known to affect shrimp farming by inducing growth retardation and size variability. Genomic and transcriptomic studies have shown that the virulence strategies of EHP share similarities with other microsporidia, involving proteins such as polar tube proteins (PTPs), ATPase enzymes, and spore wall proteins (SWPs). In this study, we identified a putative spore wall protein-related gene, designated as S7H, in EHP. This gene encodes a 250-amino acid protein with a 21-amino acid signal peptide at the N-terminal. Sequence alignment demonstrated that S7H shares 52.3% similarity with the ABC-type multidrug transport system protein of *Enterocytozoon bieneusi*. Indirect immunofluorescence (IFA) analysis revealed that S7H is primarily localized in the inner space of the EHP spore. The identification of S7H contributes to understanding the virulence mechanisms of EHP and could aid in developing strategies to mitigate its impact on shrimp production.

Keywords: S7H, *Enterocytozoon hepatopenaei*, Spore wall protein, Shrimp infection

Introduction

Penaeid shrimp represent a vital economic commodity farmed across more than 50 countries. However, shrimp farming in Southeast Asia has been significantly impacted by hepatopancreatic microsporidiosis (HPM), caused by *Enterocytozoon hepatopenaei* (EHP) (Chayaburakul et al., 2004). The increasing prevalence of EHP infections has raised concerns over shrimp health management, yet limited research has been conducted to design effective control measures. A study conducted in 2018 reported a 60.7% EHP infection rate across 196 shrimp ponds in Thailand, indicating the widespread nature of the pathogen (Sanguanrut et al., 2018). While some infected shrimp remained asymptomatic, others exhibited compromised health, increasing susceptibility to opportunistic infections (Rajendran et al., 2016).

The lack of detailed knowledge regarding host-pathogen interactions hinders the development of efficient management strategies to control EHP outbreaks. Recent advancements in whole-genome sequencing of EHP have facilitated the identification of virulence-associated proteins, including spore wall protein 1 (EhSWP1), which has been used for PCR-based detection (Boakye et al., 2017; Jaroenlak et al., 2018). This study focuses on identifying and characterizing a novel protein, S7H, which is potentially involved in the EHP virulence mechanism.

Materials and methods

1. Isolation of EHP Spores

EHP-infected *Penaeus vannamei* shrimp were collected from commercial shrimp farms in Thailand. The hepatopancreas tissue was processed to purify EHP spores using an established purification protocol (Aldama-Cano et al., 2018).

2. Bioinformatics Analysis of S7H

The S7H gene sequence from *E. hepatopenaei* strain TH1 was analyzed using publicly available databases (Boakye et al., 2017). Protein homology searches were conducted via UniProtKB, and multiple sequence alignment was performed using Clustal Omega. Conserved

domain predictions were made using NCBI's Conserved Domain Database (CDD), and the presence of a signal peptide was determined via the SignalP-5.0 Server.

3. Gene Expression Analysis via RT-PCR

The full-length S7H mRNA was amplified using specific primers targeting GenBank accession No. OQS55031.1. This primer set covered the entire length of mRNA (753 bp). The amplification was carried out using the SuperScript™ III One-Step RT-PCR System. The PCR product was purified and ligated into the CloneJET PCR Cloning Kit (Thermo Scientific, USA). After that, the plasmid was purified using GeneJET Plasmid Miniprep Kit (Thermo Scientific, USA), and verified by DNA sequencing (IDT, USA). Finally, the nucleotide sequences were analyzed by BLASTn (https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi).

4. Production and Validation of Anti-S7H Antibody

Epitope prediction for S7H was carried out using the SVMTriP online tool (Yao et al., 2012), and the antigenic peptide was synthesized for polyclonal antibody production in rabbits. The specificity of the antibody was confirmed through western blot analysis, using total EHP spore proteins extracted in a lysis buffer. Immunodetection was performed using western blot analysis. The total spore EHP protein was extracted using protein lysis buffer (8M urea, 2M thiourea, 2% CHAPS, 50 mM dithiothreitol, 1X Protease inhibitor mix), separated on 12.5% SDS-PAGE, and then transferred into nitrocellulose member by Trans–Blot® SD Semi–Dry blotting system (Bio Rad, USA). Subsequently, the membrane was incubated in blocking solution (5% skimmed milk in 0.05% Tween-20, 1X TBS; pH7.4) and then incubated overnight with 1:2000 anti-S7H antibody. The membrane was washed with washing solution (0.05% Tween-20, 1X TBS; pH7.4), then the membrane was further incubated with goat anti-rabbit alkaline phosphatase-conjugated secondary antibody (1:5000). Finally, the membrane was washed by washing solution then incubated with AP substrate (NBT/BCIP) in the dark. While the signal was shown, the membrane was rinsed with sterile distilled water to immediately drain the excess substrate.

5. Localization of S7H in EHP Spores

To determine the localization of S7H, EHP spores were seeded onto coverslips, induced to germinate, by 5% Phloxine B for 20 minutes, then fixed with 4% paraformaldehyde for 15

minutes. After that, the spore was incubated with blocking solution (10% fetal bovine serum in 1X PBS) for 1 hour at room temperature. Anti-S7H was used as a primary antibody, while Alexa Fluor® conjugated antibody (GAR-Alexa 488) was used as a secondary antibody. Next, the spore wall was stained with calcofluor white for staining the chitin wall, followed by ProLong™ Gold Antifade Mountant with DAPI (4′,6- diamidino- 2-phenylindole) to stain the DNA content in EHP spore. The fluorescence signals were observed under the Inverted Confocal Laser Scanning Microscope (Olympus FV1000).

Results

1. Sequence Analysis of S7H

The S7H gene consists of 753 base pairs, encoding a 250-amino acid protein with an estimated molecular weight of 27.7 kDa and an isoelectric point of 5.25. The presence of a 21-amino acid signal peptide at the N-terminal suggests its involvement in secretion or cellular localization (Figure. 1A). Sequence alignment revealed that S7H shares 52.3% similarity with the ABC-type multidrug transport system protein of *E. bieneusi*, along with lower homology to proteins from *Enterospora canceri* (46.7%), *Vittaforma corneae* (42.5%), and *Hepatospora eriocheir* (40.6%) (Figure. 1B).

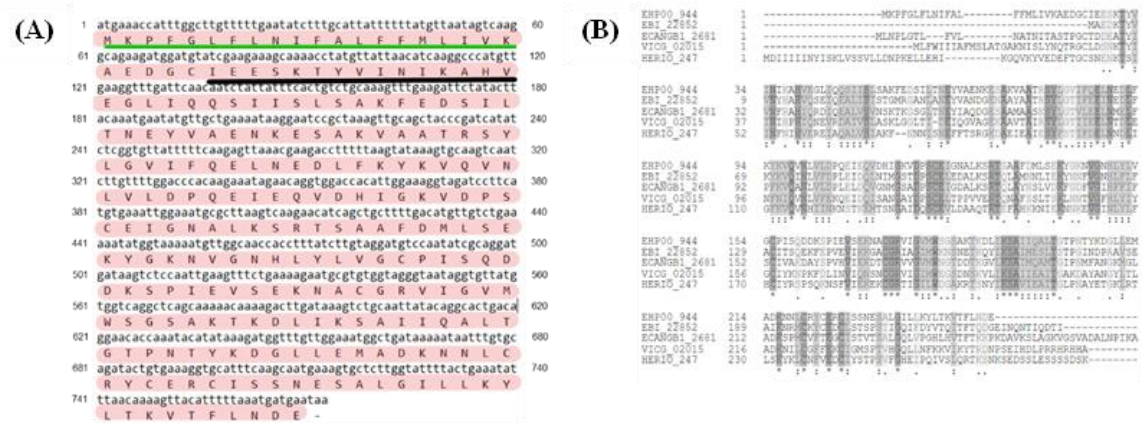


Figure 1. The predicted ORF of a novel EHP protein (S7H) and multiple sequence alignments of amino acid sequence of its homologs. (A) The S7H gene contains a complete ORF of 753 bp in length that encodes a 250-amino acid polypeptide. The green underline indicates the predicted

signal peptide. The black underline in A indicates the predicted epitope sequence of anti-S7H antibody production for further protein detection. (B) Multiple sequence alignment of S7H and its homologs have been demonstrated. The asterisks that are shaded with dark and light grey indicate the conserved amino acids and similar amino acid residues, respectively.

2. Expression Analysis of S7H

RT-PCR confirmed the transcription of S7H in EHP-infected shrimp, producing a single amplicon of the expected 753 bp size (Figure 2A), suggesting S7H mRNA was actively transcribed in EHP-infected shrimp. DNA sequencing validated the accuracy of the amplified sequence. The DNA sequencing revealed that S7H mRNA sequence was identical to the reference sequence (GenBank accession no. OQS55031.1). Western blot analysis detected S7H as a single protein band (~30 kDa) in total EHP spore protein extract, suggesting successful expression and the anti-S7H was specific to protein in EHP spore (Figure 2B). The minor molecular weight shift observed could indicate post-translational modifications.

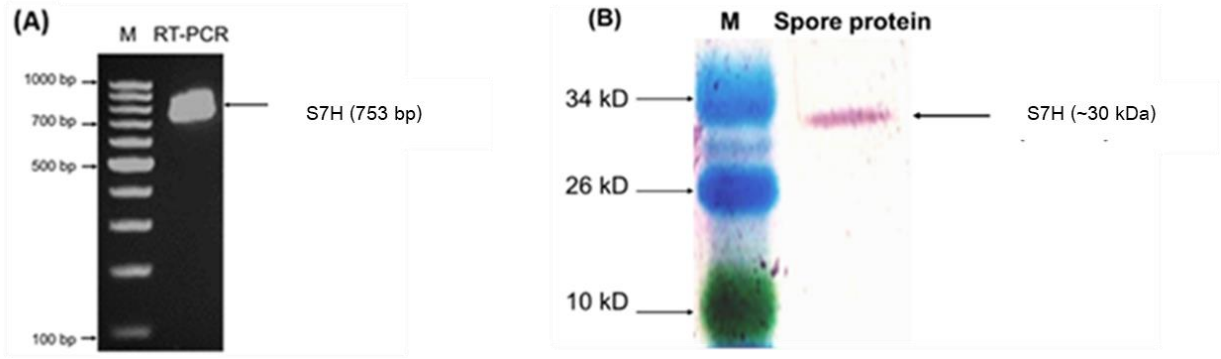


Figure 2. RT-PCR and western blot analysis of the novel EHP protein are depicted. (A) The transcription pattern of the S7H gene in EHP was analyzed by RT-PCR using the cDNA preparation from EHP-infected shrimp. An expected PCR amplicon of 753 bp for S7H was observed. (B) Western blot analysis of S7H protein was confirmed the presence of the novel EHP protein in total EHP spore protein extract.

3. Subcellular Localization of S7H

Immunofluorescence analysis demonstrated that S7H is localized within the inner space of the EHP spore, rather than being a membrane-associated protein. Calcofluor white staining confirmed the structural integrity of the chitinous spore wall, while DAPI staining highlighted

nuclear components (Figure 3). The presence of S7H in the spore cytoplasm suggests its potential role in EHP spore biology.

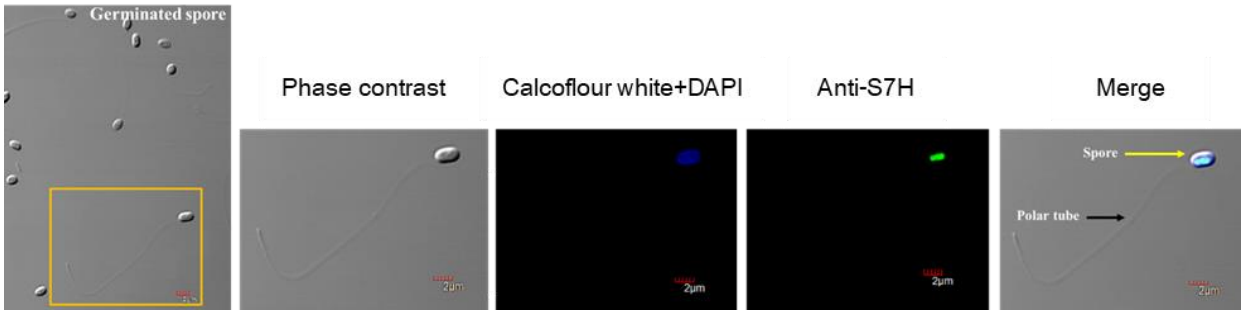


Figure 3. Immunofluorescence detection of S7H in EHP spore revealed that this protein was possibly localized to the inner space of EHP spore (green signal). The yellow arrow indicates the spore, and the black arrow indicates the extruded polar tube. The scale bar represents 2 μm.

Discussion

The immunolocalization and western blot findings suggest that S7H is a non-membrane-bound protein associated with EHP spores. The observed molecular weight shift in western blot analysis may be attributed to post-translational modifications, although further studies are needed to confirm this.

The sequence analysis revealed no highly conserved domains among known spore wall proteins in other microsporidia, indicating that S7H may have a unique function. Although it shares 52.3% identity with the ABC-type multidrug transport system protein of *E. bieneusi*, its localization suggests it does not function as a typical membrane transporter. Additional functional characterization of S7H is required to clarify its role in EHP infection and virulence.

Conclusions

This study characterizes S7H, a novel gene from *Enterocytozoon hepatopenaei*, which is exclusively expressed in EHP-infected shrimp. Bioinformatic and experimental analyses suggest that S7H is a non-membrane-bound spore-associated protein (Wilkens, 2015). Further studies are necessary to elucidate its specific function and contribution to EHP pathogenicity.

Acknowledgements

This research and innovation activity is funded by the National Research Council of Thailand (NRCT). Additionally, this study was supported by the Department of Biotechnology, Faculty of Science, Mahidol University, the Center for Excellence in Shrimp Molecular Biotechnology (CENTEX Shrimp), Faculty of Science, Mahidol University, and the Aquatic Animal Health Research Team (AQHT), The National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), National Science and Technology Development Agency (NSTDA). The authors sincerely appreciate the contributions and resources provided by these institutions.

References

Aldama-Cano, D. J., Sanguanrut, P., Munkongwongsiri, N., Ibarra-Gámez, J. C., Itsathitphaisarn, O., Vanichviriyakit, R., Flegel, T. W., Sritunyalucksana, K., & Thitamadee, S. (2018). Bioassay for spore polar tube extrusion of shrimp Enterocytozoon hepatopenaei (EHP). *Aquaculture*, *490*, 156-161. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.02.039

Boakye, D., Jaroenlak, P., Prachumwat, A., Williams, T. A., Bateman, K. S., Itsathitphaisarn, O., Sritunyalucksana, K., Paszkiewicz, K. H., Moore, K. A., Stentiford, G. D., & Williams, B. A. P. (2017). Decay of the glycolytic pathway and adaptation to intranuclear parasitism within Enterocytozoonidae microsporidia. *Environ Microbiol*, *19*(5), 2077-2089. https://doi.org/10.1111/1462-2920.13734

Chayaburakul, K., Nash, G., Pratanpipat, P., Sriurairatana, S., & Withyachumnarnkul, B. (2004). Multiple pathogens found in growth-retarded black tiger shrimp Penaeus monodon cultivated in Thailand. *Dis Aquat Organ*, *60*(2), 89-96. https://doi.org/10.3354/dao060089

Jaroenlak, P., Boakye, D. W., Vanichviriyakit, R., Williams, B. A. P., Sritunyalucksana, K., & Itsathitphaisarn, O. (2018). Identification, characterization and heparin binding capacity of a spore-wall, virulence protein from the shrimp microsporidian, Enterocytozoon hepatopenaei (EHP). *Parasites & Vectors*, *11*(1), 177. https://doi.org/10.1186/s13071-018-2758-z

Rajendran, K. V., Shivam, S., Ezhil Praveena, P., Joseph Sahaya Rajan, J., Sathish Kumar, T., Avunje, S., Jagadeesan, V., Prasad Babu, S. V. A. N. V., Pande, A., Navaneeth Krishnan, A., Alavandi,

S. V., & Vijayan, K. K. (2016). Emergence of Enterocytozoon hepatopenaei (EHP) in farmed Penaeus (Litopenaeus) vannamei in India. *Aquaculture*, *454*, 272-280. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.12.034

Sanguanrut, P., Munkongwongsiri, N., Kongkumnerd, J., Thawonsuwan, J., Thitamadee, S., Boonyawiwat, V., Tanasomwang, V., Flegel, T. W., & Sritunyalucksana, K. (2018). A cohort study of 196 Thai shrimp ponds reveals a complex etiology for early mortality syndrome (EMS). *Aquaculture*, *493*, 26-36. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.033

Wilkens, S. (2015). Structure and mechanism of ABC transporters. *F1000Prime Reports*, *7*.

Yao, B., Zhang, L., Liang, S., & Zhang, C. (2012). SVMTriP: A Method to Predict Antigenic Epitopes Using Support Vector Machine to Integrate Tri-Peptide Similarity and Propensity. *PLOS ONE*, *7*(9), e45152. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045152

A design of PID controller based on an average circuit

Ittipong chaisayun[1*]

[1]**Faculty of engineering, Southeast Asia university**

***Corresponding author E-mail: ittipongc@sau.ac.th**

Abstract

This article introduces the design of a PID controller utilizing a current feedback operational amplifier. The controller is constructed by combining the output voltages from the proportional (P), integral (I), and derivative (D) controllers through a resistor averaging circuit. A key feature of this design is the independent adjustability of the controller gains (K_p, K_i, and K_d) using resistors. The PID controller is demonstrated to regulate a fourth-order system. Test results obtained from LTspice are consistent with those from MATLAB, demonstrating the effectiveness of the proposed design

Keywords : analog PID circuits, current feedback operational amplifier, feedback amplifier

Introduction

The design of feedback control systems has evolved significantly over the years, yet the Proportional-Integral-Derivative (PID) controller remains a cornerstone of industrial applications due to its ease of parameter adjustment, simple structure, and cost-effectiveness (Astrom and Hagglund 1995a). While digital PID controller designs have gained popularity because of their flexibility and high reliability, analog PID controllers (Jia et al. 2011, Jang et al., 2012) offer advantages such as faster response times and reduced chip area and power consumption when implemented as integrated circuits. Recently, both digital and analog controllers have been combined to work together to get the advantages of both (Huang and Lu 2019). Traditionally, analog PID controllers utilized voltage feedback operational amplifiers, resistors, and capacitors. However, these controllers often faced limitations related to low response frequency and slew rate. As a result, newer designs incorporating modern active devices have emerged, such as those reported in the researches utilizing operational transconductance amplifiers (Erdal et al. 2001a),

current feedback operational amplifiers (Erdal 2002a), second-generation current conveyors (Erdal et al. 2004a), and current difference buffer amplifiers (Keskin 2006a). Researches (Erdal et al. 2001b, Erdal 2002b, Erdal et al. 2004b) have the advantage of using commonly available devices and the parameters K_p, K_i, and K_d can be adjusted independently, but the disadvantage is that they use many active devices resulting in larger circuit sizes and increased power consumption. Meanwhile, the researches (Keskin 2006b, Roddara 2023a) have the advantages of being that the K_p, K_i, and K_d can be independently adjusted, but the disadvantage is that the current difference buffer amplifier circuit is not yet commercially available. Recently, a PID controller (Gulru et al. 2021a) was proposed that utilizes only two commercially available current feedback operational amplifiers, allowing for independent gain adjustment. However, some gains require capacitor adjustments, complicating the implementation of variable capacitors. In this article, we present a PID controller that can independently adjust the gain of the controller using resistors. Our investigation reveals that many previously proposed PID controllers (Erdal et al. 2001c, Erdal 2002c, Erdal et al. 2004c, Keskin 2006c) have not been tested with system, and the PID controllers (Erdal et al. 2001c, Erdal 2002c, Erdal et al. 2004c, Keskin 2006c, Gulru et al. 2021b) have not been compared with the test results of the MATLAB program, which is a widely accepted and used program for designing PID controllers. In this article, the analog PID controller is designed using a current feedback operational amplifier (CFOA or CFA), which has many advantages over a voltage feedback amplifier, such as higher frequency response and slew rate. Importantly, the current feedback amplifier is easily available and cheap. In additional, the proposed PID controller tested by LTSpice and MATLAB is demonstrated to regulate a fourth-order system.

Principles of PID circuit

This PID controller is designed by combining the output voltages from the P, I, and D controller circuits through a resistor averaging circuit.

A current feedback operational amplifier (CFA)

A current feedback operational amplifier (CFA) consists of two voltage follower circuits and a current follower circuit, as illustrated in Figure 1

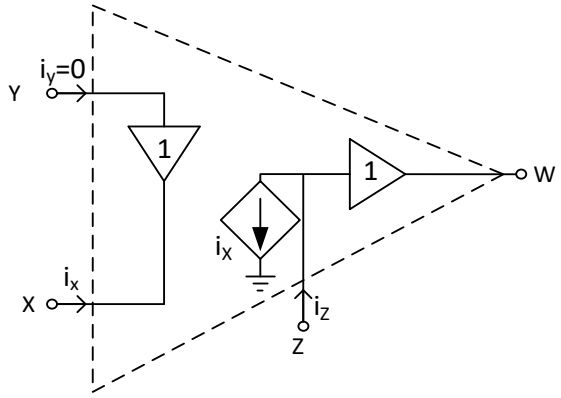


Figure 1 a simple model of current feedback operational amplifier

In Figure 1, the y pin serves as a high impedance voltage input for CFA, functioning as the input for a voltage follower circuit with voltage output at the x pin. The x pin also acts as a current input for a current follower circuit with current output at the z pin. Additionally, the z pin functions as the input for another voltage follower circuit with voltage output at the w pin. The relationships between current and voltage at the various pins are as follows

$$i_y = 0, v_x = v_y, i_z = i_x, v_w = v_z \quad (1)$$

The proposed PID controller circuit

The PID controller has the following transfer functions

$$T(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (2)$$

or

$$T(s) = K_c(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s) \quad (3)$$

Where $K_p = K_c$ is the proportional gain, K_i is the integral gain, K_d is the differential gain, $\boldsymbol{\tau_i}$ is the integral time constant, and $\boldsymbol{\tau_d}$ is the differential time constant. To construct a controller circuit that incorporates all three components, it can be done as shown in Figure 2. In this figure, CFA_1 and Rp1, Rp2 act as a P-type controller, CFA_2 and Rd, Cd act as a D-type controller, CFA_3 and Ri, Ci act as an I-type controller, and R1, R2 and Rp2 act as a voltage averaging circuit.

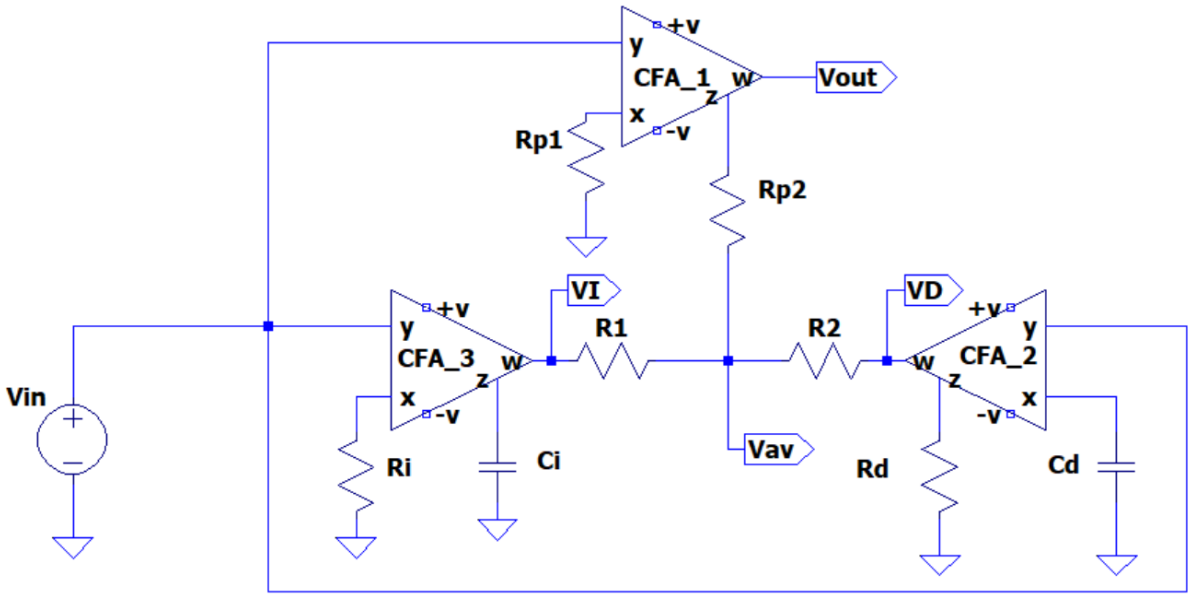


Figure 2 the proposed PID controller circuit

Using equation (1), the relationship between voltage i_{z1} and V_{in} can be found as follows.

$$i_{z1} = i_{x1} = \frac{V_{in}}{R_{p1}} \tag{4}$$

Similarly, in the D and I control circuits, the relationships between V_D, V_I and V_{in} voltages can be determined as follows:

$$V_D = V_{W2} = V_{Z2} = I_{Z2}R_d = sR_dC_dV_{in} \tag{5}$$

$$V_I = V_{W3} = V_{Z3} = \frac{I_{Z3}}{sc_i} = \frac{V_{in}}{sR_iC_i} \tag{6}$$

Using (4)-(6), the routine analysis yields the average voltage, Vav, as follows

$$V_{av} = V_{in}\left(\frac{R_2}{2R_{P1}} + \frac{sC_dR_d}{2} + \frac{1}{s2C_iR_i}\right) \tag{7}$$

Where Rp1 = R1 = R2

The output voltage V_{out} of the circuit in Figure 2 can be determined as follows:

$$V_{out} = I_{z1}R_{P2} + V_{av} \tag{8}$$

The transfer function of the circuit in Figure 2 is expressed as

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left[\left(\frac{R_{P2}}{R_{P1}} + \frac{R_2}{2R_{P1}}\right) + \frac{1}{sC_iR_i2} + \frac{sC_dR_d}{2}\right] \tag{9}$$

The parameter K_p, K_i ,and K_d can be expressed as

$$K_p = \frac{R_{P2}}{R_{P1}} + \frac{1}{2} \quad (10)$$

$$K_i = \frac{1}{2C_iR_i} \quad (11)$$

$$K_d = \frac{C_dR_d}{2} \quad (12)$$

From equations (10) to (12), it is evident that the gain of the PID controller can be adjusted independently using both the capacitor and the resistor. The parameter K_p can be adjusted independently by Rp1 and Rp2, the parameter K_i can be adjusted independently by Ci and Ri, and the parameter K_d can be adjusted independently by Cd and Rd. From these equations, we can calculate the sensitivity of the parameters K_p, K_i, and K_d to different values of R and C as follows:

$$S_{R_{P2}}^{K_P} = \frac{1}{1+\frac{R_{P1}}{2R_{P2}}} \quad (13)$$

$$S_{R_{P1}}^{K_P} = \frac{-1}{1+\frac{R_{P1}}{2R_{P2}}} \quad (14)$$

$$S_{R_i,C_i}^{K_I} = -1 \quad (15)$$

$$S_{R_d,C_d}^{K_D} = 1 \quad (16)$$

From equations (13) and (14), it can be seen that the sensitivity of the change in K_p to the change in the resistors Rp1 and Rp2 is less than one, while equations (15) and (16) show that the sensitivity of the change in K_i and K_d to the change in the resistors and capacitors is equal to one.

Results

To validate the theoretical analysis, the PID control circuit shown in Figure 2 was simulated. For the current-feedback operational amplifier circuit depicted in Figure 1(a), the AD844 macro-model from Analog Devices was utilized. The simulation employed a ±15V power supply along with the following component values: Ci =0.05μF, Cd =1 μF, Ri = 10 kΩ, Rd =10 kΩ, Rp1 =10 kΩ, Rp2 =10 kΩ, R1 =10 kΩ, and R2 =10 kΩ. These parameters result in the following

controller gains: K_p = 1.5, K_i = 1000 and K_d = 0.005. For the time-domain analysis, a step input signal with a 1V peak amplitude was applied to V_{in}, and the corresponding output voltage V_{out} was measured.

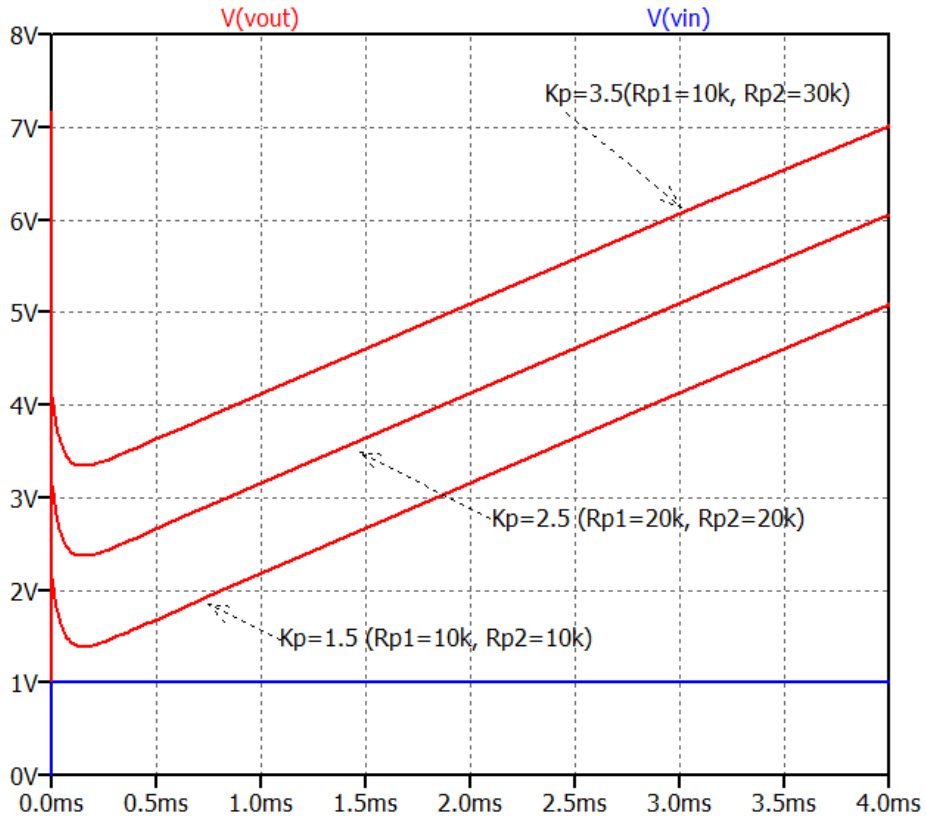


Figure 3 the voltage output of the PID circuit as K_p is varied

Figure 3 illustrates the output voltage of the PID controller when K_i and K_d are held constant while K_p is varied. The values of K_p are set as follows: K_p = 1.5 (Rp1=10 kΩ and Rp2=10 kΩ), K_p = 2.5 (Rp1=10 kΩ and Rp2=20 kΩ), and K_p = 3.5 (Rp1=10 kΩ and Rp2=30 kΩ). It is observed that the output voltage is directly proportional to K_p.

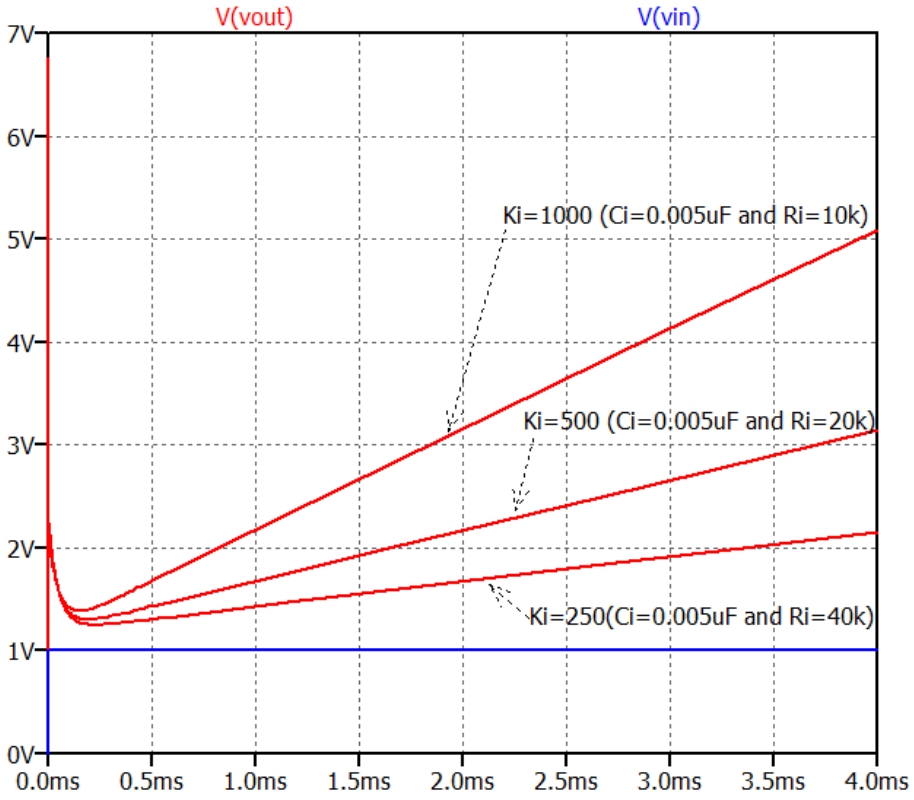


Figure 4 the voltage output of the PID circuit as K_i is varied

Figure 4 presents the output voltage when K_p and K_d are fixed while K_i is varied. The values of K_i are set as follows: K_i = 1000 (Ci =0.05μF and Ri=10 kΩ), K_i = 500 (Ci =0.05μF and Ri=20 kΩ), and K_i=250 (Ci =0.05μF and Ri=40 kΩ). It is evident that the output voltage of the PID controller is proportional to K_i with the slope of the response varying according to K_i. Figure 5 depicts the output voltage when K_i and K_p are held constant while $K_d$is adjusted. The values of K_d are set as follows: K_d =0.005 (Cd=1uF and Rd=10 kΩ), K_d=0.01 (Cd=1uF and Rd=20 kΩ), and K_d =0.02 (Cd=1uF and Rd=40 kΩ). The initial response of the output voltage is observed to vary with K_d, highlighting its influence on the transient behavior of the PID controller. As shown in Figure 3-5, all output voltages agree with the theoretical predictions based on Equation (9).

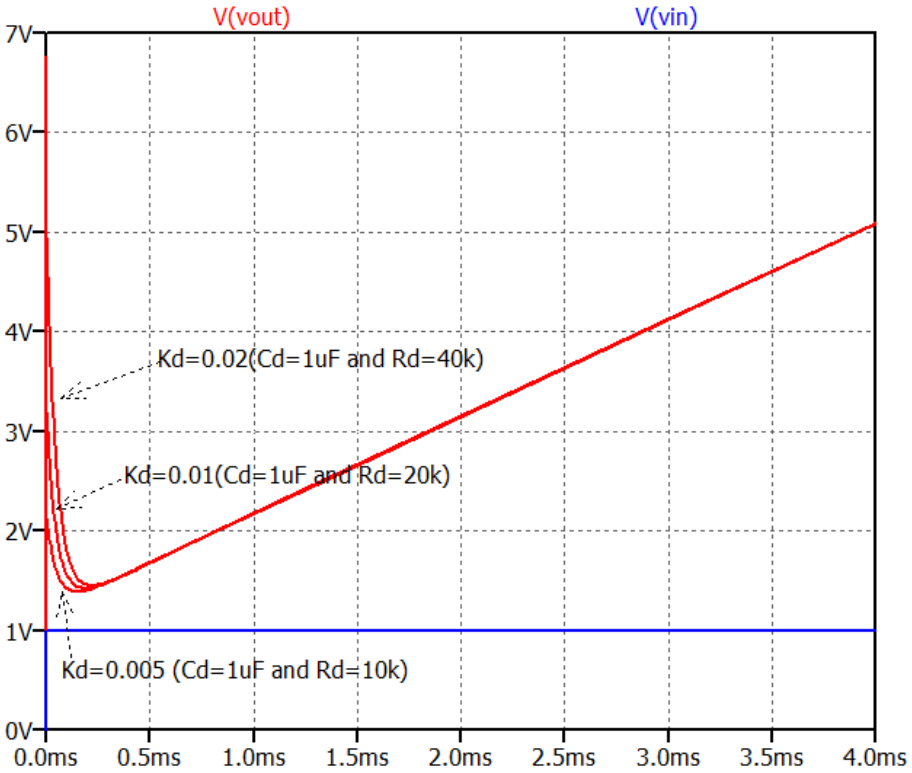
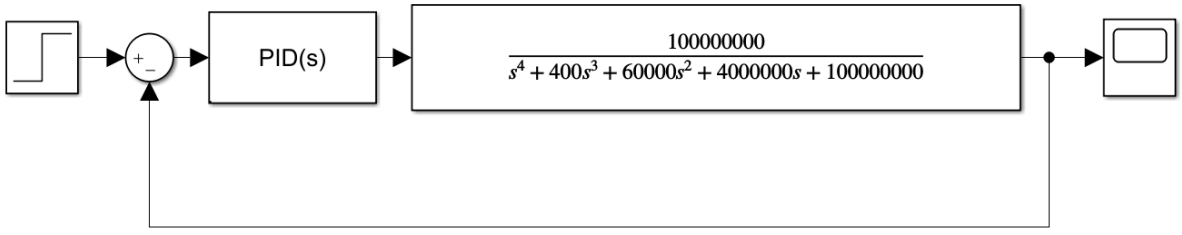


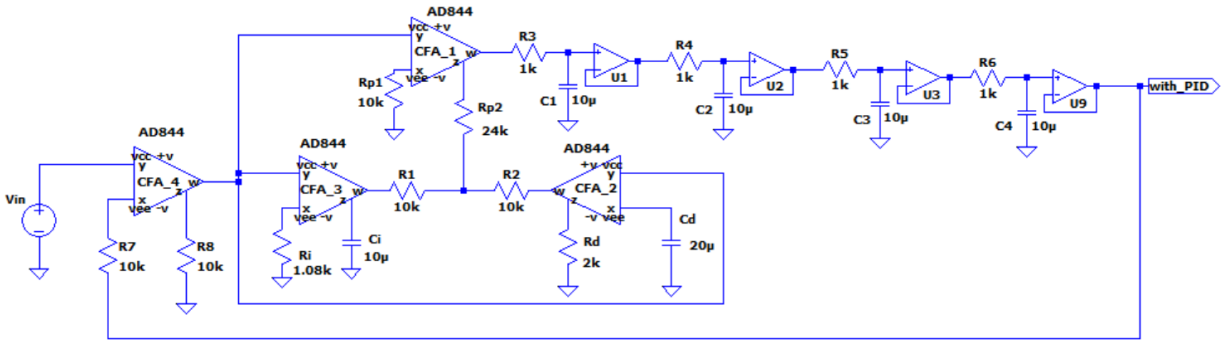
Figure 5 the voltage output of the PID circuit as K_d is varied

Application of the PID Controller

In this section, the designed PID controller is evaluated using a fourth-order system which is applied from benchmark systems for PID Control (Astrom and Hagglund 2000). The block diagram of the feedback control system is shown in Figure 6(a), while the corresponding electronic circuit for simulating the PID controller's operation with the fourth-order system is depicted in Figure 6(b).



(a)



(b)

Figure 6 the close loop system with the PID controller

(a) The block diagram of the close loop system with the PID controller

(b) substituting the block diagram of figure 6(a) with electronic circuits

For this test, the fourth-order system is implemented using an ideal single-pole operational amplifier in LTSpice. The voltage comparator is constructed using CFA _4 , and the PID controller is realized using CFA _1, CFA _2, and CFA _3. The PID controller design for the fourth-order system shown in Figure 6 follows Chien Hrones Reswick (Astrom K. J., & Hagglund T. 1995b) using the step response test approach. As a result, the PID controller parameters are determined as follows: K_p = 2.9, K_i = 46 and K_d = 0.02 (Roddara T. 2023). These values are achieved using the following component values in the PID controller: Ci =10µF, Cd =20µF, Rp1 =10 kΩ, Rp2 =24 kΩ, Ri = 1.08 kΩ, Rd =2 kΩ, R1 =10 kΩ, and R2 =10 kΩ. For the fourth-order system, the following component values are used: C1 = C2 = C3 = C4 =10µF and R3 =R4 = R5 = R6 =1 kΩ. The voltage signal subtraction circuit is implemented with R7 = R8 = 10 kΩ. In this test, a step input voltage signal of 1 V is applied. The LTspice simulation result for the circuit shown in Figure 6(b) is presented in Figure 7. It is observed that the original system without the PID controller, exhibits good stability but a slow response. In contrast, the system with the PID controller achieves a significantly faster response. To validate these findings against theoretical predictions, a comparison is performed using MATLAB version 2017b (License No .#40637337). The MATLAB simulation result for the system depicted in Figure 6(a) is presented in Figure 8. From Figure 7 and Figure 8. They were observed that both of simulation results exhibit highly similar waveforms and the LTspice simulation result responded slightly slower than the MATLAB simulation result.

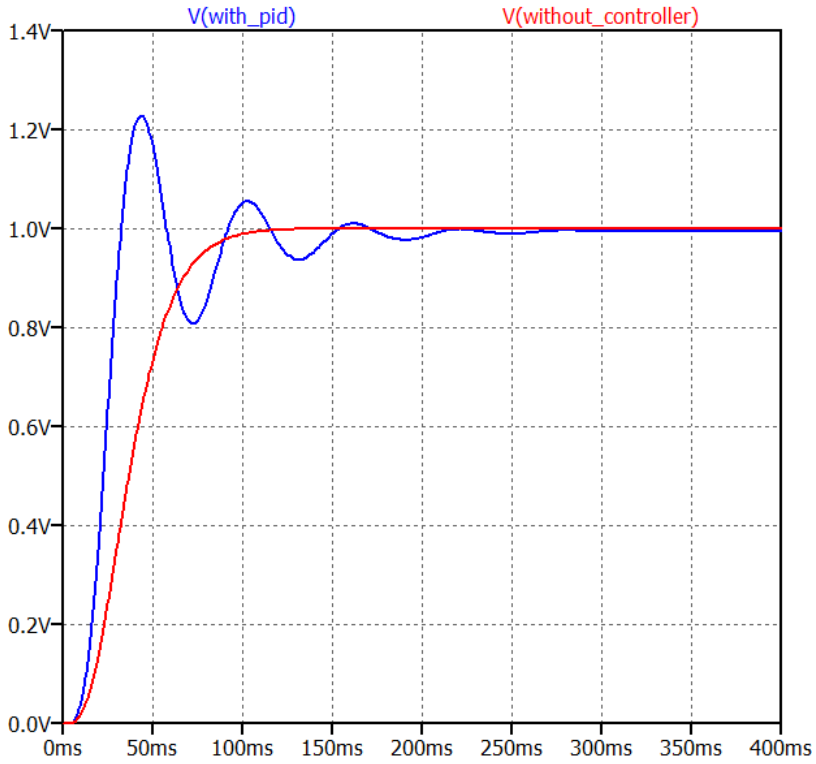


Figure 7 the output voltage of Figure 6(b) using LTSpice

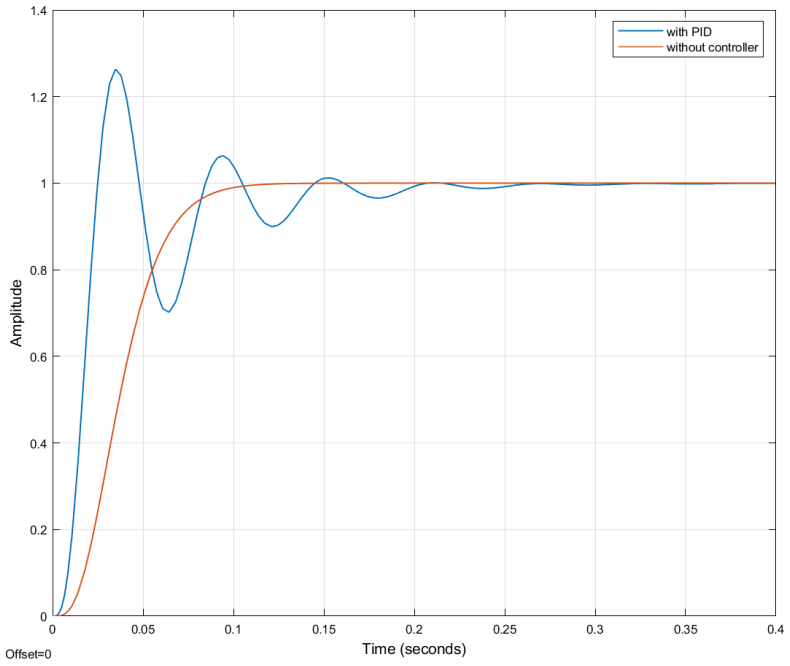


Figure 8 the output response of Figure 6(a) using MATLAB

Conclusions

This study presents the design and testing of a PID controller implemented using a current-feedback operational amplifier (CFA). The proposed design allows for independent adjustment of the controller gains: K_p can be tuned via Rp1 and Rp2, K_i through Ci and Ri, and K_d through Cd and Rd. Simulation results presented in Figure 3-5 show excellent agreement with theoretical predictions derived from equation (9). Furthermore, the application of the PID controller reveals that the MATLAB and LTspice simulation results exhibit highly similar waveforms.

References

Astrom K. J., & Hagglund T. (1995). *PID Controllers: Theory. Design and Tuning*. Instrument Society of America. Research Triangle Park. North Carolina. U.S.A.

Astrom K. J., & Hagglund T. (2000). Benchmark Systems for PID Control. IFAC Workshop on Digital Control: Past, Present and Future of PID Control. 33(4),165-166.

Erdal C., Toker A., & Acar C. (2001).OTA-C based Proportional-Integral-Derivative Controller and calculating optimum parameter tolerances. Turkish J. Elect. Enging Comput. Sci., Elektrik, 9(2), 189–198.

Erdal C. (2002). A new current-feedback-amplifiers (CFAs) based proportional-integral-derivative (PID) Controller realization and calculating optimum parameter tolerances. Pakistan Journal of Applied Sciences, 2(1), 56-59.

Erdal C., Kuntman H., & Kafali S. (2004). A current controller conveyor-based proportion-integral-Derivative (PID) controller. *Istanbul university eng. Journal of electrical & electronics*.*4*(2), 1243-1248.

Gulru Z., Taşkıran C., Sedef H. & Anda F. (2021). A New PID Controller Circuit Design Using CFOAs. *Circuits Syst Signal Process 40*, 1166–1182.

Huang M. & Lu Y. (2019). An analog-proportional digital-integral multi-loop digital LDO with fast response, improved PSR and zero minimum load current. *Proceedings of IEEE Custom Integr. Circuits*. 1–4.

Jang K., Choi J. M., Park C., & Choi J. (2012). A voltage-mode DC-DC converter with enhanced

transient responses. *Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems*. 974 – 977.

Jia L., Wang D., Fu J., Liu Y.F., & Sen P.C. (2011). A novel analog implementation of capacitor Charge balance controller with a practical extreme voltage detector. *Proceedings of Applied Power Electronics Conference and Exposition,* 245-252.

Keskin A. U. (2006). Design of a pid controller circuit employing CDBAs*. Int. J. Electr. Eng. Educ. 43*(1),48-56.

Roddara T. (2023). A Compact of PID Controller Employing CDBAs [Unpublished master's thesis]. Southeast Asia University.

RISK ASSESSMENT FOR LIQUEFIED PETROLEUM GAS RELEASE FROM STORAGE SPHERE

Ampika Nakrachata-amorn[1] and Soontree Khuntong[1*]

[1]**Safety Engineering and Environmental Management, Faculty of Engineering, Kasetsart University Sriracha Campus, Sriracha, Chon Buri, Thailand, 20230**

***Corresponding author E-mail: srcstk@ku.ac.th**

Abstract

This research aims to investigate the impact of liquefied petroleum gas (LPG) release from high-pressure spherical tanks using the ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmosphere) program to simulate release scenarios across 3 seasons: Winter, Summer, and the Rainy Season. The study evaluates 3 types of impacts: toxic effects, thermal radiation from fire, and thermal radiation from explosions (BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), as well as the potential domino effect on nearby LPG spherical tanks. The results show that during the rainy season, the radius of toxic areas is the smallest, while the radius of thermal radiation from fire is the largest due to higher wind speeds. The stronger wind disperses the toxic gas more widely, resulting in lower concentrations, and extends the flammable area, leading to a larger thermal radiation impact from fire. For the thermal radiation radius from explosions, the distance remains consistent at a maximum of 2.4 km across all seasons, with the domino effect posing a potential risk as the thermal radiation radius from the explosion encompasses all nearby LPG spherical tanks. In the event that all 7 LPG spherical tanks explode, the thermal radiation radius would increase to a maximum of 2.44 km. Based on these findings, it can be concluded that a high-consequence event with a wide impact area presents a significant risk in the event of an LPG release. Therefore, implementing effective safeguards is crucial to prevent and mitigate its impact, thus protecting the safety of people, property, and the environment. Safeguards for LPG spherical tanks include emergency shut-off valves, gas leak detection systems, tank overflow prevention systems, bund walls, and foam or fire-fighting water systems on standby, along with regular inspection and maintenance schedules. Additionally, impact mitigation strategies, such as evacuation drills, should be implemented to enhance safety and effectively reduce potential risks.

Keywords: LPG, Risk Assessment, ALOHA, Thermal radiation, Domino effect

Introduction

Nowadays, liquefied petroleum gas (LPG) is an important and widely used fuel in households (for cooking), industries, and vehicles. LPG is a fossil fuel derived from crude oil refining processes or natural gas separation. It consists of hydrocarbon compounds with 3 to 4 carbon atoms, such as propane and butane. Its general properties include low boiling point, flammability, and high risk of explosion. It can be classified as a hazardous substance under the Hazardous Substances Act of 1992 (Department of Industrial Works, 1992). LPG leakage can cause ignition or storage tank explosions, potentially leading to severe human harm, property, and the environment. The severe accident from LPG in Thailand was the LPG truck explosion occurred on New Phetchaburi Road in 1990, 88 people died, 36 injuries causing total damages of 214,926,282 baht (Prachachat, 2017). Another incident happened in 2022 at a cooking gas plant in Samut Prakan resulting in five people being burned (Prachachat, 2022). Internationally In 1987, a 40,000-liter LPG storage unit in Australia caught fire and caused a Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (BLEVE), resulting in one death and 27 injuries (ABC News, 2017). In 2013, a 250,000-liter LPG tank exploded in Mexico, killing at least six people, two severely injuries, and other 58 injurie (MGR Online, 2013).

Besides the dangers associated with LPG, it is clear that risk assessment, including evaluating the potential impacts of a gas leak, is of utmost importance in managing and reducing the risks or minimizing the impact on life and property. Therefore, this research focuses on studying and assessing the risks or potential impacts in the event of an LPG leak from a high-pressure spherical storage tank in the tank farm area of a company. The study examines the severity and extent of the impact to analyze the risks to nearby companies and communities. This is done to determine a safe evacuation distance and to develop a risk management plan or an effective emergency response plan for the future. The risk assessment is conducted using the Aloha (Areal Location of Hazardous Atmosphere) program, a widely used tool for evaluating the impact of chemical leaks into the atmosphere. Google Earth is also employed to clearly display the extent of the impact.

Materials and methods

Materials:

1. ALOHA program (U.S. Environmental Protection Agency)
2. Google earth software (Google)

Methods:

1. Gathering Meteorological data

Meteorological data, including wind speed, wind direction, cloud cover, temperature, and humidity, were collected from the Huai Pong Meteorological Station in Rayong for the period of 17–30 years (Huai Pong Meteorological Department, Rayong). The Huai Pong Meteorological Station was chosen because it is located nearest to the company being studied, providing representative data. The collected meteorological data is presented in Table 1.

Table 1: Meteorological data from the Huai Pong Meteorological Department, Rayong.

Parameters	Winter Season (Oct - Feb)	Summer Season (Feb - May)	Rainy Season (May - Oct)
Average Temperature (°C)	27.69 $\pm$ 1.01	29.38 $\pm$ 1.20	29.01 $\pm$ 0.86
Average Maximum Wind Speed (knots)	14.61 $\pm$ 3.89	15.25 $\pm$ 5.67	17.78 $\pm$ 6.28
Wind Direction	N, NE	S, SW	SW, W
Average Humidity (%)	74.10 $\pm$ 6.32	76.39 $\pm$ 3.16	80.46 $\pm$ 2.70
Average Cloud Cover	5.25 $\pm$ 1.36	5.72 $\pm$ 1.08	7.28 $\pm$ 0.81

2. Gathering LPG spherical tank data

The company being studied has 7 LPG spherical tanks located in the same area (Figure 1). Each tank has an internal diameter of 16.84 meters, a normal operating volume of 1,600 m^3, and an operating pressure of 8 kg/cm^2. The LPG composition consists of propane and butane.

Figure 1: LPG spherical tanks

3. ALOHA Simulation

Simulation by inputting all relevant information into the ALOHA program as follows: (a) LPG Information: To identify the worst-case scenario, this thesis will use propane to represent LPG (Sirirath, 2020). (b) Meteorological Data: The conditions will vary across 3 seasons, with 2 different wind directions for each. (c) Spherical Tank Design and Location: The design and location of the spherical tanks will be considered. (d) Leaking Condition: It is assumed that the leak occurs at the bottom, with a hole size of 1 inch, as this area, particularly the weld between the pipe and the spherical tank, is the most likely location for leakage (Sirirath, 2020).

4. Mapping ALOHA simulation footprint with Google earth software

5. Result analysis

5.1 The simulation results were analyzed to assess the consequences of LPG release using 3 leakage models, as follow: (a) Leaking tank, LPG was not burning as it escaped into the atmosphere-vapor cloud or studying the toxic impact of vapor cloud. (b) Leaking tank, LPG is burning as a jet fire or studying thermal radiation impact from jet fire. (c) BLEVE, tank explodes, and LPG burns in a fireball or studying thermal radiation impact from fireball and pool fire.

5.2 The severity of the toxic consequences is determined by the concentration levels of LPG that can impact human health. These levels can be classified into 3 zones:

Yellow threat zone: AEGL-1 is the concentration of pollutants in the atmosphere measured in parts per million (ppm) that generally affects the public, including vulnerable individuals. Exposure at this level may cause discomfort, irritation, or no symptoms at all. However, the effects do not reach a level that would result in disability; they are only temporary, and once the exposure ends, individuals will return to normal.

Orange threat zone: AEGL-2 is the concentration level of pollutants in the atmosphere measured in parts per million (ppm) that, when inhaled by the public, including vulnerable individuals, may result in permanent disability or an inability to return to normal health, or may cause chronic health effects.

Red threat zone: AEGL-3 is the concentration level of pollutants in the atmosphere measured in parts per million (ppm) that, when inhaled by the public, including vulnerable individuals, may result in sever health impact to potential fatality.

5.3 The severity of the thermal radiation impact is determined by the degree of burning that can affect human health. It can be classified into 3 zones:

Yellow threat zone: Pain within 60 seconds

Orange threat zone: Second degree burns within 60 seconds

Red threat zone: Potentially lethal within 60 seconds

Results

The simulation results using the ALOHA program and Google Earth revealed the following:

1. Toxic impact in the case of an LPG spherical tank leak

The radius of toxicity in winter and summer (Table 2) does not differ significantly (Red zone 42 meters, Orange zone 63 meters, Yellow zone 128-129 meters) because wind speed, the main factor affecting the spread of toxicity, does not vary much between the 2 seasons. However, in the rainy season, when wind speed is much higher, the toxicity disperses significantly, leading

to a noticeable reduction in the radius of the high-toxicity area (Red zone 40 meters, Orange zone 61 meters, Yellow zone 125 meters).

The results indicate that wind direction does not affect the radius of the toxic impact area (Table 2), but it does influence the location to which the toxic substance is distributed. However, regardless of the wind direction or seasonal variation, the impact area remains relatively small and is still within the tank farm area of the company, which is an unoccupied area, as shown in Figure 2.

Table 2: Radius of toxic impact area in the event of an LPG spherical tank leak

Radius of impact area (meter)	**Winter Season**		**Summer Season**		**Rainy Season**	
	Wind direction		Wind direction		Wind direction	
	N	NE	S	SW	SW	W
Red Zone	42	42	42	42	40	40
Orange Zone	63	63	63	63	61	61
Yellow Zone	128	128	129	129	125	125

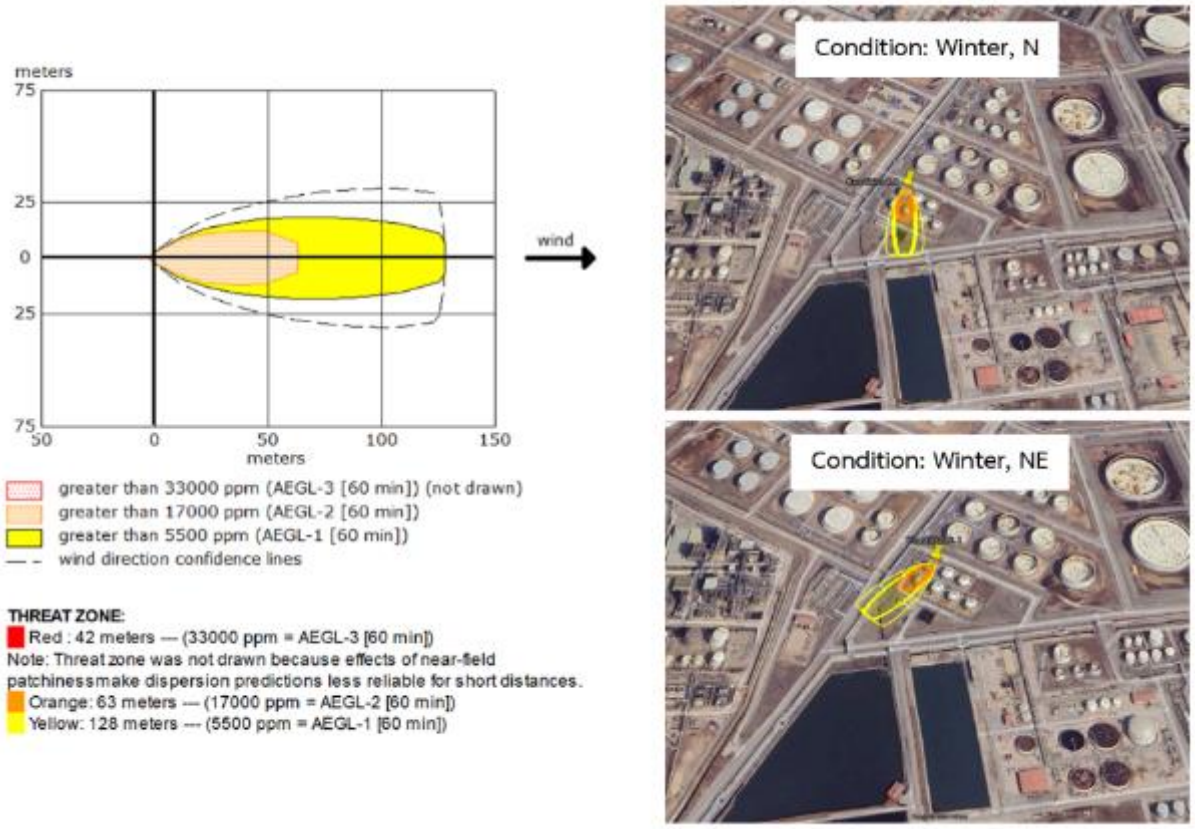


Figure 2: The toxic impact area in the event of an LPG spherical tank leak during winter season, with the wind direction coming from the north and the northeast.

2. Thermal radiation impact from fire in the case of an LPG spherical tank leak

The radius of thermal radiation from fire in winter and summer (Table 3) is not significantly different (Winter and Summer: Red zone; 26 m, Orange zone; 36 m, Yellow zone; 55 m), as the difference in wind speed is the primary factor affecting the flammable area, which remains similar in both seasons. However, in the rainy season, the wind speeds are much higher, causing the flammable area to expand significantly, resulting in a slight increase in the radius of thermal radiation in the red zone (Rainy season: Red zone; 27 m, Orange zone; 36 m, Yellow zone; 55 m). Nevertheless, the thermal radiation area across all zones in all seasons remains within 55 meters, which was relatively close to the leaking LPG spherical tank and still within the tank farm area of the company under study, where no normal staff are present.

Table 3: Radius of thermal radiation impact area from a fire in the event of an LPG sphere leak

Radius of impact area (meter)	Winter Season		Summer Season		Rainy Season	
	Wind direction		Wind direction		Wind direction	
	N	NE	S	SW	SW	W
Red Zone	26	26	26	26	27	27
Orange Zone	36	36	36	36	36	36
Yellow Zone	55	55	55	55	55	55

For thermal radiation from fire, wind direction provides slight effect on the spread of flammable substances in all seasons. The wind direction only causes the distribution area of flame to slightly shift in the direction of the wind as shown in Figure 3.

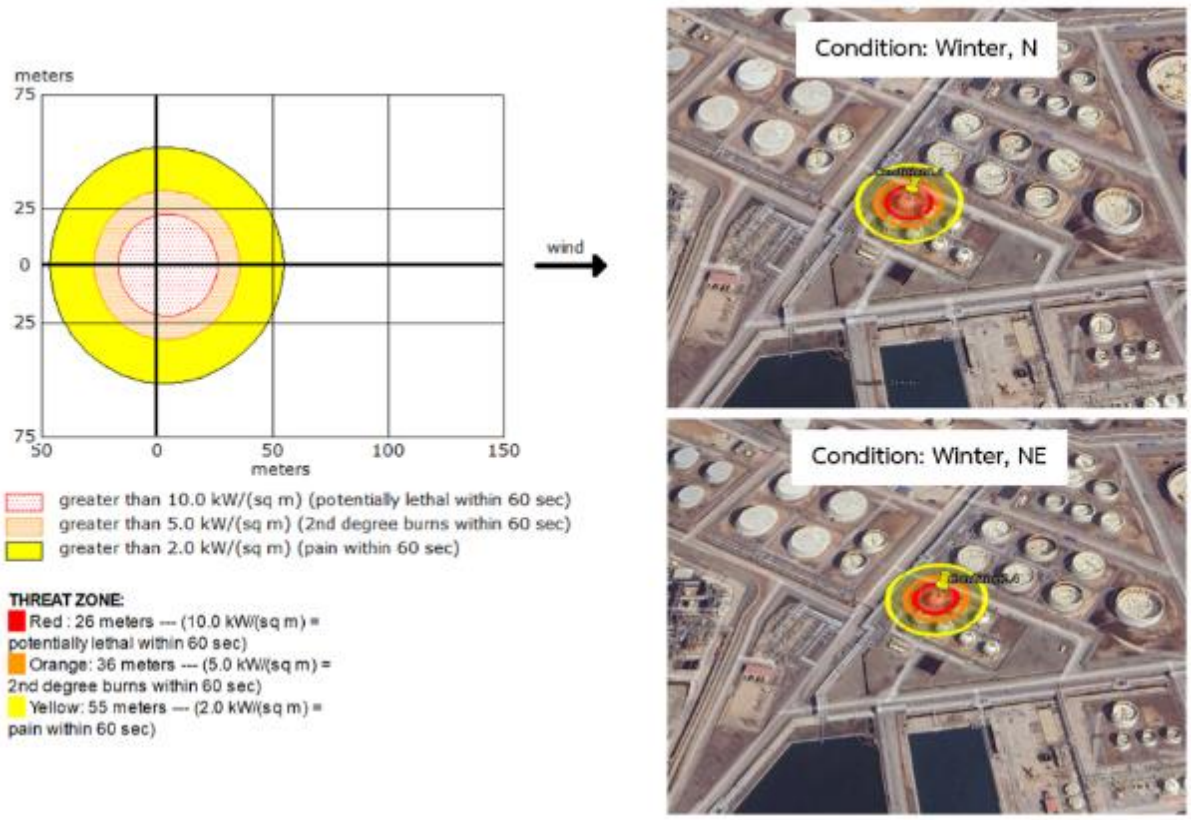


Figure 3: The thermal radiation impact area from a fire in the event of an LPG spherical tank leak during the winter season, with the wind direction coming from the north and the northeast.

3. Thermal radiation impact from explosion in the case of an LPG spherical tank leak

The radius of thermal radiation from an explosion during winter, summer, and rainy seasons remains the same (Red zone: 1.1 km, Orange zone: 1.6 km, Yellow zone: 2.4 km). Therefore, weather conditions do not impact the BLEVE, as BLEVE results from overpressure and rupture of the LPG spherical tank.

The explosion's impact area extends beyond the company's fence and could potentially affect nearby companies and communities, as shown in Table 4 and Figure 4.

Table 4: Radius of thermal radiation impact area from one LPG spherical tank explosion

Radius of impact area (kilometer)	Winter Season		Summer Season		Rainy Season	
	Wind direction		Wind direction		Wind direction	
	N	NE	S	SW	SW	W
Red Zone	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
Orange Zone	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
Yellow Zone	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4

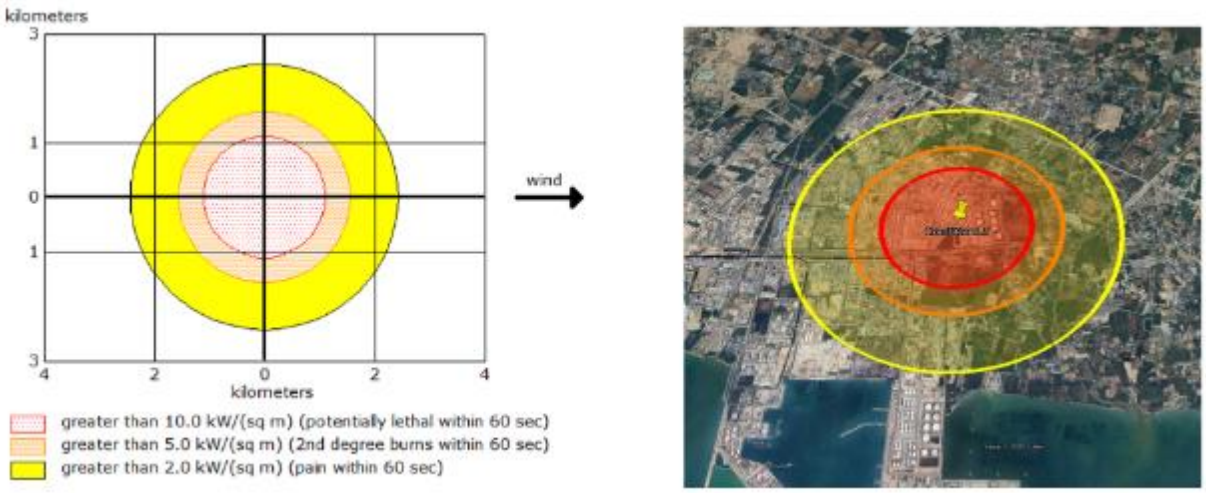


Figure 4: The thermal radiation impact from an explosion in the event of an LPG sphere explosion during the winter season, with the wind direction coming from the northeast.

4. Domino effect from the explosion of 7 LPG spherical tanks

A domino effect is likely to occur across all 7 LPG spherical tanks, as the thermal radiation radius from a single LPG spherical tank explosion encompasses all nearby tanks. If all the LPG spherical tanks were to explode, the radius of thermal radiation would increase across all seasons, as shown in Table 5 and Figure 5. The red zone would expand from 1.1 km to 1.14 km, the orange zone from 1.6 km to 1.64 km, and the yellow zone from 2.4 km to 2.44 km.

The explosion's impact area extends beyond the company's fence and could potentially affect nearby companies and communities. Therefore, preventive and mitigation measures should be implemented to minimize the impact on people, property, and the environment.

Table 5: Radius of thermal radiation impact area from an explosion in the event of all LPG spherical tank exploding (Domino Effect)

Radius of impact area (Kilometer)	**Winter Season**		**Summer Season**		**Rainy Season**	
	Wind direction		Wind direction		Wind direction	
	N	NE	S	SW	SW	W
Red Zone	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14
Orange Zone	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64
Yellow Zone	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44

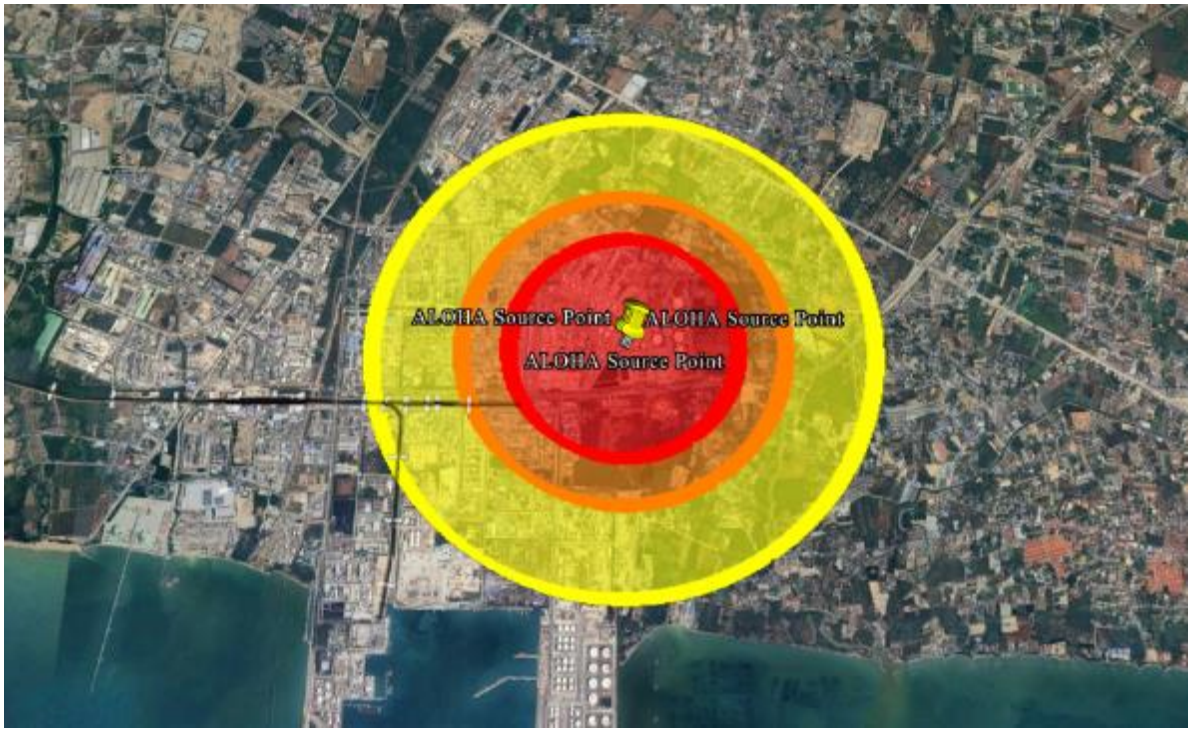


Figure 5: Thermal radiation impact from an explosion of 7 LPG spherical tank exploding (Domino Effect)

Discussion

Based on the simulation results above, it can be summarized that wind speed is the most influential parameter affecting both the radius of the toxic impact area and the radius of thermal radiation from fire. Higher wind speeds result in a smaller radius for the toxic impact area and a larger radius for thermal radiation from fire. This relationship is illustrated by the correlation between wind speed and the radius of both the toxic impact and thermal radiation areas in Figure 6.

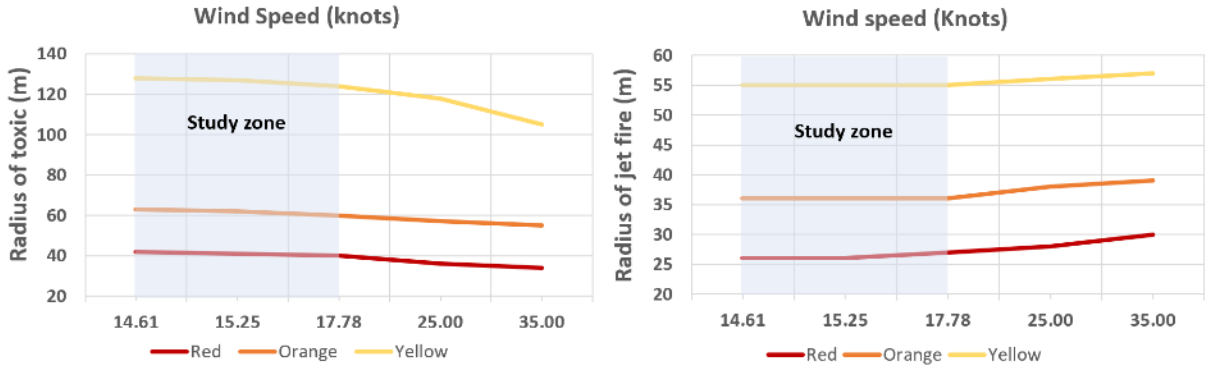


Figure 6: The correlation between wind speed and both the radius of the toxic impact area and the radius of thermal radiation from fire.

Higher wind speeds reduce the radius of the toxic impact area due to the dispersion of toxicity, which leads to a lower toxic concentration. This finding is in line with another research, such as that by Chattarika (2023).

Additionally, higher wind speeds increase the radius of thermal radiation from fire because wind influences the flame's shape and length. Stronger winds cause the jet fire to tilt in the downwind direction, reducing its vertical reach. This can result in a wider flame footprint on the ground, increasing the area exposed to thermal radiation downwind. This result is consistent with other research, such as that by Martins (2020).

For BLEVE results, it indicates that wind speed or season does not impact the radius of thermal radiation from a BLEVE explosion. This is because a BLEVE scenario typically occurs when a liquefied petroleum gas container is heated by fire, causing the pressure inside the container to increase until the tank ruptures. Once the container fails, the chemical is released in an explosion (Aloha Software).

Conclusions

Based on the simulation results of LPG leakage events, it was found that the radius of the impact area for both toxic impacts and thermal radiation from fire is relatively small, measuring 129 m and 55 m, respectively. These distances remain within the tank farm area of the company under study, which is an unoccupied zone. As a result, the impact is classified as

minor to medium and manageable. However, in the case of a BLEVE explosion, the radius of the impact area is significantly larger, extending up to 2.4 km for a single-tank explosion and 2.44 km for a domino effect involving all 7 nearby LPG spherical tanks. These findings highlight the severe and widespread impact of such incidents. Therefore, implementing effective safeguards is crucial to prevent and mitigate its impact, thus protecting the safety of people, property, and the environment. Safeguards for LPG spherical tanks include emergency shut-off valves, gas leak detection systems, tank overflow prevention systems, bund walls, and foam or fire-fighting water systems on standby, along with regular inspection and maintenance schedules. Additionally, impact mitigation strategies, such as evacuation drills, should be implemented to enhance safety and effectively reduce potential risks.

References

ABC News. (2017). Carins LPG Explosion 30 Years Ago is Australia's Biggest LPG Disaster. Available From https://www.abc.net.au/news/2017-08-17/30-years-since-cairns-gas-tank-explosion-australiae28099s-bi/8814650. Accessed Sep.09,2024.

Chattarika, R. (2023). The Evaluation of the Impact of Ammonia Release from the Ice Making Factory in Bangkok, Kasetsart University, Bangkok.

Department of Industrial Works. (1992). Hazardous Substances Act of 1992, Announcement of the Ministry of Industry Regarding the Hazardous Substance List 2013.

Google. Google Earth. Available From https://earth.google.com/intl/earth/download/ge/agree.html. Accessed Jun.09,2024.

Huai Pong meteorological department, Rayong

Martins, R. M. S. T., Vianna, R. F. (2020). Calculation of Thermal Radiation for The Design of Protection and Fire Fighting Systems for LPG storage parks. Brazilian Journal of Petroleum and Gas, 14, 033-044.

MGR Online. (2013). The LPG Storage Tank with a Capacity of 250,000 Liters Exploded in Mexico. Available From https://mgronline.com/around/detail/9560000130242. Accessed Sep.09,2024.

Prachachat. (2017). LPG Explosion on Petchaburi Road. Available From https://www.prachachat.net/facebook-instant-article/news-44425. Accessed Sep.09,2024.

Prachachat. (2022). The Explosion at a Cooking Gas Factory in Samut Prakan Province. Available From https://www.prachachat.net/general/news-1032259. Accessed Sep.09,2024.

Sirirath, T. (2020). Impact Evaluation of Liquefied Petroleum Gas Leaks, Fire and Explosion from Tank Farm: Case Study Spherical Storage Tank, Kasetsart University.

United State Environmental Protection Agency. ALOHA Software. Available From https://www.epa.gov/cameo/aloha-software. Accessed Jun.09,2024.

Assessment of Leakage and Explosion of Flammable liquids from storage tank by ALOHA related to pre-incident plan

Ranwarat Proncharoen[1] and Soontree Khuntong[1*]

[1]Department of Engineering, Safety Engineering and Environmental Management Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

***Corresponding author E-mail:** srcstk@ku.ac.th

Abstract

This study was aimed to assess and manage risks related to the leakage and explosion of flammable chemicals in a petrochemical plant located in Rayong Province. The research was divided into two parts: Part 1 dispersion and impacts of four flammable chemicals: isopropanol (IPA), toluene, xylene, and heavy aromatic naphtha (Solvesso 150) were evaluated by ALOHA software using flash point data based on GHS and NFPA guidelines. The assessments were interpreted using the results via electronic maps (Google Earth). Seasonal variations were considered under three scenarios: scenario 1 (winter: Oct–Feb) with maximum wind speed of 3.3 m/s; scenario 2 (summer: Feb–May) with southeast winds at 4.3 m/s; and scenario 3 (Rainy Season: May–Oct) with southwest winds at 7.9 m/s. The results from scenario 1 indicated the greatest heat radiation resulted from the lowest average temperature ranking by longest distance of fireball. Solvesso 150 showed the farthest impact, followed by xylene, toluene and IPA for the red zone (11 m, 10 kW/m2), orange zone (18 m, 5 kW/m2) and yellow zone (30 m, 2 kW/m2). Beyond all scenarios, Solvesso 150 provided the longest radius of heat radiation due to its high flash point, viscosity, and prolonged vapor dispersion. The assembly points and resource management were developed in part 2 using the simulated results in part 1. The pre-incident plan included relocating assembly points beyond the yellow zone radius, creating comprehensive emergency response plans, inspecting and maintaining chemical storage tanks recommended in NFPA and API 653 standards. The risk assessment of the 5 Domino Theory was to investigated to mitigate hazards at each step. In conclusion, adherence to relevant standards, proper maintenance and comprehensive emergency management planning can effectively prevent the accidental impact in petrochemical plant ensuring safety industry, neighboring communities and assets, while mitigating the severity of potential emergency impacts sustainably.

Keywords: Isopropanol, toluene, xylene, heavy aromatic naphtha, leakage, explosion, ALOHA

Introduction

Currently, the industrial sector in Thailand utilized flammable hazardous chemicals as primary raw materials in various production processes. According to accident and disaster statistics in factories from the Department of Industrial Safety Technology Promotion (2023), there were 576 chemical leakage incidents and 20 explosion incidents between 2017 and 2023 (Department of Industrial Safety Technology Promotion, 2023). These events, including explosions at chemical production plants highlighted the critical importance of effective management of hazardous chemicals. Such management must encompass all stages, including import, transportation, storage, utilization and disposal. Key consideration including implement measurement to prevent chemical spills and fires, appropriate fire prevention and suppression monitoring types and quantities of storage hazardous chemicals and ensuring emergency response tools and equipment were readily accessible and free from obstructions. This was crucial to mitigate accidents from chemical leaks and dispersion of hazardous substances, which could lead to fires, explosions, and severe impacts on the public, properties, environment, factories, and neighboring communities.

This study aimed to evaluate the impacts of chemical explosions using hazardous flammable chemicals as a case study. The assessment incorporated with chemical data, including physical properties, safety, and toxicity, into the ALOHA (Areal Location of Hazardous Atmospheres) software (U. S. EPA, 2022) to create fire and explosion diagrams. These diagrams were superimposed with Google Earth Pro (2024) to analyze the radius and direction of heat radiation leading to develop a pre-incident plan. A case study was focused on a petrochemical factory located in Rayong Province. There were four chemical storage tanks with capacity of 25,000 l in the factory. The tanks contained different chemicals: Isopropanol (IPA) (flash point of 11.7 ℃), toluene (flash point of 4 ℃), xylene (flash point of 31 ℃) and heavy aromatic naphtha (Solvesso 150) (flash point of 62 ℃). Each tank was filled to 85% of maximum capacity. Risk assessment data indicated that all four chemicals were highly flammable liquids (Level 3) with flash points below 93 ℃, based on SDS data and classification guidelines from GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, 2023) and NFPA (The National Fire Protection Association, 2022) Toluene, with its low flash point, possessed a constant ignition risk then it could be co-storage with the other highly risky chemicals. Effective management was necessary

to control these risks, prevent severe incidents, and mitigate impacts on properties, personnel, communities, and the surrounding environment. Preparedness must include suitable prevention monitoring, emergency response equipments, personnel readiness, and information to support external agencies in timely incident resolution. The additional study integrated Heinrich's Domino Theory as a theoretical framework for accident prevention. According to H.W. Heinrich, five dominoes represent sequential factors leading to accidents: (1) social environment or background, (2) defects of person, (3) unsafe acts/unsafe conditions, (4) accident and (5) injury/damage (Heinrich, 1950). In this context, poor systemic management of chemical tank maintenance, such as non-compliance with API 653 standards (inspection, repair, and alteration of storage tanks for flammable and combustible liquids), lack of inspection schedule and inadequate investment for necessary inspection equipments, exemplifies the first two dominoes. These deficiencies leaded to incomplete inspections or neglected maintenance reports, causing deteriorated tank structures or leaks. Such conditions created unsafe scenarios (domino 3), where chemical vapor leakage ignited from heat sources like sparks from machinery or electrical shorts, resulting in fires and explosions (dominoes 4 and 5). Severe injuries, structural damage, and environmental contamination (e.g., soil, air, and water pollution) may follow. Conversely, proper maintenance planning, such as regular inspections and adherence to relevant standards, can halt the chain reaction at the initial stages. Heinrich's model demonstrates how early interventions can prevent accidents from escalating. Moreover, the dimension of "time" to accident analysis was developing to the new incident pyramid from Heinrich's Triangle (Collins, 2011). The historical data and statistics were used to predict the future incidents emphasizing the need of prevention for all events, regardless of injury types. The historical data were systematically collected by safety professionals for more accurate planning and risk prediction. By combining Heinrich's Domino Theory with the new incident pyramid, this study established a framework to identify and prioritize areas for improvement in effectively accidental prevention processes.

Materials and methods

The general information about the studied site pertained to a chemical manufacturing plant. The facility comprised of production and support area, office building, control building, wastewater treatment system, storage tank farm and chemical storage area. The factory span was approximately 2,315 m^2. The production processes included manufacturing industrial chemical products such as chemicals for paper production, resin for printing inks, adhesives, and

bonding materials for electronic components. The processes involved with polymer and natural rubber production groups. Raw materials and chemicals used were externally sourced and transported to the facility. These materials were stored in the production area and processed in the reactors, where they were mixed under controlled conditions; pressure, temperature, and agitation; according to production technologies. The finished products were then packaged in various containers and stored for distribution to customers. Potential chemical leaks from these processes provided an adverse impact to the factory, nearby communities, and the environment. To mitigate risks, the factory has designated a single evacuation point, as illustrated in Figure 1.

Figure 1: The studied site, surrounding area within a 500-m radius, and evacuation point no. 1 (a single designated point was shown). (Google Earth Pro version 7.3.6.9796., 2024)

Experimental procedures

1. Identify the variables related to the leakage and input data into the ALOHA program.

The data included leakage sizes, leakage locations, and other variables. Shown in Table 1 and chemical properties specified for ALOHA were given in Table 2.

Table 1 Parameters specified in the ALOHA program.

Variables	**Specified values**
Tank diameter (cm)	300
Tank height (cm)	390
Tank capacity (l)	25,000
Internal gas temperature	Constant temperature
Single leakage point	50A

(Stainless Steel Pipe Flange)	
Leakage size (mm)	50.8 (2 in)
Limited volume of chemicals	85 % of maximum capacity of the tank

Table 2 Chemical Properties Specified in the ALOHA Program.

Chemical name	**Isopropanol (IPA)**	**Toluene**	**Xylene**	***Heavy aromatic naphtha (Solvesso 150)***
Physical State	Liquid	Liquid	Liquid	Liquid
Color	Colorless	Colorless	Colorless	Colorless
Odor	Benzene-like	Bitter (Slight)	Benzene-like	Aromatic like
CAS No.	67-63-0	108-88-3	1330-20-7, 100-41-4	64742-94-5
UN Number	1294	1219	1307	3082
Percent weight (%)	> 99.8%	>99%	1330-20-7=36% 100-41-4=64%	100%
Melting Range (°C)	-90 °C	-95 °C	-26.15 °C	-88.5 °C
Viscosity (cSt)	2.65 cSt at 25 °C	Not Applicable	Not Applicable	1.01 cSt at 40 °C
Boiling Range (°C)	80-83 °C	110.6 °C	138.85 °C	178°C – 209 °C
Solubility in water	1000 g/l at 25 °C	Immiscible	Very slightly soluble in cold water.	Not Applicable
Flash Point (°C)	11.7 °C	4.4 °C	26.85 - 31.85 °C	62 °C
Autoignition temperature (°C)	456 °C	529-536 °C	463.3 to 528.9 °C	>450 °C
Vapour Pressure (kPa)	4.4 kPa at 20 °C	2.93 kPa at 20 °C	Not applicable	0.1 kPa at 20 °C
Upper Explosive Limit (%)	12.0	7.0	7.0	7.0
Lower Explosive Limit (%)	2.0	1.3	1.0	0.6
Specific Gravity (water=1)	0.78505 (Water - 1)	0.87 @20 °C	0.861 (Water - 1)	Negligible
Specific Gravity (water=1)	2.07	3.2	3.7	> 1
Volatile Component (%vol)	Not applicable	100	100	Not applicable
Molecular Weight (g/mol)	60.1 g/mol	92.14 g/mol	62.5 g/mol	135 g/mol

(Chemical Knowledge Platform, 2003)

The chemical storage tanks were designated for flammable substances. Each tank (totally four tanks) proposed an internal diameter of 3 m and a height of 3.9 m. These tanks were located within a bund and stored highly flammable liquids including IPA, toluene, xylene, and Solvesso 150. The leakage scenario was assumed at a hole size of 50.8 mm (2 inches), equivalent to the size of the chemical transfer pipe connected to the reactor. The transfer pipe was connected using flanges, which were susceptible to damage and potential leakage due to bolt and nut loosening or impact damage. Therefore, the leakage was assumed to occur at these connection points.

2. Defining weather variables.

The weather conditions were basically calculated the monthly average for Rayong Province over 30-year period (1991-2020), provided by the Agricultural Meteorology Division, Meteorological Development Bureau, Department of Meteorology. Additionally, the monthly average wind speed for the past three years (2018-2020) from the Rayong Meteorological Station was included. This data was summarized by observations from Rayong Meteorological Station (Station Code: 478201/48478, lat: 12.37.56, long: 101.20.37) and Huai Pong Meteorological Station in Rayong Province (Station Code: 478301/48479, lat: 12.44.0, Long: 101.8.0) and reported by the Climate Center of the same institution. The wind speed was used as maximum monthly average, with wind directions defined as follows: a reading of 0 degrees represented winds blowing from the north while a reading of 180 degrees represented winds blowing from the south.

This data was analyzed before input into ALOHA program during three seasons (Table 3):
Winter: winds rose from the northeast (NE) with a maximum wind speed of 3.3 m/s.
Summer: winds rose from the southeast (SE) with a maximum wind speed of 4.3 m/s.
Rainy: winds rose from the southwest (SW) with a maximum wind speed of 7.9 m/s (Department of Meteorology, 2020).

3. Simulation the impact of an explosion.

The impact of explosion was simulated using data from Table 1, 2 and 3. The analysis was assumed beyond a worst-case scenario for the equipment, disregarding the plant's prevention or mitigation systems. This approach created a model to delineate the scope and severity of potential impacts. After input all data into ALOHA program (totally 36 scenarios), it could be summarized by visualized in Google Earth, as shown in Figure 2. The simulated explosions of liquid in containers, specifically BLEVEs (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosions),

and the radiative heat effects on individuals within the affected area at three hazard levels. The results were then overlaid on satellite imagery using Google Earth. The combined results from ALOHA and Google Earth were suited to assess impacts for workers in the plant area, focusing on evacuation routes that minimize risks concerning time and hazardous zones. The most severe potential impacts which could affect neighboring facilities or communities, providing crucial data for situational assessment and preparedness were also evaluated.

Table 3 Data used for simulating chemical leakage scenarios using the ALOHA program.

Parameters	Scenario 1 Winter (Oct – Feb)	Scenario 2 Summer (Feb – May)	Scenario 3 Rainy (May–Oct)
Annual average temperature (°C)	26.8	29.1	28.4
Average maximum temperature (°C)	32.2	33.4	32.6
Average minimum temperature (°C)	22.7	26.1	25.9
Relative humidity (%)	75	76	80
Wind speed (m/s)	3.3	4.3	7.9
Wind direction	Northeast (NE)	Southeast (SE)	Southwest (SW)
Model of release	Tank type (Vertical Cylinder)	Tank type (Vertical Cylinder)	Tank type (Vertical Cylinder)
Cloud cover	5 tenths	5 tenths	5 tenths
Model	Tank contain liquid	Tank contain liquid	Tank contain liquid

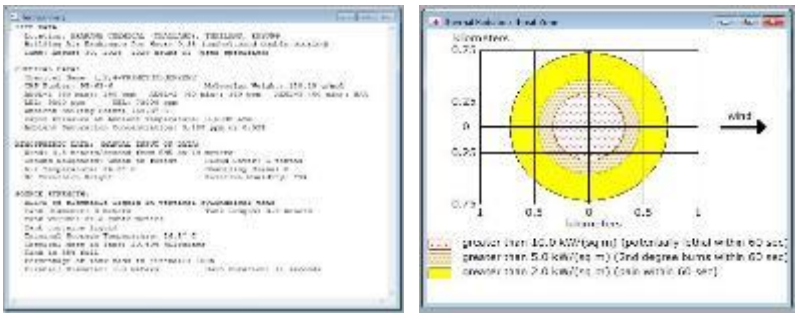


Figure 2: Example summary from selected data evaluated by ALOHA Program and LOC (Level of concern) distances of explosive flammable chemicals.

The display of results was presented according to the severity levels of heat that affected the dangerous areas, human life, properties and environment. The results were categorized into 3 levels (shown in Figure 3). Thermal radiation level of concern was represented the heat radiation levels defined as criteria for assessing the impact and risk to human life and properties in areas affected by BLEVE. Three thermal radiation levels in kW/m^2 were presented as follow:

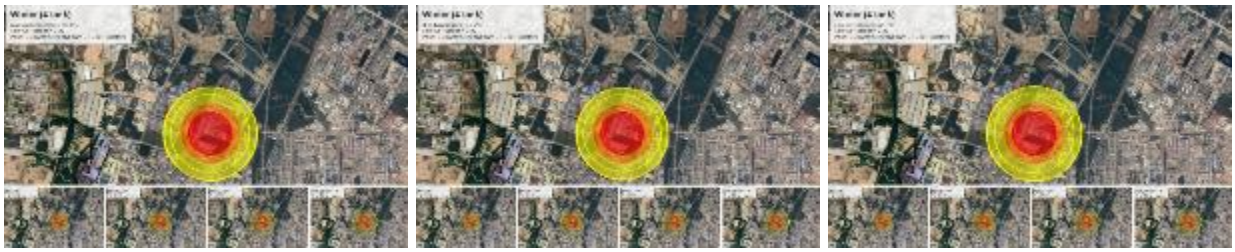
1) **Red zone:** radius of 11 m, thermal radiation of 10 kW/m^2. The zone was experienced severe life-threatening effects or may die within 60 s. Structural impact: flammable materials, such as wood, may ignite immediately.

2) **Orange zone:** radius of 18 m, thermal radiation of 5 kW/m^2. The zone was experienced the second-degree of dangerous burns within 60 s. Structural impact: damage to building structures or flammable materials.

3) **Yellow zone:** radius of 30 m, thermal radiation of 2 kW/m^2. The zone was experienced. harmful burns within 60 s. The heat remained at the level that could temporarily tolerate but cause discomfort and damage to certain types of structures.

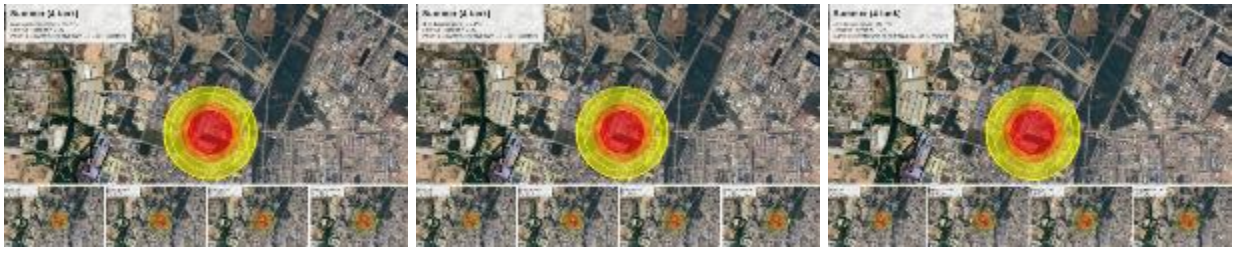
Results

The assessment of the effect areas from the heat radiation of the four chemicals in each season, all 36 models were evaluated with focusing on moving to evacuation point 1 (Figure 1). The simulated scenario in winter, summer and rainy season were given in Figure 4-6.



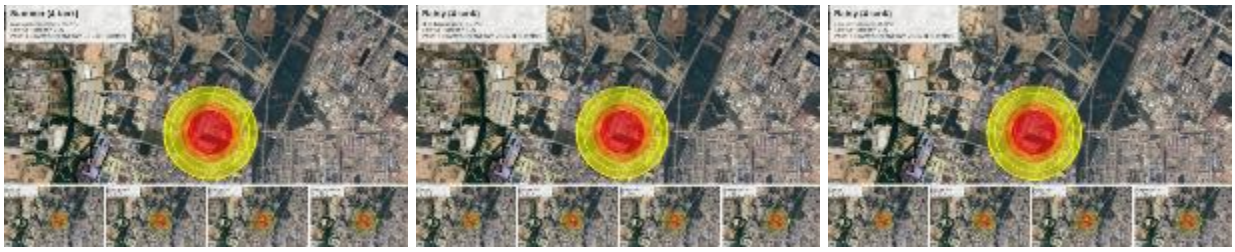
(a) (b) (c)

Figure 4: Simulated results in winter (a) average annual temperature 26.8 ℃; NE wind (b) average maximum temperature 32.2 ℃; NE wind and (c) average minimum temperature 22.7 ℃; NE wind.



(a) (b) (c)

Figure 5: Simulated results in summer (a) average annual temperature 29.1 ℃; SE wind (b) average maximum temperature 33.4 ℃; SE wind and (c) average minimum temperature 22.7 ℃; SE wind.



(a) (b) (c)

Figure 6: Simulated results in rainy season (a) average annual temperature 28.4 ℃; SW wind (b) average maximum temperature 32.6 ℃; SW wind and (c) average minimum temperature 25.6 ℃; SW wind.

Overall scenarios provided the same results for red zone: 10 kW/m^2 and heat radiation radius of 11 m; orange zone: 5 kW/m^2 and heat radiation radius of 18 m; yellow zone: 2 kW/m^2 and heat radiation radius of 30 m. The effect areas from individual generated from 36 models by ALOHA program were summarized in Table 4.

Table 4 Comparison of the affected areas from individual chemicals generated by 36 models based on predictions from the ALOHA program.

Case	Season	Wind direction	Scenario	Threat Zone (Meters)		
				Red	Orange	Yellow
1	Winter Average 26.8 ℃	Relative Humidity: 75% Wind: 3.3 meters/second from ENE at 10 meters	IPA	272	387	606
2			Toluene	324	459	717
3			Xylene	327	462	721
4			Solvesso150	328	464	724
5	Winter High 32.2 ℃		IPA	267	381	596
6			Toluene	319	451	704
7			Xylene	321	453	707
8			Solvesso150	322	456	711
9	Winter Low 22.7 ℃		IPA	276	393	615
10			Toluene	330	466	728
11			Xylene	331	469	731
12			Solvesso150	332	470	734
13	Summer Aur. 29.1 ℃	Relative Humidity: 76%	IPA	269	384	601
14			Toluene	322	455	710
15			Xylene	324	458	714

16		Wind: 4.3 meters/second from ESE at 10 meters	Solvesso150	325	460	718
17	Summer High 33.4 ℃		IPA	266	378	592
18			Toluene	318	449	701
19			Xylene	319	452	704
20			Solvesso150	321	454	707
21	Summer Low 26.1 ℃		IPA	272	388	608
22			Toluene	326	461	719
23			Xylene	327	463	722
24			Solvesso150	329	465	724
25	Rainy Aur. 28.4 ℃	Relative Humidity: 80% Wind: 7.9 meters/second from WSW at 10 meters	IPA	269	384	601
26			Toluene	322	456	711
27			Xylene	324	458	714
28			Solvesso150	325	460	718
29	Rainy High 32.6 ℃		IPA	266	378	592
30			Toluene	318	450	701
31			Xylene	320	452	705
32			Solvesso150	321	454	707
33	Rainy Low 25.6 ℃		IPA	272	388	607
34			Toluene	325	460	718
35			Xylene	327	462	721
36			Solvesso150	328	464	724

The radius of heat radiation in the plant area from all 36 models covering the evacuation point number 1 as shown in Figure 7.

Figure 7: Heat radiation dispersion model in the plant area from all 36 models covering the current assembly point.

Due to the simulation, it was conducted prevent the impacts resulted from 36 models on evacuation point 1 (Figure 7). It was found that evacuation point 1 was located in the red zone (11-m radius of 10 kW/m^2 heat radiation). This area would experience severe and potentially fatal impacts within 60 s. The effect on structures was flammable materials, such as wood. To address this issue, it was recommended to relocate an appropriate evacuation point outside the radiation zone, beyond the yellow area radius of 734 m (maximum radius from threat zone of Solvesso 150). This would ensure that workers were protected from heat radiation. Factors such as accessibility, capacity to accommodate enough people, and the absence of chemical or other hazards must be considered. Additionally, backup routes and gathering points should be designated in case the primary route is unusable. Training should be organized to ensure that all workers understood the new evacuation plan and how to respond to heat radiation accidents. Most importantly, regular evacuation drills should be conducted to familiarize employees with the routes and procedures in real emergency situations.

Discussion

This research had strengths in terms of using reliable tools, such as the ALOHA program, and utilizing 30 years of historical meteorological data, which reflectsed the detail and reliability of the simulation results. The analysis from seasonal variations (winter, summer, and rainy season) and different chemical types, demonstrated the comprehensiveness and potential for applying the research results in various scenarios. The results were presented using Google Earth imagery, which enhanced visualized affected areas, clearly understanding and facilitating effective communication of the information to the stakeholders. However, there were limitations in certain aspects, such as lack of an assessment of the impact from pool fires and an analysis of the economic or social consequences, particularly the effects on neighboring communities. These should be added to future research to provide a more comprehensive picture of the impacts. Another important issue was the assessment of evacuation points, where no location was found outside the threat zone for safe evacuation, limitations in the design of evacuation plans. It was recommended to reassess and identify an appropriate evacuation points in safe areas or improve the notification system and evacuation plans to be clearer and more comprehensive. Additionally, the research did not address long-term impacts, such as effects on the environment and the health of the surrounding communities. This information was crucial for post-incident recovery planning. To ensure

comprehensive data, further studies on long-term impacts, including an analysis of economic damage and recovery costs, should be conducted to support policy decisions.

Suggestions for the development of this research including expanding the analysis of the impacts on surrounding communities and developing simulation training scenarios at the factory to assess the readiness of personnel, equipment, and communication systems. Moreover, the impacts from a variety of perspectives, such as environmental, economic, and social, to provide deeper insights and help in the development of policies and future management strategies must be cosidered.

Conclusions

This research demonstrated a meticulous analysis using ALOHA program and visualization results through Google Earth maps, enabling precise evaluation of the impacts of chemical leaks and explosions in industrial facilities. The study employed wind direction data with the highest frequency, obtained from the Meteorological Department, across three seasonal scenarios: winter (NE wind, maximum wind speed of 3.3 m/s), summer (SE wind, maximum wind speed of 4.3 m/s), and rainy season (SW wind, maximum wind speed of 7.9 m/s). These scenarios were used to simulate chemical leaks of four substances: IPA, toluene, xylene, and Solvesso 150. From 36 simulated scenarios, winter, characterized by the lowest wind speed, resulted in the longest impact distances from thermal radiation caused by fireballs. At a radius of 11 m (10 kW/m^2), the impact distances were greatest for Solvesso 150 at 332 m, followed by xylene at 331 m, toluene at 330 m and IPA at 276 m. At an 18-m radius (5 kW/m^2), Solvesso 150 showed the maximum distance of 470 m. At a 30-m radius (2 kW/m2), Solvesso 150 extended the impact up to 734 m, the farthest among all substances. The analysis highlighted that assembly point 1, the currently designated location was located within an unsafe zone as it fell within the thermal radiation radius. Thus, relocating of the assembly point to a safer area was recommended. When compared to prior research on assessing the impacts of leaks and explosions from light hydrocarbon gas storage tanks, similarities were found by ALOHA program for simulation. However, earlier studies did not account for seasonal variation and wind direction (Natthapong, 2007). Similarly, research on the dispersion and explosion of liquefied petroleum gas showed that winter had the greatest dispersion distances in the NE wind (Orrawan et al., 2021). Moreover, studies on the impacts of chlorine leaks included seasonal scenario simulations to develop emergency plans (Mutcharin et al., 2020). Therefore, this study aligned with related research in

utilizing simulation tools and electronic map visualizations to assist in the development of emergency plans for facilities or areas at risk of chemical leaks. The findings provided practical applications for real-world scenarios, enhancing the effectiveness of emergency preparedness and response planning.

Acknowledgements

I would like to express my gratitude to the executives and the affiliated organization for providing valuable information that contributed to the success of this research. I extend my heartfelt thanks to my principal thesis advisor, Associate Professor Soontree Khuntong, and all consultants for their kind guidance and support, which helped me successfully complete this research.

References

Chamnanphudsa, O., Phadermrod, C. 2021. Evaluation of Liquefied Petroleum Gas Release of The Culinary Laboratory by ALOHA and Google Earth in a University, Pathum Thani Province. Valaya Alongkorn Research and Development Journal under Royal Patronage, 17(2), May-August 2021.

Chemical Knowledge Platform. 2003. Available Source: https://www.chemtrack.org/default.asp

Collins, R. L. 2011. Heinrich's fourth dimension. Open Journal of Safety Science and Technology, 1(1), 19-29.

Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS Rev. 10). 2023. Available Source: https://unece.org/sites/default/files/2023-07/GHS%20Rev10e.pdf

Google Earth Pro 7.3.6.9796. 2024. [Internet]. Available Source: https://www.google.com/earth/about/versions/

Heinrich, H. W. 1950. Industrial accident prevention (4th ed.). New York: McGraw-Hill Book Company.

Intaramuean, M., Thanapop, Ch., Mahaboon, J., Darnkachatarn, S., and Yongpraderm, M. 2020. Consequence Evaluation of Chlorine Release in Latex Glove Manufacturing by ALOHA and MARPLOT. Journal of Public Health, 29(2), March-April 2020.

Julagatepotichai, N. 2007. Impact Evaluation of Leakage and Explosion of Hazardous Substance

for Emergency Plan: Case Study of Light Hydrocarbon Gases Tank in Petrochemical Industry. Kasetsart University Journal. Vol. 21 No. 64 (2008): April-July 2008. Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok, Thailand.

Ministry of Meteorology. 2020. Meteorological data from 1991 to 2020, including monthly average wind speed data (2017–2019) from Rayong Meteorological Station, Rayong Province.

Office of Factory Safety Technology Promotion. (2023). Accident statistics data. Available Source: http://reg3.diw.go.th/safety/อุบัติเหตุ/acc1-12-66/

The National Fire Protection Association (NFPA). 2022. [Internet]. Available Source: https://www.newenv.com/resources/nfpa-chemicals/

U.S. Environmental Protection Agency. 2022. ALOHA software version 5.4.7. [Internet]. Available Source: https://www.epa.gov/cameo/aloha-software/

Investigation of Chiang Rai irregular migration and its environmental factors using Machine Learning

Janjira Khuenmamueang[1]* and Phattraporn Soytong[2]

[1] Geoinformatics Curriculum Department of Geoinformatics Faculty of Geoinformatics, Burapha University

*Corresponding author E-mail: janjira.khuen@gmail.com

Abstract

Irregular migration constitutes a multifaceted challenge in Southeast Asia. Thailand serves as a significant transit and destination for migrant workers from neighboring countries. Chiang Rai Province is located in the uppermost region of Thailand, which is joint between Myanmar and Laos. Its geographical and socioeconomic conditions attract a lot of migrant workers. This study investigates the environmental factors influencing irregular migration along Thailand-Myanmar and Information System (GIS) data, combined with arrest point data of irregular migration along the border from 2019 to 2023; three machine learning algorithms consisting of XGBoost, Random Forest, and LightGBM were applied to analyze and predict irregular migration patterns.

The primary objectives are threefold: (1) to analyze the variables associated with irregular migration in Chiang Rai Province between 2019 and 2023 (2) to evaluate and compare the predictive performance of machine learning algorithms for accurately predicting irregular migration (3) to create a risk map visualizing the spatial distribution of irregular migration incidents within the study area. The study focuses on four districts of Chiang Rai province: Mae Sai, Mae Chan, Chiang Saen, and Mae Fa Luang.

The results show that Mae Sai represents the highest irregular migration incidents. The activity was highest in April and lowest during October and December. Temporal analysis also marked a preference for nighttime crossings to avoid detection. The highest number of irregular migrants was recorded in 2022, while in 2019, the lowest number of all five years was recorded. Myanmar nationals make up most irregular migrants. The study indicated that migration pressures affect both genders almost equally.

XGBoost exhibited the highest predictive accuracy among the other machine learning algorithms. Feature importance analysis across all models consistently identified road networks as the most significant predictor of irregular migration. Elevation and proximity to rivers are also key factors that light the physical environment's impact on irregular migration routes. An irregular migration risk map was generated using the best machine learning algorithm. The map presents the high-risk area along the border, especially near Mae Sai and certain areas of Chiang Saen.

This study illustrates the application of geospatial techniques and machine learning to analyze irregular migration patterns in Chiang Rai Province along Thai-Myanmar and Laos border. Environmental factors, geographic data, and irregular migration arrest data are important tools for investigating migration patterns in border areas. Applying predictive analytics and geospatial technologies will help with effective border management and immigration control strategies.

Keywords : irregular migration, remote sensing data, machine learning; XGBoost, Random Forest, LightGBM

Introduction

Thailand is a crucial transit and destination country for migrant laborers in Southeast Asia. Thailand's geographical and cultural affinities and economic conditions draw laborers from adjacent nations (Khanawiwat, 2020). The International Organization for Migration (IOM) predicted approximately 4.9 million migrants in Thailand in 2018. The largest groups of Thailand's migrant population are the migrants from Myanmar, Laos, Cambodia, and Vietnam (Harkins, 2019). Furthermore, the investigations indicated that the population of migrants with irregular status exceeded 800,000 in the same year, a figure significantly high relative to the total number of migrants residing in the nation (Khanawiwat, 2020). Irregular migration denotes the movement of humans that transpires outside the legal parameters set by laws, regulations, or international accords governing entry into or departure from the country of origin, transit, or destination (Migration, n.d.). It is a complex and multifaceted issue with significant implications for sending and receiving countries.

The nature of Thailand-Myanmar and Laos border region has rendered it a significant transit hub for illegal immigration. The study conducted by the International Labor Organization (ILO) and IOM indicates that 91 percent of workers from Myanmar accessed Thailand via irregular channels (Harkins, 2019). The primary group of irregular migrants originates from Myanmar, particularly in the northern region, which exhibits the most significant arrest rates and an increasing influx along the border (Aenihon, 2018). Chiang Rai province is situated in the northernmost region of Thailand. Its border adjoins Laos and Myanmar. The landscape of Chiang Rai consists of mountains, forests, and rivers that correspond to the distinctive qualities of each region's limits (Onanong Thippimol, 2011). Chiang Rai is a border commercial conduit with Myanmar, Laos, and southern China. This region also consists of communities of several ethnic groups. A significant number of foreign labor migrants reside and work both legally and illegally in this area.

Chiang Rai province's topography constitutes the primary obstacle to issues faced by illegal migrant workers. A long border characterized by mountains and forests, and narrow and long river-separated countries between Thailand and Myanmar facilitates migrants to escape and cross the border irregularly. Furthermore, economic expansion in Thailand has led to an increase in population movement in different areas and heightened border crossings, resulting in numerous issues such as social security, the economy, and public health in Chiang Rai and other areas (Jakkawat, 2017).

Irregular migration is a prominent issue that Thailand has confronted for an extended period, primarily because of numerous irregular migrant routes, particularly at Chiang Rai international border with Myanmar and Laos. This study will utilize machine learning algorithms to examine the environmental factors linked to irregular migration in Chiang Rai Province. The study concentrates on four principal districts along Thailand-Myanmar and Laos: Chiang Saen, Mae Sai, Mae Chan, and Mae Fa Luang. The study employs remote sensing data, geographical information system (GIS) data, and data on irregular movement arrest points. Machine learning algorithms which include XGBoost (XGB), Random Forest (RF), and LightGBM (LGBM), will be utilized to evaluate the optimal accuracy performance method. The variables and environmental factors related to irregular migration and risk maps will be presented for

border management to enhance the understanding of significant variables and improve future border control in the study area.

Materials and methods

This study examines the environmental and geographic determinants affecting irregular migration in Chiang Rai Province, Thailand from 2019 to 2023. The border distance between Chiang Rai province and Myanmar is 153 kilometers, and the Chiang Rai border connects to Laos at 155 kilometers (Office, 2022) . The study area is consisting of four districts of Chiang Rai along the Thai-Myanmar and Laos border, Mae Chan, Chiang Saen, Mae Sai, and Mae Fa Luang districts, have a large amount of irregular migration traveling through natural channels.

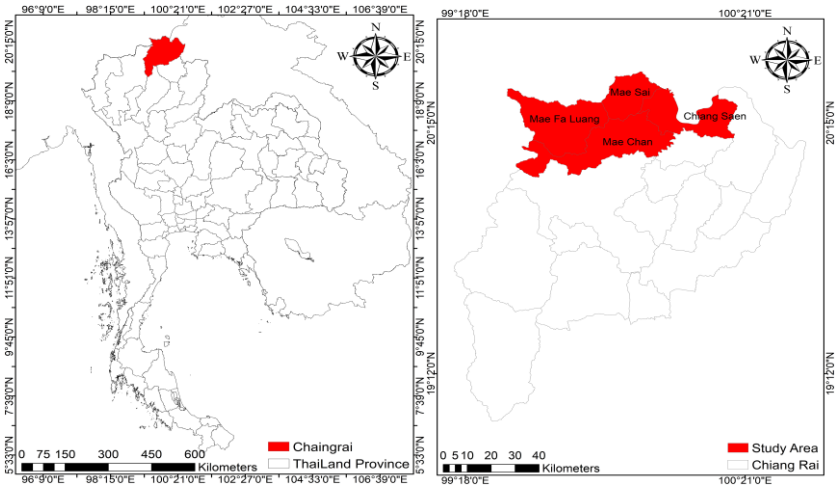


Figure 1: Study Area

The process employs a systematic approach, commencing with extensive data acquisition from multiple sources. Remote sensing datasets, including NDVI, BSI, nighttime light data, elevation, and LandScan population data, are integrated with GIS datasets, such as land use/land cover, river networks, road networks, and slope data. Irregular movement data, indicated by arrest locations, is collected from related authority records. The methodology framework of this study is shown in Figure 2 and summary of data collection is shown in Table 1.

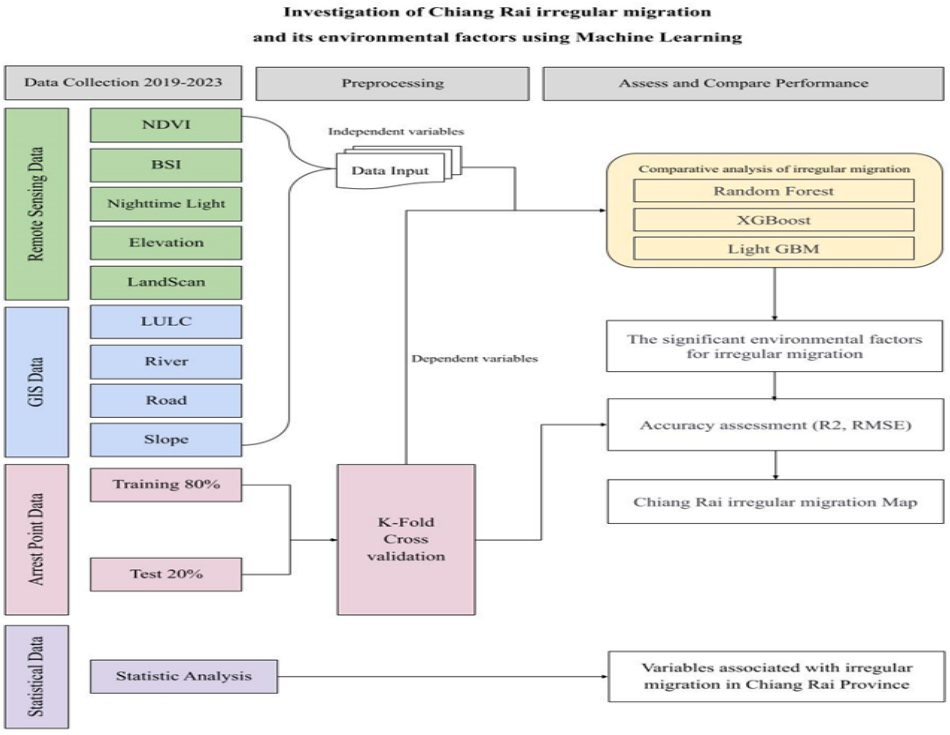


Figure 2: Methodology Framework of this study

In the preprocessing step, datasets are structured to isolate independent variables based on environmental and geographic parameters. The dependent variable, representing migratory occurrences, is sourced from the arrest point data. The dataset is divided into training (80%) and testing (20%) subsets for model validation.

Each index and dataset are processed separately, with the data resampled to a consistent spatial resolution. Indices are merged into a composite image using the add Bands function in Google Earth Engine, which is exported as a GeoTIFF file for further analysis. GIS data and arrest point data are integrated and analyzed in ArcMap for a comprehensive spatial assessment.

Three machine learning algorithms are used to evaluate the relative significance of factors affecting irregular migration. A K-fold cross-validation process improves algorithm dependability, and performance is assessed using R-squared (R^2) and RMSE metrics.

These machine learning models are implemented in Python 3.11 using libraries such as GDAL, NumPy, Matplotlib, Scikit-learn, and the XGB Python Library within the Jupyter Notebook

environment. Feature importance is calculated using the machine learning permutation importance technique to rank variable relevance.

The trained models were then used to calculate migration probabilities for each pixel over the study period. To analyze the spatial distribution of irregular migration, zonal statistical techniques were applied using ArcMap. A risk map of irregular migration for Chiang Rai Province has been created, providing a geographical depiction of high-risk zones and movement hotspots.

Table 1: Summary of Data Collections

Type Sources	**Dataset**	**Index**	**Spatial Resolution**	**Period (Year)**	**Source**
Remote Sensing	Sentinel-2	NDVI	10 meters	2019-2023	Sentinel-2 (Harmonized)
		BSI			
	GLO-30	Digital Elevation Model	Resampled		COPERNICUS/DEM/GLO30
	VIIRS	Nighttime Light			NOAA/VIIRS/DNB/MONTHLY_V1
	Land Scan Population	Population Data			LandScan Population Database
GIS	LULC	-	10 meters		Land Development Department
	River	-			Government Open Data
	Road	-			
	Slope	-			
Arrest point data	Arrest points of irregular migration in the study area	-	-		Border control agency

Results

According to the analysis of variables related to irregular migration, the major hotspot with the highest incidence of irregular movement cases is Mae Sai district. Conversely, the districts of Mae Fa Luang and Chiang Saen reported markedly fewer incidents while Mae Chan reported no event which indicates that irregular movement is localized in particular places within the region.

Seasonal trends were identified, with significant migration events happening in April, followed by June and January. Although other years saw comparatively stable but diminished activity levels, the migration rate significantly increased in 2022 compared with the other four years. The study indicated a predilection for nocturnal migration during a daily cycle, especially between 6:01 p.m. and 12:00 a.m. Data on nationality shows that most irregular migrants are from Myanmar, with lesser numbers from Thailand, China, and other nations. Furthermore, the number of males comprised 55% and females 45% of the migrant population, which indicated a relatively even distribution. This finding shows that Chiang Rai is a destination for both sexes.

The result reveals that XGBoost is the most dependable algorithm for forecasting migration events which exhibited exceptional accuracy, attaining an R^2 of 0.91 with an RMSE of 0.15 and an MAE of 0.05. Shown in Figure 3.

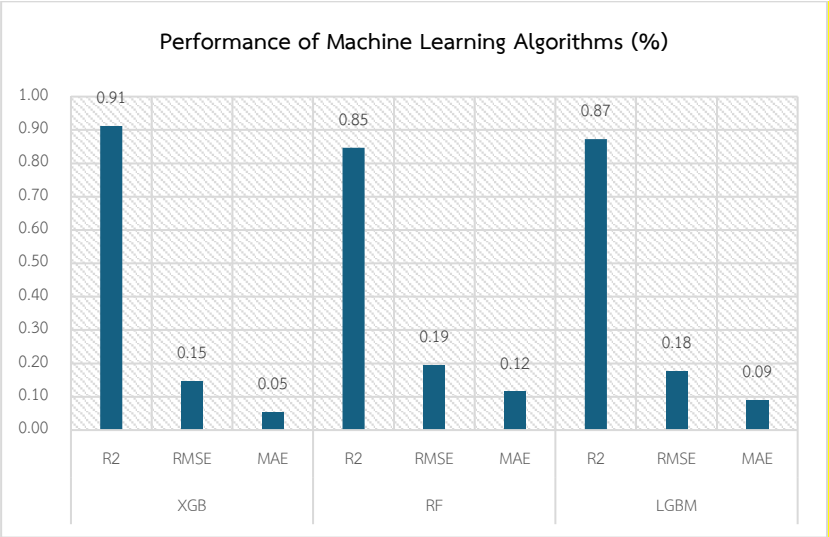


Figure 3: Performances of Machine Learning Algorithms

Figure 4 demonstrates the significance of several environmental variables in predicting irregular migration in Chiang Rai province. Variable relevance analysis of the algorithms consistently revealed that roads, elevations, and rivers significantly impact migration patterns. Roads are the most pivotal predictor, indicating that proximity to transportation networks and geographic factors substantially influence migration patterns in the study area.

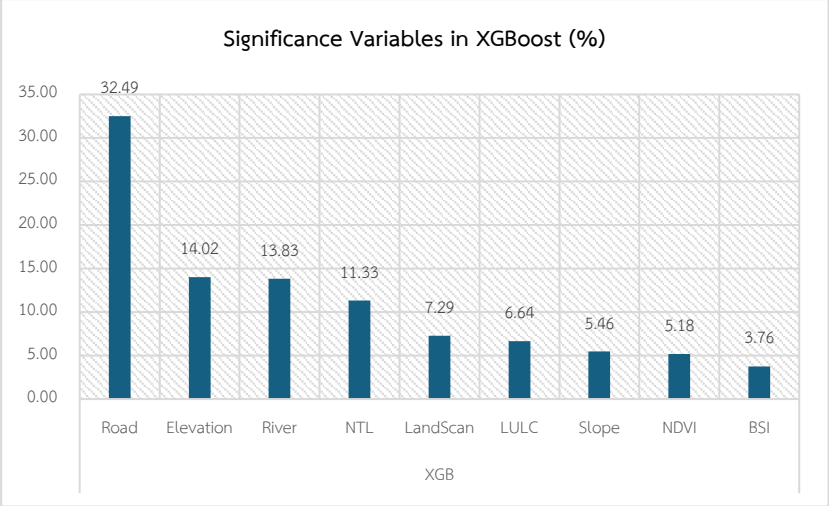


Figure 4: The relative importance (%) of the environmental factors

Figure 5 illustrates the spatial distribution of irregular migration risk areas in Chiang Rai Province, emphasizing the border districts next to Myanmar and Laos, defined by a yellow dashed boundary. A solid yellow line delineates a 5-kilometer buffer along the borders. These regions are the focus of migration enforcement and monitoring efforts due to their vulnerability to cross-border movements.

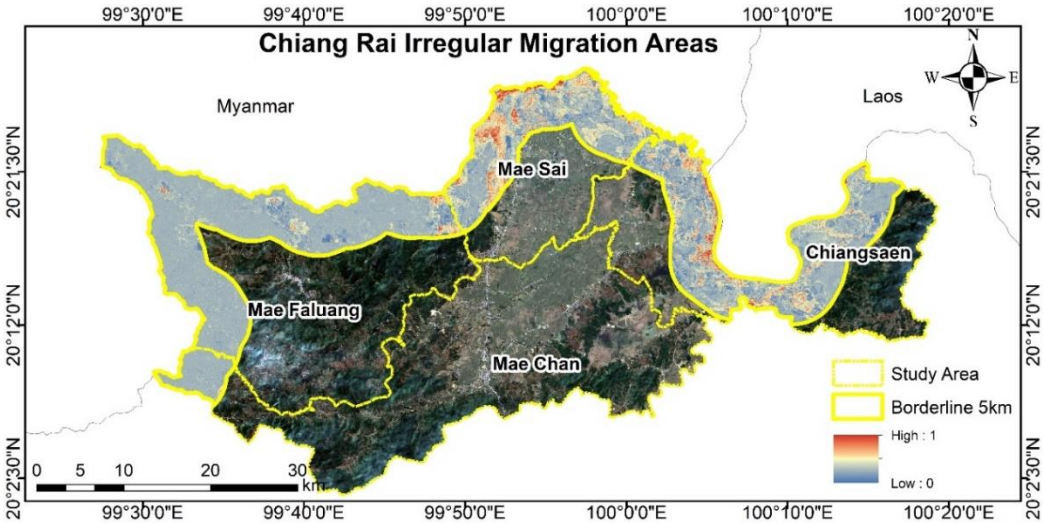


Figure 5: Mapping Risk Area for Irregular Migration in Chiang Rai province from 2019 – 2023

A heatmap overlay illustrates the intensity of irregular migration activity, using a color gradient to represent risk levels from low-risk areas (blue) to high-risk areas (red). High-risk areas, highlighted in red, are mainly in Mae Sai and parts of Chiang Saen, making these districts key migratory hotspots. Mae Sai shows the most concentrated clustering of high-risk areas, particularly along its northern and northeastern frontier with Myanmar. In Chiang Saen, high-risk areas cluster around the Mekong River, which serves as a natural boundary with Laos and is accessible for migration. Moderate-risk areas in Mae Fa Luang are shaped by its rugged mountainous landscape, with navigable paths used by smaller groups of migrants. In Mae Chan, moderate-risk areas are predominantly located along the roads connecting Mae Sai and Chiang Saen, functioning as spillover zones for migration activities. Low-risk areas, shown in blue, are found in the interior regions of Mae Fa Luang and Mae Chan, far from direct border access or critical migration pathways.

Discussion

Thailand's border is characterized by mountains, dense forests, and rivers. Its complex geography facilitates irregular migration. Chiang Rai province, located in the uppermost part of Thailand, connects to Myanmar and Laos, making it a risk area for irregular movement. The topography and socioeconomic challenges in the border area create obstacles for authorities in controlling irregular migration.

The findings highlight the influence of the region's geographical and social landscape on migratory patterns, designating Chiang Rai as a pivotal transit hub. Mae Sai is notable for its strategic position at the border intersection with Myanmar and Laos, establishing it as a center for cross-border migration, in contrast to the more arduous terrains of Mae Fa Luang and Mae Chan. Socioeconomic and policy-related issues significantly influence migration trends. Myanmar is the primary source of irregular migration in the study area, driven by economic instability and limited employment opportunities.

The migration rate increased significantly in 2022 compared to the other years. Lockdowns during the COVID-19 pandemic in 2020 caused a rise in irregular migration due to the closure of formal routes. In 2021, rigorous border controls reduced migration temporarily, but rates rebounded in 2022 when restrictions eased. This study underscores how restrictive border policies

influence migration patterns, with irregular migration increasing when official avenues are inaccessible, particularly in Southeast Asia, where labor mobility is crucial to the economy.

The study also discerned seasonal movement patterns, peaking in April during the summer season, with diminished rates in the dry months of October. This study suggests that irregular migration is comparatively less active at the end of the year. These findings align with prior research indicating that precipitation and minimum temperature influence the migration rate by around 40% (Pless et al., 2023). These variations are influenced by environmental and socioeconomic factors, including terrain accessibility and labor requirements associated with planting and harvesting seasons. This alignment with natural and agricultural cycles illustrates how migration patterns correspond with environmental conditions and seasonal labor availability, highlighting the direct influence of these factors on migratory trends.

Furthermore, the study revealed that most migratory episodes transpire throughout the night. These findings align with prior research illegal immigrants mostly move through natural routes at night when no officers are patrolling. Stricter enforcement during the morning might be the reason for fewer incidents in the study area. The observation that most incidents happen during nighttime hours suggests that border enforcement should be strengthened during these times to effectively prevent irregular migration (Sapprasert, 2017).

The utilization of machine learning algorithms provides significant predictive insights on irregular migration activity. XGBoost demonstrated the highest predictive accuracy among the investigated algorithms, attaining an R^2 value of 0.91 with an RMSE of 0.15 and an MAE of 0.05 and efficiently elucidating the intricate links between environmental factors and migration. Feature relevance analysis underscored the significance of roads, elevation, and rivers, affirming that geographical attributes are crucial in determining migrants' route selection and movement viability.

This study identified road networks, elevation, and rivers as the primary environmental factors affecting migration, with road networks being the most significant factor, accounting for 32.49% relevance in the XGBoost algorithm. This discovery highlights that roads facilitate not just rapid and accessible pathways but also assist migrants in avoiding detection.

A prior study also reveals that illegal immigrants mostly use main roads for transport, as well as forest trails and indirect routes to avoid detection at state investigation posts (Karrachitawaragul, 2016). The elevation is the second significant, accounting for 14.02 %. The gentler inclines in regions such as Mae Sai and Chiang Saen facilitate transportation, in stark contrast to the mountainous obstacles present in other locales. River was the third significant factor, accounting for 13.83 %. River crossings, especially during low water conditions, provide supplementary access locations. Meanwhile, bare soil conditions have little direct influence on migrants' movement decisions, as they were the last significant factor for the irregular movement, accounting for only 3.76%.

The creation of a risk map identifying high-risk migration areas offers significant insights into border control initiatives. Risk maps define high-risk zones in Mae Sai and certain areas of Chiang Saen as the essential locations for migration controls. These districts are significantly impacted by their proximity to international borders, accessible topography, and transportation networks, making them crucial to enforcement initiatives. Moderate-risk zones, such as Mae Fa Luang and particular areas of Chiang Saen, serve as transitional regions, often connecting high-risk zones to adjacent places. Low-risk areas, primarily in Mae Chan and the interior of Mae Fa Luang, are marked by inadequate infrastructure, challenging topography, and lower connection, which restricts their migration activities.

Environmental factors influence migration patterns across countries over time, but the size of the effects depends on the economic and sociopolitical context and the environmental factors considered (Hoffmann et al., 2020). There are various factors influencing irregular migration, and the conditions in both origin and destination countries are important. The problem with the manpower and expertise of the border control agency also influences irregular migration, which also requires attention (Asst. Prof. Pol.Col. Dr. Prapon Sahaphanthana, 2020).

Conclusions

The study result emphasized that irregular movement in Chiang Rai is shaped by a combination of spatial, temporal, demographic, and environmental factors, with infrastructure, geographical location, and border proximity playing crucial roles. This study provides essential insights for improving border control procedures and comprehending the environmental factors influencing irregular migration. The tools and results obtained through this work, including risk maps and predictive models, should be applied and integrated into border control practices. Applying the guidelines from this study and collaborating with local authorities and policymakers would enhance the effectiveness of border management and irregular migration control in the region.

Acknowledgements

I would like to express my deepest gratitude to my supervisor to Asst. Prof. Phattharaphorn Soithong for supporting in all aspects of my research and university life. I am sincerely thankful to the Chiang Rai Border Control Authority for providing essential arrest point data, which played a crucial role in training the algorithms used in this study. Special thanks go to my classmates for their assistance with technical methods and generous suggestions that enriched my research. I would like to thank the commander of the Royal Thai Police for granting me this opportunity to enhance my experience and reach new milestones in my professional journey. To my family, I am deeply grateful for their understanding, unwavering support, and belief in me.

References

Aenihon, P. (2018). *Foreign Workers: Implementation and Administration in Thailand*. Mahachulalongkornrajavidyalaya University,Thailand. Retrieved 1/10/2023 from https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jam/article/download/139681/115408

Asst. Prof. Pol.Col. Dr. Prapon Sahaphanthana, e. a. (2020). *The threat from transnational crime in Thailand and ASEAN, a case for illegal immigrants to commit crimes in Thailand*. Thailand Science Research and Innovation (TSRI).

Harkins, B. (2019). *Thailand Migration Report 2019*. United Nations Thematic Working Group on Migration in Thailand. Retrieved 3/10/2023 from https://thailand.un.org/en/50831-thailand-migration-report-2019

Hoffmann, R., Dimitrova, A., Muttarak, R., Crespo Cuaresma, J., & Peisker, J. (2020, 2020/10/01). A meta-analysis of country-level studies on environmental change and migration. *Nature Climate Change, 10*(10), 904-912. https://doi.org/10.1038/s41558-020-0898-6

Jakkawat, C. (2017). *Foreign Workers Management and National Security in Chiangrai Province*. Army War College. Retrieved 2/10/2023 from http://awc.ac.th/storage/research/87.pdf

Karrachitawaragul, C. (2016). *The Application of Geographic Information System for Analysis of Illegal Migration and Drug Trafficking Pattern: A Case Study of Tak Province*. Retrieved 3/01/2024 from https://ir.swu.ac.th/jspui/handle/123456789/28470

Khanawiwat, S. C. T. (2020). *The Report on the Route of Migration from Myanmar and Cambodia to Thailand*. Plan International Thailand. Retrieved 5/10/2023 from https://plan-international.org/uploads/sites/82/2022/02/migration_route_report.eng_.fairfish.pdf

Migration, I. O. f. (n.d.). *Key Migration Terms*. Retrieved 2023 1/10/2023 from https://www.iom.int/key-migration-terms

Office, C. R. P. (2022). *Chiang Rai Provincial Development Plan 2023-2027*. Retrieved 5/01/2024 from https://chiangrai.gdcatalog.go.th/dataset/planning

Onanong Thippimol, T. S., Dulyapak Preecharushh, Supalak Ganjanakhundee, Akkharaphong Khamkhun. (2011). *Boundaries of Siam/Thailand-Malaysia-Burma-Laos-Cambodia*. The Foundation for The Promotion of Social Science and Humanities Textbooks Project.

Pless, E., Eckburg, A. M., & Henn, B. M. (2023). Predicting Environmental and Ecological Drivers of Human Population Structure. *Molecular Biology and Evolution, 40*(5). https://doi.org/10.1093/molbev/msad094

Sapprasert, C. A. (2017). *Problems of Illegal Immigrants with Thailand's security (Chantaburi and Trat Provinces)* Army War College]. http://awc.ac.th/storage/research/24.pdf

Development of 3D Online Material Form of a Metaverse Titled Reserved Wildlife and Rare Plants in Thailand

Preedawon Kadmateekarun[1*]

[1] Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University, 1 U-Thong nok Road, Dusit, Bangkok 10300 Thailand

*Corresponding author E-mail: preedawan.ka@ssru.ac.th

Abstract

The objectives of this research 1) create 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand 2) compare learning outcomes before and after using 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand, and 3) study the satisfaction from using 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand. The sample group in this research was 30 students from computer graphic and digital media course, major of information technology, faculty of science and technology, Suan Sunandha Rajabhat University. There were selected by a purposive sampling method. The research tools consisted of 1) 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand 2) an achievement test, and 3) a satisfaction questionnaire. The statistical tools use by t-test, mean and standard deviation. The research results are following 1) 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand. 2) the sample group had a significantly higher post-test score than the pre-test score at a level of .05, and 3) the satisfaction result of the sample group with 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand is satisfied level ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.38)

Keywords : Metaverse, Reserved Wildlife, Rare Plants

Introduction

Metaverse is a virtual world technology that emerged during the Covid-19 pandemic, which has a variety of roles, such as in education, which can create teaching media etc. Currently, Thailand has reserved wildlife and rare plants that are near extinction due to natural disasters and human encroachment. This may result in Thailand losing these things in the future due to complete extinction and may not be found in other countries. For example, the number of Thai elephants in Thailand has been continuously decreasing. According to the Thai Elephant Alliance, in 1957, there were approximately 12,500 Thai elephants in the country, but in 2022, there were only 3,800 Thai elephants left in Thailand, a decrease of more than 70% in the past 65 years. (Thai Elephant Alliance, 2022) From the statistics, it can be seen that wild animals such as Thai elephants that we often see have significantly decreased in number and are likely to continue to decrease. It may cause Thai elephants to become extinct in the next few years. This also includes rare plants that are hard to find. If there is no conservation or propagation of plants, they may also become extinct in Thailand. Bokyung (Bokyung, 2022) had applied of metaverse to medical students and found that the overall effect of metaverse is effective and interesting, it can benefit from experiences that are impossible or limited in the real world by simulating situations in the virtual world. Hyeonju (Hyeonju, 2022) had studied the use of metaverse classrooms in teaching aircraft maintenance simulation methods and found that the group that used metaverse classrooms in teaching had higher scores than the group that used video training methods. Therefore, the author had applied metaverse knowledge to support the conservation of reserved wildlife and rare plants that are near extinction. By creating models of reserved wildlife and rare plants and creating an environment of a forest area for players to enter and study the information displayed in the area or do activities that have been prepared. Players can make an appointment to talk to each other and can automatically change their avatars in the metaverse via supported devices such as smart phones and smart glasses etc., which will create a virtual experience. Including presenting straightforward information in the context of the real situation at that time. Finally, it reduces the limitations of time, cost and travel.

Materials and methods

1. 3D modeling: It is a process of creating models including players, reserved wildlife and rare plants using a wireframe structure to display the those models in a three-dimensional, moving manner. It consists of the steps 1) adding color and pattern (Texturing), including adding patterns to clothing for players, adding skin to reserved wildlife and adding texture to rare plants. 2) adding bones (Rigging) to control the movement of the models. 3) creating movement (Animate) to make players move naturally based on reality. 4) adding light and shadow (Lighting) to the models, and 5) rendering images with the PAL system which uses 25 fps (frame per second). The tool used for this process is the Blender program. The example result for 3D modeling of reserved wildlife are shown in figure 1 and 3D modeling of rare plants are shown in figure 2.

Figure 1 3D modeling of reserved wildlife

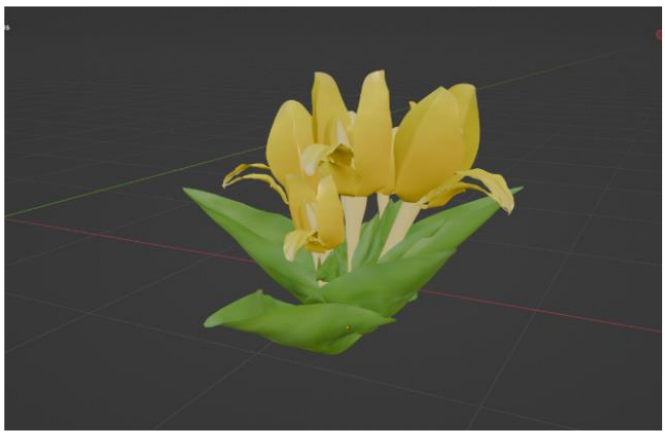


Figure 2 3D modeling of rare plants

2. Creating virtual environments: Unity 3D is used to create virtual environments. VR (Virtual Reality) which is a space for inserting 3D models for decoration such as trees, rocks, waterfalls as shown in figure 4 and create AR (Augmented Reality) to show information about animals and plants as shown in figure 3.

Figure 3 Virtual environments

3. Online publishing: It is a process of creating 3D online material form of a metaverse by Spatial.io which is a platform for creating a virtual world or metaverse that uses spatial VR (Virtual Reality) technology and allow players to create an avatar in the form of 3D model to play game. Players visit reserved wildlife and rare plants in the virtual world as shown in figure 4.

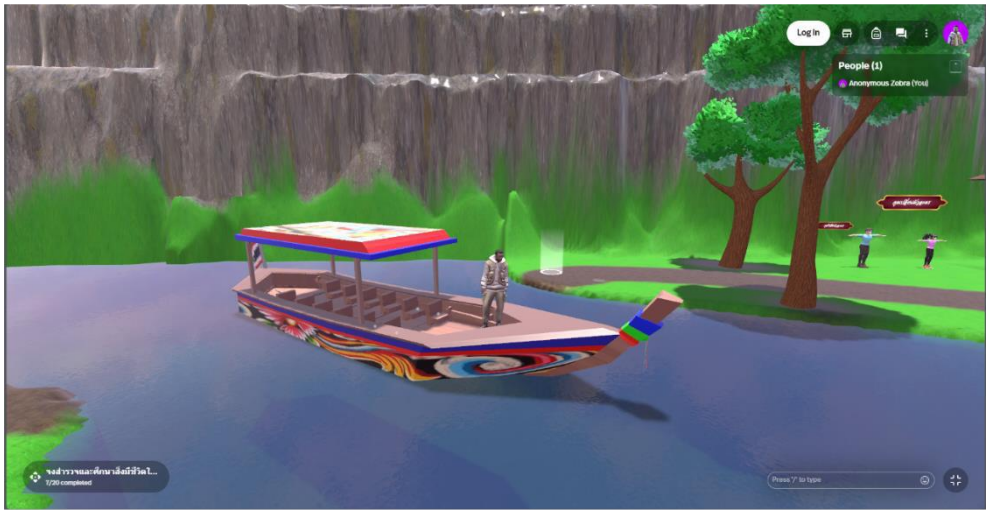


Figure 4 Players visit reserved wildlife and rare plants

4. Comparing of learning outcomes and studying the satisfaction: 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand was trained to a sample group of 30 students from computer graphic and digital media course, major of information technology, faculty of science and technology, Suan Sunandha Rajabhat University to compare learning outcomes before and after by t-test (Kasetiam, 2022). There was study the satisfaction using Google Form of the sample group to find the mean and standard deviation. (Boonchuen et al., 2023)

The satisfaction form for using 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand based on the Likert scale uses 5 levels of criteria: the most, much, moderate, little and least. (Likert, 1961) The results from the responses can be interpreted as follows: (Best, 1981)

5.00 – 4.50	Very satisfied
4.49 – 3.50	Satisfied
3.49 – 2.50	Neither dissatisfied or satisfied
2.49 – 1.50	Dissatisfied
1.49 – 1.00	Very dissatisfied

Results

1. Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand consisting of 8 types of reserved wildlife and 12 types of rare plants which appear in Spatial.io platform.

2. Comparative results of academic achievement before and after learning with the sample group using Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand found that the sample group had a significantly higher post-test score than the pre-test score at a level of .05.

3. The results of the study on the satisfaction of the sample group towards Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand are shown in table 1.

Table 1 Shows the results of the satisfaction of the sample group towards Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand

	Topics	$\bar{x}$	S.D.	Level
1	reserved wildlife	4.45	0.42	Satisfied
2	rare plants	4.31	0.27	Satisfied
3	movement of 3D models	4.01	0.17	Satisfied
4	sound effects	4.45	0.42	Satisfied
5	3D model layout	4.45	0.42	Satisfied
6	font size of data tag	4.45	0.42	Satisfied
7	benefits of data tag	4.67	0.58	Very satisfied
8	mission complexity	4.45	0.42	Satisfied
9	variety of 3D models	4.31	0.27	Satisfied
10	overall satisfaction	4.45	0.42	Satisfied
Average		**4.40**	**0.38**	**Satisfied**

From table 1, it was found that the average of satisfaction was at satisfied level ($\bar{x}$ = 4.40, S.D. = 0.38). When considering each topics, it was found that benefits of data tag was at very satisfied level ($\bar{x}$ = 4.67, S.D. = 0.58).

Discussion

The academic achievement before and after learning using Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand for the sample group, it was found the sample group had a significantly higher post-test score than the pre-test score at a level of .05. This may be the 3D online material form of a metaverse created learning experience that the players could have an avatar and interact with the 3D online material form of a metaverse.

The satisfaction of the sample group toward Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand found that all 10 topics gave a

satisfied level of overall satisfaction. This may be the sample group can be learn online in a virtual way by themselves. It has easy access anywhere and anytime.

Conclusions

The academic achievement with the sample group using Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand found that the sample group had a significantly higher post-test score than the pre-test score at a level of .05. The satisfaction of the sample group toward Development of 3D online material form of a metaverse titled reserved wildlife and rare plants in Thailand was at satisfied level ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.38). It can be used for online or distance learning for learners with time, cost and travel constraints.

Acknowledgements

The authors are grateful to the major of Information Technology, students and the Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University to supporting this research.

References

Thai Elephant Alliance. (2022, June 18). https://www.thaielephantalliance.org/th/detail/10.html

Bokyung, K. (2022). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. Journal of Educational Evaluation for Health Professions, 31(3), 1-13. https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32

Hyeonju, L. (2022). Virtual Reality Metaverse System Supplementing Remote Education Methods: Based on Aircraft Maintenance Simulation. https://doi.org/10.3390/app12052667

Kasetiam, N. (2022). Development of an online metaverse lesson using with active learning approach titled “Technology for solving problems” in design and technology

course of 9th-grade students. M.Ed. Independent Study in Educational Technology and Communications. Naresuan University.

Boonchuen, C., Chueanongkwai, T., & Kankhat, S. (2023). Development of 3D learning materials through metaverse Mae Kha Canal case study. Science and Technology to Community, 1(2), 27–35.

Likert, S. (1961). New patterns of management. New York: McGraw-Hill.

Best J. W. (1981). Research in Education (4th ed). New Delhi, Prentice Hall of India Pvt. Ltd.

การสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21

The development of a learning model emphasizing individual differences among students at Maerimwittayakom School to promote science teaching and 21st century skills

ภาณุพัฒน์ ชัยวร[1] พชร ซาวคำ[1*] ธินัญญา ใจแจ้ง[1] และ สเตฟาน รุซมาร์น[1]

Panupat Chaiworn[1] Pachara Saokam[1*] Thinanya Jaijang[1] and Stefan Rucman[1]

[1]**หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50300**

[1]Master of Science Program, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50300

*Corresponding author E-mail: patcharasaokam@gmail.com

บทคัดย่อ

วิจัยในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์คือ 1) เพื่อสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม 2) เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม โดยแบ่งการวิจัยเป็น 4 ขั้นตอน กลุ่มตัวอย่างได้จากการแบ่งกลุ่ม จำนวน 56 คน ประกอบด้วยนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแม่ริมวิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 2 แผนการเรียน เครื่องมือที่ใช้ คือ 1) แบบสอบถามพฤติกรรมรูปแบบการเรียนรู้ 2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล เรื่อง การแบ่งเซลล์ สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า การสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ SGCA เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (วิทยาศาสตร์สุขภาพ) และแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (วิศวกรรมศาสตร์-AI) มีค่าประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน 81.25/82.50 และ 82.14/80.36 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 โดยมีแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลโดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA ซึ่งมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ .05

คำสำคัญ : รูปแบบการเรียนรู้ ความแตกต่างระหว่างบุคคล การสอนวิทยาศาสตร์ ทักษะในศตวรรษที่ 21

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop a learning model emphasizing individual differences for students at Maerimwittayakom School, and 2) promote science teaching and 21st century skills among these students. The research was conducted in four phases. The sample consisted of 56 tenth- grade students from two different study programs at Maerimwittayakom School during the first semester of the 2024 academic year, selected through group sampling. The research instruments were: 1) a Learning Style Behavior Questionnaire, 2) a Learning Management Plan emphasizing individual differences on the topic of Cell Division for tenth- grade students, and 3) an Academic Achievement Test. Data were analyzed using descriptive statistics including frequency, percentage, mean, and standard deviation. The findings revealed that the developed learning model emphasizing individual differences using the SGCA learning model to promote science teaching and 21st century skills had efficiency values of 81.25/82.50 for the Science- Mathematics (Health Science) program and 82.14/80.36 for the Science-Mathematics (Engineering-AI) program, both exceeding the 80/80 criterion. The learning management plan emphasizing individual differences using the SGCA learning model resulted in significantly higher post- test learning achievement compared to pre- test scores at the .05 level of statistical significance.

Keywords : learning styles, individual differences, science teaching, 21st century skills

บทนำ

มนุษย์เรามีความคล้ายคลึงกันอยู่หลายประการ เช่น ต่างก็มีความต้องการ มีความรู้สึก มีอารมณ์แต่ในขณะเดียวกันบุคคลแต่ละคนก็มีความแตกต่างจากคนอื่น ๆ ได้หลายประการ เช่น มีรูปร่างต่างกัน มีสีของตา สีของผมต่างกัน มีความชอบและความถนัดแตกต่างกัน แม้แต่คู่แฝดยังมีความแตกต่างกัน เช่น แตกต่างกันในความคิดและอารมณ์ ฉะนั้นเราอาจกล่าวได้ว่า ไม่มีผู้ใดจะมีความเหมือนกันไปเสียทุกสิ่งทุกอย่าง ความแตกต่างของนักเรียนจึงเป็นเรื่องที่ควรเข้าใจและศึกษาเพื่อให้เข้าใจความต้องการของนักเรียนว่าวิธีการจัดการเรียนการสอนรูปแบบใดที่เหมาะสมกับธรรมชาติการเรียนรู้ของนักเรียน

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีการพัฒนาอย่างมาก ทั้งความก้าวหน้าด้านการวิจัย การประดิษฐ์คิดค้น นวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในกิจการด้านต่าง ๆ เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน ต้องมีการปรับเปลี่ยนให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของสังคม อีกทั้ง การเตรียมคนไทยให้มีศักยภาพพร้อมดำรงชีวิตอยู่ในศตวรรษที่ 21 ในด้านการขับเคลื่อนการปฏิรูปการศึกษาฯ ได้ให้ความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพของคนไทย

โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพผู้เรียน ให้มีความรู้ ความสามารถ และมีคุณลักษณะอันพึงประสงค์สอดคล้องกับความคาดหวังของสังคมไทยและสังคมโลก การดำเนินชีวิตของคนยุคใหม่ที่ต้องค้นพบและใช้ศักยภาพที่แตกต่างของตนให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการประกอบอาชีพและช่วยเหลือสังคม ก่อให้เกิดการประสานความร่วมมือและการแข่งขันในสังคมอย่างกว้างขวางและซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้เรียนได้พัฒนาตามความแตกต่างระหว่างบุคคล คือได้ค้นพบและเพิ่มพูนศักยภาพที่แตกต่างระหว่างตนเองกับผู้อื่นอันนำไปสู่การทำงานร่วมกัน การจัดการศึกษาจะบรรลุเป้าหมายนี้ได้ ผู้สอนต้องใช้สารสนเทศจากการวัดและประเมินผลไปจัดทำข้อมูลผู้เรียนและใช้การวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล เปิดโอกาสให้ผู้เรียนพัฒนาตนเองและยกระดับศักยภาพด้านนั้นๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2550) การพัฒนาออกแบบวิธีการเรียนการสอนหรือการนำรูปแบบการสอนที่เหมาะสมมาใช้เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามความแตกต่างระหว่างบุคคล ถือเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องกับหลักการและแนวทางการจัดการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ Shambaugh & Magliaro (1997) ให้ความหมายของการออกแบบการเรียนการสอน คือ กระบวนการเชิงระบบที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของผู้เรียน เพื่อจัดหาสิ่งที่จะช่วยให้นักออกแบบการเรียนการสอนสร้างสิ่งที่เป็นไปได้เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เรียน การออกแบบการเรียนการสอนมีลักษณะที่สำคัญ การจัดการเรียนรู้ตามความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นแนวทางสำคัญในการส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนให้เหมาะสมตามความถนัดและความสามารถเฉพาะตน ซึ่งช่วยเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนสามารถปรับตัวและแข่งขันในสังคมยุคศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ การจัดการเรียนการสอนที่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลยังคงเป็นความท้าทาย เนื่องจากต้องอาศัยข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับผู้เรียนและการออกแบบวิธีการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับลักษณะเฉพาะของแต่ละคน การวิจัยครั้งนี้จึงมีความสำคัญในการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ตอบสนองความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยมุ่งส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทั้งด้านความรู้ ความสามารถ และการประยุกต์ใช้ทักษะในชีวิตจริง

ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อสร้างและพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลสำหรับนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม จังหวัดเชียงใหม่ และประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นในการส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงพัฒนาการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแม่ริมวิทยาคม อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยดำเนินการระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2567 กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนจำนวน 56 คน ที่คัดเลือกด้วยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยมีการเก็บข้อมูลพื้นฐานผ่านแบบสอบถามเพื่อวิเคราะห์เพศและพฤติกรรม

การเรียนรู้ โดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลเชิงสรุปจากกลุ่มตัวอย่าง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้รับการพัฒนาตามหลักการที่เหมาะสมกับผู้เรียน และนำไปทดสอบประสิทธิภาพกระบวนการ/ผลลัพธ์ (E1/E2) ตามเกณฑ์ 80/80 พร้อมวิเคราะห์ผลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นอกจากนี้ ยังใช้สถิติอนุมาน (Inferential Statistics) โดยทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อสรุปผลจากกลุ่มตัวอย่างไปสู่ประชากรทั้งหมด

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลการศึกษาวิจัยเรื่องการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแม่ริมวิทยาคม เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 ผลการดำเนินการวิจัยในบทนี้แบ่งเป็น 4 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วิเคราะห์ข้อมูลในด้านเพศ หาค่าสถิติพื้นฐานร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถามที่ได้จากการตอบแบบสอบถามพฤติกรรมรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (แบบสอบถาม)

ตารางที่ 4.1 แสดงจำนวนและร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังนี้

แผนการเรียน	จำนวน			ร้อยละ		
	เพศชาย	เพศหญิง	รวม	เพศชาย	เพศหญิง	รวม
วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (วิทยาศาสตร์สุขภาพ) (วิทย์สุขภาพ)	9	19	28	32.14	67.86	100
วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (วิศวกรรมศาสตร์-AI (Artificial Intelligence)) (วิศวะฯ-AI)	20	8	28	71.43	28.57	100
รวม	**29**	**27**	**56**			
ร้อยละ	**51.79**	**48.21**	**100**			

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามในแผนการเรียนวิทย์สุขภาพ เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย และแผนการเรียนวิศวะฯ-AI เป็นเพศชายมากกว่าเพศหญิง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลความแตกต่างระหว่างบุคคลด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	แผนการเรียนวิทย์สุขภาพ (28 คน)	แผนการเรียนวิศวะฯ-AI (28 คน)	รวม
ต่ำกว่า 1.00	0	0	0
1.00 - 1.49	0	0	0
1.50 - 1.99	0	0	0
2.00 – 2.49	0	2	2
2.50 – 2.99	2	6	8
3.00 – 3.49	18	13	31
3.50 – 3.99	8	7	15
4.00	0	0	0

จากตารางที่ 4.2 แสดงว่า นักเรียนแผนการเรียนวิทย์สุขภาพและวิศวะฯ-AI มีคะแนนเฉลี่ยในช่วง 3.00 – 3.49 มากที่สุด โดยนักเรียนแผนการเรียนวิทย์สุขภาพส่วนมากมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนแผนการเรียนวิศวะฯ-AI

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนที่ได้จากการตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการแปลผลจากแบบสอบถามของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามรูปแบบการเรียนรู้

แผนการเรียน	รูปแบบการจัดการเรียนรู้	$\overline{X}$	S.D.	การแปลผล
วิทย์สุขภาพ (28 คน)	แบบอิสระ	2.78	0.32	ปานกลาง
	แบบหลีกหนี	1.37	0.32	น้อย
	แบบร่วมมือ	3.92	0.22	มาก
	แบบพึ่งพา	2.17	0.32	น้อย
	แบบแข่งขัน	2.14	0.30	น้อย
	แบบมีส่วนร่วม	2.93	0.34	ปานกลาง
วิศวะฯ-AI (28 คน)	แบบอิสระ	2.32	1.06	น้อย
	แบบหลีกหนี	2.23	1.03	น้อย
	แบบร่วมมือ	3.67	0.59	มาก
	แบบพึ่งพา	2.30	0.96	น้อย

แผนการเรียน	รูปแบบการจัดการเรียนรู้	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
	แบบแข่งขัน	2.40	1.16	น้อย
	แบบมีส่วนร่วม	2.67	1.15	ปานกลาง

ระดับค่าเฉลี่ยของการใช้รูปแบบการเรียนรู้

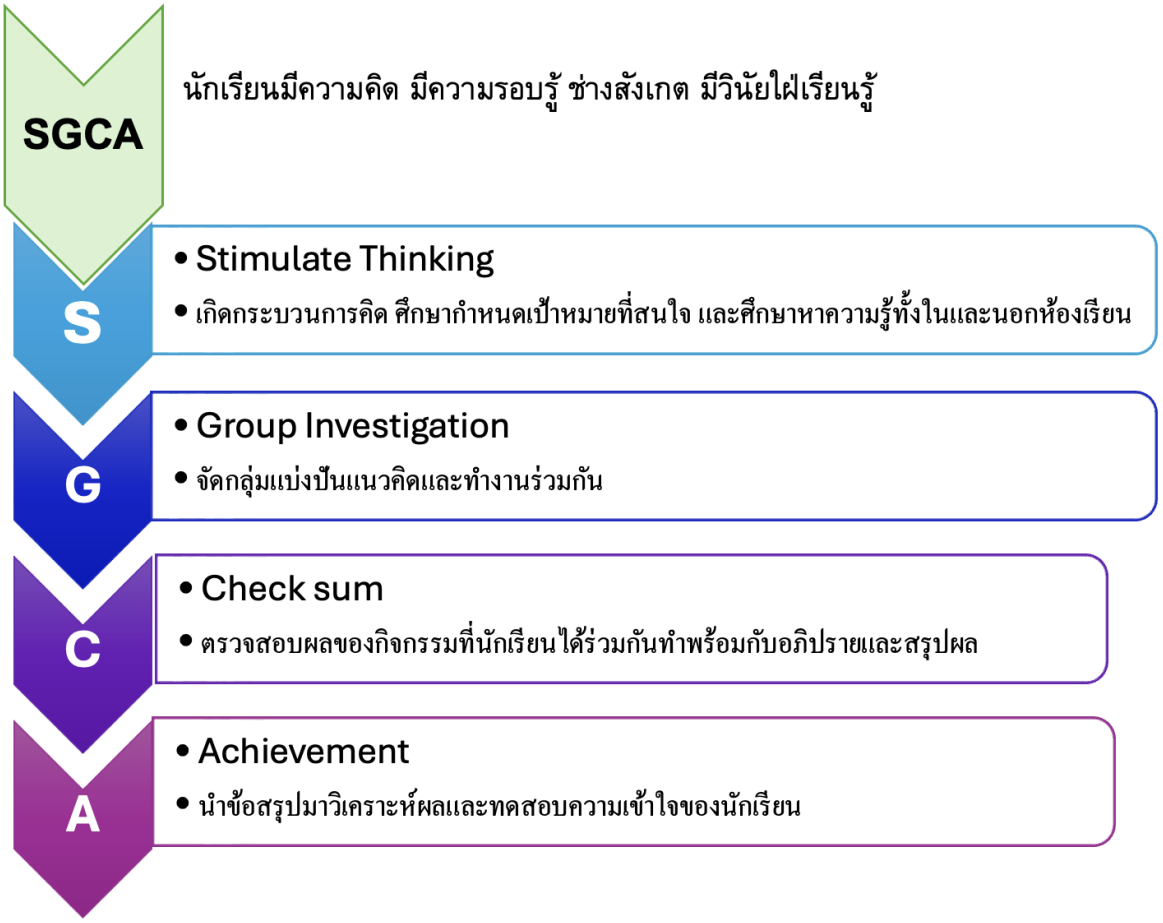
1.00 - 2. 49 หมายถึง ใช้รูปแบบการเรียบรู้ในระดับ น้อย

2 50 - 3.49 หมายถึง ใช้รูปแบบการเรียนรู้ในระดับ ปานกลาง

3.50 - 5.00 หมายถึง ใช้รูปแบบการเรียนรู้ในระดับ มาก

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่านักเรียนแผนการเรียนวิทย์สุขภาพและวิศวะฯ-AI มีพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ตรงกัน คือ แบบร่วมมือ โดยแปลผลอยู่ในระดับมาก คิดค่าเฉลี่ยของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือจากทั้งสองแผนการเรียนได้เป็น 3.80

ดังนั้นผู้วิจัย จึงได้สร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลจากการวิเคราะห์แบบสอบถาม โดยถอดพฤติกรรมรูปแบบการเรียนรู้แบบร่วมมือมาวิเคราะห์ ทำให้เกิดรูปแบบการเรียนรู้แบบ Stimulate Thinking, Group Investigation, Check Sum, and Achievement (SGCA) ดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA

1. ขั้นกระบวนการคิด (Stimulate Thinking) จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้างสรรค์ทางปัญญาที่เน้นกระบวนการเรียนรู้มากกว่าเนื้อหาวิชา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ หรือสร้างความรู้ให้เกิดขึ้นในตนเอง ด้วยการลงมือปฏิบัติจริงผ่านสื่อหรือกิจกรรมการเรียนรู้ ที่มีครูผู้สอนเป็นผู้แนะนำ กระตุ้น หรืออำนวยความสะดวก ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ขึ้น โดยกระบวนการคิดขั้นสูง กล่าวคือ ผู้เรียนมีการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และการประเมินค่าจากสิ่งที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนรู้ ทำให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความหมายและนำไปใช้ในสถานการณ์อื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ขั้นทำงานร่วมกัน (Group Investigation) ครูแนะนำเนื้อหา แนะนำแหล่งข้อมูล นักเรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรมตามใบงาน โดยแต่ละคนจะมีบทบาทหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย เพื่อร่วมกันรับผิดชอบต่อผลงานกลุ่ม ในการทำกิจกรรมกลุ่มเป็นขั้นตอนที่สมาชิกภายในกลุ่มจะได้ฝึกทักษะการเรียนรู้ร่วมกัน การทำงานเป็นทีมการร่วมกันรับผิดขอบในงานที่ได้รับมอบหมาย ร่วมกันแสดงความคิดเห็น ร่วมกันทำงานตามบทบาทหน้าที่ที่ได้รับ โดยผู้สอนอาจใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมแรงร่วมใจที่น่าสนใจและเหมาะสมกับผู้เรียน ผู้สอนสังเกตการทำงานของกลุ่ม เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้ความกระจ่างในกรณีที่ผู้เรียนสงสัยหรือต้องการความช่วยเหลือ มอบหมายภาระงานให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยใช้ใบงานผ่าน live worksheet เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21

3. ขั้นตรวจสอบผล (Check Sum) สมาชิกภายในกลุ่มจะรายงานผลการดำเนินงานกลุ่มได้ ผู้สอนและเพื่อนกลุ่มอื่นสามารถซักถามหรือแลกเปลี่ยนเรียนรู้เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น เน้นการตรวจผลงานกลุ่มและผลงานรายบุคคล ในบางครั้งผู้เรียนอาจต้องซ่อมเสริมสิ่งที่ยังต้องปรับปรุง แล้วจึงทำการทดสอบผลงานอีกครั้ง

4. ขั้นสรุปผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน (Achievement) ผู้สอนและผู้เรียนช่วยกันสรุปบทเรียน ผู้สอนช่วยเสริมเพิ่มเติมความรู้ที่จำเป็นหรือไม่ครอบคลุม เพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายการเรียนที่กำหนดไว้ และช่วยกันประเมินผลการทำงานกลุ่มทั้งส่วนที่เด่นและส่วนที่ควรปรับปรุงแก้ไข ทดสอบผู้เรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ตอนที่ 3 วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA (ชุดกิจกรรม) ตามเกณฑ์ 80/80 ด้วยค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ/ผลลัพธ์ (E1/E2) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพชุดกิจกรรมเรื่องการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

แผนการเรียน	ผลการทดสอบ	ค่าเฉลี่ยร้อยละ	ประสิทธิภาพของกระบวนการเรียนรู้
วิทย์สุขภาพ	ระหว่างเรียน E1	81.25	81.25/82.50
	หลังเรียน E2	82.50	
วิศวะฯ-AI	ระหว่างเรียน E1	82.14	82.14/80.36
	หลังเรียน E2	80.36	

จากตารางที่ 4.4 แสดงว่า คะแนนจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียนของนักเรียนแผนการเรียนวิศวะฯ-AI มีค่าเฉลี่ยร้อยละมากกว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนแผนการเรียนวิทย์สุขภาพ ในขณะที่คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแผนการเรียนวิทย์สุขภาพ มีค่าเฉลี่ยร้อยละมากกว่าของนักเรียนแผนการเรียนวิศวะฯ-AI และจากค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนระหว่างเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนทั้งสองแผนการเรียน แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

ตอนที่ 4 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน) ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA

แผนการเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	คะแนนเต็ม	N	$\bar{X}$	S.D.
วิทย์สุขภาพ	ก่อนเรียน	20	28	11.25	1.82
	หลังเรียน	20	28	16.50	1.71
วิศวะฯ-AI	ก่อนเรียน	20	28	8.21	1.91
	หลังเรียน	20	28	16.07	2.24

จากตารางที่ 4.5 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนแผนการเรียนวิทย์สุขภาพและวิศวะฯ-AI ก่อนการจัดการเรียนรู้มากกว่าหลังการจัดการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิจารณ์ผล

ผลการสร้างรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ของผู้เรียนให้บรรลุตามจุดมุ่งหมาย ทั้งนี้ เนื่องมาจากรูปแบบการเรียนการสอนได้รับการพัฒนาอย่างเป็นระบบ มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับทฤษฎี หลักการเรียนการสอนได้รับการพิสูจน์ทดลอง พบว่า มีประสิทธิภาพช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ จินตนา ศิริธัญญารัตน์ และ วิสาข์ จัติวัตร์ (2558) ที่ผลการวิจัยพบว่า (1) รูปแบบการเรียนการสอนมีองค์ประกอบคือ หลักการ วัตถุประสงค์ กระบวนการเรียนการสอน 7 ขั้นตอน และเงื่อนไขการนำรูปแบบไปใช้ (2) การศึกษาประสิทธิผลของรูปแบบและผลการขยายผลพบว่าหลังการเรียนการสอนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการกลยุทธ์การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง อีกทั้งยังสอดคล้องกับแนวคิดของการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนของ Grasha & Riechmann (1975) ที่

เป็นการแบ่งตามลักษณะบุคลิกภาพของผู้เรียน สังเกตจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน และปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับเพื่อนร่วมห้อง กราซา และ ไรซ์แมน ได้แบ่งลีลาการเรียนรู้ของผู้เรียนในชั้นเรียนตามลักษณะบุคลิกภาพของผู้เรียนออกเป็น 6 กลุ่ม คือ ลีลาการเรียนรู้แบบอิสระ (Independent) มีลักษณะเป็นคนชอบศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ชอบคิดเอง ชอบทำงานคนเดียว แต่ก็ยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน ๆ ในชั้นเรียน ลีลาการเรียนรู้แบบหลีกเลี่ยง (Avoidance) มีลักษณะเป็นคนไม่สนใจเนื้อหาวิชา ไม่ชอบมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอน ไม่สนใจเรียนแต่บางครั้งก็ให้ความสนใจจนเกินขอบเขต ลีลาการเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative) มีลักษณะเป็นคนที่เรียนรู้ได้ดีถ้าได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและแบ่งปันความรู้กับเพื่อน ให้ความร่วมมือกับผู้สอนและเพื่อนดี ชอบทำงาน ร่วมกันและมีความเห็นว่าห้องเรียนเป็นสถานที่เหมาะสม ลีลาการเรียนรู้แบบพึ่งพา (Dependent) มีลักษณะเป็นคนที่ไม่ค่อยกระตือรือร้นในการเรียนและจะเรียนเฉพาะในสิ่งที่กำหนดให้เรียนเท่านั้น ลีลาการเรียนรู้แบบแข่งขัน (Competitive) มีลักษณะเป็นคนที่เรียนรู้ได้ดี ถ้ามีการแข่งขันกับผู้อื่น เพื่อหวังรางวัล และคิดว่าตนเองจะต้องเป็นผู้ชนะเสมอ ลีลาการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (Participant) มีลักษณะเป็นคนที่ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียนมาก แต่มีส่วนร่วมในกิจกรรมนอกหลักสูตรน้อย ดังนั้นผู้เรียนแต่ละคนมีลีลาการเรียนรู้แตกต่างกันออกไป ลีลาการเรียนรู้แต่ละรูปแบบเหล่านี้ผู้สอนต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมเพื่อดึงความสนใจของผู้เรียนให้เรียนรู้ไปตามลีลาที่ตนเองถนัด การวิจัยในครั้งนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจในลีลาการเรียนรู้แบบร่วมมือมากและลีลาการเรียนรู้แบบหลีกหนีน้อยที่สุด

ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA เพื่อส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนแม่ริมวิทยาคม พบว่า สามารถพัฒนาผู้เรียนทั้งสองแผนการเรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน เนื่องจากเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA ที่มีความน่าสนใจ มีเนื้อหาที่ศึกษาแล้วเข้าใจง่าย กระชับ และชัดเจน และสอดคล้องกับงานวิจัยของกฤติยา อริยา และคณะ (2559) ที่พบว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 แสดงว่านักเรียนที่เรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ SGCA มีความก้าวหน้าและพัฒนาขึ้น เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความร่วมมือกันในกลุ่มและสร้างปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน การมีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งเสริมซึ่งกันและกัน เป็นการติดต่อสัมพันธ์กันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน การอธิบายความรู้ให้แก่เพื่อนในกลุ่มฟัง ให้นักเรียนมีจุดมุ่งหมายเดียวกันได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ เสริมสร้างความสามัคคีและเมื่อทำตามจุดมุ่งหมายของกลุ่มได้สำเร็จได้รับความชื่นชมได้รับรางวัลเป็นการเสริมแรงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเพิ่มขึ้น

เพื่อให้การวิจัยได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จึงมีข้อเสนอแนะที่สำคัญสำหรับการวิจัยในอนาคต โดยเริ่มต้นด้วยการพัฒนาชุดกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง ซึ่งควรพิจารณาให้มีความหลากหลายและยืดหยุ่น เพื่อให้สามารถใช้ได้กับการเรียนการสอนในวิชาอื่น ๆ อีกทั้ง การศึกษาความเหมาะสมของการใช้รูปแบบการจัดเรียนรู้แบบ SGCA ในสาขาวิชาอื่น ๆ เช่น สังคมศาสตร์และภาษาศาสตร์ ก็เป็นสิ่งที่ควรทำ เพื่อลองเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์

การเรียนรู้ที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่คล้ายกันในบริบทที่แตกต่าง นอกจากนี้ สามารถนำผลการวิจัยไปปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน สร้างความสัมพันธ์ที่ดีกับนักเรียน โดยทำให้เห็นว่าผลการเรียนรู้มีคุณค่าต่อการพัฒนาศักยภาพของนักเรียนเพิ่มมากขึ้น และเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้ง ควรมีการสำรวจความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากนักเรียนเองเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่ข้อมูลที่สามารถใช้ในการปรับปรุงรูปแบบการเรียนรู้ให้ดียิ่งขึ้น อนึ่ง ผลการศึกษาสามารถนำไปพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ของครู เพื่อให้มีความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาการเรียนรู้กับพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน และการอบรมพัฒนาครูเกี่ยวกับการใช้รูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลจะช่วยสร้างสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ สนับสนุนให้นักเรียนกล้าแสดงออกและร่วมมือในการเรียนรู้ร่วมกัน

สรุปผล

จากการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามเพื่อศึกษาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม ซึ่งพบว่า แม้ว่านักเรียนจะมีความแตกต่างกันทั้งในด้านพฤติกรรมการเรียนรู้และความสามารถในการเรียนรู้ แต่ในภาพรวม นักเรียนมีความต้องการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในรูปแบบร่วมมือเพื่อพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นจุดร่วมที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทของทั้งสองแผนการเรียน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนารูปแบบการเรียนรู้ที่ชื่อว่า Stimulate Thinking, Group Investigation, Check Sum, and Achievement (SGCA) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การกระตุ้นความคิด 2) การทำงานร่วมกัน 3) การตรวจสอบผล 4) การสรุปผลสัมฤทธิ์

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้ในห้องเรียนของโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังการเรียนมีการพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลสัมฤทธิ์ก่อนการเรียน โดยแสดงให้เห็นว่า การเรียนการสอนในรูปแบบ SGCA ช่วยเพิ่มผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งเมื่อประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบการเรียนการสอน (E1/E2) พบว่า แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (วิทยาศาสตร์สุขภาพ) ได้ค่า 81.25/82.50 และแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ (วิศวกรรมศาสตร์-AI) ได้ค่า 82.14/80.36 ซึ่งทั้งสองแผนการเรียนมีประสิทธิภาพสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด (80/80)

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องด้วยได้รับความช่วยเหลือ คำปรึกษา แนะนำ ให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยตลอดจนตรวจแก้ไข ติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินการจาก ผศ. ดร. ภาณุพัฒน์ ชัยวร ผู้วิจัยขอขอบพระคุณในการสนับสนุนครั้งนี้อย่างจริงใจ นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย ซึ่งมีส่วนสำคัญในการพัฒนาความรู้และทักษะของผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณโรงเรียนแม่ริมวิทยาคม ที่ให้สถานที่ในการดำเนินงานวิจัยและการสนับสนุนต่าง ๆ ที่ทำให้การวิจัยนี้เกิดขึ้นได้อย่างสำเร็จ ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ที่ไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงกราบขอบพระคุณและขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. 2550. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม(ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545พร้อมกฎกระทรวงที่เกี่ยวข้องและพระราชบัญญัติการศึกษาภาคบังคับ พ.ศ. 2545. องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์ (ร.ส.พ.), กรุงเทพฯ.

กฤติยา อริยา, วารีรัตน์ แก้วอุไร และเพ็ญพิศุทธิ์ ใจสนิท. 2559. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการจัดการเรียน การสอนที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคลเพื่อส่งเสริมความสามารถในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักศึกษาครูมหาวิทยาลัยราชภัฏ. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 5(2).7-8.

จินตนา ศิริธัญญารัตน์ และวิสาข์ จัติวัตร. 2558. การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่บูรณาการกลยุทธ์การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูงใน ศตวรรษที่ 21 และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 7(1): 234-240.

ทิศนา แขมณี. 2551. ลีลาการเรียนรู้. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2553. พจนานุกรมศัพท์ภาษาศาสตร์ (ภาษาศาสตร์ประยุกต์). ราชบัณฑิตยสถาน, กรุงเทพฯ.

วิจารณ์ พานิช. 2555. การเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. (พิมพ์ครั้งที่ 2).มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์, กรุงเทพฯ.

วิจารณ์ พานิช. 2556. วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์. (พิมพ์ครั้งที่ 3) . ฝ่ายโรงพิมพ์บริษัทตถาตาพับลิเคชั่น, กรุงเทพฯ.

วรพจน์ วงศ์กิจรุ่งเรือง และอธิป จิตฤกษ์. 2556. ทักษะแห่งอนาคตใหม่ การศึกษาเพื่อศตวรรษที่ 21. (พิมพ์ครั้งที่ 2).กรุงเทพฯ: โอเพ่นเวิลด์ส พับลิชชิ่ง เฮาส์. กรุงเทพฯ.

ศักดิ์คเรศ ประกอบผล. 2020. การวิเคราะห์ผู้เรียน: ลีลาการเรียนรู้. วารสารคณะครุศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้าน สมเด็จเจ้าพระยา. 14(2), 3-4.

ศิริพร ฟังเพ็ชร์. 2559. สีลาการเรียนรู้ของนักศึกษาสหวิทยาการท้องถิ่นที่เรียนภาษาอังกฤษเพื่อการสื่อสารและทักษะการเรียนมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ. ในการประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 3 ก้าวสู่ทศวรรษที่ 2 บูรณาการงานวิจัยใช้องค์ความรู้สู่ความยั่งยืน. นน. 355-360. 17 มิถุนายน 2559. วิทยาลัยนครราชสีมา, นครราชสีมา.

ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย. 2559. การจัดการเรียนรู้ที่เน้นความแตกต่างระหว่างบุคคล.วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร. 13(2) : 66-67.

เหงียน ถิทูฮ่า และสิรินาถ จงกลกลาง. 2561. การศึกษาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จังหวัดกาวบั่ง ประเทศเวียดนาม. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา) สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. 6(2): 15-16.

ผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้การสั่นแนวตั้งและกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย

Effect of Vibration in arching pattern of Granular Materials under Vertically Oscillated with STEM Education Learning Process for a Unit of Learning "Sound Energy" for Developing Learning Achievement in Science Subject of elementary school students

สรวรรณ เจาะโด[1*] ภาณุพัฒน์ ชัยวร[2] สิรินทร์นิชา ปัญจอริยะกุล[3]

Sorawan Chodo[1*] Panupat Chaiwon[2] Sirinnicha Punchaariyakun[3]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ เลขที่ 202 ถ.ช้างเผือก ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[1] Faculty of Science and Technology. Chiang Mai Rajabhat University. 202 Chang Phueak Road, Chang Phueak, Mueang, Chiang Mai 50300

*Corresponding author E-mail: e60151957@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ขะปู จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน ในการสุ่มใช้ระดับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) เป็นหน่วยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 ชุดกิจกรรม แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ เป็นแบบทดสอบหลังเรียน มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบเครื่องหมายผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คำสำคัญ : สะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้

Abstract

The purposes of theresearch wereto 1) To create a set of STEM educational activities, a learning unit on the subject of sound in science for year 5 students, and 2) compare the academic achievement of Grade 5 students who learned by using STEM Education Instruction betweenbefore and after learning. The research sample consisted of Grade 5 students who studied in the year 2024 in thisstudy were 17 at BanMaeKaPu School in Chiang Mai Province, obtained by In random sampling, the level of results of the basic national educational test (O-net) was used as the randomization unit. The research instruments were 4 STEM education instruction Activity set plan in the topic of the use of sound energy, the science learning achievement testis a multiple-choicefor post-test with the reliability of 0.85. The statistics used for data analysis were mean, standard deviation and sign test.The resultsshowed that; 1) the science learning achievement of Grade 5 students who learned by using STEM Education Instruction was after study higher than before study with 0.05 level of statistical significance.

Keywords : STEM education, Science Learning Achievemen, Learning Management

บทนำ

ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแนวคิดเกี่ยวกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษ 21 ส่งผลให้ระบบการศึกษาในชั้นเรียนเปลี่ยนแปลงไป หลายประเทศทั่วโลกได้มีการพัฒนาระบบการศึกษาอย่างต่อเนื่อง การจัดทำหลักสูตรการเรียนการสอนในทุกระดับชั้นเน้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดสร้างสรรค์ การคิดแก้ปัญหา การคิดแบบวิจารณญาณ ฯลฯ รวมทั้งพัฒนาทักษะการติดต่อสื่อสาร การใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ และการมีทักษะทางสังคม ดังนั้น กระบวนการจัดการเรียนรู้จึงมีแนวโน้มในลักษณะของการบูรณาการ การแก้ปัญหาและนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสะเต็มศึกษา **(STEM Education)** เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มาบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ มีการบูรณาการกิจกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับการเรียนรู้เนื้อหา รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการแสวงหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีหลักการ มีผลในเชิงตรรกะ และทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษาต่อประเทศและผู้เรียนในสังคมต่าง ๆ สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดการจัดการศึกษาที่สำคัญและได้รับการ สนับสนุนจากองค์กรต่าง ๆ มากมายโดยมีจุดประสงค์สำคัญคือ การแก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางด้านสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นอาชีพที่จะพัฒนาไปอย่างรวดเร็วในอนาคต และเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากรที่เป็นกำลังสำคัญในการแข่งขันทางเศรษฐกิจในโลกปัจจุบัน ศิริลักษณ์ ชาวบัวลุ่ม (2558) ถึงแม้ว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา อาจจะยังมีข้อจำกัดในเรื่องความไม่ชัดเจน เกี่ยวกับรูปแบบที่จะนำไปใช้และ

เป้าหมายที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน แต่หากพิจารณาข้อดีภายใต้ ข้อจำกัดนี้แล้วจะพบว่า ความไม่ชัดเจนนี้เปิดโอกาสให้ครูผู้สอนสามารถนำแนวคิดไปใช้ในการจัดการ เรียนการสอนได้ตามความเข้าใจของตนเอง โดยไม่มีกรอบใด ๆ มาบังคับ ทั้งนี้เพื่อบรรลุเป้าหมาย สูงสุดร่วมกันคือ การพัฒนาผู้เรียนให้เป็นพลเมืองของชาติที่มีการรู้ด้านสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นความสามารถที่จำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป จากการศึกษาบริบทการสอนวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน มีการจัดการเรียนรู้ในรูปแบบที่แตกต่างกันเพื่อให้เหมาะสมและตอบสนองต่อความต้องการของผู้เรียน ศิริลักษณ์ ชาวบัวลุ่ม (2558)

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและการถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ตัวชี้วัดชั้นปี ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีความสอดคล้องกับเรื่องหน่วยการเรียนรู้พลังงาน เรื่อง เสียงและได้ยิน การออกแบบการทดลองต่าง ๆ เพื่อตรงตามตัวชี้วัดชั้นปี ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน **O-NET (Ordinary National Education Test)** ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่เขต 2 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 มี คะแนนเฉลี่ย 38.73 ซึ่งยังมีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 พบว่าการจัดหลักสูตรและการจัดการเรียน การสอนในปัจจุบันยังไม่มีการพัฒนาที่ดีขึ้น ส่งผลให้ผู้เรียนมีระดับผลการเรียนที่ต่ำ อีกทั้งวิชาวิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศและสังคม พบว่ายังคงประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอน ได้แก่ การจัดการเรียนการสอนที่ไม่น่าสนใจ เน้นการท่องจำมากกว่าฝึกการวิเคราะห์และหาคำตอบด้วยตัวเอง โดยให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางในการจัดกิจกรรม นักเรียนจะต้องเกิดข้อสงสัยและสามารถหาคำตอบจากการทดลอง และสามารถ พิสูจน์สมมติฐานของตนเองได้อย่างถูกต้องเชื่อมั่นในการหาข้อมูลจากสื่อและเทคโนโลยีให้เกิดประโยชน์สูงสุด สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (2565)

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีสนใจที่จะนำองค์ความรู้เกี่ยวกับผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้สั่นแนวตั้ง นำมาเชื่อมโยงกับรายวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง นำมาจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งระยะแรกผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้สั่นแนวตั้ง ซึ่งรูปแบบการก่อตัวต่าง ๆ ของวัสดุเม็ดที่เกิดขึ้นจากการใช้ความถี่เสียง ทำให้เกิดการสั่นแนวตั้งที่ต่างกัน จะทำให้เกิดรูปแบบการก่อตัวที่ต่างกัน แล้วจึงนำองค์ความรู้ไปสร้างและพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีการบูรณาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (**Science: S)** เทคโนโลยี (**Technology: T)** วิศวกรรมศาสตร์(**Engineer: E)** และคณิตศาสตร์(**Mathematics: M)** จากนั้นจึงนำไปจัดการเรียนการสอนให้กับโรงเรียนที่ต้องการพัฒนาด้านผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งโรงเรียนบ้านแม่ขะปู ตำบลบ่อแก้ว อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มีคะแนนเฉลี่ย

การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (**O-net)** ของวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2565 ร้อยละ 23.57 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระดับเขตพื้นที่การศึกษา โดยการสุ่มแบบกลุ่ม ในการสุ่มใช้ระดับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (**O-net)** เป็นหน่วยการสุ่ม ส่วนในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ผู้วิจัยจะเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษาผู้วิจัยจะสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าจะเป็นตัวช่วยในการกระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมมากขึ้น และช่วยให้นักเรียนค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ที่ดีขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้สั่นแนวตั้ง
2. เพื่อสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

วิธีการดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ขะปู ปีการศึกษา 2567 จำนวน 17 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มในการสุ่มใช้ระดับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) เป็นหน่วยการสุ่ม

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น การจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ตัวแปรตาม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ชุดกิจกรรมหน่วยการเรียนรู้ “พลังงานเสียง” วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

1. ศึกษา แนวคิด ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรม ประเภท องค์ประกอบและประโยชน์ของชุดกิจกรรม
2. กำหนดสาระการเรียนรู้ โดยนำเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาบูรณาการร่วมกัน

3. ออกแบบชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้ พลังงานเสียง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

4. นำชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEM Education) พัฒนาขึ้นเสนออาจารย์และผู้เชี่ยวชาญที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบปรับตามข้อเสนอแนะ

5. นำชุดกิจกรรม ไปใช้กับกลุ่มทดลอง ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และนำไปแก้ไขเพื่อไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

6. นำชุดกิจกรรม ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล อภิปรายผล และเผยแพร่ผลงานวิจัย

การรวบรวมข้อมูล

1. ทดสอบก่อนเรียน (pre test) กับกลุ่มเป้าหมายเพื่อทดสอบความรู้เดิมที่นักเรียนมี

2. ดำเนินการจัดการเรียนการสอนกับกลุ่มเป้าหมายโดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในคาบเรียนวิชา วิทยาศาสตร์ จำนวน 2 ชั่วโมง/สัปดาห์ รวม 4 สัปดาห์ เวลา 8 ชั่วโมง

3. ทดสอบหลังเรียน (post test) กับกลุ่มเป้าหมาย หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4. นำข้อมูลที่ได้ทั่งหมดมาทำการวิเคราะห์ เพื่อเปรียบเทียบและสรุปผลการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ผลการศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา โดยการหาค่าเฉลี่ย กละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. เปรียบทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา โดยการทดสอบ t-test Dependent Samples

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ให้มีประสิทธิภาพ 75/75 ประกอบด้วย 4 ชุดกิจกรรม ดังนี้ 1. การเดินทางของเสียง (2 ชั่วโมง) 2. การได้ยินเสียง (2 ชั่วโมง) 3. ความถี่ของเสียง (2 ชั่วโมง) 4.ปรากฏการณ์ของเสียง (2 ชั่วโมง) แต่ละชุด ประกอยด้วย สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด (2) มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด (3) จุดประสงค์การเรียนรู้ (4) กระบวนการจัดการเรียนรู้ (5) แหล่งเรียนรู้/สื่อ (6) ใบงาน/ใบความรู้

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ตามแนวสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

คนที่	คะแนนเก็บแต่ละชุดกิจกรรม				รวมคะแนนเก็บ	ร้อยละ	คะแนนผลสัมฤทธิ์	ร้อยละ
	ชุดที่ 1 (15)	ชุดที่ 2 (15)	ชุดที่ 3 (15)	ชุดที่ 4 (15)				
1	12	13	12	11	48	80	16	80
2	13	12	11	11	47	78.33	15	75
3	14	12	12	11	49	81.66	17	85
4	14	12	11	11	48	80	14	70
5	11	13	12	11	47	78.33	15	75
6	12	12	11	12	47	78.33	16	80
7	12	11	14	14	51	85	17	85
8	12	11	12	12	47	78.33	15	75
9	14	13	11	12	50	83.33	14	70
10	11	12	13	11	47	78.33	14	70
11	12	11	12	11	46	76.66	15	75
12	12	12	11	13	48	80	16	80
13	11	12	11	12	46	76.66	14	70
14	12	12	11	11	46	76.66	15	75
15	11	12	13	14	50	83.33	16	80
16	12	12	13	12	49	81.66	16	80
17	11	12	11	13	47	81.66	15	75
รวม	206	204	201	202	813	1,358.27	260	1,303
ค่าเฉลี่ย	12.12	12	11.82	11.88	47.82	79.90	15.29	76.65

จากตารางที่ 1 พบว่าการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง พลังงานเสียง มีประสิทธิภาพ 79.90/76.65 มีค่าประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ 75/75

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลังงานเสียง และทดสอบสมมติฐานโดยใช้ *t-test (Dependent)*

การทดสอบ	N	$\bar{x}$	S.D.	Df	t	Sig.
ก่อนเรียน	17	7.80	2.17	19	10.66	.00
หลังเรียน	17	15.29	1.52			

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (X= 12.40 *S.D.* = 1.93) สูงกว่าก่อนเรียน ($\bar{x}$ = 7.80 *S.D.* = 2.17) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง โดยใช้รูปแบบการก่อตัวในการพาของวัสดุเม็ดภายใต้สั่นแนวตั้งและพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย หลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน

วิจารณ์ผล

การวิจัยเรื่อง ผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้การสั่นแนวตั้งและกระบวนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย เป็นงานวิจัยเชิงลักษณะทดลอง ศึกษาผลการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน หน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียงของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 2 เครือข่ายสะเมิง 3 จำนวน 130 คน ปีการศึกษา 2567 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านแม่ขะปู จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 17 คน ปีการศึกษา2567 โดยการสุ่มแบบกลุ่มในการสุ่มใช้ระดับผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-net) เป็นหน่วยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1. ชุดกิจกรรมหน่วยการเรียนรู้ “พลังงานเสียง” จำนวน 4 ชุดกิจกรรม ได้แก่ ชุดที่ 1 การเดินทางของเสียง ชุดที่ 2 การได้ยินเสียง ชุดที่ 3 ความถี่ของเสียง ชุดที่ 4 ปรากฏการณ์ของเสียง สัปดาห์ละ 2 ชั่วโมง จำนวน 4 สัปดาห์ รวมทั้งหมด 8 ชั่วโมง 2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียน-หลังเรียน เป็นแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.37 – 0.67 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.33 – 0.57 และสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 1 การวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการคำนวณคะแนนค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบค่า (t-test) แบบ Dependent สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์สัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้

ด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยนหลังเรียน 15.29 ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียน 7.80 อย่างมีรัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จะเห็นได้ว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาจนค้นพบแนวทางในการแก้ปัญหา ในการออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาให้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนในยุคศตวรรษที่ 21 ที่ต้องมีความท้าทายและเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวผู้เรียนสามารถนำมาปรับใช้การในการดำเนินชีวิต กระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนเพื่อสร้างนวัตกรรมที่ดีอีกอย่างหนึ่งด้วย (วชิร ศรีคุ้ม, 2558: 7)

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

1. จากผลการวิจัยด้านความการพัฒนาทักษะกระบวนทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ทักษะ การทดลองอยู่ ในระดับปานกลาง ดังนั้น ครูควรฝึกให้นักเรียนเขียนบันทึกผลการทดลองและ ควรยกตัวอย่างวิธีการเขียน

2. จากผลการวิจัยความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน พบว่า ด้านการใช้ ประโยชน์จากผลงานที่สร้างขึ้นอยู่ในระดับพอใช้ ดังนั้น ครูควรมีการปรับปรุงกิจกรรมและอธิบาย ขั้นตอนการทำพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

3. ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา กิจกรรมที่จัดให้นักเรียนในแต่ละหัวข้อค่อนข้าง ใช้เวลาในการสร้างชิ้นงานพอสมควร ดังนั้น ครูอาจให้นักเรียนสร้างชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวหลังจากเรียน เรียนจบในหน่วยการเรียนรู้นั้น ๆ

สรุปผล

1. ได้ผลของการสั่นต่อการก่อตัวของวัสดุเม็ดภายใต้สั่นแนวตั้ง

2. ได้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาหน่วยการเรียนรู้เรื่อง พลังงานเสียง วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ประกอบด้วย 4 ชุดกิจกรรม

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญที่ได้ตรวจเครื่องมือพร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะ คณะครูและผู้อำนวยการโรงเรียนบ้านแม่ขะปูที่ได้ให้ความกรุณาในการอำนวยความสะดวกในการจัดกิจกรรมเรียนรู้จนเสร็จสิ้นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

วชิร ศรีคุ้ม. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. แหล่งข้อมูล : https://www.slideshare.net/wawachira/stem-education-62525207. ค้นเมื่อ 12 ตุลาคม 2566.

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). การพัฒนาหลักสูตรตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่องอ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2565). รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน(O-NET) ปีการศึกษา 2565. แหล่งข้อมูล: https://www.niets.or.th/th/catalog/view/2989. ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2566.

การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

Developing Grade 11 Student' Critical Thinking Abilities by Using Inquiry – based teaching with Concept Mapping on the topic of Change of Substance

สร้อยทับทิม เดชโพธิ์[1*] อโนดาษ์ รัชเวทย์[1,2] และจันทร์ฉาย ยานะ [2]

Soituptim Dejpho[1*] Anodar Ratchawet[1,2] and Janchai Yana[2]

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[1] Master of Science Program in Science Teaching, Chiang Mai Rajabhat University

[2] ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

[2] Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Chiang Mai Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: 64863210@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 และเพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านฮ่างต่ำ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 จำนวน 11 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 แบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยจะใช้ประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร และการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) กับผู้เชี่ยวชาญ ผลการวิจัยพบว่า ค่าเฉลี่ยจากการประเมินโดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51 แบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากผังมโนทัศน์มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) เท่ากับ 0.80 และค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI) เท่ากับ 0.89 ผลศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) เท่ากับ 11.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) เท่ากับ 0.72 และค่าดัชนีประสิทธิผล (E.I.) ของความก้าวหน้าในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 2.21 และจากการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และเทคนิคผังมโนทัศน์สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถ

ในการคิดวิเคราะห์ขึ้นได้นั้นสิ่งสำคัญ คือ ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียน และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองให้ถูกต้อง

คำสำคัญ : ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ผังมโนทัศน์

Abstract

This research aimed to develop an inquiry-based teaching plan integrated with concept mapping on the topic of the change of substance for Grade 5 students and to study the development of their critical thinking abilities by using inquiry-based teaching with concept mapping on the topic of substance changes for Grade 5 students. The sample consisted of 11 Grade 5 students from Ban Hang Tam School under the Chiang Mai Primary Educational Service Area Office 3. The research instruments included a 5Es inquiry-based teaching plan integrated with concept mapping on substance changes, which assessed a critical thinking ability from concept mapping, and focus group discussions with experts. The findings revealed that the average suitability score of the learning plan, as evaluated by the assessment tool, was 4.50 with a standard deviation of 0.51. Index of item objective congruence (IOC) for the critical thinking ability assessment tool based on concept mapping was 0.80, and the rater agreement index (RAI) was 0.89 The study on the development of critical thinking abilities showed an average score of 11.83 with a standard deviation of 0.72, and the effectiveness index (E.I.) for the progress in critical thinking development was 2.21 From the focus group discussion with experts, it was suggested that the inquiry-based teaching and concept mapping techniques can help students develop their critical thinking skills. Moreover, the important things are the learning activity steps in the learning management plan, designing activities that are appropriate for students, and giving students the opportunity to correct their own knowledge and understanding.

Keywords : Critical Thinking Abilities, Using Inquiry – based teaching, Concept Mapping

บทนำ

การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวจากสิ่งที่เป็นทฤษฎีไปสู่การปฏิบัติ เพราะฉะนั้นการเรียนสมัยใหม่ต้องไม่ใช่แค่เพื่อให้ได้ความรู้ แต่ต้องได้ทักษะหรือ Skills เป็น 21st Century Skills หนึ่งในทักษะจำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking) ซึ่งเป็นความสามารถในการคิดระดับสูง รวมถึง การคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล การคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถในการแยกย่อย แนวคิด ข้อโต้แย้ง ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ให้เป็นส่วนย่อย (วัชรา เล่าเรียนดี, 2560)

แนวการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 ยังคงมีปัจจัยสนับสนุนในการจัดการเรียนรู้ที่ต้องปรับเปลี่ยนบริบท การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ยังมุ่งเน้นท่องจำเนื้อหาสาระจึงไม่เหมาะกับวิถีการเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษนี้ การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จึงต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนรู้จักวิเคราะห์ วิจารณ์ และสืบเสาะหาความรู้ความจริงสามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาคุณภาพชีวิต (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558)

จากปัญหาที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้มีลักษณะสำคัญที่ช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านอารมณ์สังคม สติปัญญา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนได้ใช้ทักษะที่จำเป็น (ประสาท เนืองเฉลิม, 2558) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาและส่งเสริมกระบวนการคิดขั้นสูงมาตลอด พบว่าการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนสามารถพัฒนาผู้เรียนให้รู้จักคิดวิเคราะห์ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาความคิดได้อย่างเต็มที่ (จรรยา โท๊ะนาบุตร, 2560)

นอกจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาเทคนิคการใช้ผังมโนทัศน์หรือที่เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Concept Mapping เป็นเครื่องมือที่จัดอยู่ในกลุ่มของการสร้างภาพความคิดที่ได้รับความนิยมและนำไปใช้หลากหลาย ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนาและประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการคิดขั้นสูง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562)

จากการศึกษาจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) และประโยชน์ของเทคนิคผังมโนทัศน์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ มีทักษะที่จำเป็นสำหรับโลกยุคเทคโนโลยีดิจิทัล และเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนในศูนย์พัฒนาคุณภาพการศึกษาตำบลแม่นาวาง 1 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 จำนวน 4 โรงเรียน จำนวนทั้งหมด 115 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนที่กำลังเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านฮ่างต่ำ ศูนย์พัฒนาคุณภาพการศึกษาตำบลแม่นาวาง 1 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 เป็นนักเรียนชาย จำนวน 4 คน เป็นนักเรียนหญิง จำนวน 7 คน รวมจำนวนทั้งหมด 11 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 จัดการเรียนรู้ 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวม 20 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยจะใช้ประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร

2.3 แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการสัมภาษณ์กลุ่มแบบเจาะจง (Focus Group Interviews) โดยการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อใช้ประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

2.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง มีขั้นตอนดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

2) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

3) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

4) ออกแบบและสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ทั้งหมด 1 หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 10 แผน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วัน วันละ 2 ชั่วโมง มีรายละเอียดแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การหลอมเหลว
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การกลายเป็นไอ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การควบแน่น
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การแข็งตัวของสาร
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง กิจกรรมน้ำหวานเกล็ดน้ำแข็ง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การระเหิดและการระเหิดกลับ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง การละลายของสารในน้ำ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงทางเคมี
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงแบบผันกลับได้และผันกลับไม่ได้

ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนจะได้สร้างผังมโมทัศน์จากความรู้ความเข้าใจของตนเองระหว่างการทำกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป โดยครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติมได้ ให้ข้อมูลย้อนกลับรายบุคคลหลังการตรวจผังมโนทัศน์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทำการแก้ไขผังมโนทัศน์ของตนเอง และผู้เรียนมีอิสระในการออกแบบรูปแบบผังมโนทัศน์ของตนเองได้อย่างหลากหลาย

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ที่พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ให้อาจารย์ที่ปรึกษาหลักและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ตรวจสอบแก้ไขเบื้องต้นและปรับปรุงตามคำแนะนำ

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบประเมินชนิดมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ซึ่งมี 5 ระดับความคิดเห็น ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553)

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด
4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก
3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง
2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

7) นำแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้มาตรวจให้คะแนน โดยหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

8) จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อนำไปใช้ในการวิจัยต่อไป

2.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมีขั้นตอนดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และเครื่องมือในการประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์จากผังมโนทัศน์

2) วิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถในการคิดวิเคราะห์และมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องในเรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เพื่อออกแบบแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่ใช้ประเมินจากผังมโนทัศน์ให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูม (Bloom, 1956, น. 201 – 207 อ้างถึงใน พัชรี นาคผง, 2562, น. 82) ซึ่งประกอบด้วย การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ

3) สร้างแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินแบบรูบริค (Rubrics) ให้คะแนนความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยประเมินจากผังมโนทัศน์ มีเกณฑ์การให้คะแนนระดับคุณภาพ 3 ระดับ ดังนี้

3 คะแนน หมายถึง มีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก
2 คะแนน หมายถึง มีความสามารถอยู่ในระดับดี
1 คะแนน หมายถึง มีความสามารถอยู่ในระดับพอใช้

แบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสารโดยประเมินจากผังมโนทัศน์ที่ให้ผู้เรียนจัดทำก่อนการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ ระหว่างการดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และหลังการจัดการเรียนรู้ มีรายละเอียดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

เกณฑ์การประเมินข้อที่ 1 การวิเคราะห์และระบุหัวข้อหลักที่สำคัญจากเนื้อหาที่เรียนรู้ได้ถูกต้อง ครบถ้วน ตรงประเด็น

เกณฑ์การประเมินข้อที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยเชื่อมโยงหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยได้ถูกต้องตามลำดับขั้นความสัมพันธ์

เกณฑ์การประเมินข้อที่ 3 การวิเคราะห์หัวข้อย่อยจากเนื้อหาที่เรียนรู้ได้ และเขียนอธิบายรายละเอียดได้ถูกต้องตรงตามหลักการ

เกณฑ์การประเมินข้อที่ 4 ใช้เส้นหรือสัญลักษณ์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ได้ถูกต้องและครบถ้วน

4) นำแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาหลักและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมปรับปรุงแก้ไขเบื้องต้นตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โดยแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างรายการเกณฑ์การประเมินกับวัตถุประสงค์หรือเนื้อหา แล้วประเมินผลเครื่องมือ ดังนี้

ให้คะแนน +1 ถ้าแน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินได้ตรงตามวัตถุประสงค์
ให้คะแนน 0 ถ้าไม่แน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินตรงตามวัตถุประสงค์
ให้คะแนน -1 ถ้าแน่ใจว่าเกณฑ์การประเมินไม่ตรงตามวัตถุประสงค์

6) นำแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ มาหาค่าดัชนีความสอดคล้องและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

7) นำแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try out) โดยทดลองกับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ไม่ใช่กลุ่มทดลอง เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนชุมชนบ้านคาย จำนวน และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเกณฑ์การให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนน จำนวน 3 คน โดยคำนวณจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI)

2.4.3 การสัมภาษณ์ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi structured Interview) เป็นการสัมภาษณ์ที่ใช้ประเด็นคำถามปลายเปิด ผู้ให้สัมภาษณ์เป็นผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 โดยการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) มีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดประเด็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5

2) ดำเนินการสนทนากลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

3) รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสนทนากลุ่ม เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

4) ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การดำเนินการการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental Designs) มีการวัดแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนหลัง One-Group Pretest-Posttest ผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ข้อมูล โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1) ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบโดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เป็นแบบประเมินชนิดมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) นำคะแนนที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) ตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร โดยหาความเที่ยงตรงของเนื้อหา ใช้วิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) และหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของเกณฑ์การให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนน จำนวน 3 คน โดยคำนวณจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI)

3) ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร โดยใช้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.)

2.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อใช้ประเมินการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยแยกวิเคราะห์ประเด็นปัญหาและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข

ผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า

1. ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยจากการประเมิน

โดยใช้แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51

2. ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมินความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC: Index of item objective congruence) เท่ากับ 0.80 และค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) ของเกณฑ์การให้คะแนนของผู้ตรวจให้คะแนน จำนวน 3 คน เท่ากับ 0.89

3. ผลศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนที่ได้จากผังมโนทัศน์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 11.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีค่าเท่ากับ 0.72 และค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) ของความก้าวหน้าในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีค่าเท่ากับ 2.21

4. จากการสนทนากลุ่มร่วมกับผู้เชี่ยวชาญให้ความคิดเห็นว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และเทคนิคผังมโนทัศน์สามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ขึ้นได้นั้น สิ่งสำคัญคือ ขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ การออกแบบกิจกรรมให้เหมาะสมกับผู้เรียน และการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแก้ไขความรู้ความเข้าใจของตนเองให้ถูกต้อง

วิจารณ์ผล

จากผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 มีประเด็นที่จะกล่าวถึงในการงานวิจัยนี้ คือ ขั้นตอนการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 ให้มีระดับความเหมาะสมระดับมาก ผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะพัฒนากลุ่มตัวอย่างให้เกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แผนการจัดการเรียนรู้จะต้องออกแบบขั้นตอนกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่าง ทำให้กลุ่มตัวอย่างเกิดกระบวนการคิด กลุ่มตัวอย่างเกิดความสามารถในการคิดวิเคราะห์และนำความรู้ความเข้าใจที่เกิดขึ้นไปจัดทำเป็นผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร และในขั้นตอนการเก็บข้อมูลของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยจะต้องให้ข้อมูลย้อนกลับกับกลุ่มตัวอย่างหลังจากตรวจผังมโนทัศน์เป็นรายบุคคลเพื่อให้กลุ่มตัวอย่างได้ปรับปรุงแก้ไขผังมโนทัศน์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัย วรรณภา บำรุงพันธ์ และยุพิน ยืนยง (2564) ที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ พบว่าความคิดเห็นของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์โดยภาพรวม พบว่า นักเรียนมีความเห็นด้วยมากเมื่อจำแนกเป็นรายด้านพบว่านักเรียนเห็นด้วยมากทั้ง 3 ด้าน โดยเรียงลำดับค่าเฉลี่ยจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ลำดับที่ 1 ด้านการจัดการเรียนรู้ ลำดับที่ 2 ด้านบรรยากาศในการเรียนรู้ และลำดับที่ 3 ด้านประโยชน์ที่ได้รับตามลำดับ และงานวิจัยของพรนิภา ทองแท้, อัญชลี แสงอาวุธ, และกฤษณี สงสวัสดิ์ (2566) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงาน โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับผังกราฟิกเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ โรงเรียนบ้านสามแยกจำปา พบว่า ผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5Es ร่วมกับผังกราฟิกโดยรวมอยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด ผลการเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าก่อนเรียนและความก้าวหน้าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

สรุปผล

ผลการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า

1. การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยของการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ มีระดับความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.51 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก

2. การพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสาร สำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า หลังเรียนผู้เรียนมีคะแนนจากการประเมินผังมโนทัศน์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของสารที่สูงขึ้น มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ของคะแนนที่ได้จากผังมโนทัศน์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 11.83 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) มีค่าเท่ากับ 0.72 และค่าดัชนีประสิทธิผล (Effectiveness Index: E.I.) ของความก้าวหน้าในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เท่ากับ 2.21

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ด้วยความอนุเคราะห์ ความเมตตากรุณาจาก ผศ.ดร. อโนดาษ์ รัชเวทย์ และอ.ดร.จันทร์ฉาย ยานะ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมในการวิจัยที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา ข้อเสนอแนะเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

ที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ แนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษาโรงเรียนชุมชนบ้านคาย คุณครูที่เกี่ยวข้องในการทดลองเครื่องมือในการวิจัย และขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษาโรงเรียนบ้านฮ่างต่ำ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาเชียงใหม่ เขต 3 ที่อนุเคราะห์เป็นกลุ่มตัวอย่างในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จรรยา โท๊ะนาบุตร. (2560). รูปแบบการเรียนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5Es ในศตวรรษที่ 21. ลำปาง: มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษานอกที่ตั้งลำปาง.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. กรงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). แนวการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารพัฒนาการเรียนการสอน มหาวิทยาลัยรังสิต. 9(1). 136 – 154.

พรนิภา ทองแท้, อัญชลี แสงอาวุธ, และกฤษณี สงสวัสดิ์. (2566). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงาน โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเพื่อส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ โรงเรียนบ้านสามแยกจำปา. (การค้นคว้าอิสระครุศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี, สุราษฎร์ธานี.

พัชรี นาคผง, ศิริวรรณ วณิชวัฒนวรชัย, รุจิราพร รามศิริ, และมนต์ชัย พงศกรนฤวงษ์. (2564). การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับเทคนิค STAD. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 19(1). 176 – 189.

รอฮานิง เจ๊ะดอเล๊าะ, ณัฐวิทย์ พจนตันติ, และณัฐินี โมพันธ์. (2555). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในสังคมพหุวัฒนธรรม. วารสารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยทักษิณ. 1(1). 50 – 74.

วรรณภา บำรุงพันธ์ และยุพิน ยืนยง. (2564). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วารสารมนุษยสังคมปริทัศน์. 23(2). 186-207.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2560). กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุกเพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21. นครปฐม: เพชรเกษมพริ้นติ้ง.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ

การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อส่งเสริมทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

CREATIVITY BASED LEARNING BY USING DESIGN THINKING PROCESS TO PROMOTE PRE-SERVICE SCIENCE TEACHERS' INNOVATOR SKILLS

อวยพร ดำริมุ่งกิจ[1*]
Auayporn Damrimungkit[1*]
[1] คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
[1] Faculty of Education, Pibulsongkram Rajabhat University
*Corresponding author E-mail: auayporn.nam@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบและกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 กับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และ 4) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง จำนวน 50 คน โดยใช้การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 25 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่จัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 2) แผนการจัดการเรียนรู้วิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 3) แบบประเมินทักษะความเป็นนวัตกร 4) แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ 5) แบบสังเกตทักษะความเป็นนวัตกร และ 6) แบบสัมภาษณ์ทักษะความเป็นนวัตกร วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติบรรยาย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณทางเดียว (One-way MANOVA) และ one sample t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 2) หลังใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก (M=4.29, SD=0.10) และ 4) ผลการวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบจากการสังเกตและการสัมภาษณ์นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ระหว่าง และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความสนใจ และกระตือรือร้นในการเรียนการสอน นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรได้มากขึ้น และสามารถสร้างนวัตกรรมได้

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน กระบวนการคิดเชิงออกแบบ ทักษะความเป็นนวัตกร นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

Abstract

The objectives of this research are as follows: (1) to compare the innovator skills of Pre-service science teachers' between the creativity based learning by using design thinking process group and the inquiry based learning group; (2) to compare the innovator skills of Pre-service science teachers' with the criteria set; (3) to study the Pre-service science teachers' satisfaction on creativity based learning by using design thinking process; and (4) to analyze the process of developing innovator skills of Pre-service science teachers' receiving the creativity based learning by using design thinking process group. The samples consisted of 50 Pre-service science teachers' in the experimental group and 25 Pre-service science teachers' in the control group. The research instruments included the following: (1) lesson plan used with the Learning Management plan in Physical Sciences on electrochemistry and creative-based learning by using design thinking process; (2) the lesson plan used Learning Management plan in Physical Sciences on electrochemistry that the inquiry-based learning; (3) Innovator skills assessment form; (4) satisfaction questionnaire for creativity-based learning by using design thinking process; (5) innovator skills observation form; and (6) innovator skills interview form. The data

were analyzed using mean, standard deviation, multivariate analysis of variance. (One-way MANOVA), and one-sample t-test. The research findings were as follows: (1) Pre-service science teachers' using creativity based learning by using design thinking process had higher innovator skills than Pre-service science teachers' using inquiry based learning and statistically significant at .01; (2) after using creative learning management by using design thinking process as a base, Pre-service science teachers' had innovator skills higher than the criteria of 70% was statistically significant at the .01 level; and (3) Pre-service science teachers' receiving creative learning management by using design thinking process were satisfied with the overall learning management at a high level (M=4.29, SD=0.10) (4) The results of the analysis of the innovative skills development process of Pre-service science teachers' receiving creative learning management by using design thinking process on observations and interviews with Pre-service science teachers' from the during and after the learning activities, it was found that the Pre-service science teachers' were interested and enthusiastic in science learning management. Pre-service science teachers' can develop more innovator skills and were be able to innovate.

Keywords: Creativity based learning, Design thinking process, Innovation skills, Pre-service science teachers'

บทนำ

ในปัจจุบันโลกเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีกระแสการเปลี่ยนแปลงโลกที่ส่งผลกระทบทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการเมืองของทุกประเทศ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2557, น. 1) ความเปลี่ยนแปลงจากโลกาภิวัตน์ และความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่ได้รับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด จนก่อให้เกิดนวัตกรรมอย่างพลิกผัน อาทิ เทคโนโลยี ปัญญาประดิษฐ์ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ หุ่นยนต์และโดรน เทคโนโลยี พันธุกรรมสมัยใหม่ และเทคโนโลยีทางการเงิน (ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580, 2561, น. 2) จึง จำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลงานวิจัย และพัฒนาความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี นวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์อย่างเข้มข้นทั้งในภาคธุรกิจ ภาครัฐ และภาคประชาสังคม รวมทั้งให้ความสำคัญกับการพัฒนาสภาวะแวดล้อม หรือปัจจัยพื้นฐานที่เอื้ออำนวย

ทั้งการลงทุนด้านการวิจัย และพัฒนา การพัฒนาบุคลากรวิจัย โครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี และการบริหารจัดการ เพื่อช่วยขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศให้ก้าวสู่เป้าหมายดังกล่าว (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559, น. 163) “นวัตกรรม” (Innovation) จึงกลายเป็นเครื่องมือใหม่ที่ใช้ในการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ภายในองค์กร เพื่อให้เกิดความเป็นเลิศทั้งด้านเทคโนโลยี สินค้า และบริการ รวมไปถึงเป็นการสร้างมูลค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์ และก่อให้เกิดการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ ๆ วิธีการหนึ่งที่สถานประกอบการ ธุรกิจ อุตสาหกรรมอาหารต่างนำมาประยุกต์ใช้ เพื่อสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มให้กับกิจการ ได้แก่ การพัฒนาบุคลากรให้มีพฤติกรรมการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อองค์กร เป็นบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์ที่สามารถคิดไอเดียใหม่ ๆ อันเป็นจุดเริ่มต้นของการผลักดันให้เกิดนวัตกรรม เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพ และความยั่งยืนด้านการเติบโตของเศรษฐกิจต่อไป (มะลิสวรรค์ ราชันย์, 2554, น. 5-7)

ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) คือ ทักษะ พื้นฐานที่มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ทุกคนต้องเรียน เพราะโลกจะยิ่งเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นเรื่อย ๆ และมีความซับซ้อนซ่อนมากขึ้น คนที่อ่อนแอในทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะเป็นคนที่ตามโลกไม่ทัน เป็นคนอ่อนแอ ชีวิตก็จะยากลำบาก (วิจารณ์ พานิช, 2555, น. 28) เด็กไทยควรกล้าตั้งข้อสงสัย ตั้งคำถาม ใฝ่เรียนรู้ สามารถเรียนรู้ได้จากทุกที่ ทุกเวลา สามารถทำงานเป็นทีม มีความคิดสร้างสรรค์ และมีนวัตกรรม (ประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์, 2557, น. 25) การศึกษาในศตวรรษที่ 21 ต้องเป็นเช่นนี้ก็เพราะต้องเตรียมคนไปเผชิญการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็ว รุนแรง พลิกผัน และคาดไม่ถึง คนยุคใหม่จึงต้องมีทักษะสูงในการเรียนรู้ และปรับตัว (วิจารณ์ พานิช, 2555, น. 18) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนจะมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดนั้นส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบการบูรณาการสื่อการสอนในการเรียนรู้อย่างเหมาะสม ผู้สอนมีบทบาทสำคัญในการวางแผน เลือกใช้สื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหา และวัตถุประสงค์การเรียนรู้นั้น ๆ บทบาทในการผลิตสื่อการเรียนรู้ของครูผู้สอนเป็นภารกิจสำคัญ จากสื่อที่มีอยู่เดิม หรือมีจำหน่ายมิอาจจะสนองผลการเรียนรู้ได้เสมอไป ดังนั้นผู้สอนควรคิดค้น พัฒนารูปแบบของสื่อ หรือวิธีการใหม่มาใช้ในการเรียนการสอน อาจดำเนินการด้วยการผลิต หรือจัดทำสื่อใหม่ ดัดแปลง ปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ดีขึ้น เหล่านี้เรียกว่า “นวัตกรรม (Innovation)”

ในด้านการศึกษาสิ่งที่เป็นนวัตกรรมจะเรียกว่า “นวัตกรรมทางการศึกษา” หรือ “นวัตกรรมการเรียนการสอน” มีอยู่มากมายหลากหลายนวัตกรรม เช่น นวัตกรรมทางด้านหลักสูตร นวัตกรรมการเรียนการสอน นวัตกรรมสื่อการสอน นวัตกรรมการประเมินผล นวัตกรรมการบริหารจัดการ โดยนวัตกรรมบางอย่างได้รับการยอมรับ บางอย่างต้องใช้เวลานานในการเผยแพร่และยอมรับนวัตกรรม การที่นวัตกรรม

จะได้รับความสนใจ และยอมรับนั้น ย่อมขึ้นอยู่ปัจจัยหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติ หรือลักษณะของนวัตกรรม รูปแบบ หรือลักษณะของการเผยแพร่นวัตกรรม รวมทั้งคุณลักษณะของตัวผู้ใช้ และผู้สร้างนวัตกรรมหรือที่เรียกว่า “นวัตกร (Innovator)” (วิวัฒน์ มี สุวรรณ์, 2560, น. 52) นวัตกร (Innovator) หมายถึง ผู้ริเริ่มประดิษฐ์คิดค้น สร้างสรรค์ หรือ สนับสนุนให้เกิดเทคนิค วิธีการ รูปแบบ เครื่องมือ กระบวนการ หรือผลงาน ให้เกิดเป็นนวัตกรรม สำหรับใช้ประโยชน์กับตนเอง หน่วยงาน หรือองค์การ เพื่อช่วยให้การทำงานนั้นได้ผลดี มีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลสูงกว่าเดิม (กรมควบคุมโรค (2563, น. 2) นวัตกรควรมีความเชี่ยวชาญ และมีทักษะสำคัญ 5 ประการ ได้แก่ ทักษะการเชื่อมโยง เป็นการเชื่อมโยงคำถาม ปัญหา แนวคิดที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกัน ทักษะการตั้งคำถาม นวัตกรจะถามคำถามมากมาย ซึ่งในความเป็นจริงนวัตกรจะมองว่า ทั้งโลก คือ คำถาม คำถามสำหรับผู้จัดการที่เขาใช้ คือ คำว่า “อย่างไร” เช่น เราจะเร่งความเร็วได้อย่างไร เราจะหยุดสิ่งนี้ไม่ให้เกิดขึ้นได้อย่างไร ทักษะการสังเกต นวัตกรจะเป็นผู้ที่มีความรอบคอบ ตั้งใจและมีความสม่ำเสมอในการมองหารายละเอียด เล็กๆ น้อยๆ อยู่เสมอ ซึ่งสิ่งนี้เป็นสิ่งที่ช่วยให้เชอร์ล็อกโฮล์มไขคดีได้ ทักษะการทดลอง นวัตกร จะต้องทดลอง เพื่อตอบคำถามที่สงสัยได้ ทักษะการสร้างเครือข่าย นวัตกรจะมีการพูดคุยกับผู้คน นับเป็นแหล่งข้อมูลชั้นดี (Dyer, Gregersen, and Christensen, 2019)

แม้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถตอบสนองการพัฒนาทักษะที่สำคัญให้กับนักเรียนได้ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีงานวิจัย และการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มากขึ้นในเนื้อหาวิชาเคมี แต่ก็พบว่ากิจกรรมสะเต็มส่วนใหญ่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบ และสร้างสรรค์นวัตกรรม รวมถึงขาดการเน้นให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศไทยตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 และยังสอดคล้องกับสาระสำคัญของแผนการศึกษาแห่งชาติที่ต้องการให้ประเทศไทยขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม และความคิดสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559 อ้างถึงใน นรพนธ์ คนสูง, 2561, น. 2) ซึ่งในการเรียนแบบลงมือทำ นักเรียนมีบทบาทใหม่ คือ ต้องฝึกทักษะการเรียน โดยลงมือทำจากการที่ครูมอบหมายกิจกรรมให้ทำ เพื่อประยุกต์หลักการ หรือความรู้ แก้ปัญหา อภิปราย ประเด็น และสะท้อนความคิดเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อความคิดของตนเอง (วิจารณ์ พานิช, 2556, น. 72) ทั้งนี้ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ด้วยการสอน และการฝึกปฏิบัติที่ถูกวิธีควรส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์แก่เด็กตั้งแต่เยาว์วัย เพราะเป็นระยะที่เด็กมีจินตนาการสูง ศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ของเด็กกำลังพัฒนา หากช่วงนี้เด็กได้รับประสบการณ์ หรือกิจกรรมที่เหมาะสม และต่อเนื่องเท่ากับเป็นการวางรากฐานที่มั่นคงสำหรับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในอนาคต (อารี พันธ์มณี, 2559, น. 2-3)

ในต่างประเทศได้มีการหาวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเด็กของเขา มีการวิจัยกับเด็กของเขา เช่น PBL Problem-based Learning, Flipped Classroom, strength-based learning ของนิวซีแลนด์

และออสเตรเลีย 5 STEPS ของสิงคโปร์ ฯลฯ โดยทุกวิธีการสอนมีจุดเด่น และจุดด้อยที่เหมาะกับบริบทที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเด็กไทย คือ การ จัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน CBL (Creativity-based Learning) ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) เนื่องจาก สอดคล้องกับสภาพแวดล้อม และปัญหาของเด็กไทย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นการต่อยอดมาจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning : PBL) ซึ่งเป็นแนวทางในการสอนแบบเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และได้ผลดีในหลายประเทศ โดย ทั้งสองรูปแบบเป็นการสอนแบบ Active Learning คือ การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตื่นตัวในการค้นคว้าแทนที่จะรอรับการบรรยายแบบเดิม แต่สิ่งที่ยังขาดหายไปในการเรียนแบบ PBL คือ ทักษะในเรื่องความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการออกแบบ (วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์, 2558, น. 27-31) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้แบบความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล และลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองระหว่างร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ อาทิเช่น หนังสือเรียน ใบความรู้ และอินเทอร์เน็ต ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการค้นหาได้ง่าย ประกอบกับผู้วิจัยยังได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดสร้างสรรค์ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง การออกแบบ การทำงานร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง (จักรกฤษ ยืนยิ่ง และ เตชาเมธ เพียรชนะ, 2566, น. 128-144)

ในปัจจุบันการผลักดันนโยบายพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายการเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมการผลิตยานยนต์ไฟฟ้าในภูมิภาคอาเซียน โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนหารือกับทุกฝ่ายอย่างต่อเนื่อง เพื่อการทำงานที่เป็นประโยชน์ รวมถึงกำหนดมาตรฐานให้ครอบคลุมยานยนต์และชิ้นส่วนสำคัญ มีแผนส่งเสริมผู้ประกอบการ รองรับการเปลี่ยนผ่านสู่ยานยนต์ไฟฟ้า และรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมการพัฒนาบุคลากร ลำกำลังคน เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้า และแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าให้เข้ามาลงทุนในไทยมากยิ่งขึ้น ("ผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าต่างชาติ สนใจเข้ามาลงทุนในไทยมากขึ้น," 2566, 3 มิถุนายน) (ออนไลน์) และเมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาธรรมชาติเนื้อหาที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ พบว่า บทเรียนไฟฟ้าเคมี เป็นบทเรียนที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องจัดการเรียนการสอนให้นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ไฟฟ้าเคมีกับชีวิตจริง โดยครูต้องยกตัวอย่างสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าในชีวิตจริง แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์ว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นจะใช้ความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าเคมีในการแก้ปัญหาอย่างไร (Sanger, 1996) ซึ่งปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หลากหลาย เช่น แบตเตอรี่ที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้า และรถยนต์ การชุบโลหะ การแยกสลายสารเคมีด้วยไฟฟ้า เทคโนโลยีทางด้านเซลล์ไฟฟ้า

เคมีมีความก้าวหน้าอย่างมากที่นำไปสู่นวัตกรรมด้านพลังงานที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562) ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ในบทเรียนไฟฟ้าเคมี จำเป็นต้องใช้สถานการณ์ในชีวิตจริงที่สอดคล้องกับบทเรียนมายกตัวอย่าง ประกอบการจัดการเรียนรู้จึงเหมาะสมสำหรับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ด้วยเหตุที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ เพื่อส่งเสริมทักษะความเป็นนวัตกรให้แก่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ และเพื่อให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาขีดความสามารถในการจัดการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อส่งเสริม และพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ให้กับนักเรียน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อเปรียบเทียบทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ระหว่างกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และกลุ่มที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 กับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

4) เพื่อวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ปีที่ 3 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

สมมติฐานของการวิจัย

1. นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2. หลังใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ กำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นนักศึกษาวิชาชีพครู คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง ปีการศึกษา 2567 จำนวน 230 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเชิงปริมาณ เป็นนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง ปีการศึกษา 2567 จำนวน 50 คน ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน (Multistage sampling) และ 2) กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาเชิงคุณภาพเป็นนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 คณะครุศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในภาคเหนือตอนล่าง ปีการศึกษา 2567 ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกร จำนวน 25 คน

ตัวแปรที่ศึกษา 1) ตัวแปรอิสระ ได้แก่ วิธีการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 2) ตัวแปรตาม คือ ทักษะความเป็นนวัตกร ประกอบด้วย 1) การเชื่อมโยง 2) การตั้งคำถาม 3) การสังเกต 4) การทดลอง และ 5) การสร้างเครือข่าย และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเนื้อหาของรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ในหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษา (4 ปี) หลักสูตรปรับปรุง พุทธศักราช 2567

ระยะเวลาดำเนินการทดลอง การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2567 ใช้เวลาจำนวน 18 ชั่วโมง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หมายถึง การจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ และกระบวนการเรียนรู้อย่างสร้างสรรค์ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง เพื่อพัฒนาสิ่งแปลกใหม่ให้เกิดเป็นนวัตกรรม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ และครูผู้สอนจะเปลี่ยนจากผู้บรรยายเนื้อหามาเป็นผู้แนะนำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองอย่างเป็นขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กระตุ้นความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนจากความสงสัย และความสนใจของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ ผู้สอนมีหน้าที่กระตุ้นความสนใจนักเรียน ทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความอยากเรียนรู้ และอยากค้นหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 2 ตั้งปัญหา และแบ่งกลุ่มตามความสนใจ เป็นการใช้ปัญหาเป็นตัวนำ โดยให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ค้นหาปัญหาที่ตนเองสงสัย ซึ่งเป็นปัญหาที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สนใจในบทเรียน จากนั้นนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์แบ่งกลุ่มตามความสนใจตามจำนวนปัญหาที่ได้ตั้งขึ้น และดำเนินการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง

ขั้นตอนที่ 3 ค้นคว้า และคิดเป็นกระบวนการ ผู้สอนจะปล่อยให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้ใช้ เวลาในการเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่ โดยผู้สอนจะให้เฉพาะคำปรึกษาตามกลุ่มที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สงสัย หรือมีปัญหา เป็นผู้ชี้แนะ และตอบคำถามด้วยคำถาม โดยหลีกเลี่ยงการตัดสิน และการอธิบายเนื้อหาอย่างละเอียด อันจะเป็นการส่งผลให้นักเรียนหมดอิสระทางความคิด

ขั้นตอนที่ 4 นำเสนอผลงาน เป็นขั้นตอนที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จะได้นำเสนอผลงานที่ตนเองได้ไปค้นคว้า และคิดออกมา ผู้สอนจะต้องปล่อยให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์นำเสนอจนจบ จะต้องไม่แทรกแซงระหว่างการนำเสนอ แสดงความคิดเห็น หรือซักถามใด ๆ โดยนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์กลุ่มอื่นมีหน้าที่ในการแสดงความคิดเห็น และซักถาม เมื่อจบการนำเสนอ ผู้สอนจะเป็นผู้เปิดประเด็นให้มีการซักถามในชั้นเรียน และนี่คือกระบวนการที่จะทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์นั้นตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ตนเองได้ค้นหามา

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินผล เป็นการประเมินผลกิจกรรมทั้งหมดที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้ทำมาตลอดเวลาของการจัดการเรียนรู้ ซึ่งเป็นการประเมินผลนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ถึงพัฒนาการทั้งด้านของความรู้ ทักษะ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนั้นการประเมินผลนั้น จึงจำเป็นต้องทำให้ครอบคลุมทั้ง 3 ด้าน ทำให้ได้คุณภาพของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่เป็นมาตรฐาน

2. กระบวนการคิดเชิงออกแบบ หมายถึง ขั้นตอน วิธีการทำความเข้าใจปัญหา ผู้ใช้ หรือกลุ่มเป้าหมายอย่างชัดเจน เพื่อการออกแบบ และพัฒนานวัตกรรมในการแก้ไขปัญหาการเรียนการสอน เพื่อส่งเสริมความเป็นนวัตกรของนักศึกษาครูวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การทำความเข้าใจปัญหาผู้ใช้เชิงลึก (Empathize) 2) การตีความปัญหา (Define) 3) การระดมจินตนาการ (Ideate) 4) การสร้างต้นแบบ (Prototype) และ 5) การทดสอบ (Test)

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการให้ผู้เรียนค้นคว้า สำรวจ ตรวจสอบ ด้วยวิธีการต่าง ๆ จนกว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จะเข้าใจ

และจดจำความรู้นี้ได้อย่างมากจึงจะสามารถสร้างองค์ความรู้ได้เอง และสามารถเก็บข้อมูลไว้ในสมองได้นานนำไปใช้ได้ทุกสถานการณ์ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนจากความสงสัย และความสนใจของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ เป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมจากที่เรียนมาในบทเรียนก่อนหน้า โดยผู้สอนจะกระตุ้นการนำเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นสำรวจ และค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจ ตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ และรวบรวมข้อมูล หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะนำไปใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นอธิบาย และลงข้อสรุป เป็นการนำข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นมาเกี่ยวข้องกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือประยุกต์เป็นรูปแบบ หรือข้อสรุป เพื่ออธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 5 ขั้นประเมิน เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ นักเรียนมีความรู้อะไรอย่างไร มากน้อยเพียงใด แล้วนำความรู้ และรูปแบบไปอธิบาย หรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์ หรือประเด็นอื่น ๆ

4. ทักษะความเป็นนวัตกร หมายถึง ทักษะการเรียนรู้ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ริเริ่มคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ เป็นผู้มีความคิดที่สร้างสรรค์ ชอบเสี่ยง เรียนรู้ และลงมือทำสิ่งที่แปลกใหม่ ทำในสิ่งที่ต่างออกไปจากเดิม หรือทำในสิ่งที่ไม่เคยมีมาก่อน มีความเข้าใจในการสร้างนวัตกรรม เห็นคุณค่า จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และอุปสรรคที่อาจจะเกิดขึ้น รู้จักการสังเกต การทดลองอย่างสร้างสรรค์ ซึ่งมีทักษะสำคัญของนวัตกร 5 ทักษะ ดังนี้

1) การเชื่อมโยง หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิด หลักการ และ วิธีการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา หรือสร้างสิ่งใหม่

2) การตั้งคำถาม หมายถึง ความสามารถในการตั้งคำถามในสิ่งที่สงสัย ซึ่งกระตุ้น ให้เกิดการค้นพบและขับเคลื่อนการเรียนรู้ เพื่อแก้ไขปัญหา หรือคิดค้นสิ่งใหม่

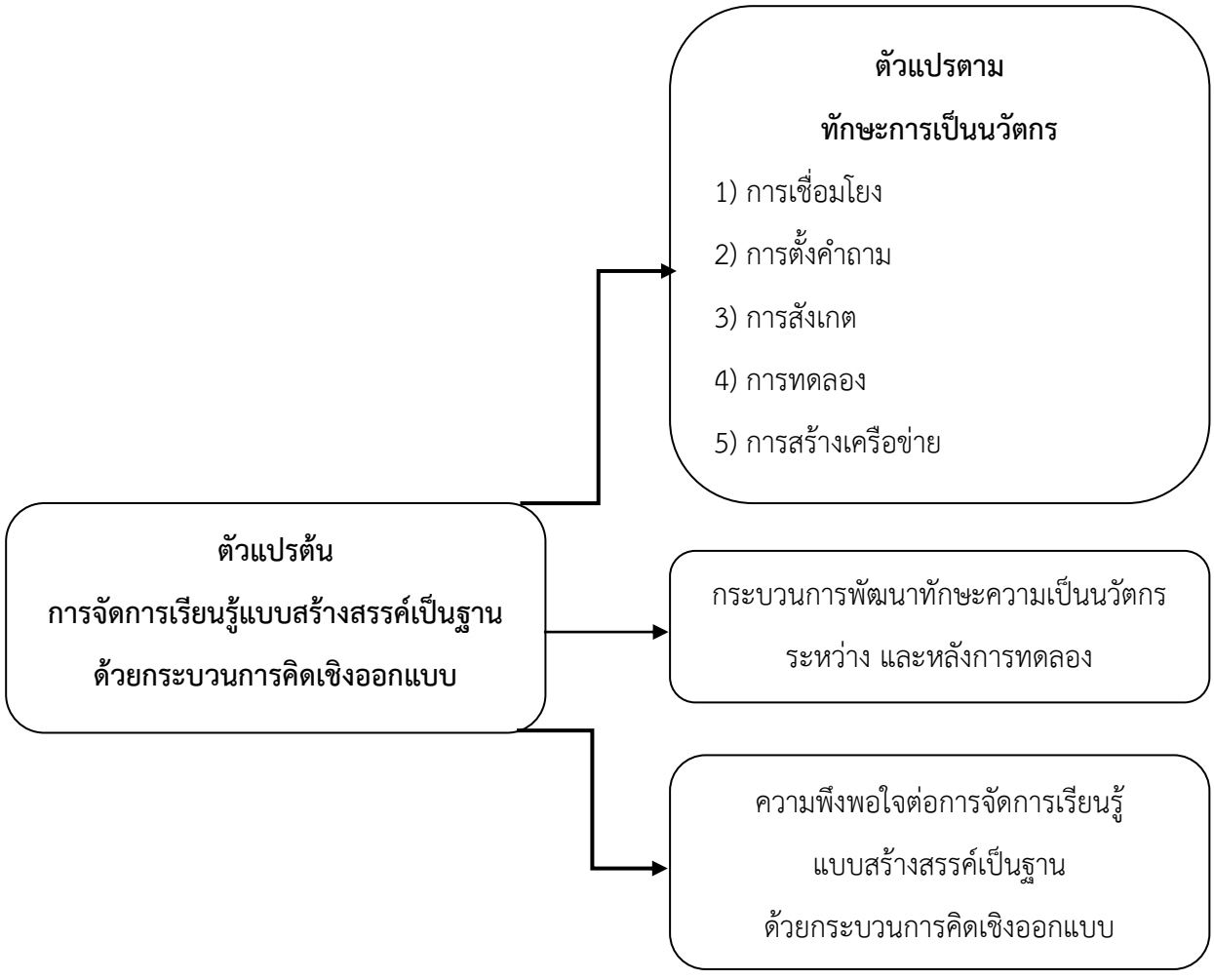
3) การสังเกต หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสในการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ การมองหารายละเอียดเล็กๆ น้อยๆ อยู่เสมอ เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ ๆ ตามที่ต้องการ

4) การทดลอง หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการค้นคว้า เพื่อหาคำตอบหรือ ทดสอบความคิดใหม่ ๆ ได้อย่างถูกต้อง และเป็นระบบ

5) การสร้างเครือข่าย หมายถึง ความสามารถในการสร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหา หรือการสร้างสิ่งใหม่

5. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ หมายถึง ความรู้สึกที่ดี หรือความคิดที่ดีที่เป็นไปตามความคาดหวัง โดยได้รับการจูงใจทั้งในลักษณะที่เป็นรูปธรรม และนามธรรม ในการดำเนินการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในการเรียนการสอนและการวางแผนออกแบบการจัดการเรียนรู้ มีความกระตือรือร้นในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีความสนใจต่อกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. แบบแผนการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบแผนการทดลองเป็นแบบกึ่งทดลอง (quasi – experiment design) แบบวัด 1 ครั้ง หลังการทดลอง (Posttest – Only Control Group Design) โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีการเก็บข้อมูลผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี หลังการทดลอง

ดังภาพที่ 2

กลุ่มทดลอง	X	O
	← qualitative data →	
กลุ่มควบคุม	-	O

ภาพที่ 2 แบบแผนการทดลองแบบ Posttest – Only Control Group Design

X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ
-	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
O	หมายถึง	การวัดทักษะความเป็นนวัตกรหลังการทดลอง

2. วิธีดำเนินการทดลอง

1. ดำเนินการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบกับกลุ่มทดลอง และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้กับกลุ่มควบคุมในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

2. หลังสิ้นสุดการทดลอง ทำการทดสอบ (Posttest) กับกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบประเมินทักษะความเป็นนวัตกร และกลุ่มทดลอง โดยใช้แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

3. นำผลที่ได้จากการประเมินทักษะความเป็นนวัตกร และแบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาหาค่าทางสถิติ

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย การวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1. แผนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่จัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ จำนวน 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวมเวลา 18 ชั่วโมง

2. แผนการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวน 6 แผน แผนละ 3 ชั่วโมง รวมเวลา 18 ชั่วโมง

3. แบบประเมินทักษะความเป็นนวัตกร

4. แบบวัดความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัยให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์กลุ่มตัวอย่างทราบ และอธิบายถึงบทบาทหน้าที่ของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ และผู้วิจัย

2. ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยสอนเอง ใช้เนื้อหา เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เหมือนกันทั้ง 2 กลุ่ม ใช้ระยะเวลาเท่ากัน คือ 18 ชั่วโมง ดังนี้

2.1 กลุ่มที่ 1 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

2.2 กลุ่มที่ 2 ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

3. ผู้วิจัยใช้วิธีการสังเกต และการสัมภาษณ์นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบสังเกตทักษะความเป็นนวัตกร และแบบสัมภาษณ์ทักษะความเป็นนวัตกร จำนวน 25 คน ระหว่าง และหลังการทดลองโดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

4. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้รับจากการสังเกต และการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ด้วยการสร้างข้อสรุปจากการวิเคราะห์เนื้อหา

5. การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต และการสัมภาษณ์ทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบกับนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา โดยใช้การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Analytic Induction) และการวิเคราะห์โดยการจำแนกชนิดข้อมูล (Typological Analysis)

6. การตีความร่วมกัน

นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพมาตีความร่วมผลกัน เพื่อสร้างข้อสรุป

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. ผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบที่มีต่อทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

1.1 ผลการวิเคราะห์จากคะแนนเต็ม 3 คะแนน คะแนนทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีค่าเฉลี่ยทักษะการทดลองสูงที่สุด (M = 2.78, SD = 0.27) รองลงมา คือ ทักษะการตั้งคำถาม และทักษะการสังเกต มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน (M = 2.62, SD = 0.34) ทักษะการสร้างเครือข่าย (M = 2.56, SD = 0.41) และทักษะการเชื่อมโยง (M = 2.49, SD = 0.50) ตามลำดับ ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยทักษะการสร้างเครือข่ายสูงที่สุด (M = 1.59, SD = 0.63) รองลงมา คือ ทักษะการทดลอง (M = 1.47, SD = 0.58) ทักษะการสังเกต (M = 1.33, SD = 0.45) ทักษะการเชื่อมโยง (M = 1.29, SD = 0.36) และทักษะการตั้งคำถาม (M = 1.18, SD = 0.27) ตามลำดับ

1.2 ผลการเปรียบเทียบทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

1.3 ผลการเปรียบเทียบทักษะความเป็นนวัตกรหลังการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 พบว่า หลังจากที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน

2. ผลการวิเคราะห์กระบวนการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

พบว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบแล้วนั้น นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เกิดกระบวนการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรทั้ง 5 ทักษะสูงขึ้น

ได้แก่ การเชื่อมโยง การตั้งคำถาม การสังเกต การทดลอง และการสร้างเครือข่าย จากการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน และการสัมภาษณ์นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความกระตือรือร้น มีความกล้าในการคิด สามารถเชื่อมโยงแนวคิด หลักการ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษา นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถคิดปัญหาที่เกิดขึ้น จึงตั้งคำถาม เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา หรือคิดค้นสิ่งใหม่ ๆ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถสังเกตเห็นรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่ ๆ ในการแก้ปัญหา จากนั้นนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้ลงมือทำการทดลองด้วยตัวเอง สามารถเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง หรือได้สิ่งใหม่ ๆ เกิดขึ้น นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์นำผลการทดลอง นำเสนอหน้าห้องเรียนได้ สร้างปฏิสัมพันธ์ที่ดีกับผู้อื่น เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหา หรือการสร้างสิ่งใหม่ได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษาเชิงปริมาณ และการศึกษาเชิงคุณภาพ พบว่า ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สอดคล้องในเชิงยืนยัน (Confirmation) กับผลการสังเกตนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ระหว่าง และหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความสนใจ และกระตือรือร้นในการเรียนการสอน และการสัมภาษณ์นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรได้มากขึ้นจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบและสามารถสร้างนวัตกรรมได้

3. ความพึงพอใจของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ

พบว่า ในภาพรวมนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.29 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.10

อภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ มีประเด็นอภิปรายผลการวิจัย ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบส่งผลต่อทักษะความเป็นนวัตกร ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะความเป็นนวัตกรเพิ่มสูงขึ้นกว่านักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นการจัดการเรียนรู้ให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ค้นคว้า และปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวเอง โดยเน้นการค้นพบปัญหาที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สนใจจากบทเรียนที่กำลังเรียนอยู่ในขณะนั้น ทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างสร้างสรรค์มากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมด้วยตัวเอง แต่ไม่ได้เน้นการคิดแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิชัย ชมพูพาทย์ (2555, น. 69-77) ที่พบว่าจากการศึกษาการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอน เพื่อการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครู และนักเรียนในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการเชิงวิพากษ์ การคิดเชิงออกแบบการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์เป็นกระบวนการมุ่งหาคำตอบ และแก้ปัญหา รวมถึงการพัฒนาสภาวะที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้น เป็นการคิดลึก และหลากหลายที่สุด ปราศจากการตัดสินความคิดต่าง ๆ ว่าดี หรือไม่ แล้วจึงพิจารณาความคิดเหล่านั้น เพื่อเลือก และประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา และคำกล่าวของ วิจารณ์ พานิช (2557) ว่า ครูควรจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การทำงานเป็นทีม การสืบค้นข้อมูล และการนำเสนอ และครูเปลี่ยนบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

การจัดการเรียนรู้เชิงออกแบบสร้างสรรค์เป็นฐานสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวทางการสร้างสรรค์ความรู้เชิงสังคม (Social Constructivism) ของ Bunyakarte (2013) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับกระบวนการ และวิธีการสร้างความรู้ความเข้าใจจากประสบการณ์ ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้คิดออกแบบ และสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง (Learning by Doing) และเรียนรู้จากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และสอดคล้องกับ อารี พันธ์มณี (2559) ที่ว่า ความคิดเชิงออกแบบ และความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ด้วยการสอน และการฝึกปฏิบัติที่ถูกวิธี ควรส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์แก่เด็กตั้งแต่เยาว์วัย เพราะเป็นระยะที่เด็กมีจินตนาการสูง ศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ของเด็กกำลังพัฒนา หากช่วงนี้เด็กได้รับประสบการณ์ หรือกิจกรรมที่เหมาะสม และต่อเนื่องเท่ากับเป็นการวางรากฐานที่มั่นคง สำหรับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในอนาคต

วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558, น. 23-37) ค้นพบว่า ในต่างประเทศได้มีการหาวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเด็กของเขา มีการวิจัยกับเด็กของเขา เช่น PBL Problem-based Learning, Flipped Classroom, strength-based learning ของนิวซีแลนด์ และออสเตรเลีย 5 STEPS ของสิงคโปร์ ฯลฯ โดยทุกวิธีการสอนมีจุดเด่น และจุดด้อยที่เหมาะกับบริบทที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเด็กไทย คือ การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หรือ CBL (Creativity-based Learning) และกระบวนการคิด

เชิงออกแบบ (Design Thinking Process) เนื่องจากสอดคล้องกับสภาพแวดล้อม และปัญหาของเด็กไทย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นการต่อยอดมาจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning : PBL) ซึ่งเป็นแนวทางในการสอนแบบเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และได้ผลดีในหลายประเทศ โดยทั้งสองรูปแบบเป็นการสอนแบบ Active Learning คือ การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตื่นตัวในการค้นคว้าแทนที่จะรอรับการบรรยายแบบเดิม แต่สิ่งที่ยังขาดหายไปในการเรียนแบบ PBL คือ ทักษะในเรื่องการคิดเชิงออกแบบ ความคิดสร้างสรรค์ และด้วยเหตุดังกล่าว จึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบของการวิจัยนี้ว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรกฤษ ยืนยิ่ง และ เตชาเมธ เพียรชนะ (2566, น. 128-144) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบความคิดสร้างสรรค์เป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล และลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองระหว่างร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ อาทิเช่น หนังสือเรียน ใบความรู้ และอินเทอร์เน็ต ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการค้นหาได้ง่าย ประกอบกับผู้วิจัยยังได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดสร้างสรรค์ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง การทำงานร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง ส่งผลให้ทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรวรรณ อุดมสุข และ กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์ (2565, น. 289-307) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) เป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ถูกพัฒนามาจากกระบวนการใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning: PBL) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในรูปแบบการสอนแบบ Active Learning คือ การจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนมีความตื่นตัว มุ่งเน้นทักษะความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การจัดสภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศในการเรียนรู้ให้เหมาะสม ใช้สื่อกระตุ้นให้เกิดทักษะการคิด โดยผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าแสวงหาข้อมูล ได้ลงมือปฏิบัติจริงจนค้นพบความรู้ ฝึกให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมแบบร่วมมือมากกว่าการแข่งขัน การใช้กระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม และมีกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ออกแบบ สามารถคิดวิเคราะห์เป็น จนสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง สอดคล้องกับ ดวงพร ไม้ประเสริฐ (2563, น. 1-8) การเรียนการสอน โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-based learning Model) ผู้เรียนเกิดทักษะการปฏิบัติงานจริงสอดคล้องกับ วิริยะ ฤชัยพาณิชย์(2558) กล่าวว่า การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน CBL Creativity-based Learning จะสร้างทักษะแห่งอนาคต ซึ่งนอกจากเด็กจะได้มีความคิดวิเคราะห์ เขายังได้ฝึกฝนทักษะในการสื่อสาร การทำงานเป็นทีม ทักษะในการเรียนรู้

และที่สำคัญที่สุด คือ ทักษะในการคิดสร้างสรรค์ และ กีรติภูมิ บุ่งนาแซง และทัชชวัฒย์ เหล่าสุวรรณ (2565, น. 302-311) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานนั้น มีขั้นตอนที่สะดวก และง่ายต่อการนำไปใช้จริง ทำให้ช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความมีความตื่นตัว และสนใจในเนื้อหาบทเรียนอยู่ตลอดเวลา ต่างจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติที่เน้นในเรื่องของการบรรยายของครู กิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมกับการเรียนรู้มากที่สุด นักเรียนได้ฝึกทักษะในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทักษะกระบวนการคิด เมื่อรวมกลุ่ม เพื่อแก้ปัญหาที่ท้าทายอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนก็ได้จะทำงานร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม ซึ่งเป็นการฝึกการทำงานร่วมกับผู้อื่น และฝึกการทำงานเป็นทีม มีการแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ และการสื่อสารกับบุคคลอื่น ตลอดจนนักเรียนเกิดทักษะการนำเสนอผลงานที่สร้างสรรค์และการเรียนรู้จากการออกมานำเสนอผลงานของกลุ่ม ตลอดจนการฝึกอภิปรายการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นที่มีความคิดเห็นไม่ตรงกัน ด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบของการวิจัยนี้ว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ทำให้ทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ภายหลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ พบว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีทักษะความเป็นนวัตกรเพิ่มสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ส่งเสริมให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์กระตือรือร้นต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้รู้จักคิดสร้างสรรค์ คิดแก้ปัญหา ค้นคว้าหาข้อมูล ได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองตามปัญหาที่สนใจ ทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถเชื่อมโยงแนวคิด หลักการ และวิธีทางวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ปัญหา และสร้างสิ่งใหม่ได้ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์รู้จักตั้งปัญหาตามปัญหาที่สงสัยได้ชัดเจน และไม่คลุมเครือนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถสังเกตรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สนใจได้ นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สามารถทดลอง เพื่อแก้ไขปัญหา หรือสร้างสิ่งใหม่ตามปัญหาที่นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์สนใจได้อย่างถูกต้อง และนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความมั่นใจในตนเอง กล้าแสดงออก และสามารถแลกเปลี่ยนความรู้ในการพูดสื่อสารได้อย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับ กัณฐิกา พุทรา และ ศิริพงษ์ เพียศิริ (2565, น. 659-674) พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับชุดการสอนส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นต่อกิจกรรมการจัดการเรียนรู้มากขึ้น นักเรียนได้เกิดความตื่นตัวในการคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ คิดแก้ไขปัญหา ค้นคว้า และแสวงหาข้อมูล ได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง

ตามความสนใจจนเกิดการสร้างองค์ความรู้ และถ่ายทอดผ่านการออกแบบ และสร้างผลงานศิลปะของตนเองได้มากขึ้น โดยนักเรียนมีผลรวมของการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งคะแนนประเมินผลงานนักเรียนและผลการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดยมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 สอดคล้องกับ มงคล เรียงณรงค์ และ ลัดดา ศิลาน้อย (2558, น. 141-148) ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่21 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ส 21103 สังคมศึกษา 2 กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่า นักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80.00 และมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75.50 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ซึ่งเป็นวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ผู้เรียนได้ฝึกการตั้งปัญหา และแก้ปัญหารายบุคคล การฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม การฝึกนำเสนอ และวิจารณ์แบบสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ เพียงใจ สูงพล และ สัจธรรม พรทวีผล (2566, น. 633-650) พบว่า ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการออกแบบและสร้างนวัตกรรม โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า หลังการใช้รูปแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ในภาพรวม พบว่า นักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างนวัตกรรมคิดเป็นร้อยละ 82.58 เมื่อเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 นักเรียนมีความสามรถในการสร้างนวัตกรรมอยู่ในระดับสูงกว่าเกณฑ์ และด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบของการวิจัยนี้ว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมีทักษะความเป็นนวัตกรสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. กระบวนการพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ซึ่งภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ผู้วิจัยทำการศึกษาความสัมพันธ์ของของข้อมูลเชิงปริมาณกับข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากการเก็บข้อมูลการวิจัยออกแบบการวิจัยผสมผสานวิธีการแบบการทดลอง (The Mixed Methods Experimental (Intervention) Design) สอดคล้องกับ อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล (2561, น. 27) กล่าวว่า การวิจัยแบบผสานวิธีมีจุดแข็งในการแสวงหาคำตอบ เนื่องจากสามารถปิดจุดอ่อนที่มีอยู่ในวิธีวิจัยเชิงปริมาณ และวิธีวิจัยเชิงคุณภาพในการแสวงหาคำตอบได้บางแง่มุมเท่านั้น การวิจัยแบบผสานวิธีช่วยทำให้เกิดการตอบคำถามเชิงความรู้ และเชิงยืนยัน โดยผู้วิจัยนำคำตอบเชิงปริมาณมาใช้คำตอบในลักษณะภาพรวมแบบกว้าง ๆ ของสิ่งที่ศึกษานั้น ในขณะเดียวกันถ้าพิจารณาคำตอบ หรือความรู้ในเชิงคุณภาพมีลักษณะเป็นเรื่องเฉพาะกรณี โดยข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพในการตรวจสอบข้อมูลซึ่งกันและกันในการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล ข้อมูลเชิงคุณภาพจะช่วยยืนยันข้อมูลเชิงปริมาณ

ให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ทำให้งานวิจัยมีการสรุปอ้างอิงที่มีน้ำหนักมากขึ้นในมิติกว้าง และความลึก กล่าวคือ ทักษะความเป็นนวัตกรของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน สอดคล้องกับการสังเกต และการสัมภาษณ์นักเรียนในเชิงยืนยัน (Confirmation) ว่าข้อมูลคุณภาพสนับสนุนข้อมูลเชิงปริมาณสอดคล้องกับ วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์ (2558, น. 23-37) ค้นพบว่า ในต่างประเทศได้มีการหาวิธีการสอนที่เหมาะสมกับเด็กของเขา มีการวิจัยกับเด็กของเขา เช่น PBL Problem-based Learning, Flipped Classroom, strength-based learning ของนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย 5 STEPS ของสิงคโปร์ ฯลฯ โดยทุกวิธีการสอนมีจุดเด่น และจุดด้อย เหมาะกับบริบทที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับเด็กไทย คือ การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน หรือ CBL (Creativity-based Learning) และกระบวนการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking Process) เนื่องจาก สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมและปัญหาของเด็กไทย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นการต่อยอดมาจากการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning : PBL) ซึ่งเป็นแนวทางในการสอนแบบเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง และได้ผลดีในหลายประเทศ โดยทั้งสองรูปแบบเป็นการสอนแบบ Active Learning คือ การจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนตื่นตัวในการค้นคว้าแทนที่จะรอรับการบรรยายแบบเดิม แต่สิ่งที่ยังขาดหายไปในการเรียนแบบ PBL คือ ทักษะในเรื่องความคิดสร้างสรรค์ และด้วยเหตุดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบของการวิจัยนี้ว่า นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ โดยการศึกษาข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพสามารถยืนยันทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ จักรกฤษ ยืนยิ่ง และ เตชาเมธ เพียรชนะ (2566, น. 128-144) พบว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าข้อมูล และลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ระหว่างร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการค้นคว้าหาข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ อาทิเช่น หนังสือ เรียน ใบความรู้ และอินเทอร์เน็ต ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการค้นหาได้ง่าย ประกอบกับผู้วิจัยยังได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ฝึกทักษะการคิดสร้างสรรค์ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง การทำงานร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ด้วยตนเอง

4. ความพึงพอใจของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ ภายหลังการจัดการเรียนรู้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ พบว่า ในภาพรวมนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ได้ลงมือปฏิบัติจริง และครูเป็นผู้ให้คำแนะนำเท่านั้น ทำให้นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์

ได้คิดค้น แก้ปัญหา ออกแบบและสร้างนวัตกรรมได้ตามความสนใจของตนเอง นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์จึงมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ สอดคล้องกับ อรวรรณ อุดมสุข และ กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์ (2565, น. 289-307) ผลการศึกษาความพึงพอใจในการเรียนวรรณคดีไทยของนักเรียนหลังได้รับการจัดเรียนรู้แบบ สร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟิก โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ช่วยให้ผู้เรียนรู้จักการทำงานโดยใช้กระบวนการกลุ่มร่วมกับเพื่อน นักเรียนได้รู้จักสืบค้นจากแหล่งเรียนรู้อื่น ๆ เพิ่มเติม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระบวนการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้นตอนได้ฝึกให้ผู้เรียนฝึกการตั้งปัญหา และแสวงหาคำตอบร่วมกัน แล้วมาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ของตนเอง สอดคล้องกับ เพียงใจ สูงพล และ สัจธรรม พรทวีผล (2566, น. 633-650) ผลวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานอยู่ในระดับสูง เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางการสอน โดนใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐาน นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้วยวิธีการดำเนินการเป็นระบบ จุดประสงค์ของหลักการสอน โดยใช้ความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานต้องกระตุ้นความสนใจให้นักเรียนรู้จากการได้สังเกต รู้จักการตั้งปัญหา แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รู้จักค้นคว้า และคิดเป็นการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ตนอยากรู้ รู้จักสรุป ออกแบบ สร้าง และนำเสนอผลงานที่ดี มีความคิดสร้างสรรค์

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา จึงสนับสนุนงานวิจัยของ ดวงพร ไม้ประเสริฐ (2563, น. 1-8) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (Creativity-based learning Model) ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน ภาพรวมของการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐานที่ค่าเฉลี่ย 4.43 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.45 ระดับความพึงพอใจอยู่ระดับมากที่สุด ผู้วิจัยจึงมีความคิดเห็นว่า จากการสอนที่เน้นการปฏิบัติ นักศึกษาวิชีพครูวิทยาศาสตร์เกิดความตื่นตัว เพลิดเพลินและสนุกกับการเรียนรู้ที่ได้รับ สอดคล้องกับ วนัดดา มณีจร, ขจรพงษ์ ร่วมแก้ว, และ ประวิทย์ สิมมาทัน (2566, น. 51-59) พบว่า ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานอยู่ในระดับมากที่สุด เนื่องมาจากผู้เรียนมีความคิดเห็นว่า ขั้นตอน และกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม ผู้เรียนสามารถตั้งปัญหาจากสิ่งที่กำหนดให้ และทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างผู้เรียน และผู้สอนตลอดเวลา กล้าแสดงความคิดเห็น สามารถทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับ กีรติภูมิ บุ่งนาแซง และ ทัชชวัฒย์ เหล่าสุวรรณ (2565, น. 302-311) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน โดยรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระตุ้นให้ผู้เรียนตื่นตัวกับเนื้อหาบทเรียนและกิจกรรมภายในชั่วโมงอยู่ตลอดเวลา ให้ผู้เรียนรู้จักสังเกต และตั้งคำถาม รู้จักค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้

ด้วยตนเอง เพื่อตอบคำถามที่ตนอยากจะรู้ หรือปัญหาที่ตนเองกำลังเผชิญ นอกจากนี้จากการสังเกตผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนไม่มีความรู้สึกถึงความกดดัน เพราะการค้นหาวิธีแก้ปัญหาอย่างอิสระ รวมไปถึงการตอบคำถามหรือการแก้ปัญหาที่มีลักษณะเป็นไปในแบบปลายเปิด ภายใต้บรรยากาศการเรียนรู้แบบเป็นกันเอง ครูมีหน้าที่เสมือนโค้ช (Coach) ทำหน้าที่ชี้แหล่งข้อมูล อำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน เพื่อนสามารถทำการอภิปรายเพื่อนได้ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบนี้ยังเป็นการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักระบบของการคิด การตัดสินใจเลือกวิธีการที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหา การออกแบบผลงาน และนำเสนอผลงานที่ดีมีความคิดสร้างสรรค์อีกด้วย

ข้อเสนอแนะการวิจัย

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเหมาะสำหรับเนื้อหาที่เน้นการลงมือปฏิบัติ ดังนั้นผู้สอนควรเลือกเนื้อหาที่เหมาะสมกับการนำการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบมาใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้สามารถพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะความเป็นนวัตกรทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ การเชื่อมโยง การตั้งคำถาม การสังเกต การทดลอง และการสร้างเครือข่ายได้

2. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้น หรือสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนเกิดการค้นหาคำตอบ ค้นหาความรู้ โดยผู้สอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้า และแสดงออกทางความคิดอย่างเต็มที่ โดยไม่มีกรอบมาปิดกั้น ให้ผู้เรียนทดลองแก้ปัญหา รู้จักความผิดพลาด ตั้งคำถามกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริง สามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองได้ เพื่อให้เกิดการคิดที่แปลกใหม่ ดังนั้น ครูผู้สอนจะต้องเตรียมวัสดุ อุปกรณ์การทดลอง หรือสื่อการสอนให้มีความหลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์การทดลอง เพื่อค้นหาคำตอบที่หลากหลายตามความสนใจของผู้เรียน

3. การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนของไทยอาจจะยังไม่คุ้นเคย ดังนั้นในแผนการจัดการเรียนรู้แรก ๆ ผู้สอนจำเป็นต้องคอยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนอย่างใกล้ชิด เพื่อให้ความช่วยเหลือ หรือคอยชี้แนะให้ผู้เรียนสามารถดำเนินการกิจกรรมการเรียนรู้ได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้เน้นการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบ เพื่อพัฒนาทักษะความเป็นนวัตกรของนักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่การพัฒนาผู้เรียน

ควรพัฒนาให้ครอบคลุมทั้ง ด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานด้วยกระบวนการคิดเชิงออกแบบช่วยพัฒนาผลลัพธ์การเรียนรู้ในด้านอื่น ๆ ทักษะการจัดการเรียนรู้ และคุณลักษณะของผู้เรียนได้มากน้อยเพียงใด เช่น ความคิดสร้างสรรค์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการสื่อสาร ซึ่งเป็นคุณลักษณะสำคัญของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

2. การศึกษาเชิงปริมาณในการวิจัยนี้ใช้การวิจัยเชิงทดลองแบบกึ่งทดลอง โดยวัด 1 ครั้ง หลังการทดลอง (Posttest – Only Control Group Design) จึงเน้นการเปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหลังการทดลองเท่านั้น ดังนั้น การวิจัยครั้งต่อไป ควรทำการศึกษาในลักษณะการติดตามผล (Follow Up) หรือการวัดซ้ำ (Repeated Measure) ว่า หลังสิ้นสุดการทดลองแล้ว นักศึกษาวิชาชีพครูวิทยาศาสตร์ยังมีทักษะความเป็นนวัตกรคงอยู่ หรือไม่ มากน้อยเพียงใด

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมโรค. (2563). รายละเอียดตัวชี้วัดคำรับรองการปฏิบัติราชการหน่วยงาน กรมควบคุมโรค ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564. สืบค้นจาก https://ddc.moph.go.th/psdg/pagecontent.php?page=262&dept=psdg.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เอกสารชุดแนวทางปฏิรูปการศึกษาในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา. กรุงเทพฯ: การศาสนา.

กัณฐิกา พุทรา และ ศิริพงษ์ เพียศิริ. (2565, พฤษภาคม-สิงหาคม). ผลการจัดการเรียนรู้วิชา ทัศนศิลป์ เรื่อง ประวัติศาสตร์ศิลปะไทย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐานร่วมกับชุดการสอน. วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 9(2), 659-674.

กีรติภูมิ บุ่งนาแซง และ ทัชชวัฒย์ เหล่าสุวรรณ. (2565, ตุลาคม-ธันวาคม). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน เรื่อง ภัยพิบัติทางธรรมชาติและการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคาม, 6(4), 302-311.

จักรกฤษ ยืนยิ่ง และ เตชาเมธ เพียรชนะ. (2566, มกราคม-เมษายน). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานในรายวิชาวิทยาการคำนวณ เรื่อง แนวคิดเชิงคำนวณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารมหาจุฬาวิชาการ, 10(1), 128-144.

ดวงพร ไม้ประเสริฐ. (2563, เมษายน-มิถุนายน). การศึกษาการเรียนการสอนโดยใช้เทคนิคการสอน

แบบสร้างสรรค์เป็นฐานในรายวิชา เทคนิคการสร้างสื่อปฏิสัมพันธ์ดิจิทัล คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี. วารสารวิชาการนอร์ทเทิร์น, 7(2), 1-8.

นรพนธ์ คนสูง. (2561). การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางเคมี และทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ ผลิตผลการพิมพ์. (2557). อย่าเรียนหนังสือคนเดียว (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสด ศรี-สฤษดิ์วงศ์มสส.

ผู้ผลิตแบตเตอรี่รถยนต์ไฟฟ้าต่างชาติ สนใจเข้ามาลงทุนในไทยมากขึ้น. (2566, 3 มิถุนายน). สืบค้นจาก https://www.pptvhd36.com/automotive/news/197889.

เพียงใจ สูงพล และ สัจธรรม พรทวีผล. (2566). การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้ความคิด สร้างสรรค์เป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 10(1), 633-650.

มะลิสวรรค์ ราชันย์. (2554, กรกฎาคม-สิงหาคม). การขับเคลื่อนนวัตกรรมสู่ภาคอุตสาหกรรม และ SMEs. อุตสาหกรรมสาร, 54(4), 5-7.

มงคล เรียงณรงค์ และ ลัดดา ศิลาน้อย. (2558, ตุลาคม-ธันวาคม). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 รายวิชา ส21103 สังคมศึกษา 2. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 38(4), 141-148.

วนัดดา มณีจร, ขจรพงษ์ ร่วมแก้ว และ ประวิทย์ สิมมาทัน. (2566, มกราคม-เมษายน). การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยการจัดการเรียนรู้ผสมผสานแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนมหาชัยพิทยาคาร. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 20(1), 51-59.

ยุทธศาสตร์ชาติ พ.ศ. 2561-2580. (2561, ตุลาคม). ราชกิจจานุเบกษา. 135, 1.

วิจารณ์ พานิช. (2555). วิถีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ.

วิจารณ์ พานิช. (2557). การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 2 [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]). กรุงเทพฯ: มูลนิธิสยามกัมมาจล.

วิริยะ ฤๅชัยพาณิชย์. (2558, กรกฎาคม-ธันวาคม). การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน Creativity based Learning (CBL). วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้, 1(2), 23-37.

วิวัฒน์ มีสุวรรณ์. (2560, กรกฎาคม – กันยายน). ปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณลักษณะของครูนวัตกรด้านเทคโนโลยีการศึกษาในสถานศึกษา สำหรับปฏิบัติการสอน เครือข่ายมหาวิทยาลัยนเรศวร. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 19(3), 50-62.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2559). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564. กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.

สิทธิชัย ชมพูพาทย์. (2555, มีนาคม-พฤษภาคม). การพัฒนาพฤติกรรมการเรียนการสอน เพื่อแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของครู และนักเรียน ในโรงเรียนส่งเสริมนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การวิจัยปฏิบัติเชิงวิพากษ์. วารสารวิชาการศรีปทุม ชลบุรี, 8(4), 69-77.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2557). บทวิเคราะห์การศึกษาไทยในโลกศตวรรษที่ 21.

อรวรรณ อุดมสุข และ กฤธยากาญจน์ โตพิทักษ์. (2565, มกราคม-มิถุนายน). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์เป็นฐาน (CBL) ร่วมกับสื่ออินโฟกราฟิกที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวรรณคดีไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารพิกุล, 20(1), 289-307.

อารี พันธ์มณี. (2559). ฝึกให้คิดเป็นคิดให้สร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล. (2561). การวิจัยทางการศึกษา: แนวคิดและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Bunyakarte, T. J. (2013). Learning in the Social Constructivist Perspectives. Galaxy the IELE Journal, 2(1), 10-15.

Dyer, Gregersen, H. B., and Christensen, C. M. (2019). The Innovator’s DNA: Mastering the Five Skills of Disruptive Innovators. United States: Harvard Business Review Press.

Sanger, M. J. (1996). Identifying, attributing, and dispelling student Misconceptions in electrochemistry. (Doctor of Philosophy, Iowa State University, Iowa). Retrieved from https://core.ac.uk/reader/38901050.

การพัฒนาบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

Development of Interactive Simulation Laboratory on Electric Circuit to Enhance Thinking and Problem-solving Competencies for Sixth Grade Students.

เอมนิกา ใบโพธิ์[1*] จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล[2] ชาญวิทย์ คำเจริญ[3]

Aemnika Baipo[1*] Jiraporn Poonyawatpornkul[2] Chanwit Kamcharean[3]

[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 202 ถ.ช้างเผือก ต.ช้างเผือก อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

[1] Chiang Mai Rajabhat University, 202 Changpuak Rd, Tambon Chang Phueak, Mueang Chiang Mai District 50300

*Corresponding author E-mail: aemnikabaipo@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า ให้มีประสิทธิภาพตาเกณฑ์ 80/80 และเพื่อส่งเสริมสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านแม่สูนน้อย เป็นการเลือกแบบการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า แบบวัดสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้ามีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.28/81.36 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 และผลการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของสมรรถนะทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการคิดและความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยวิธี Normalize gain <g> พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 สมรรถนะเท่ากับ 0.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ Medium gain ซึ่งถือว่าผู้เรียนมีผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ : บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง วงจรไฟฟ้า,สมรรถนะการคิดและแก้ปัญหา

Abstract

The objectives were to develop an interactive simulation laboratory on the electric circuit to achieve educational efficiency according to criteria 80/80 and to enhance thinking and problem-solving competencies. The sample group were 6-grade students of Banmaesoonnoi School, who were selected by purposive sampling. The research instruments were the interactive simulation laboratory on electric circuits, the scientific thinking and solving problem competence test, and the learning progress test. The results of the study found that the learning management

using the interactive simulation laboratory on electric circuits had an efficiency of 83.28/81.36, which was higher than the criteria of 80/80. The results of the progress analysis of the two competencies, thinking ability and problem-solving ability, using the Normalize gain <g> method found that the learners had an average score of both competencies of 0.69, which is in the medium gain level, which means that the learners have a moderate level of learning progress.

Keywords : Simulation Laboratory, Electric Circuit, Competencies

บทนำ

ในศตวรรษที่ 21 มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่สังคมที่เรียกว่า สังคมแห่งความรู้ ความรู้ใหม่ ๆ สามารถเกิดขึ้นได้ทุกเมื่อคนที่พร้อมจะเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ หรือคนที่สามารถอยู่ร่วมกับสังคมแห่งปัญหาและการเปลี่ยนแปลงนี้ได้อย่างมีความสุข คือคนที่มีทักษะจัดการกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในแนวทางที่ถูกต้องและเหมาะสมต่ออุปสรรคและสถานการณ์ที่กำลังเผชิญได้ กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยมนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดด้วยความเป็นเหตุเป็นผล สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบเพื่อประกอบการตัดสินใจจากหลักฐานประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ ดังนั้นผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาคนให้มีทักษะดังกล่าวต้องเตรียมความพร้อมเพื่อให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลง การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ทำให้ผู้เรียนนั้นเกิดการเรียนรู้ทักษะเพื่อดำรงชีวิตและรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 (สุทธิวรรณ ตันติรจนาวงศ์, 2560) ตามแนวทางหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) มุ่งเน้นผู้เรียนให้สมรรถนะสำคัญ 5 ด้านของผู้เรียน คือ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ดังนั้นการพัฒนาการเรียนการสอนที่มีการบูรณาการให้เข้ากับการใช้ชีวิตประจำวันหรือสิ่งใกล้ตัว ทำให้มีผลกับผู้เรียนโดยตรง จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนาทักษะผู้เรียนให้ดีขึ้นทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ (เกศินี อินถา และคณะ, 2558) ปัจจุบันสื่อการเรียนการสอนไม่ได้จำกัดอยู่เพียงแค่สื่อที่มีอยู่ในห้องเรียนเท่านั้น เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทในฐานะสื่อกลางการเรียนการสอนระหว่างผู้สอนและผู้เรียนมากยิ่งขึ้น ทำให้มีนักการศึกษาพัฒนาสื่อการเรียนการสอนโดยนำหลักการทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์และหลักการเรียนรู้ทางศาสตร์ด้านต่าง ๆ ตัวอย่าง เช่น วิทยาศาสตร์ สังคมศาสตร์ ภาษาศาสตร์มาใช้ เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจในการเรียนแก่ผู้เรียนได้เรียนรู้ให้ง่ายยิ่งขึ้น

ไฟฟ้า ถือเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานชนิดอื่น เช่น พลังงานจากน้ำ พลังงานจากลม หรือพลังงานจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่าง ๆ แม้ว่าพลังงานไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนแปลงมาจากพลังงานชนิดอื่น แต่พลังงานไฟฟ้าก็ยังสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานอื่น ๆ ได้โดยผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เราใช้ในปัจจุบัน ไฟฟ้าสามารถเกิดขึ้นได้หลายวิธี คือ เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากการเปลี่ยนแสงสว่างให้เป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากปฏิกิริยาเคมี โดยกระแสไฟฟ้าเกิดการไหลของ

อิเล็กตรอน โดยอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบไปขั้วบวกและ วงจรไฟฟ้า (Electrical circuit) คือ การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายแรงดันและกระแสให้กับโหลดโดยใช้ลวดตัวนำ เป็นการนำเอาสายไฟฟ้าหรือตัวนำไฟฟ้าที่เป็นเส้นทางเดินให้กระแสไฟฟ้า สามารถไหลผ่านต่อถึงกันได้ทำให้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน อยู่ภายในวงจรจะเริ่มจากแหล่งจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น การต่อวงจรไฟฟ้าเบื้องต้น โดยการต่อแบตเตอรี่ต่อเข้ากับหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าสว่างได้เพราะว่ากระแสไฟฟ้าสามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจรไฟฟ้า และ เมื่อหลอดไฟฟ้าดับก็เพราะว่ากระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลได้ตลอดทั้งวงจร เนื่องจากสวิตช์เปิดวงจรไฟฟ้าอยู่

ในปี 2002 มหาวิทยาลัยโคโรลาโด ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำโครงการ The Physics Education Technology (PhET) ขึ้น ซึ่งเป็นโครงการที่นักฟิสิกส์ร่วมกับนักพัฒนาระบบได้ร่วมกันสร้างและพัฒนาบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง (PhET Interactive simulations) ขึ้น สามารถใช้งานได้บนเว็บไซต์ https://phet.colorado.edu/th/ โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET นั้นเป็นสื่อจำลองที่มีการทดลองในสภาพแวดล้อมและมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการทดลองในห้องเรียนจริงทุกประการในลักษณะที่เสมือนในทางกายภาพ ครอบคลุมเนื้อหารายวิชาฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ เคมี วิทยาศาสตร์ของโลก และชีววิทยา ซึ่งบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริงมีจุดมุ่งหมายเพื่อกระจายความรู้โดยใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดีย และเครือข่ายสารสนเทศระหว่างผู้เรียนในห้องปฏิบัติการกับผู้สอน เพื่อเพิ่มความสนใจในการเรียนฟิสิกส์ของผู้เรียนให้เกิดความสนุก และความเข้าใจในการเรียนรายวิชาฟิสิกส์มากขึ้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงสนใจที่จะพัฒนาบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่องวงจรไฟฟ้าของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และเพื่อศึกษาสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนในศูนย์พัฒนาคุณภาพการศึกษาตำบลแม่สูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่

กลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านแม่สูนน้อย ตำบลแม่สูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 11 คน เป็นการเลือกแบบการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เนื่องจากมีบริบทสภาพแวดล้อมโรงเรียนที่เอื้ออำนวยความสะดวกในด้านเทคโนโลยีเครื่องคอมพิวเตอร์มีเพียงพอต่อจำนวนผู้เรียน 1 คน ต่อคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และลงมือปฏิบัติได้พร้อม ๆ กัน จึงเหมาะสมสำหรับการพัฒนาบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง ใช้ประกอบการสอนในแผนการสอน เรื่อง วงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้า จำนวน 5 แผน รวมเวลาในการสอน 10 ชั่วโมง

2.3 แบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน และความก้าวหน้าสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง วงจรไฟฟ้า แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple Choice) 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 จัดทำบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

3.2 ตรวจสอบบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า โดยผู้เชี่ยวชาญ

3.3 ดำเนินการเก็บข้อมูลโดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

(1) ขั้นเตรียม

1.1. ชี้แจงรายละเอียดแก่ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ซึ่งจะแจ้งให้ผู้เรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและขั้นตอนกระบวนการทำกิจกรรมการทดลอง

1.2. ผู้วิจัยให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน และสมรรถนะของผู้เรียนก่อนจัดกิจกรรมการเรียนรู้

(2) ขั้นทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แผนการสอนจำนวน 5 แผน เวลา 10 ชั่วโมง

(3) ขั้นหลังการทดลอง

หลังจากเรียนเสร็จแล้วให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียน และสมรรถนะของผู้เรียนหลังเรียนอีกครั้งหนึ่งเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง (E_1/E_2) โดยนำคะแนนจากการทำแบบทดสอบย่อยและคะแนนทดสอบวัดความก้าวหน้าทางการเรียนหลังเรียนมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เปรียบเทียบ E_1/E_2 กับเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้

2. วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน และความก้าวหน้าสมรรถนะ 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการคิดและความสามารถในการแก้ปัญหา ด้วยวิธี Normalize gain <g> (Richard R. Hake, 1998) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินที่สามารถทำได้ด้วยการพิจารณาผลต่างของคะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเปรียบเทียบกับโอกาสที่ผู้เรียนแต่ละคนจะสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วง 0.0 – 1.0

ซึ่งค่า normalize gain เป็นผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริงของผู้เรียน (Actual gain = (%post–test) - (% Pre-test)) คิดเป็นกี่เท่าของผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้ (Maximum possible gain = (100 %) - (% Pre-test)) สามารถแบ่งระดับของค่า normalize gain ได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่

“High gain”	เป็นชั้นเรียนที่มีค่า		<g>	≥ 0.7
“Medium gain”	เป็นชั้นเรียนที่มีค่า	0.7 >	<g>	≥ 0.3
“Low gain”	เป็นชั้นเรียนที่มีค่า	0.0 ≤	<g>	< 0.3

3. การศึกษาวิเคราะห์สมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่าง พิจารณาจากคะแนนคำตอบในการทำแบบทดสอบหลังเรียนแต่ละตัวชี้วัดที่กลุ่มตัวอย่างแสดงออกมาเทียบกับคะแนนเต็มที่ควรแสดงออก โดยกำหนดหลักคะแนนการแสดงวิเคราะห์สมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาดังแสดงในตารางที่ 1 โดยแบ่งตามตัวชี้วัด

ตารางที่ 1 แสดงหลักคะแนนการวิเคราะห์สมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาโดยแบ่งตามตัวชี้วัด

สมรรถนะการคิด **ตัวชี้วัดที่ 1 คิดพื้นฐาน (การคิดวิเคราะห์)**	
ข้อสอบ	**ระดับพฤติกรรมบ่งชี้**
1.จากสถานการณ์ให้นักเรียนเลือกการเกิดแรงไฟฟ้าในชีวิตประจำวันที่เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ อธิบายการเกิดแรงไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร และขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง	มีพฤติกรรมบ่งชี้ ดังนี้ 1. จำแนกข้อมูลได้ 2. จัดหมวดหมู่ข้อมูลได้ 3. จัดลำดับความสำคัญของข้อมูลได้ 4. เปรียบเทียบข้อมูลได้
2. จากสถานการณ์แรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันคำอธิบายใดต่อไปนี้ใช้อธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ดีที่สุด	
3.จากภาพการต่อวงจรไฟฟ้ามีรูปแบบการไหลของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในรูปแบบใด ข้อใดอธิบายได้ถูกต้อง	ระบุรายละเอียด คุณลักษณะและความคิดรวบยอดของข้อมูลต่างๆ ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันได้ถูกต้องและครบถ้วน

4.จากอุปกรณ์ไฟฟ้าข้างต้นจงอธิบายขั้นตอนการต่อวงจรไฟฟ้าให้สมบูรณ์	
5.ข้อใดคือการอธิบายการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ถูกต้องที่สุด	
สมรรถนะการคิด **ตัวชี้วัดที่ 2 คิดขั้นสูง (การคิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ)**	
ข้อสอบ	**ระดับพฤติกรรมบ่งชี้**
6.จากภาพการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมทั้ง 2 ภาพ ข้อใดอธิบายความแตกต่างที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องที่สุด	รวบรวมข้อมูลจัดกระทำข้อมูล และนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาหลอมรวม สรุปเป็นองค์ความรู้ หรือสารสนเทศ เพื่อวางแผนประกอบการตัดสินใจ
7.จงอธิบายการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานที่ถูกต้องและเหมาะสม	
8. ข้อใดเป็นการต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานที่นำประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	คิดริเริ่ม สร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่ในทางบวก ที่ใช้หรือนำไปประยุกต์ใช้ คิดแบบองค์รวมโดยใช้
9. สารที่มีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าจะมีลักษณะอย่างไรและมีอะไรบ้างข้อใดอธิบายได้ถูกต้องที่สุด	
10.ข้อใดอธิบายการประยุกต์ใช้ตัวนำไฟฟ้าและฉนวนไฟฟ้าในชีวิตประจำวันได้ถูกต้องที่สุด	คิดแบบองค์รวมโดยใช้เหตุผล หลักฐานเชิงตรรกะมาวิเคราะห์สิ่ง ต่าง ๆ ให้แน่ชัด อย่างสมเหตุสมผลและสรุป/ตัดสินใจเลือกทางเลือกที่เหมาะสม
สมรรถนะการแก้ปัญหา **ตัวชี้วัดที่ 1 ใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ปัญหา วางแผนในการแก้ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบและสรุปผล**	
ข้อสอบ	**ระดับพฤติกรรมบ่งชี้**
11.จากสถานการณ์การทดลองการเกิดแรงไฟฟ้าข้างต้น นักเรียนจะจัดการกับสถานการณ์นี้อย่างไร ข้อใดเป็นการจัดการสถานการณ์ได้ดีที่สุด	ระบุปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับตนเองที่ตรงกับสภาพปัญหามากกว่า 2 ปัญหา
12.จากการทดลองเรื่องการเกิดแรงไฟฟ้าข้างต้น สาเหตุที่ทำให้การทดลองไม่สำเร็จเกิดจากอะไร	

13.ข้อใดเป็นขั้นตอนการต่อวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายได้ถูกต้อง	มีการวางแผนในการแก้ปัญหาโดยใช้ข้อมูลและรายละเอียดประกอบการวางแผนมีขั้นตอนของแผนงานอย่างชัดเจน และมีข้อมูลเพียงพอ
14.การลัดวงจรไฟฟ้าข้อใดอธิบายสาเหตุที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องที่สุด	ปฏิบัติตามแผนการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ทุกขั้นตอน มีข้อมูลสนับสนุนครบถ้วนสมบูรณ์
15.จากการทดลองการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม หลอดไฟฟ้าไม่สว่าง นักเรียนจะมีการแก้ปัญหาด้วยวิธีใด	มีการสรุปผลและจัดทำรายงานอย่างถูกต้อง สมบูรณ์ชัดเจน
สมรรถนะการแก้ปัญหา **ตัวชี้วัดที่ 2 ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา**	
ข้อสอบ	**ระดับพฤติกรรมบ่งชี้**
16.หากไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรมจะเป็นอย่างไร	เกิดจากการแก้ปัญหามีความถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผลและคุณธรรมอย่างน้อยร้อยละ 80 ขึ้นไปของปัญหาที่แก้ไข
17.จากการทดลองเรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมข้างต้น จะแก้ปัญหาได้อย่างไร	
18.จากการทดลองเรื่องการต่อวงจรไฟฟ้าแบบแบบขนานข้างต้น จะแก้ปัญหาได้อย่างไร	
19.จากเหตุการณ์ข้างต้นหากเกิดไฟฟ้ารั่วนักเรียนจะมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไร	
20.จากการทดลองเรื่องตัวนำไฟฟ้าแลฉนวนไฟฟ้าข้างต้น ข้อใดเป็นการสรุปผลการทดลองได้ดีที่สุด	

ผลการวิจัย

1. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง (E_1/E_2) ที่ได้จากการประเมินความรู้จากแบบทดสอบระหว่างเรียน โดยผลคะแนนของทั้ง 5 แผนการจัดการเรียนรู้ แต่ละกิจกรรมคะแนนเต็ม 5 คะแนน รวมทั้งหมด 25 คะแนน เมื่อนำไปวิเคราะห์ประสิทธิภาพ พบว่า ประสิทธิภาพกระบวนการ (E_1) มีค่าร้อยละ 83.28 และหลังทำกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E_2) เป็นร้อยละ 81.36 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คะแนนการทำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า และแบบทดสอบหลังการทำกิจกรรม

คะแนน	คะแนนกิจกรรมที่					รวม	ร้อยละ	คะแนนแบบทดสอบ	
	1	2	3	4	5			รวม	ร้อยละ
เต็ม	5	5	5	5	5	25	100	20	100
เฉลี่ย	4.09	4.36	4.27	4.09	4.00	20.82	76.32	14.92	81.36
ประสิทธิภาพ	83.28							81.36	

2. เมื่อทำการวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยทำการเปรียบเทียบคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนโดยใช้วิธี Normalize gain <g> วิเคราะห์คะแนนผลการเรียนรู้เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ผลปรากฏดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้า

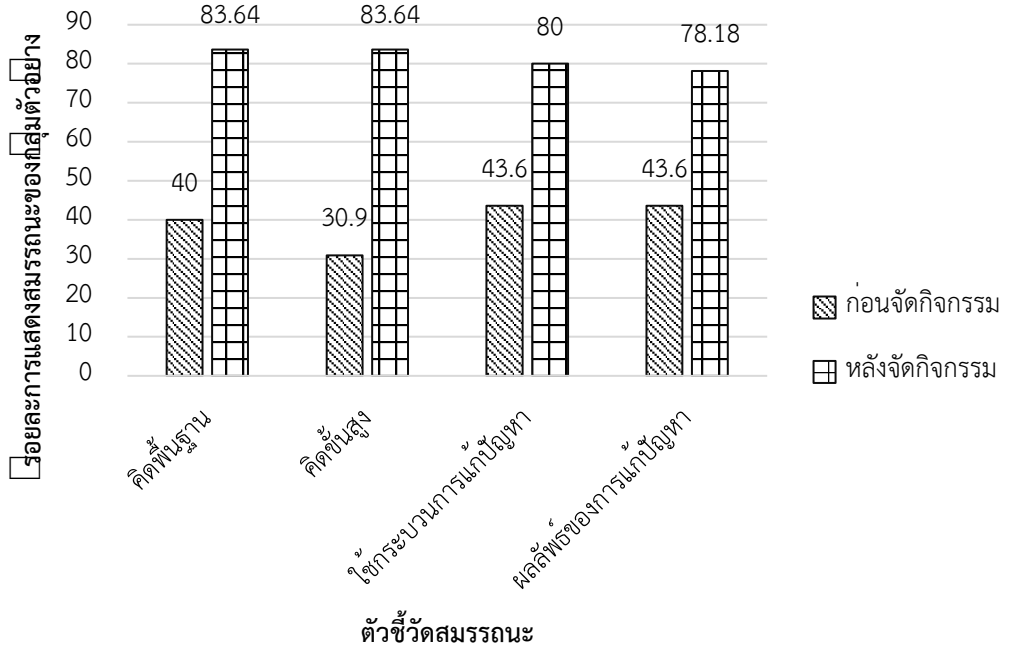
% Pre-test	% Post-test	Actual gain	Maximum possible gain	Normalize gain <g>
39.55	81.36	41.82	60.45	0.69

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า เมื่อทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้า จากคะแนนเต็มทั้งหมด 20 คะแนน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 11 คน มีคะแนนผลการเรียนรู้เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นรายชั้นเรียนเท่ากับ 0.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับกลาง

3. จากการวิเคราะห์ความก้าวหน้าของสมรรถนะทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการคิดและความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธี Normalize gain <g> พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 สมรรถนะเท่ากับ 0.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับกลาง โดยสมรรถนะความสามารถในการคิดมีค่า Normalize gain <g> เท่ากับ 0.75 และสมรรถนะความสามารถในการแก้ปัญหา มีค่า Normalize gain <g> เท่ากับ 0.63 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัดความก้าวหน้าของสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน

สมรรถนะ	ตัวชี้วัด	% Pre-test	% Post-test	Actual gain	Maximum possible gain	Normalize gain <g>
ความสามารถในการคิด	1.คิดพื้นฐาน	40.0	83.64	43.64	60.00	0.73
	2.คิดขั้นสูง	30.9	83.64	52.73	69.09	0.76
ความสามารถในการแก้ปัญหา	1.ใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ปัญหา วางแผนในการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบและสรุปผล	43.6	80.00	36.36	56.36	0.65
	2.ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา	43.6	78.18	34.55	56.36	0.61



รูปที่ 1 การเปรียบเทียบร้อยละของกลุ่มตัวอย่างที่แสดงสมรรถนะรายตัวบ่งชี้ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า

วิจารณ์ผล

1. การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า พบว่า บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า มีประสิทธิภาพเท่ากับ 83.28/81.36 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ คือ 80/80 ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าบทปฏิบัติการโต้สอบเสมือนจริงมีประสิทธิภาพ อาจเนื่องมาจากการทดลองเสมือนจริงช่วยให้ผู้เรียนเห็นการเปลี่ยนแปลงของการทดลองได้ชัดเจนเช่นเดียวกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งในบริบทของโรงเรียนนั้นไม่สามารถทำการทดลองในห้องปฏิบัติการได้ และทำกิจกรรมของบทปฏิบัติการเสมือนจริงนั้นยังเพิ่มความสนใจในการเรียนของผู้เรียนให้เกิดความสนุกมากขึ้น และยังช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุขณะทำการทดลองในห้องปฏิบัติการได้อีกด้วย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเจิดจิรัฐิต์ โสรัตยาทร (2565) ที่ได้ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับห้องทดลองเสมือน พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับห้องทดลองเสมือนมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 โดยกล่าวว่าการทดลองเสมือนนั้นสามารถนำมาจัดการเรียนการสอนได้เช่นเดียวกับการใช้ห้องปฏิบัติการ และการทดลองเสมือนยังช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนของผู้เรียนได้อีกด้วย อีกทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของ สถาพร อังชัน (2565) โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจำองห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่อง แสงเชิงรังสี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แอพพลิเคชั่น PhET มีประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 77.49/83.68 สูงกว่าเกณฑ์ 70/70 ที่กำหนด โดยกล่าวว่า บทเรียนเสมือนจะช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะในการคิดวิเคราะห์ วิธีในการคิดแก้ปัญหา และการติดต่ออย่างสร้างสรรค์ ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและการลงมือปฏิบัติมากขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริงจะช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนการสอน

2. การวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ เรื่อง วงจรไฟฟ้า จากคะแนนเต็มทั้งหมด 20 คะแนน ผู้เรียนมีคะแนนผลการเรียนรู้เฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในรายชั้นเรียนเท่ากับ 0.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับ Medium gain แสดงเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงสามารถพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้ เนื่องจากการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และการใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงประกอบการสอนยังช่วยกระตุ้นความสนใจในการเรียนของผู้เรียน ช่วยให้ผู้เรียนได้ลองผิดลองถูกได้โดยไม่เกิดอันตรายแก่ผู้เรียน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชาญวิทย์ คำเจริญ และ ดารกา พลัง (2562) ที่ได้ศึกษาการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง: การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง พบว่า สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงเป็นสื่อทางเลือกที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปรากฏการณ์จริงได้ดีขึ้น เนื่องจากการทดลองจริงนั้นต้องใช้อุปกรณ์ที่ค่อนข้างยุ่งยาก เช่น การใช้กล้องบันทึกภาพและโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ผล ซึ่งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถสร้างแบบจำลองที่มีความใกล้เคียงกับปรากฏการณ์จริงและช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจได้ดียิ่งขึ้น และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ณัฐภัทร ปิ่นเนตร และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาการใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมอนจริงเรื่อง การสะท้อนและการหกเหของแสง ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียน

ศรีวิชัยวิทยา พบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงช่วยให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้คิดและนำไปปฏิบัติ ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงจนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหานั้น ๆ

3. การวิเคราะห์ความก้าวหน้าสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยคะแนนจากแบบวัดความก้าวหน้าของสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยวิธี Normalize gain <g> โดยสมรรถนะด้านการคิดมีค่าเท่ากับ 0.75 และสมรรถนะด้านการแก้ปัญหามีค่าเท่ากับ 0.63 ค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 สมรรถนะเท่ากับ 0.69 จัดอยู่ในระดับกลาง ซึ่งถือว่าผู้เรียนมีผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง และจากการวิเคราะห์สมรรถนะตามตัวชี้วัด พบว่า สมรรถนะการคิด มี 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ 1. การคิดพื้นฐาน และ 2. การคิดขั้นสูง มีค่า Normalize gain <g> เท่ากับ 0.73 และ 0.76 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูง ส่วนสมรรถนะการแก้ปัญหา มี 2 ตัวชี้วัด ได้แก่ 1. การใช้กระบวนการแก้ปัญหาโดยวิเคราะห์ปัญหา วางแผนในการแก้ปัญหาดำเนินการแก้ปัญหา ตรวจสอบและสรุปผล และ 2. ผลลัพธ์ของการแก้ปัญหา โดยทั้ง 2 ตัวชี้วัดมีค่า Normalize gain <g> เท่ากับ 0.65 และ 0.61 ตามลำดับ จัดอยู่ในระดับกลาง แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่อง วงจรไฟฟ้า ช่วยเพิ่มสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นจริง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริงทำให้ผู้เรียนเห็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้อย่างชัดเจน สามารถทำซ้ำได้หลายๆ ครั้งและสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลลัพธ์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสถาพร อังชัน (2565) ที่ได้ทำการศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่อง แสงเชิงรังสี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แอพพลิเคชั่น PhET ช่วยเพิ่มสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ทุกสมรรถนะ สามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้ เนื่องจากการทดลองในรูปแบบห้องปฏิบัติการเสมือนจริงนั้นช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้เนื้อหาในบทเรียนกับชีวิตประจำวันทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น และสอดคล้องกับการศึกษาของ รันดี้ และเฟรดเดอริค (Rhandy DG. Almadrones and Frederick G. Tadifa, 2024) ที่ได้ทำการศึกษาการใช้การจำลองเทคโนโลยีการศึกษาฟิสิกส์ (PhET) ในการสอนฟิสิกส์ทั่วไป 1 พบว่า การสอนโดยใช้บทปฏิบัติการเสมือนจริงของ PhET สามารถพัฒนาระดับสมรรถนะของนักเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ทั่วไป 1 ได้เนื่องจากบทปฏิบัติการเสมือนจริงของ PhET เป็นห้องปฏิบัติการเสมือนจริงที่สามารถส่งเสริมประสบการณ์เชิงบวกและสร้างประสบการณ์ที่น่าสนใจให้แก่ผู้เรียนได้

สรุปผล

จากการพัฒนาบทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า เพื่อส่งเสริมสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านแม่สูนน้อย ตำบลแม่สูน อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า สามารถส่งเสริมและพัฒนาสมรรถนะการคิดและแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้ เมื่อพิจารณาความก้าวหน้าของสมรรถนะทั้ง 2 ด้าน ได้แก่ ความสามารถในการคิดและความสามารถในการ

แก้ปัญหาด้วยวิธี Normalize gain <g> พบว่า ผู้เรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 2 สมรรถนะเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับกลาง และพิจารณาความก้าวหน้าทางการเรียนของผู้เรียนมีค่าเท่ากับ 0.69 อยู่ในระดับกลาง ซึ่งถือว่าผู้เรียนมีผลความก้าวหน้าทางการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้บทปฏิบัติการโต้ตอบเสมือนจริง เรื่องวงจรไฟฟ้า ช่วยให้ผู้เรียนเห็นปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ได้อย่างชัดเจน สามารถทำซ้ำได้หลายๆ ครั้งและสามารถเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของผลลัพธ์ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิราภรณ์ ปุณยวัจน์พรกุล ที่ปรึกษาหลัก ที่ได้เสียสละเวลาในการตรวจแก้ไข ให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำเพื่อให้วิจัยฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบคุณคณะครูโรงเรียนบ้านแม่สูนน้อยที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกตลอดเวลาในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

เกศินี อินถา, ภาณุพัฒน์ ชัยวร และอโนดาษ์ รัชเวทย์. (2558). การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง “มหัศจรรย์ยางพารา” โดยใช้แนวการสอน STEM กับการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่21 ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย [ตอนพิเศษ]. *วารสารครุพิบูล [ฉบับพิเศษ]*, *2*(1), 132-141.

จิตตกาญจน์ เอี่ยมอนงค์ (ม.ป.ป.). *ไฟฟ้าน่ารู้* [เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์]. โรงเรียนปทุมวิไล, สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4.

เจิดจิรัฐิต์ โสรัตยาทร. (2565). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับห้องทดลองเสมือน เพื่อส่งเสริมมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ภายใต้สถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทที่ไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชาญวิทย์ คำเจริญ และดารกา พลัง. (2562). การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง: การเคลื่อนที่แนววิถีโค้ง. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, *18*(3), 13-24.

ณัฐภัทร ปิ่นเนตร, จุฑารัตน์ เบญพาด, ชุติมา ศรีสำราญ, ศุภรัตน์ ทัศน์เจริญ, กิตติพงษ์ เสียงเสนาะ, และ มัทนี เสียงเสนาะ. (2564, 8-9 กรกฎาคม). *การใช้สื่อจำลองโต้ตอบเสมอนจริง เรื่อง การสะท้อนและการหกเหของแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนศรีวิชัยวิทยา* [เอกสารการนำเสนอ]. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม *“การวิจัยสร้างดุลยภาพชีวิตเพื่อรองรับ New Normal Life Balance in the New Normal”*, นครปฐม, ประเทศไทย.

สถาพร อังชัน. (2565). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจำลองห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่อง แสงเชิงรังสี เพื่อส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทที่ไม่มีการตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

สุทธิวรรณ ตันติรจนาวงศ์. (2560). ทิศทางการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21. *Veridian E-Journal, Silpakorn University, 10*(2), 2843-2854.

Almadrones, R. & Tadifa, F. (2024). Physics Educational Technology (PHET) Simulations in Teaching General Physics 1. *International Journal of Instruction, 17*(3), 635-650.

การประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อประเมินสภาวะแห้งแล้งทางการเกษตรและศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อน้ำใต้ดิน

Application of Remote Sensing Techniques Using Satellite Imagery to Assess Agricultural Drought Conditions and Study the Impact of Climate Change on Groundwater

ณัฐพล เย็นสกุลสุข[1*] ปริเวท วรรณโกวิท[1]

Nuttapon Yensakunsuk[1*] Pariwate Varnakovida[1]

[1] ศูนย์วิศวกรรมสารสนเทศภูมิศาสตร์และนวัตกรรม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร 10140

[1] The KMUTT Geospatial Engineering and Innovation Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10140

*Corresponding author E-mail: nuttapon.ysk@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อศึกษาการประเมินพื้นที่ความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรม ด้วยดัชนีน้ำในดินร่วมกับดัชนีความแห้งแล้งโดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม และการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อน้ำใต้ดิน ในจังหวัดนครพนม มหาสารคาม และศรีสะเกษ เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเชิงพื้นที่ผลการศึกษาพบว่า ค่า NDWI มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยมีค่าสูงสุดในช่วงฤดูฝนและต่ำสุดในช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้ จังหวัดนครพนมมีค่า NDWI สูงที่สุด เนื่องจากมีแหล่งน้ำธรรมชาติจำนวนมาก รวมถึงแม่น้ำโขงซึ่งช่วยเก็บกักน้ำและลดความแห้งแล้งในพื้นที่ และผลการศึกษาความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมโดยใช้ VHI พบว่า จังหวัดนครพนมมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงไม่มีเลยในส่วนใหญ่ของช่วงปี พ.ศ. 2556 - พ.ศ. 2565 ขณะที่จังหวัดมหาสารคามและศรีสะเกษ พบความแห้งแล้งรุนแรงในบางปี และความแห้งแล้งปานกลางในหลายปี นอกจากนี้ การศึกษาพบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณน้ำฝนและน้ำใต้ดิน และความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างการใช้น้ำของพืชและน้ำใต้ดิน ซึ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการจัดการทรัพยากรน้ำและการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากภัยแล้งในพื้นที่เกษตรกรรม การปรับตัวของเกษตรกรในการเลือกปลูกพืชที่เหมาะสมและการจัดการน้ำสามารถช่วยรักษาผลผลิตและลดความเสียหายจากภัยแล้งได้ นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงขึ้นยังเน้นถึงความจำเป็นในการวางแผนและจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อให้พื้นที่เกษตรกรรมสามารถผลิตผลได้อย่างเพียงพอในอนาคต

คำสำคัญ : การสำรวจระยะไกล การติดตามภัยแล้ง น้ำใต้ดิน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Abstract

This research aims to study the evaluation of agricultural drought areas using the Soil Water Index in conjunction with the Drought Index through remote sensing techniques from satellite images and to investigate the impact of climate change on groundwater in Nakhon Phanom, Maha Sarakham, and Sisaket provinces. The study and analysis are conducted spatially to understand the phenomena occurring in these regions. The study's findings indicate that the NDWI values show clear seasonal changes, with the highest values during the rainy season and the lowest during the dry season. Nakhon Phanom province has the highest NDWI values due to its abundant natural water sources, including the Mekong River, which helps retain water and reduce drought in the area. The study of agricultural drought using the VHI shows that Nakhon Phanom experienced slight to no drought in most years between 2013 and 2022. In contrast, Maha Sarakham and Sisaket experienced severe drought in some years and moderate drought in many years. Furthermore, the study found a positive relationship between rainfall and groundwater levels, and a negative relationship between crop water usage and groundwater levels, indicating the necessity of effective water resource management. The study highlights the importance of proper water resource and land use management to mitigate the impacts of drought in agricultural areas. The adaptation of farmers in selecting appropriate crops and water management can help maintain productivity and reduce drought damage. Additionally, the increasing severity of climate change underscores the need for planning and managing water resources to ensure sufficient agricultural production in the future.

Keywords : Remote Sensing, Drought Monitoring, Groundwater, Climate Change

บทนำ

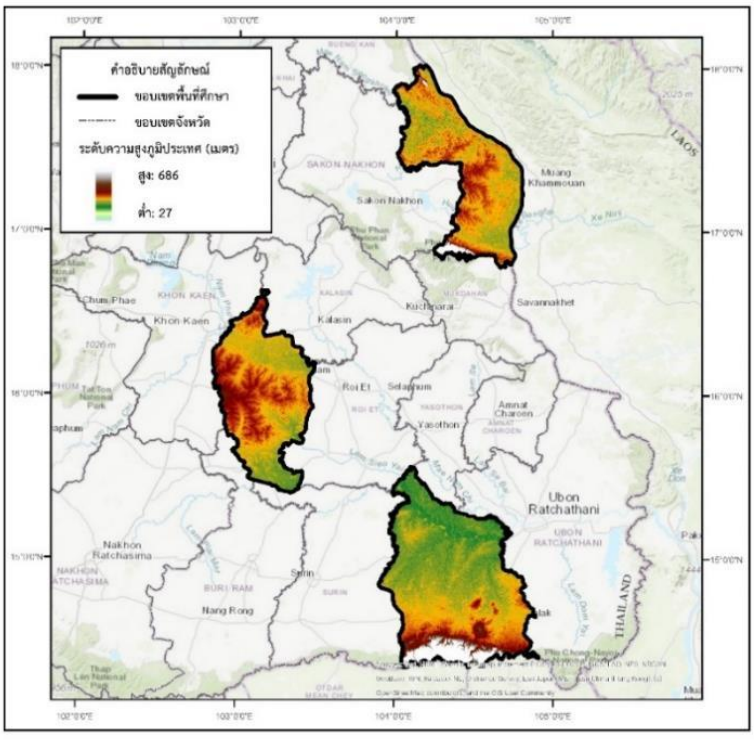
เกษตรกรรมถือเป็นปัจจัยหลักในการดำรงอาชีพของประชากรทั่วโลก ภาคการเกษตรยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ โดยมีอัตราส่วนถึง 25 % ของ Gross domestic production (GDP) ในระบบเศรษฐกิจของหลายประเทศที่กำลังพัฒนา และเกษตรกรรมยังมีส่วนช่วยในการลดความยากจนเพื่อสร้างรายได้ รวมถึงช่วยเสริมสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารต่อกลุ่มประชากรที่ยากจนถึง 80% ทั่วโลก การพัฒนาการเกษตรเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ทรงพลังในการขจัดความยากจน ก่อให้เกิดระบบอาหารที่ดีต่อสุขภาพ และมีความยั่งยืน (FAO, 2016; Rosenzweig et al., 2013; The World Bank, 2022) อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสิ่งที่คอยขับเคลื่อนและยังส่งผลกระทบต่อระบบสิ่งแวดล้อมทั่วโลก ก่อให้เกิดผลเสียโดยตรงต่อความยั่งยืนของภาคการเกษตร โดยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกำลังเป็นภัยคุกคามต่อมนุษย์ ก่อให้เกิด

ความแปรปรวนของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนรวมถึงความรุนแรงของเหตุการณ์สภาพอากาศอย่างสุดขั้ว ความไม่แน่นอนและความยากลำบากต่อเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน ทั้งด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจที่กำลังเผชิญกับปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรรายย่อยที่ยังคงต้องพึ่งพาระบบนิเวศทางธรรมชาติในการทำการเกษตร (Basar, 2011; Elias et al., 2019; Morton, 2007) อุตสาหกรรมเกี่ยวกับการเกษตรถือเป็นอุตสาหกรรมหลักที่สำคัญของประเทศไทย ที่มีการดำเนินงานมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน มีมูลค่าทางเศรษฐกิจคิดเป็นร้อยละ 8 ของมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมี GDP ของอุตสาหกรรมการเกษตรมากถึง 1.32 ล้านล้านบาท เติบโตจากปี พ.ศ. 2558 ซึ่งมีมูลค่า 1.22 ล้านล้านบาท หรือคิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีประมาณร้อยละ 2.1 (สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2562) อย่างไรก็ตามภาคการเกษตรนับว่าเป็นภาคที่มีความอ่อนไหวค่อนข้างสูงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อเทียบกับภาคเศรษฐกิจในด้านอื่น ๆ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศจึงเป็นสิ่งที่ส่งกระทบโดยตรงต่อภาคการเกษตร เนื่องจากการเพาะปลูกพืชจำเป็นต้องพึ่งพาสภาพภูมิอากาศที่มีความเหมาะสม เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น (IPCC, 2013)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในประเทศไทย บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดนครพนม มหาสารคาม และศรีสะเกษ มีพื้นที่ประมาณ 5,589.12 ตารางกิโลเมตร, 5,586.08 ตารางกิโลเมตร และ 8,862.61 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงภูมิประเทศ บริเวณพื้นที่ศึกษา

2. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรกรรมที่ได้รับจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2561 – 2562 มีความละเอียดข้อมูลระดับ 3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) ผลิตภัณฑ์ MOD09A1 Version 6 ให้การตรวจวัดค่าประมาณการสะท้อนสเปกตรัมของพื้นผิวตามที่วัดที่ระดับพื้นดิน ประกอบด้วยแบนด์ 1 – 7 มีความละเอียดเชิงเวลา 8 วัน และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร ผลิตภัณฑ์ MOD11A1 Version 6 ที่ให้การตรวจวัดอุณภูมิพื้นผิวดินโดยเทคนิค Generalized-Split Window algorithm (GSW) มีความละเอียดเชิงเวลา 8 วัน และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 1000 เมตร ผลิตภัณฑ์ MOD16A2 Version 6 ให้การตรวจวัดปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืช โดยใช้เทคนิคสมการ Penman-Monteith และวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลการวิเคราะห์อุตุนิยมวิทยา รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง มีความละเอียดเชิงเวลา 8 วัน และมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 500 เมตร ข้อมูลปริมาณน้ำฝน CHIRPS 2.0 มีความละเอียดเชิงเวลา รายปีและมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 5000 เมตร, ข้อมูลน้ำใต้ดิน (บ่อสังเกตุการณ์) ที่ได้รับจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และข้อมูลขอบเขตการปกครองประเทศไทย

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูล	อ้างอิง	รูปแบบไฟล์
ข้อมูลประเภทพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	Shapefile
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS - ผลิตภัณฑ์ MOD09A1, MOD11A2 และ MOD16A2	www.earthdata.nasa.gov	Hierarchical Data Format (HDF)
ข้อมูลปริมาณน้ำฝน CHIRPS 2.0	https://data.chc.ucsb.edu/	GeoTIFF
ข้อมูลน้ำใต้ดิน (บ่อสังเกตุการณ์)	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	Excel
ข้อมูลขอบเขตการปกครอง	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)	Shapefile

3. วิธีการศึกษา

3.1 การจัดเตรียมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลก่อนการวิเคราะห์

การเตรียมข้อมูลและประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น เพื่อใช้สำหรับนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ได้แก่ ข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่เกษตรกรรม ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูลปริมาณน้ำฝน CHIRPS2

3.2 ดัชนีผลต่างความชื้น (Normalized Difference Water Index: NDWI)

ค่าดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) เป็นดัชนีที่ใช้เพื่อติดตามสภาวะความชื้นในพืชพรรณที่ปกคลุมพื้นผิว โดยใช้คุณสมบัติของช่วงคลื่นที่ตอบสนองต่อพืชสีเขียว พืชที่มีความแห้ง และดิน รวมทั้งคุณสมบัติการดูดซับและการกระเจิงของก๊าซและอนุภาคในชั้นบรรยากาศ ได้ถูกพัฒนาโดย (McFeeters, S.K., 1996) โดยนำค่าที่มีความแตกต่างกันของการสะท้อนพื้นที่ผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดกับช่วงคลื่นสีเขียวมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่น โดยช่วงคลื่นทั้งสองมีความสามารถในการทะลุผ่านชั้นบรรยากาศและเรือนยอดของพืชได้ในระดับเดียวกัน ดัชนี NDWI จึงมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ในการตรวจวัดโมเลกุลของน้ำในเรือนยอดของพืช ซึ่งมีปฏิกิริยากับรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ผ่านมาเข้าในบรรยากาศโลก และมีความไวต่อชั้นบรรยากาศน้อยกว่าดัชนี NDVI โดยดัชนีผลต่างความชื้น (NDWI) คำนวณดังสมการที่ 1

$$NDWI = \left[\frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}\right] \quad (1)$$

เมื่อ $NDWI$ คือ ค่าดัชนีผลต่างความชื้น
$GREEN$ คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีเขียว
NIR คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด

3.3 ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) เป็นการนำค่าที่มีความแตกต่างกันของการสะท้อนพื้นที่ผิวระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดกับช่วงคลื่นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายแบบปกติ ได้ถูกพัฒนาโดย (Rouse et al., 1974) เพื่อนำมาใช้ในการติดตามพืชพรรณ ดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ในบริเวณที่มีพืชพรรณปกคลุมพื้นผิวหนาแน่น ค่า NDVI จะมีค่าที่สูงเข้าใกล้ 1 และบริเวณที่ถูกปกคลุมด้วยพื้นผิวน้ำหรือพื้นผิวดิน NDVI จะมีค่าที่ต่ำเข้าใกล้ 0 เนื่องจากมีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดต่ำกว่าช่วงคลื่นสีแดง ด้วยคุณสมบัติเหล่านี้เราจึงสามารถนำ NDVI มาใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของลักษณะพืชพรรณโดยดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์ (NDVI) คำนวณดังสมการที่ 2

$$NDVI = \left[\frac{NIR - Red}{NIR + Red}\right] \quad (2)$$

เมื่อ $NDVI$ คือ ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณแบบนอร์มอลไลซ์
NIR คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด
RED คือ ค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีแดง

3.4 อุณหภูมิพื้นผิวดิน (Land Surface Temperature: LST)

อุณหภูมิพื้นผิวดิน (LST) เป็นความร้อนจากพื้นผิวโลก ซึ่งรับรู้ได้จากการสัมผัส โดยเจาะจงกับพื้นผิวบริเวณนั้น ๆ จากมุมมองของดาวเทียมผ่านชั้นบรรยากาศลงไปยังพื้นผิวของโลกพื้นผิวอาจจะเป็น หิมะ น้ำ แข็ง หญ้าในสนาม หลังคาบ้านเรือน หรือเรือนยอดของต้นไม้ ดังนั้นอุณหภูมิพื้นผิวจึงไม่เหมือนอุณหภูมิของอากาศที่อยู่ในรายงานสภาพอากาศประจำวัน (The Earth Observatory, 2018) อุณหภูมิพื้นผิวจากข้อมูลดาวเทียมสามารถแสดงความต่างของอุณหภูมิพื้นผิวการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินได้อย่างชัดเจน โดยพื้นที่ที่อยู่อาศัย แหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีพื้นผิวสิ่งปกคลุม เป็นคอนกรีต ไม้สังกะสีและพื้นที่เปิดโล่ง รวมถึงพื้นที่เผาไหม้ในพื้นที่เกษตร จะมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวค่อนข้างสูง ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ชุ่มน้ำ และแหล่งน้ำ จะมีค่าอุณหภูมิพื้นผิวค่อนข้างต่าง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2558) อุณหภูมิพื้นผิวเป็นตัวแปรทางชีวกายภาพที่สำคัญซึ่งมีบทบาทสำคัญในการทำความเข้าใจกับปรากฏการณ์ด้านสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ เช่น สภาพความเปียกชื้น ของพื้นผิว การคายระเหย เกาะความร้อนในเขตเมือง สุขภาพพืช ไฟป่า ความแห้งแล้งและผลผลิตเกษตรกรรม เป็นต้น (Hazaymeh and Hassan, 2015)

3.5 ดัชนีสภาพพืชพรรณ(Vegetation Condition Index: VCI)

ดัชนีสภาพพืชพรรณ เป็นค่าดัชนีที่ใช้ในการประเมินสภาพและสุขภาพของพืชพรรณในพื้นที่หนึ่ง ๆ โดยอ้างอิงจากค่าดัชนีพืชพรรณที่เรียกว่า NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม VCI ถูกออกแบบมาเพื่อแยกแยะความแห้งแล้งที่มีผลกระทบต่อพืชพรรณออกจากความแห้งแล้งในด้านอื่น ๆ โดยการคำนวณ VCI ใช้ข้อมูล NDVI ในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบและประเมินสภาพพืชพรรณในพื้นที่นั้น ๆ ดังสมการที่ 3

$$VCI = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right] 100 \quad (3)$$

เมื่อ $NDVI$ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณในช่วงเวลาปัจจุบัน

$NDVI_{min}$ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณต่ำสุดในช่วงเวลาที่กำหนด

$NDVI_{max}$ คือ ค่าดัชนีพืชพรรณสูงสุดในช่วงเวลาที่กำหนด

3.6 ดัชนีสภาพอุณหภูมิ (Temperature Condition Index: TCI)

ค่าดัชนีสภาพอุณหภูมิ เป็นดัชนีที่ใช้ในการประเมินสภาพและผลกระทบของอุณหภูมิต่อพืชพรรณในพื้นที่หนึ่ง ๆ โดยอ้างอิงจากข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม TCI ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการแยกแยะผลกระทบของอุณหภูมิที่มีต่อพืชพรรณจากปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อพืชพรรณ ดังสมการที่ 4

$$TCI = \left[\frac{LST_{max} - LST}{LST_{max} - LST_{min}}\right] 100 \quad (4)$$

เมื่อ LST คือ อุณหภูมิพื้นผิวในช่วงเวลาปัจจุบัน

LST_{max} คือ ค่าอุณหภูมิพื้นผิวสูงสุดในช่วงเวลาที่กำหนด

LST_{min} คือ ค่าอุณหภูมิพื้นผิวต่ำสุดในช่วงเวลาที่กำหนด

3.7 ดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (Vegetation Health Index: VHI)

ดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) เป็นข้อมูลค่าดัชนีการวิเคราะห์ภัยแล้งทางด้านเกษตรกรรมโดยนำค่าดัชนีสภาพพืชพรรณที่ได้รับจาก NDVI กับค่าดัชนีสภาพอุณหภูมิที่ได้รับจาก LST มาคำนวณร่วมกันโดยดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ (VHI) คำนวณดังสมการที่ 5

$$VHI = aVCI + (1 - a)TCI \quad (5)$$

เมื่อ VHI คือ ค่าดัชนีความสมบูรณ์พืชพรรณ

VCI คือ ค่าดัชนีสภาพพืชพรรณ

TCI คือ ค่าดัชนีสภาพอุณหภูมิ

a คือ ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยปกติกำหนดค่าเป็น 0.5 (Kogan, 2002)

3.8 ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลปริมาณน้ำฝน CHIRPS2

ผลิตภัณฑ์ MODIS Surface Reflectance (MOD09A1), Land Surface Temperature (MOD11A2), Evapotranspiration (MOD16A2) และข้อมูลปริมาณน้ำฝน CHIRPS2 โดยข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS มีการจัดเก็บอยู่ในรูปแบบ Hierarchical Data Format (HDF) ซึ่งประกอบไปด้วยพารามิเตอร์จำนวนหลายชั้นข้อมูล ผู้วิจัยจึงทำการนำข้อมูล HDF มาสร้างเป็นข้อมูลภาพในรูปแบบแรสเตอร์ โดยจัดเก็บอยู่ให้อยู่ในรูปแบบ GeoTIFF มีระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงแบบ World Geodetic System 1984 (WGS1984) และระบบพิกัดแบบ Universal Transverse Mercator (UTM) Zone 48 North จากนั้นจึงทำสกัดชั้นข้อมูลที่ต้องการศึกษาออกมาและนำข้อมูลภาพแรสเตอร์ที่ได้มาทำการคูณกับ Scale Factor เนื่องจากโดยปกติข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS จะเก็บในข้อมูลในรูปแบบจำนวนเต็ม และทำการต่อภาพถ่ายดาวเทียมของระวางที่ h27v07 และ h28v07 เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในขอบเขต และทำการประมวลผลข้อมูลราย 8 วัน เฉลี่ยให้อยู่ในรูปแบบรายเดือนและรายปีตามลำดับ

3.9 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของบ่อสังเกตการณ์เพื่อตรวจวัดปริมาณน้ำใต้ดิน จะถูกนำมาสกัดข้อมูลของค่าปริมาณน้ำฝน และข้อมค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ณ บริเวณจุดเดียวกัน โดยใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 จังหวัด เพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นโดยทำการข้อมูลทั้งหมด 2 คู่ความสัมพันธ์ ได้แก่ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำใต้ดิน และ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชกับปริมาณน้ำใต้ดิน

การถดถอยเชิงเส้นเป็นวิธีการทางสถิติที่ใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม Y และตัวแปรอิสระ X โดยที่ α คือค่าคงที่, β คือสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ, และ ϵ คือค่าความคลาดเคลื่อน สมการของการถดถอยเชิงเส้นสามารถคำนวณดังสมการที่ 6

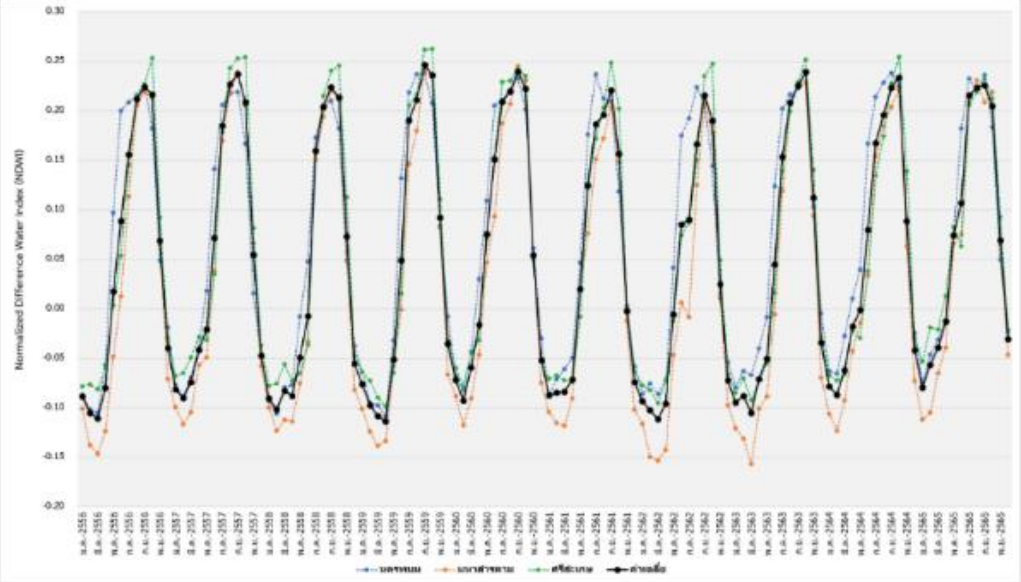
$$y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (6)$$

R-Squared (Coefficient of Determination) เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงความสามารถของแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตาม Y โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 หากค่า R-Squared ใกล้เคียง 1 มากเท่าใด หมายความว่าแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้มากเท่านั้น หาก R-Squared เท่ากับ 0 หมายความว่าแบบจำลองไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ (ณหทัย ราตรี, 2556)

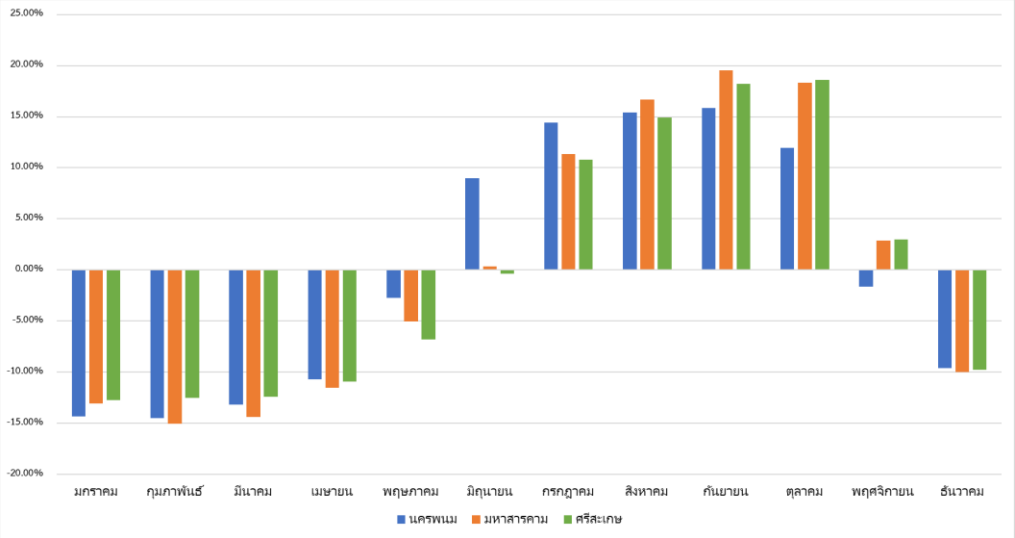
ผลการวิจัย

1. ดัชนีผลต่างความชื้น

ผลการศึกษาพบว่าค่า NDWI ในแต่ละจังหวัดมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยทั่วไปแล้วค่า NDWI จะมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้งและมีค่าสูงในช่วงฤดูฝน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่มากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในพื้นที่เพิ่มขึ้น ค่า NDWI ของแต่ละจังหวัดแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างในการใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิประเทศ นครพนมมีค่า NDWI ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับมหาสารคามและศรีสะเกษ สาเหตุอาจเนื่องมาจากลักษณะภูมิประเทศที่มีแหล่งน้ำธรรมชาติมากกว่า ในขณะที่มหาสารคามซึ่งมีค่า NDWI ต่ำที่สุด อาจเนื่องจากการใช้พื้นที่ในเชิงเกษตรกรรมและการขาดแคลนแหล่งน้ำธรรมชาติ ค่าเฉลี่ย NDWI ของทั้งสามจังหวัดให้ภาพรวมของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในภูมิภาคนี้ พบว่าค่าเฉลี่ย NDWI มีแนวโน้มที่คล้ายกันในแต่ละเดือน โดยค่าเฉลี่ย NDWI จะสูงสุดในช่วงฤดูฝนและต่ำสุดในช่วงฤดูแล้ง แสดงดังภาพที่ 2 และ 3



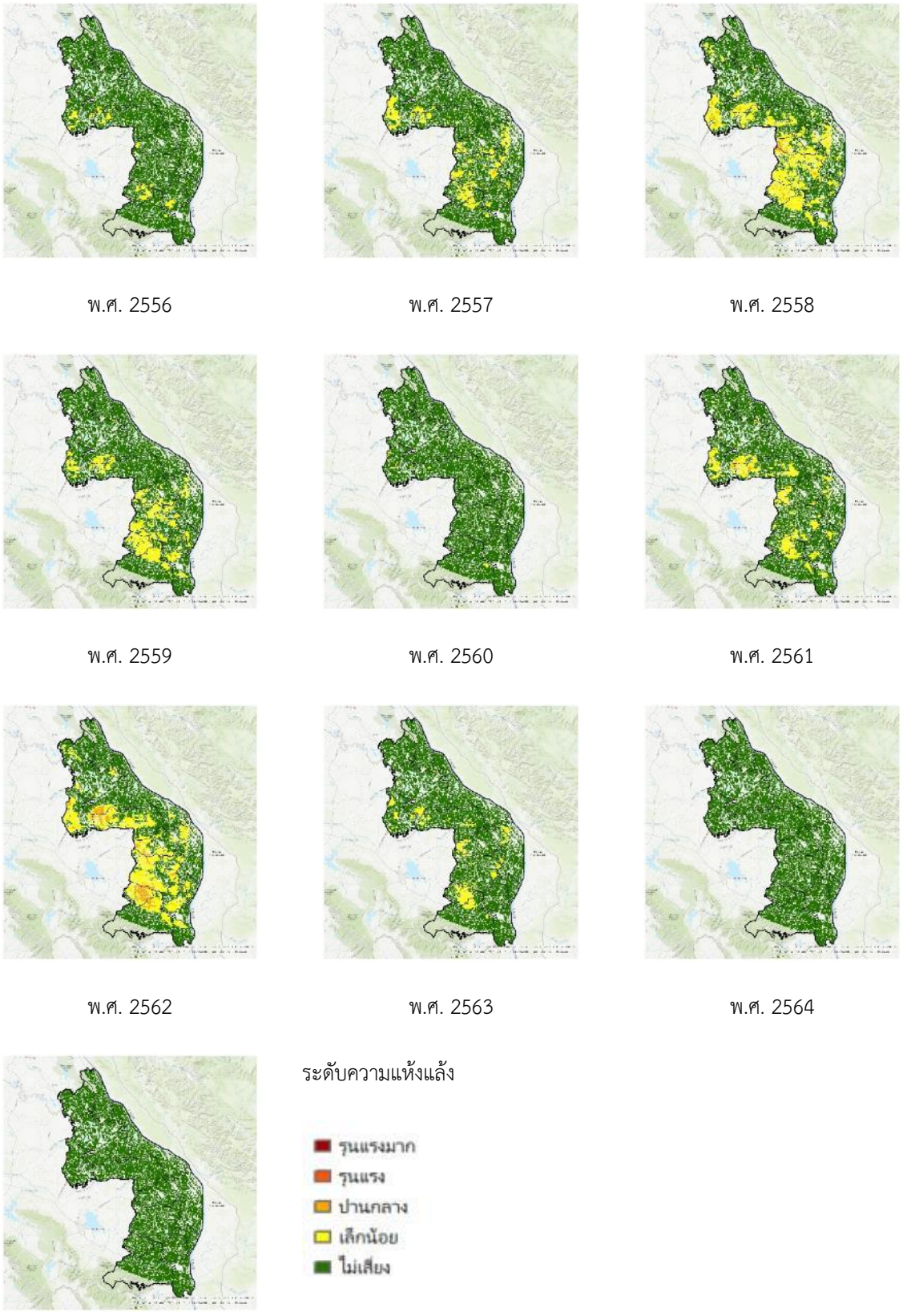
ภาพที่ 2 ข้อมูลอนุกรมเวลาดัชนีผลต่างความชื้นรายเดือน พ.ศ. 2556 – 2565



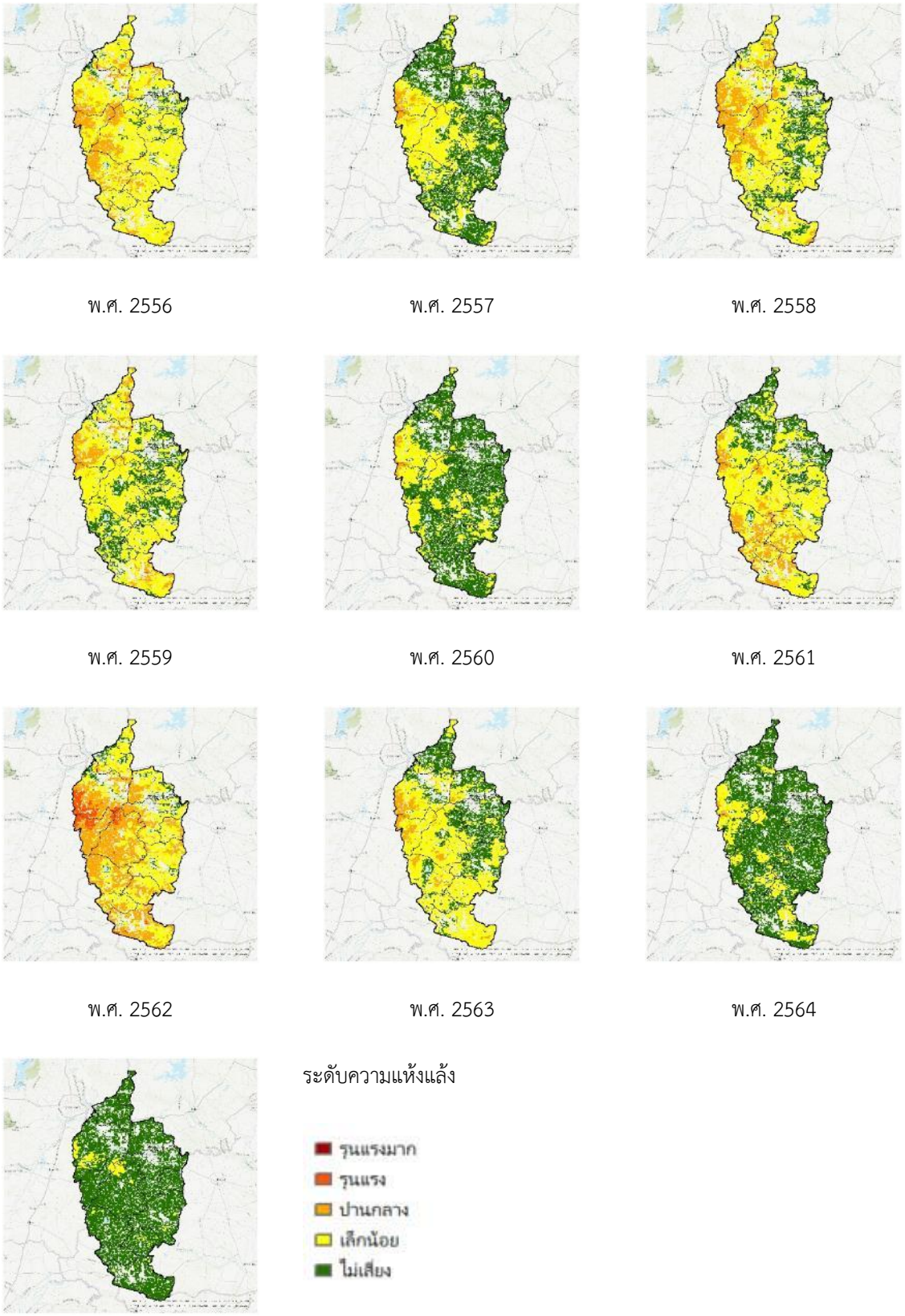
ภาพที่ 3 ค่าความผิดปกติของดัชนีผลต่างความชื้น ค่าเฉลี่ยรายเดือน พ.ศ. 2556 – 2565

2. พื้นที่ความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรม

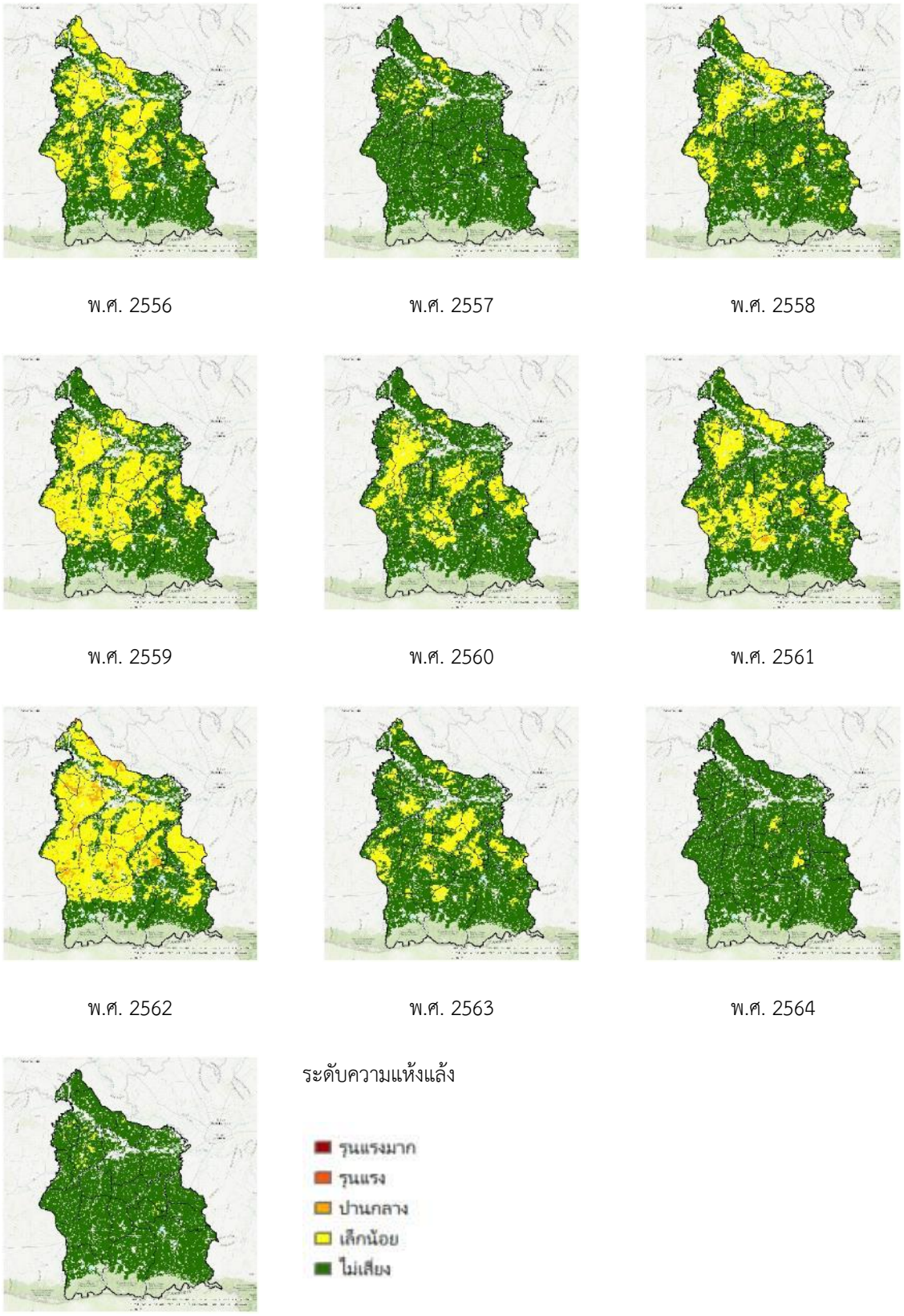
ผลการศึกษาเพื่อประเมินระดับความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมโดยใช้ Vegetation Health Index ที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียมระบบ MODIS โดยศึกษาในรูปแบบรายปี ในช่วงระยะเวลา พ.ศ. 2556 – พ.ศ. 2566 ในพื้นที่จังหวัดนครพนม, มหาสารคาม และศรีสะเกษ โดยแบ่งระดับความแห้งแล้ง 5 ระดับ ได้แก่ รุนแรงมาก, รุนแรง, ปานกลาง, เล็กน้อย และไม่เสี่ยง แสดงดังภาพที่ 4 – 6



ภาพที่ 4 Vegetation Health Index (VHI) ค่าเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2556 – 2565 จังหวัดนครพนม



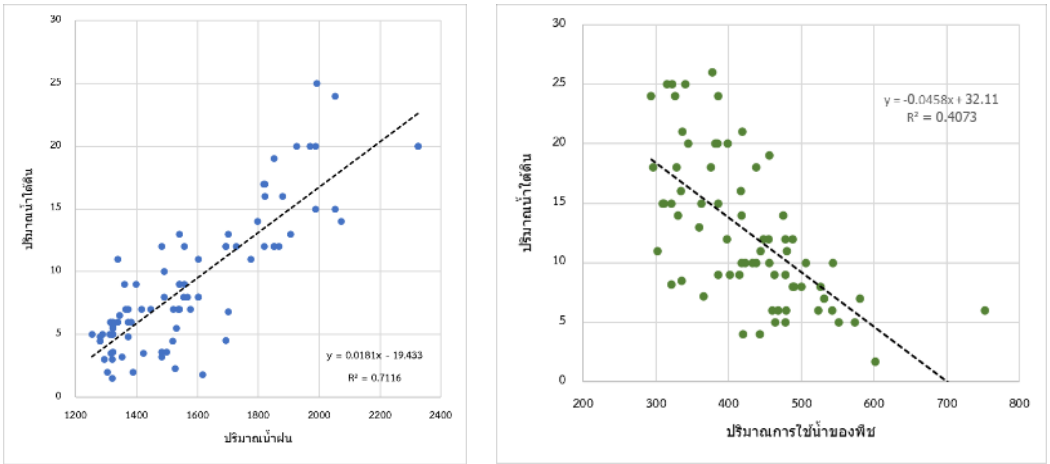
ภาพที่ 5 Vegetation Health Index (VHI) ค่าเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2556 – 2565 จังหวัดมหาสารคาม



ภาพที่ 6 Vegetation Health Index (VHI) ค่าเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2556 – 2565 จังหวัดศรีสะเกษ

3. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อน้ำใต้ดิน

งานวิจัยครั้งนี้ใช้ตัวอย่างข้อมูลจำนวนประมาณ 80 คู่ เพื่อใช้เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครพนม, มหาสารคาม และศรีสะเกษ ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำใต้ดิน พบว่า มีค่า R-squared อยู่ที่ 0.71 โดยมีลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงบวก ในขณะที่การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชกับปริมาณน้ำใต้ดิน พบว่ามีค่า R-squared อยู่ที่ 0.41 โดยมีลักษณะความสัมพันธ์แบบเชิงลบ แสดงดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณน้ำฝนกับปริมาณน้ำใต้ดิน (ซ้าย) และความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชกับปริมาณน้ำใต้ดิน (ขวา)

วิจารณ์ผล

ผลที่ได้จากการวิจัยแสดงให้เห็นความสามารถของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลกทางด้านสิ่งแวดล้อมและเกษตรกรรม โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินพื้นที่ความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมด้วยดัชนีน้ำในดินร่วมกับดัชนีความแห้งแล้งโดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อน้ำใต้ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดนครพนม มหาสารคาม และศรีสะเกษ มีการใช้พื้นที่เกษตรกรรมมีการเพาะปลูกพืชที่แตกต่างกันไปตามลักษณะภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศ มีพืชหลักที่นิยมปลูก เช่น นาข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา และอ้อย โดยพืชที่มีการเพาะปลูกสูงสุด 3 อันดับแรกของจังหวัดนครพนม ได้แก่ นาข้าว, ยางพารา และมันสำปะหลัง โดยมีพื้นที่ประมาณ 2,583.84 ตร.กม., 779.28 ตร.กม. และ 185.79 ตร.กม. ตามลำดับ พืชที่มีการเพาะปลูกสูงสุด 3 อันดับแรกของจังหวัดมหาสารคาม ได้แก่ นาข้าว, มันสำปะหลัง และอ้อย โดยมีพื้นที่ประมาณ 3,123.05 ตร.กม., 536.49 ตร.กม. และ 377.10 ตร.กม. ตามลำดับ และพืชที่มีการเพาะปลูกสูงสุด 3 อันดับแรกของจังหวัดศรีสะเกษ ได้แก่ นาข้าว, ยางพารา และมันสำปะหลัง โดยมีพื้นที่ประมาณ 5333.80 ตร.กม., 826.07 ตร.กม. และ 337.18 ตร.กม. ตามลำดับ

ผลการศึกษาดัชนีผลต่างความชื้นพบว่า ค่า NDWI มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลอย่างชัดเจน โดยมีค่าต่ำในช่วงฤดูแล้งและมีค่าสูงในช่วงฤดูฝน แต่ละจังหวัดมีค่า NDWI ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครพนมมีค่า NDWI สูงที่สุด และผลการศึกษาระดับความแห้งแล้งในพื้นที่เกษตรกรรมโดยใช้ Vegetation Health Index (VHI) พบว่า มีการเปลี่ยนแปลงตามปี โดยสามารถแบ่งระดับความแห้งแล้งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ รุนแรงมาก รุนแรง ปานกลาง เล็กน้อย และไม่มี ซึ่งผลการศึกษาสถานการณ์ความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมในช่วงระยะเวลา พ.ศ. 2556 – พ.ศ. 2565 พบว่า จังหวัดนครพนมมีบางปีที่มีความแห้งแล้งรุนแรงและปานกลาง แต่ส่วนใหญ่จะมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงไม่มีเลย จังหวัดมหาสารคาม พบความแห้งแล้งรุนแรงบางปี เช่น พ.ศ. 2562 และความแห้งแล้งปานกลางในหลายปี แต่ส่วนใหญ่จะมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงไม่มีเลย และจังหวัดศรีสะเกษ พบว่า ความแห้งแล้งรุนแรงมากในบางปี และความแห้งแล้งปานกลางในหลายปี แต่ส่วนใหญ่จะมีความแห้งแล้งเล็กน้อยถึงไม่มีเลย เนื่องจากจังหวัดนครพนมมีลักษณะภูมิประเทศที่เอื้อต่อการเก็บกักน้ำและการไหลของน้ำในพื้นที่ เนื่องจากมีแม่น้ำโขงไหลผ่าน ซึ่งเป็นแหล่งน้ำสำคัญที่สามารถใช้ในการชลประทานและการเกษตรกรรมได้ตลอดปี แม่น้ำโขงทำหน้าที่เป็นแหล่งน้ำขนาดใหญ่ที่ช่วยรักษาความชื้นในดินและเติมน้ำใต้ดินได้อย่างสม่ำเสมอ นอกจากแม่น้ำโขงแล้ว นครพนมยังมีลำธารและบึงต่างๆ ที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งช่วยในการเก็บกักน้ำฝนและช่วยลดความแห้งแล้งในพื้นที่ การมีแหล่งน้ำธรรมชาติหลายแห่งนี้ช่วยให้พื้นที่เกษตรกรรมในนครพนมมีน้ำใช้เพียงพอแม้ในช่วงฤดูแล้ง นครพนมมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสูงกว่าหลายจังหวัดใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ปริมาณน้ำฝนที่มากกว่าช่วยให้พื้นที่สามารถเก็บกักน้ำฝนไว้ในดินและแหล่งน้ำธรรมชาติได้มากขึ้น ทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำฝนได้อย่างเต็มที่ในช่วงฤดูฝนและลดผลกระทบจากภัยแล้งในช่วงฤดูแล้ง ในขณะที่จังหวัดมหาสารคามมีค่า NDWI ต่ำที่สุด รวมถึงเกิดสถานการณ์ความแห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรม เนื่องจากมีแหล่งน้ำธรรมชาติน้อยกว่า โดยลักษณะภูมิประเทศที่เป็นที่ราบสูงและไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติขนาดใหญ่เท่ากับจังหวัดอื่น ๆ เช่น นครพนม การที่ไม่มีแม่น้ำใหญ่หรือแหล่งน้ำธรรมชาติที่สามารถเก็บกักน้ำได้มาก ทำให้การเก็บกักน้ำฝนและการชลประทานในพื้นที่เกษตรกรรมมีข้อจำกัด ส่งผลให้พื้นที่นี้มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งสูงขึ้น

ผลการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อน้ำใต้ดิน โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำใต้ดิน พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวก ซึ่งบ่งชี้ว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับน้ำใต้ดิน ในทางตรงกันข้าม ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืชและระดับน้ำใต้ดินพบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบ แสดงถึงการใช้น้ำของพืชที่มากขึ้นส่งผลให้ระดับน้ำใต้ดินลดลง ผลการศึกษานี้เน้นย้ำถึงความจำเป็นในการจัดการการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันการลดลงของน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชในแต่ละฤดูกาล เพื่อลดผลกระทบจากภัยแล้ง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนและระดับน้ำใต้ดินยังมีประโยชน์ในการพัฒนาระบบคาดการณ์และวางแผนการใช้น้ำในอนาคตให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ

สรุปผล

งานวิจัยนี้เน้นความสำคัญของการจัดการทรัพยากรน้ำและการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากภัยแล้งในพื้นที่เกษตรกรรม การเลือกพืชที่เหมาะสมและการจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพช่วยรักษาผลผลิตได้ดี โดยเฉพาะในพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ที่ต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตและการผลิตที่ต่อเนื่อง ภาคเอกชนในอุตสาหกรรมอ้อยและมันสำปะหลังยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาและสนับสนุนเกษตรกร การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนอาจลดพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเนื่องจากเกิดน้ำขังใต้ผิวดิน โรคเชื้อรา และแมลงศัตรูพืชเพิ่มขึ้น แม้ว่ามันสำปะหลังจะทนแล้ง แต่ไม่ทนต่อน้ำขังใต้ผิวดิน ผลกระทบต่อมันสำปะหลังยังขึ้นอยู่กับที่ตั้งและสภาพดินของแปลง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะในระยะการตั้งท้องและผลิตช่อดอก ทำให้อัตราเมล็ดลีบสูงและปริมาณเมล็ดข้าวคุณภาพลดลง หากอุณหภูมิสูงเกิน 35 องศาเซลเซียส ในขณะที่อ้อยสามารถทนต่ออุณหภูมิสูงและน้ำท่วมขังใต้ผิวดินได้ แต่กำลังการผลิตอาจลดลงเนื่องจากความต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตจะรุนแรงขึ้น และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่เกษตร อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตเกษตร ภาคเกษตรจึงต้องเตรียมการปรับตัวเพื่อรักษาระดับผลผลิตที่เหมาะสมต่อความต้องการบริโภคและการผลิตในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องการประเมินพื้นที่แห้งแล้งทางด้านเกษตรกรรมด้วยดัชนีน้ำในดินร่วมกับดัชนีความแห้งแล้งโดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเติมน้ำใต้ดิน ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ทุนสนับสนุนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ภายใต้รหัสโครงการ FRB660073/0164 (แผนงานพลังงานและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน)

ขอขอบพระคุณภาควิชาคณิตศาสตร์ และศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์เพื่อมาตรฐานและอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่อำนวยความสะดวกในการใช้พื้นที่และ เครื่องมือต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาสำหรับการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณหน่วยงานราชการองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รวมถึงเกษตรกรชุมชน ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครพนม มหาสารคาม และศรีสะเกษที่ให้การสนับสนุนในการสำรวจพื้นที่และมีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัย

เอกสารอ้างอิง

ณหทัย ราตรี. (2556). สถิติเบื้องต้น: แนวคิดและทฤษฎี (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. (2562). รายงานฉบับสมบูรณ์ ยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมในอุตสาหกรรมการเกษตร.

Asiful Basar. (2011). Climate Change, Man-made Destruction, and the Loss of Rural Livelihoods: A Story from Coastal Bangladesh.

C. Rosenzweig, J. Elliott, D. Deryng, A. C. Ruane, C. Müller, A. Arneth, K. J. Boote, C. Folberth,M. Glotter, N. Khabarov, K. Neumann, F. Piontek, T. A. M. Pugh, E. Schmid, E. Stehfest, H. Yang & J. W. Jones. (2013). Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison

Emile H. Elias, Robert Flynn, Omololu John Idowu, Julian Reyes, Soumaila Sanogo, Brian J. Schutte, Ryann Smith, Caitriana Steele & Carol Sutherland. (2019). Crop Vulnerability to Weather and Climate Risk: Analysis of Interacting Systems and Adaptation Efficacy for Sustainable Crop Production. Sustainability 2019, 11(23), 6619. doi.org/10.3390/su11236619

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016). Increasing Resilience of Agricultural Livelihoods; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Rome, Italy.

Hazaymeh, K., and Hassan, Q. (2015). Fusion of MODIS and Landsat-8 Surface Temperature Images: A New Approach. PLoS ONE, 10(3). doi:10.1371/journal.pone.0117755

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2013). Climate change 2013: The Physical Science

Basis. John F. Morton. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2007, 104, 19680–19685.

Kogan, F. (2002). World Droughts in the New Millennium from AVHRR-based Vegetation Health Indices. EosTransactions

McFeeters, S.K. (1996) The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. International Journal of Remote Sensing, 17, 1425-1432.http://dx.doi.org/10.1080/01431169608948714

Rouse, J. W., Jr.,, Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. NASA Special Publication, 351, 309.

The Earth Observatory. (2018). Land Surface Temperature. Retrieved from https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_LSTD_M

The World Bank. (2022). Thailand Rural Income Diagnostic: Challenges and Opportunities for Rural Farmers.

การผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียมะขามแช่อิ่มร่วมกับมูลวัวเพื่อใช้ในการผลิตและแปรรูปมะขาม

Biogas production from preserved tamarind wastewater combined with cow dung for use in tamarind production and processing

พรทวี กองร้อย[1*] และพิณทิพย์ แก้วแกมทอง[1]

Porntawee Kongroy[1*]and Pintip Kaewkamthong[1]

[1] สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 67000

[1] Environmental and Natural Resource Management

Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University 67000

*Corresponding author E-mail: Porntawee_kon@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียและน้ำเสียจากการผลิตและแปรรูปมะขามเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำแก๊สชีวภาพไปใช้เพื่อทดแทนแก๊สหุงต้มในการผลิตและแปรรูปมะขาม ผลการวิจัยพบว่า ของเสียและน้ำเสียจากการผลิตและแปรรูปมะขามสามารถนำมาผลิตแก๊สชีวภาพได้จริง โดยปริมาณและอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของมูลวัวกับน้ำเสียที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว โดยในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ 1:1.5 (สูงสุดประมาณ 280 มล. ค่าเฉลี่ยปริมาณแก๊สชีวภาพโดยรวม 145 มิลลิลิตร) ซึ่งให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสูงสุดและคงระดับได้นาน ผลที่ได้จากงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตแก๊สชีวภาพด้วยถังหมักน้ำเสียร่วมกับมูลวัว ซึ่งจะเป็นการช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมจากปัญหาด้านของเสียและน้ำเสียและช่วยเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์ ป้องกันปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อมในชุมชน ลดต้นทุนทางเศรษฐกิจจากการใช้แก๊สชีวภาพเป็นพลังงานทดแทนก๊าซหุงต้มได้

คำสำคัญ : ก๊าซชีวภาพ มะขามแช่อิ่ม พลังงานทดแทน การจัดการของเสียและน้ำเสีย

Abstract

The objective of this research was to evaluate the feasibility of utilizing biogas to replace cooking gas in the production and processing of tamarinds by investigating the potential of biogas production from waste and effluent. The investigation revealed that the waste and wastewater generated during the production and processing of tamarinds can be utilized to generate biogas. The mixing ratio of treated wastewater and cow dung determines the quantity and rate of biogas production. The most appropriate ratio was determined to be 1:1.5 in the laboratory experiment, with a maximal volume of approximately 280 ml and an average total biogas volume of 145 ml. This ratio produced the highest volume of biogas and maintained it for an extended period. The research results demonstrated the feasibility of producing biogas using a wastewater fermentation tank and cow dung. This would mitigate environmental issues associated with waste and wastewater, increase the value of the product, prevent environmental pollution in the community, and reduce economic costs associated with the use of biogas as an alternative energy source for cooking gas.

Keywords: Biogas, Crystallized Tamarind, Renewable Energy, Waste and Wastewater Management

บทนำ

ชุมชนตำบลวังบาล อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก ได้แก่ ทำนาปี ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปลูกผักกะหล่ำปลี ทำสวนมะขาม เลี้ยงเป็ดและไก่ โดยเฉพาะการปลูกทำสวนมะขาม ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของพื้นที่ จากภูมิปัญญาท้องถิ่นชาวบ้านในชุมชนได้ต่อยอดสู่การแปรรูปมะขามเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและรายได้พึ่งพาตนเอง จนเกิดการรวมกลุ่มของเกษตรกรเป็นวิสาหกิจชุมชน "กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่" โดยกลุ่มแม่บ้านฯ รวมตัวกันผลิตและแปรรูปมะขามหลากหลายรูปแบบ เช่น มะขามไร้เมล็ด มะขามจี๊ดจ๊าด กล้วยใส่มะขาม และมะขามแช่อิ่ม ด้วยคุณภาพและรสชาติที่โดดเด่น ส่งผลให้ได้รับรางวัลวิสาหกิจชุมชนดีเด่นระดับเขต ปี 2563 จากสำนักงานส่งเสริมและพัฒนาการเกษตรที่ 6 จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพและความมุ่งมั่นในการพัฒนาอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม ความสำเร็จของกลุ่มวิสาหกิจฯ นี้มาพร้อมกับประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมในชุมชนจากวัสดุของเหลือทิ้งและน้ำเสียในการผลิต เช่น เปลือก เมล็ด รกมะขาม และน้ำเสียปริมาณมาก ซึ่ง

อาจก่อให้เกิดผลกระทบในท้องถิ่น โดยการผลิตมะขามแช่อิ่มที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้ปริมาณของเสียและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมมะขามเพิ่มขึ้น หากไม่มีการจัดการที่เหมาะสม อาจส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำ ผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียง แหล่งน้ำ และระบบนิเวศ รวมทั้งการส่งกลิ่นเหม็น แมลงรบกวน และความสกปรก ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพ และความเป็นอยู่ของคนในชุมชนได้

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่ามีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวภาพถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากของเสียและน้ำเสียอย่างแพร่หลาย โดยระบบหมักแก๊สชีวภาพจะขึ้นอยู่กับปริมาณและลักษณะของน้ำเสียตามแหล่งกำเนิด การทบทวนวรรณกรรมพบว่า ประเทศไทยในภาคโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นโรงงานแป้งมันและแปรรูปอาหารที่มีการนำระบบหมักแก๊สชีวภาพไปใช้ โดยเป็นระบบแบบตะกอนลอยยูเอเอสบี (UASB) และบ่อแบบราง (Plug flow) (Aggarangsi et al., 2013) ในภาคปศุสัตว์การเลี้ยงสุกร วัว นำระบบหมักแก๊สชีวภาพบ่อแบบราง (Plug flow) (Sritrakul & Hudakorn, 2020) และถังหมักแบบโดมคงที่ (Fixed dome) และแบบฝาครอบลอย (Floating drum) ส่วนในระดับครัวเรือนจะมีขนาดเหล็กเพื่อใช้หมักเศษอาหาร เช่น แบบฝาครอบลอย และถุงบอลลูนที่ทำจากพลาสติกพีวีซี (Tansom et al,2020) ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนและบำรุงรักษา ความยากง่ายในการเดินระบบแตกต่างกันไป ทั้งนี้แก๊สชีวภาพ 1 ลูกบาศก์เมตร ที่มีองค์ประกอบก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 60 สามารถทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG) ได้ 0.46 กิโลกรัม (DEDE, 2013) ถึงแม้ว่าจะมีการวิจัยเรื่องผลิตแก๊สชีวภาพค่อนข้างหลากหลาย แต่ข้อมูลการวิจัยการผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียและน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการแปรรูปมะขามยังไม่แพร่หลาย ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นส่วนเติมเต็มข้อมูลด้านวิชาการในด้านการจัดการของเสียและเกิดประโยชน์ต่อการลดต้นทุนจากผลผลิตของแก๊สชีวภาพ และจะสามารถนำไปปรับใช้ในการผลิตและแปรรูปมะขามต่อพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณสมบัติของเสียและน้ำเสีย

เก็บตัวอย่างของเสียในงานวิจัยนี้ดำเนินการสำรวจข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการนำของเสียมาผลิตเป็นแก๊สชีวภาพ จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน “กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรขี้นาคแผนใหม่”และนำมาปรับสภาพให้เหมาะสม และทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเสียและน้ำเสีย โดยทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่าบีโอดี ค่าความเป็นกรดด่าง pH โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการการทำมะขามแช่อิ่ม ทำการวัดค่าpH เพื่อต้องการทราบถึงสภาพความเป็นกรด- ด่าง

2) เตรียมขี้เถ้า 1 กิโลกรัม ผสมกับน้ำสะอาดปริมาตร 4 ลิตร เมื่อเตรียมเสร็จแล้วทิ้งไว้ประมาณ 1-2 คืน เพื่อให้เถ้าเกิดการตกตะกอนให้ได้น้ำเถ้า (น้ำด่าง) ส่วนที่ใสมาใช้ในการปรับสภาพ วัดค่า pH

3) น้ำเสียมีสภาพเป็นกรด จึงนำน้ำเถ้ามาปรับสภาพ โดยการทยอยเติมลงไปทีละเล็กน้อย เพื่อให้ได้ค่า pH อยู่ระหว่างที่ 6.5- 7.5 โดยในการทดลองนี้ใช้อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำเสียกับน้ำเถ้าในอัตราส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการผสมปรับเสถียรให้น้ำเสียอยู่ในเกณฑ์กระบวนการสร้างกรดของก๊าซมีเทน

2. การศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพ

ทำการทดลองผลิตแก๊สชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังหมักขนาดเล็กแบบทีละเท จำนวน 4 ชุดการทดลอง ดัง**รูปที่ 1** และ**ตารางที่ 1** และควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่า pH ระยะเวลาการกักเก็บ พร้อมทำการบันทึกปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ โดยมีขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

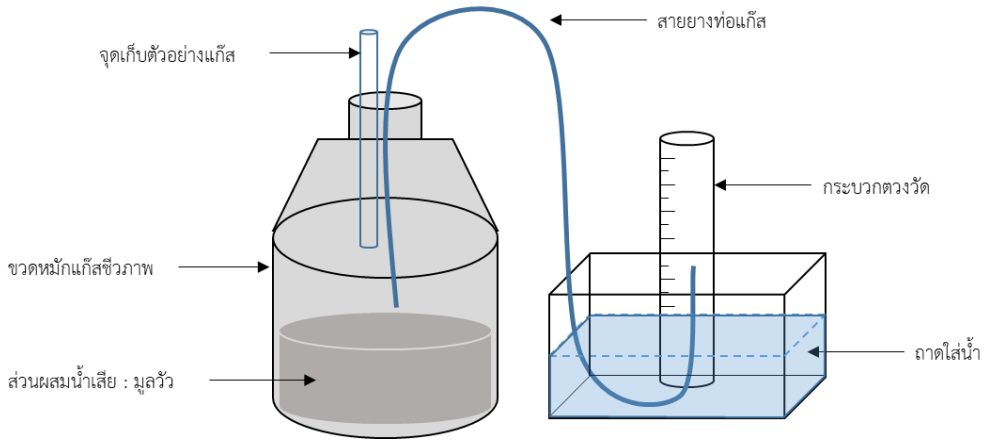
1) ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์ (มูลวัวสด) ใส่บีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ผสมน้ำสะอาดปริมาตร 500 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่าง (pH)

2) นำน้ำเสียที่ปรับสภาพแล้วผสมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้และตรวจวัดค่า pH

3) เทผสมลงในชุดการทดลองจำนวน 4 ลิตร ปิดฝาที่ติดกับสายยาง และเติมน้ำสะอาดในถาดใส่น้ำที่มีกระบวงตวงวัดปริมาณก๊าซ

4) วัดปริมาณก๊าซ ดำเนินการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นด้วยการแทนที่น้ำทุกๆ วัน จนครบระยะเวลากำหนดระยะเวลา 15 วัน

3. การวิเคราะห์และสรุปผลข้อมูล ทำการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้ องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน



รูปที่ 1 ชุดการทดลองการหมักแก๊สชีวภาพ

ตารางที่ 1 อัตราส่วนของวัสดุหมักในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ชุดการทดลอง	อัตราส่วน	วัสดุหมัก	ปริมาณ (มล.)
1	1: 0.5	มูลวัวสด+ น้ำ	1,000
		น้ำเสียที่ปรับสภาพแล้ว	500
2	1: 1	มูลวัวสด+ น้ำ	1,000
		น้ำเสียที่ปรับสภาพแล้ว	1,000
3	1: 1.5	มูลวัวสด+ น้ำ	1,000
		น้ำเสียที่ปรับสภาพแล้ว	1,500
4	1: 2	มูลวัวสด+ น้ำ	1,000
		น้ำเสียที่ปรับสภาพแล้ว	2,000

ผลการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียเพื่อทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์เบื้องต้น ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ค่าบีโอดี(BOD) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) และค่าของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) แสดงดัง**ตารางที่ 2** ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์คุณภาพน้ำทิ้งจากสถานประกอบการขนาดเล็กที่ผลิตมะขามแช่อิ่ม โดยเปรียบเทียบคุณภาพน้ำก่อนและหลังปรับสภาพน้ำเสีย และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทิ้ง พบว่า ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัด โดยก่อนการปรับสภาพ น้ำเสียมีความเป็นกรดสูงมาก (pH = 2.46 $\pm$ 0.2) หลังการปรับสภาพ ค่า pH เพิ่มขึ้นเป็น 7 $\pm$ 0.1 ซึ่งอยู่ในช่วงมาตรฐาน (5.5 - 9.0) แสดงว่ากระบวนการปรับสภาพสามารถปรับความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO) หลังการปรับสภาพ พบว่ามีค่า DO เท่ากับ 3 mg/L ซึ่งบ่งชี้ว่าในน้ำเสียมีออกซิเจนเพียงพอสำหรับสิ่งมีชีวิตในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ไม่มีค่า DO ก่อนการปรับสภาพน้ำเสีย และไม่มีค่ามาตรฐานกำหนด ค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) ก่อนปรับสภาพน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 1,744 $\pm$ 265 mg/L หลังการปรับสภาพมีค่าเท่ากับ 1,415 $\pm$ 157 mg/L ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน

ที่กำหนดไว้มาก (ไม่เกิน 50 mg/L) แสดงว่ากระบวนการปรับสภาพนี้ ไม่ได้ช่วยลดปริมาณของแข็งแขวนลอยในน้ำเสีย และค่าบีโอดี (BOD) ลดลงจาก 221 ± 21 mg/L เหลือ 102 ± 10 mg/L ซึ่งแสดงว่ากระบวนการปรับสภาพสามารถลดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ อย่างไรก็ตาม ค่า BOD หลังการปรับสภาพยังคงสูงกว่าค่ามาตรฐาน (ไม่เกิน 60 mg/L)

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์การปรับสภาพน้ำเสีย

ลำดับ	พารามิเตอร์	หน่วย	ค่าก่อนปรับสภาพน้ำเสีย	ค่าหลังปรับสภาพน้ำเสีย	ค่ามาตรฐาน
1	ค่าพีเอช (pH)	-	2.46 ± 0.2	7 ± 0.1	5.5-9.0
2	ค่าออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	mg/L	0	3 ± 1.7	-
3	ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)	mg/L	1,744 ± 265	1,415 ± 157	ไม่เกิน 50
4	ค่าบีโอดี (BOD)	mg/L	221 ± 21	102 ± 10	ไม่เกิน 60

หมายเหตุ มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการขนาดเล็ก กลุ่มที่ 2 ตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการขนาดเล็กที่ผลิตสินค้าหรือให้บริการบางประเภท พ.ศ. 2564

ผลการศึกษาการผลิตแก๊สชีวภาพในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ถังหมักขนาดเล็ก แบบ ทีละเทและควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่า pH ระยะเวลาการกักเก็บ พร้อมทำการบันทึกปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้เพื่อนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบของแก๊สชีวภาพ ดัง**รูปที่ 2** พบว่า อัตราการเกิดก๊าซการหมักด้วยน้ำเสียร่วมกับมูลวัวสด ดังนี้

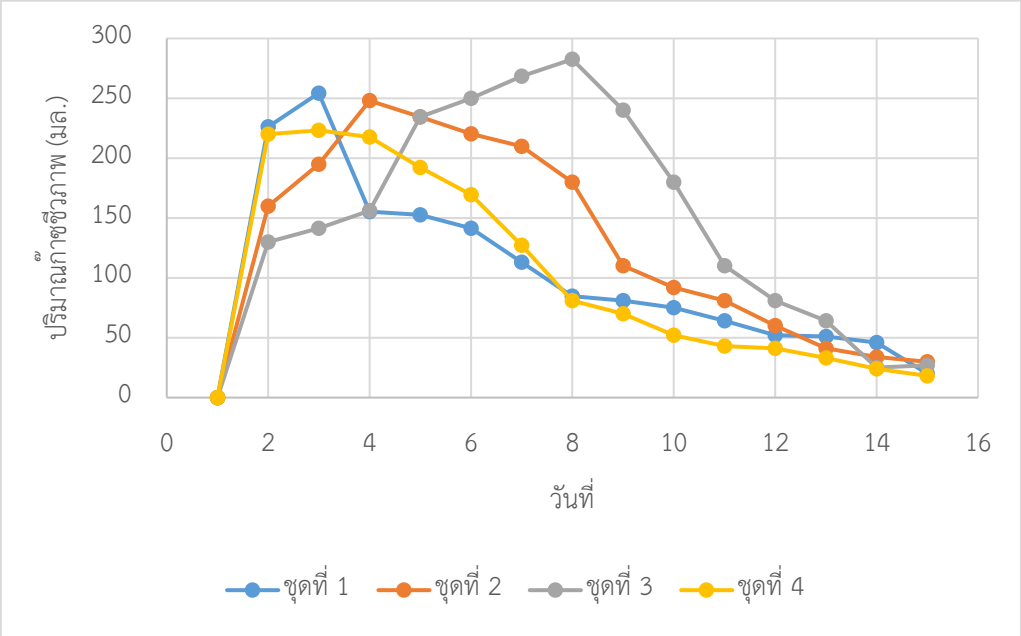
1) ชุดที่ **1 (**มูลวัว : น้ำเสีย = **1:0.5)** ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง **2** วันแรก (สูงสุดประมาณ **250** มล. ค่าเฉลี่ยปริมาณแก๊สชีวภาพโดยรวม 101 มิลลิลิตร) จากนั้นลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน และมีแนวโน้มคงที่ในช่วงท้ายของการทดลอง ชุดนี้มีปริมาณน้ำเสียน้อยที่สุด ซึ่งอาจทำให้จุลินทรีย์ขาดสารอาหารที่จำเป็นในการย่อยสลาย และส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นน้อย

2) ชุดที่ **2 (**มูลวัว : น้ำเสีย = **1:1)** ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง **3** วันแรก (สูงสุดประมาณ **260** มล. ค่าเฉลี่ยปริมาณแก๊สชีวภาพโดยรวม 126 มิลลิลิตร) จากนั้นค่อยๆ ลดลงอย่างต่อเนื่อง ชุดนี้มีสัดส่วนของมูลวัวและน้ำเสียที่สมดุล ทำให้มีสารอาหารเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แต่ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นยังน้อยกว่าชุดที่ **3**

3) ชุดที่ **3 (**มูลวัว : น้ำเสีย = **1:1.5)** ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง **4** วันแรก (สูงสุดประมาณ **280** มล. ค่าเฉลี่ยปริมาณแก๊สชีวภาพโดยรวม 145 มิลลิลิตร) และคงระดับสูงไว้ได้นานกว่าชุดอื่นๆ ก่อนที่จะค่อยๆ ลดลง ชุดนี้มีปริมาณน้ำเสียมากที่สุด ซึ่งอาจช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และทำให้มีการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นสูงสุด

4) ชุดที่ **4 (**มูลวัว : น้ำเสีย = **1:2)** ปริมาณก๊าซชีวภาพเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง **2** วันแรก (สูงสุดประมาณ **230** มล. ค่าเฉลี่ยปริมาณแก๊สชีวภาพโดยรวม 100 มิลลิลิตร) จากนั้นลดลงอย่างรวดเร็ว และมีแนวโน้มคงที่ในช่วงท้ายของการทดลอง ชุดนี้มีปริมาณน้ำเสียมาก ซึ่งอาจทำให้ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ลดลง และอาจมีผลต่อสภาพแวดล้อมในการย่อยสลาย เช่น ค่า **pH** ส่งผลให้ปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นน้อย

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า อัตราส่วนผสมของมูลวัวกับน้ำเสียที่ปรับสภาพมีผลต่อปริมาณและอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ โดยชุดที่ 3 (1:1.5) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ เนื่องจากให้ปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุดและคงระดับสูงไว้ได้นานกว่าชุดอื่นๆ



รูปที่ 2 กราฟเส้นแสดงถึงปริมาตรการเกิดของก๊าซชีวภาพ

วิจารณ์ผล

จากการดำเนินการทดลองการผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำเสียของสถานประกอบการผลิตมะขามแช่อิ่มหมักร่วมกับมูลวัวในห้องปฏิบัติการ พบว่า ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยด้านน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารสามารถนำมาผลิตแก๊สชีวภาพได้ (ญานิศา และคณะ, 2567) ซึ่งอ้างอิงผลงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพด้วยระบบจากน้ำเสียของโรงงานแปรรูปสับปะรด แต่ต้องมีการปรับสภาพน้ำเสีย

ให้เหมาะสมก่อนนำเข้าระบบ โดยปริมาณและคุณภาพของแก๊สชีวภาพที่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ อาทิ อัตราส่วนอาหารต่อจุลินทรีย์ (F/M ratio) ค่า C/N ratio ค่าอุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง (pH) ระยะเวลาการกักเก็บ เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตแก๊สชีวภาพ ได้แก่ อัตราส่วนผสมระหว่างมูลสัตว์กับน้ำเสีย : อัตราส่วนที่เหมาะสมจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของมูลสัตว์และลักษณะของน้ำเสีย ในการวิจัยนี้พบว่าอัตราส่วน 1:1.5 ให้ผลผลิตแก๊สชีวภาพสูงสุด ชนิดของวัตถุดิบโดยของเสียหรือน้ำเสียจากการผลิตมะขามแช่อิ่มมีผลต่อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตแก๊สชีวภาพ รวมถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์มีผลต่อประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์และการผลิตแก๊สชีวภาพ ค่า pH ที่เหมาะสมจะช่วยให้จุลินทรีย์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วัฒนณรงค์ และคณะ, 2563) ทั้งนี้ ลักษณะเฉพาะของน้ำเสียจากมะขามแช่อิ่มเป็นน้ำเสียประเภทนี้มีความเป็นกรดสูงมาก เนื่องจากมีกรดอินทรีย์จากมะขามเปรี้ยวเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดทาร์ทาริก และกรดซิตริก เป็นองค์ประกอบหลัก นอกจากนี้ ยังมีปริมาณของแข็งแขวนลอยสูง ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องปรับสภาพน้ำเสียโดยใช้น้ำเถ้าซึ่งมีฤทธิ์เป็นด่างในการปรับสภาพ อย่างไรก็ตาม ยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลดปริมาณของแข็งแขวนลอย เช่น การตกตะกอน การกรอง หรือการใช้จุลินทรีย์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตแก๊สชีวภาพ สำหรับมูลวัวที่ใช้เป็นวัสดุอินทรีย์ร่วมในการผลิตแก๊สชีวภาพ ซึ่งมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ได้หลากหลายชนิด การศึกษาพบว่า อัตราส่วนผสมของมูลวัวกับน้ำเสียมะขามมีผลต่อปริมาณและอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพ ซึ่งอาจเป็นเพราะ อัตราส่วนที่เหมาะสมช่วยให้จุลินทรีย์ในมูลวัวสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ และยังช่วยรักษาสมดุลของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (กรกนก ศรีนวลสุข และคณะ,2564)

สรุปผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพจากของเสียและน้ำเสียจากการผลิตและแปรรูปมะขามเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการนำแก๊สชีวภาพไปใช้เพื่อทดแทนแก๊สหุงต้มในการผลิตและแปรรูปมะขาม ผลการวิจัยพบว่า ของเสียและน้ำเสียจากการผลิตและแปรรูปมะขามสามารถนำมาผลิตแก๊สชีวภาพได้จริง โดยปริมาณและอัตราการเกิดแก๊สชีวภาพขึ้นอยู่กับอัตราส่วนผสมของมูลวัวกับน้ำเสียที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว โดยในการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด คือ 1:1.5 ซึ่งให้ปริมาณแก๊สชีวภาพสูงสุดและคงระดับได้นาน

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยคำแนะนำต่าง ๆ จากองค์การบริหารส่วนตำบลวังบาล ชุมชนตำบลวังบาล คณาจารย์ในมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และความร่วมมือช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายฝ่าย ที่สละเวลาให้คำแนะนำคำปรึกษา รวมถึงข้อเสนอแนะต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกๆท่าน เป็นอย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ให้แก่ผู้วิจัย และขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

กัญญา สอนสนิท และคณะ. (2566). การผลิตก๊าซชีวภาพจากของเสียในบ่อเกรอะ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรกนก ศรีนวลสุข และคณะ. (2564). การศึกษาประสิทธิภาพและความเป็นไปได้ของการผลิตก๊าซชีวภาพจากน้ำทิ้งจากระบบบำบัดแบบไร้อากาศร่วมกับของเสียกลีเซอรอล. สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

วัฒนณรงค์ มากพันธ์ และคณะ. (2563). ก๊าซชีวภาพจากเศษอาหารโดยกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

Aggarangsi, P., Tippayawong, N., Moran, J., & Rerkkriangkrai, P. (2013). Overview of livestock biogas technology development and implementation in Thailand. Energy for Sustainable Development, 17(4), 371-377.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2013). Construction, Operation and Maintenance handbook. http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib15381.pdf

Tansom, U., Paothong, S., Soontornnon, S., & Muhamud, N. (2020). Biogas Dung Production: Community Participation Bangkro and Changhaitok Sub-District, Pattani Province. Area Based Development Research Journal, 12(3), 207-222*. https://so01.tci-thaijo.org/index.php/abcjournal/article/view/240091

Sritrakul, N., & Hudakorn, T. (2020). The economic value and satisfaction of substituting LPG in households by a biogas network: A case study of Bo Rae Subdistrict in Chai Nat Province, Thailand. Energy Reports, 6(2), 565-571.

การเตรียมและตรวจสอบอิฐดินผสมเศษเส้นใยสับปะรดเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านอนุรักษ์พลังงาน

Preparation and characterization of clay brick mixed with pineapple fiber waste for constructing energy conservation houses

วาริส ราชภักดี [1*] เมธี พรมสวัสดิ์[2] นันทกาญจน์ มุรศิต[3]

Waris Ratchapakdee[1*] Methee Promsawat[2] Nantakan Muensit[3]

[1] คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 15 ถ.กาญจนวณิชย์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

[1]Faculty of Science, Prince of Songkla University, 15 Kanjanavanich Road, Hatyai, Songkhla 90110

*Corresponding author E-mail: nantakanmuensit@gmail.com

บทคัดย่อ

สภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเป็นผลเนื่องมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งสาเหตุหลักๆ มาจากการกระทำของมนุษย์ โดยส่งผลกระทบมากมายต่อระบบนิเวศและความแปรปรวนของสภาพอากาศไปทั่วทุกแห่งหน จึงเป็นที่มาที่สำคัญในการทำวิจัยครั้งนี้ ในงานวิจัยได้นำเส้นใยธรรมชาติจากสับปะรดที่มีความต้านทานแรงดึงที่สูง ทนทาน และนำความร้อนต่ำ มาผสมกับดินเพื่อผลิตเป็นอิฐดินคาร์บอนต่ำที่มีความเฉพาะตัวและเป็นของใหม่ในกลุ่มของวัสดุคาร์บอนต่ำ พร้อมทั้งทำการศึกษาสมบัติเชิงกลและสมบัติทางกายภาพ จากการทดลองพบว่าอิฐดินที่ผสมเส้นใยสับปะรดมีค่าความต้านทานแรงอัดเท่ากับ 48.33 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนอยู่ในช่วง 0.54 - 0.70 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน แสดงให้เห็นว่าอิฐดินที่เตรียมได้มีค่าความต้านทานแรงอัดใกล้เคียงกับวัสดุก่อสร้างตามท้องตลาด เช่น อิฐมวลเบา อิฐซีเมนต์บล็อก อิฐมอญ เป็นต้น และยังมีค่าอยู่ในช่วงที่ มอก. (มอก.1505 – 2541) กำหนดไว้ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนนั้นมีค่าที่ใกล้เคียงกับวัสดุก่อสร้างตามท้องตลาดเช่นกัน ดังนั้นอิฐดินในงานวิจัยนี้จึงเหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการก่อสร้างบ้านดินอนุรักษ์พลังงานและคาดว่าจะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในบ้านเรือนได้

คำสำคัญ :สภาวะโลกร้อน เส้นใยสับปะรด อิฐดิน บ้านดิน

Abstract

The current global warming situation has been resulted from the greenhouse effect, primarily caused by human activities. This situation has significantly impacted ecosystems and contributed to climatic variability worldwide, providing the critical motivation for this research. This study utilizes natural fibers from waste pineapple, which are known to have remarkable tensile strength, durability, and low thermal conductivity, to produce the unique low-carbon clay

bricks. Mechanical and physical properties of the bricks were characterized. Experimental results revealed that the clay bricks had a compressive strength of 48.33 kg/cm^2 and a thermal conductivity coefficient ranging from 0.54 to 0.70 W/m.K. These findings indicate that the compressive strength of the clay bricks is comparable to commercial construction materials such as lightweight concrete blocks, cement bricks and fired clay bricks and meets the standards set by TIS 1505-2541. The thermal conductivity coefficient is also similar to that of conventional building materials. Therefore, the clay bricks developed in this research are suitable for constructing energy-efficient houses with potential benefits in reducing household electricity consumption.

Keywords : Global warming, pineapple fibers, clay bricks, clay house

บทนำ

ปัญหาสภาวะโลกร้อน (Global Warming) เป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญ เนื่องจากเป็นสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงทางภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน สภาวะโลกร้อนเกิดจากการสะสมของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases) เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในชั้นบรรยากาศโลก ซึ่งก๊าซเหล่านี้ทำหน้าที่กักเก็บความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ ไม่ให้ระบายออกสู่ชั้นบรรยากาศได้อย่างเต็มที่ ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลกระทบอย่างมีมากต่อสภาพอากาศ ระบบนิเวศ และการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศ ฝนตกไม่ตรงตามฤดูกาล เกิดภัยแล้งยาวนาน น้ำแข็งขั้วโลกละลาย พายุไต้ฝุ่น พายุเฮอร์ริเคน ไฟป่า สัตว์และพืชหลายชนิดต้องเผชิญกับความเสี่ยงในการสูญพันธุ์ ความไม่มั่นคงทางอาหาร การขาดแคลนน้ำสะอาด และปัญหาสุขภาพที่เกิดจากคลื่นความร้อนและมลพิษทางอากาศ เป็นต้น

แม้ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในแต่ละปี แต่ผลสะสมในระยะยาวอาจทำให้เกิดความเสียหายที่ไม่อาจย้อนคืนได้ การแก้ไขปัญหานี้จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือระดับโลกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ใช้พลังงานหมุนเวียน และปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2537)

นวัตกรรมวัสดุที่ช่วยลดการใช้พลังงานและส่งเสริมความยั่งยืนมีหลากหลายประเภทที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้างและที่อยู่อาศัย เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและลดการใช้พลังงาน หนึ่งในนวัตกรรมที่แสดงถึงความก้าวหน้าในด้านการออกแบบวัสดุที่ช่วยลดการปล่อยพลังงานและก๊าซเรือนกระจกนั่นก็คือ Low Carbon Material ซึ่งกำลังเป็นที่สนใจในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากภาคการก่อสร้าง ซึ่งเป็นหนึ่งในแหล่งปล่อยคาร์บอนที่สำคัญ โดยวัสดุเหล่านี้ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสนับสนุนเป้าหมาย Net Zero Carbon ตัวอย่างของนวัตกรรมสำคัญในปี 2024 มีดังนี้ คอนกรีตคาร์บอนต่ำ, วัสดุไม้ Cross-Laminated Timber (CLT), Low-Carbon Asphalt (ACLA®), เหล็กคาร์บอนต่ำและวัสดุรีไซเคิล ดังนั้น

นวัตกรรมเหล่านี้จึงเป็นที่ต้องการมากขึ้นเรื่อยๆ เพราะจะสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมก่อสร้าง ที่มุ่งสู่ความยั่งยืนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริง จึงเป็นที่มาที่สำคัญในการทำวิจัยเพื่อพัฒนาการกระบวนการทำผนังอนุรักษ์พลังงาน (Contructive voices, 2024)

งานวิจัยนี้มีการนำเศษเส้นใยสับปะรดจากโรงงานทอผ้ามาผสมกับดินเพื่อผลิตเป็นอิฐดินอนุรักษ์พลังงาน โดยเศษเส้นใยทำหน้าที่เป็นตัวเสริมแรงให้กับอิฐดิน นอกจากนี้ เส้นใยสับปะรดเป็นวัสดุธรรมชาติที่มีความต้านทานแรงดึงสูงและมีการนำความร้อนต่ำ จึงอาจทำให้อิฐดินที่ผลิตได้มีความแข็งแรงและมีการนำความร้อนต่ำ ซึ่งจะสามารถนำไปสร้างบ้านที่มีการใช้พลังงานที่ต่ำลงได้ นอกจากนี้ ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยนี้จะนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าให้แก่เศษเส้นใยสับปะรดซึ่งเป็นของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมอีกทางหนึ่งด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบเส้นใยสับปะรด

    1.1 นำเศษเส้นใยสับปะรดที่ได้รับมาจากโรงงานอุตสาหกรรมมาตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope) กำลังขยาย 150 เท่า 500 เท่า และ 2000 เท่า

    1.2 นำเส้นใยสับปะรดไปสางเพื่อเตรียมผสมขึ้นรูปเป็นอิฐดินตามอัตราส่วนผสมที่เหมาะสม

2. การเตรียมอิฐดิน

    2.1 นำวัตถุดิบหลักประกอบด้วย ดินร่วน ดินเหนียว แกลบดิบ น้ำ และเศษเส้นใยสับปะรด ผสมให้เข้ากันตามอัตราส่วนที่เหมาะสม

    2.2 ขึ้นรูปอิฐดินโดยใช้วิธีการอัดขึ้นรูปในบล็อกแม่พิมพ์

3. การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกล

    3.1 ตรวจสอบความหนาแน่นเชิงปริมาตร หลังจากชิ้นงานแห้งแล้ว โดยทำการวัดมวลและปริมาตรของชิ้นงานในสภาพแห้ง แล้วคำนวณหาค่าความหนาแน่น

    3.2 ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การหดตัว โดยวัดขนาดของชิ้นงานก่อนแห้งและหลังแห้ง แล้วคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การหดตัว

    3.3 ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงาน โดยชั่งน้ำหนักของชิ้นงานก่อนแห้งและหลังแห้ง แล้วคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงาน

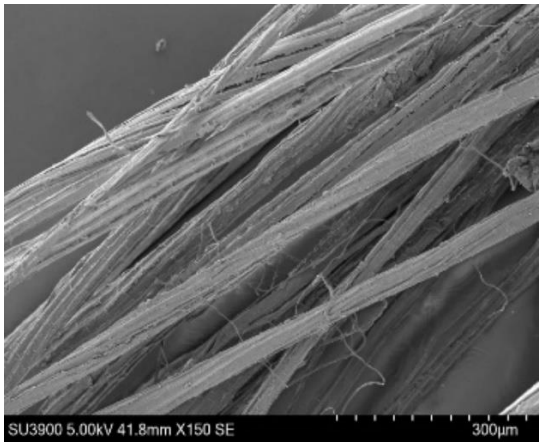
    3.4 ตรวจสอบความต้านทานแรงอัด (compressive strength) ด้วยเครื่อง Universal Testing Machines (UTM)

    3.5 ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (microstructure) ด้วยเครื่อง Scanning Electron Microscope (SEM) เพื่อดูสัณฐานวิทยาของเส้นใยสับปะรด โดยเตรียมและส่งตัวอย่างทดสอบที่สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

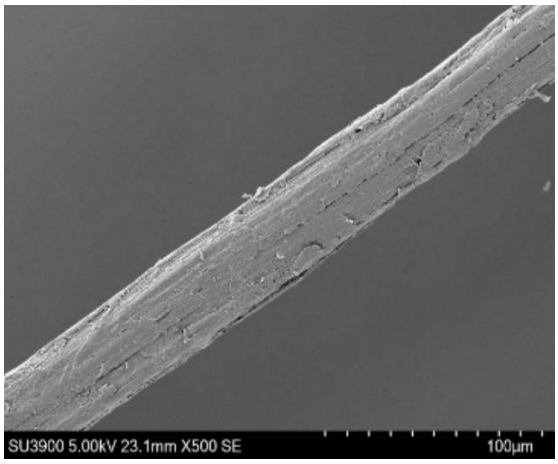
3.6 ตรวจสอบการนำความร้อน (thermal conductivity) โดยใช้เครื่อง Thermal Conductivity Analysis Instruments (TCA) โดยเตรียมและส่งตัวอย่างทดสอบตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 22007-2.2 ที่สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

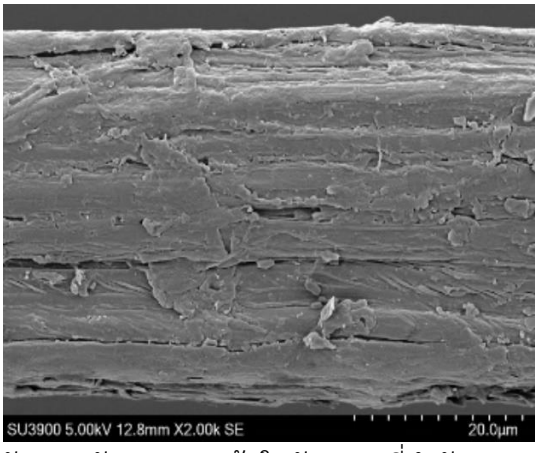
1. โครงสร้างจุลภาคของอิฐดิน



ภาพที่ 1 ลักษณะสัณฐานของเส้นใยสับปะรดหลายที่กำลังขยาย 150 เท่า



ภาพที่ 2 ลักษณะสัณฐานของเส้นใยสับปะรดที่กำลังขยาย 500 เท่า



ภาพที่ 3 ลักษณะสัณฐานของเส้นใยสับปะรดที่กำลังขยาย 2000 เท่า

จากการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของเส้นใยสับปะรดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าเส้นใยสับปะรดประกอบด้วยกลุ่มเส้นใยยาวและเรียงตัวตามแนวยาว (ดังแสดงในภาพที่ 1) ซึ่งอาจจะสอดคล้องกับการทนทานต่อแรงดึงตามแนวยาวของเส้นใย เส้นใยสับปะรดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยประมาณ 423 ไมโครเมตร (ดังแสดงในภาพที่ 2) และจากภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าพื้นผิวของเส้นใยมีความขรุขระไม่เรียบ ซึ่งอาจจะส่งเสริมให้การยึดเกาะกับดินได้ดีขึ้นและส่งผลให้ความแข็งแรงของอิฐดินเพิ่มขึ้น

2. สมบัติทางกายภาพของอิฐดิน

สมบัติทางกายภาพของอิฐดินที่ไม่ผสมและผสมเส้นใยสับปะรดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนาแน่น การหดตัว และการสูญเสียน้ำหนักของอิฐดิน

การทดสอบสมบัติทางกายภาพของอิฐดิน					
ความหนาแน่น (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)		ร้อยละการหดตัว		ร้อยละการสูญเสียน้ำหนัก	
ไม่มีเส้นใย	มีเส้นใย	ไม่มีเส้นใย	มีเส้นใย	ไม่มีเส้นใย	มีเส้นใย
1,711	1,255	3.78	2.00	21.25	29.58

จากตารางที่ 1 พบว่า การเติมเส้นใยสับปะรดทำให้ความหนาแน่นของอิฐดินลดลง กล่าวคือ อิฐดินที่ประกอบด้วยเส้นใยสับปะรดจะมีน้ำหนักน้อยกว่าอิฐดินที่ไม่มีเส้นใยในปริมาตรที่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยมีน้ำหนักเบาและมีลักษณะผิวที่ขรุขระ การผสมเส้นใยกับดินทำให้เกิดรูพรุนระหว่างดินและเส้นใย ส่งผลให้อิฐดินที่มีเส้นใยมีความพรุนตัวสูงกว่าอิฐดินที่ไม่มีเส้นใย ซึ่งอาจทำให้อิฐที่ผลิตได้มีน้ำหนักที่เบาและมีการนำความร้อนที่ต่ำ ทั้งนี้ในการใช้งานจริงต้องพิจารณาถึงความต้านทานแรงอัดด้วย ดังจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

การเติมเส้นใยสับปะรดทำให้ร้อยละการหดตัวหลังแห้งของอิฐดินลดลง (ดังแสดงในตารางที่ 1) ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่เส้นใยสับปะรดมีพฤติกรรมการหดตัวที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับดิน เมื่อมีการเติมเส้นใยสับปะรดเข้าไปในดิน จึงทำให้การหดตัวโดยรวมของอิฐดินลดลง

การเติมเส้นใยสับปะรดทำให้ร้อยละการสูญเสียของน้ำหนักหลังแห้งเพิ่มขึ้น (ดังแสดงในตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากเส้นใยสับปะรดมีความสามารถในการดูดซับน้ำที่มากกว่าดิน ทำให้อิฐดินที่มีเส้นใยมีปริมาณน้ำสะสมในโครงสร้างมากกว่าในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบก่อนขึ้นรูป และมีการคายน้ำมากกว่าหลังจากอิฐดินแห้ง ส่งผลทำให้การสูญเสียน้ำหนักมากกว่าเมื่อเทียบกับอิฐดินที่ไม่มีเส้นใย

3. สมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของอิฐดิน

ผลการตรวจสอบสมบัติเชิงกลและสมบัติทางความร้อนของอิฐดินที่มีและไม่มีเส้นใยสับปะรดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความต้านทานแรงอัด และสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐดิน

ความต้านทานแรงอัด (นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร)		สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (วัตต์ต่อเมตรเคลวิน)	
ไม่มีเส้นใย	มีเส้นใย	ไม่มีเส้นใย	มีเส้นใย
0.49	4.74	0.82-0.84	0.54-0.70

จากตารางที่ 2 พบว่า การเติมเส้นใยสับปะรดส่งผลให้ค่าความต้านทานแรงอัดของอิฐดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับอิฐดินที่ไม่มีเส้นใย และเนื่องจากการเติมเส้นใยสับปะรดที่มีพื้นผิวขรุขระ (ดังโครงสร้างจุลภาคที่แสดงในรูปที่ 3) ทำให้ความสามารถในการยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นใยและอนุภาคของดินเพิ่มมากขึ้น ผนวกกับเส้นใยสับปะรดมีความเหนียวสูง จึงส่งผลทำให้อิฐดินดังกล่าวมีความต้านทานแรงอัดมากขึ้นนั่นเอง เมื่อนำค่าความต้านทานแรงอัดที่ได้มาเทียบกับมาตรฐานมอก. 1505 - 2541 พบว่าอยู่ในระดับชั้นคุณภาพที่ 4 โดยมีค่าความต้านทานแรงอัดอยู่ในช่วง 4.0-5.0 นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร จึงยืนยันได้ว่า อิฐดินที่เตรียมได้สามารถนำไปใช้งานได้จริงในอุตสากรรมการก่อสร้าง

นอกจากนี้ พบว่าการเติมเส้นใยสัปปะรดทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของอิฐดินลดลง เนื่องจากเส้นใยสับปะรดเป็นเส้นใยธรรมชาติที่มีพฤติกรรมเป็นฉนวนความร้อนซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0.03-0.07วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (กนกอร,2556) เมื่อนำไปเติมลงในอิฐดินจึงทำให้ค่าการนำความร้อนของอิฐดินดังกล่าวต่ำลง ค่าการนำความร้อนของอิฐดินที่เติมเส้นใยสับปะรดมีค่าอยู่ในช่วง 0.54-0.70 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน ซึ่งมีค่าน้อยกว่าอิฐมอญที่มีค่าอยู่ในช่วง 1.1-1.2 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน แต่ยังมีค่ามากกว่าอิฐมวลเบาที่มีค่าระหว่าง 0.11-0.18 วัตต์ต่อเมตรเคลวิน (วงกลมบล็อก, 2542) นอกจากนี้ อิฐดินในงานวิจัยนี้เตรียมด้วยกระบวนการที่ไม่ผ่านการเผา ทำให้ไม่มี

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเนื่องจากอิฐดินผสมเส้นใยสับปะรดนำความร้อนได้ต่ำ จึงนำไปสู่การสร้างบ้านที่ช่วยลดการใช้พลังงานจากการเปิดเครื่องปรับอากาศได้อีกด้วย

สรุปผล

จากการทดลองสรุปได้ว่า

1. งานวิจัยนี้สามารถเตรียมอิฐดินที่ผสมเศษเส้นใยสับปะรดโดยไม่ผ่านกระบวนการเผาได้

2. การเติมเส้นใยสับปะรดทำให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวหลังแห้งของอิฐดินลดลง ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักหลังแห้งเพิ่มขึ้น

3. การเติมเส้นใยสับปะรดทำให้ค่าความต้านทานแรงอัดของอิฐดินมากขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงชั้น G4 ตามมาตรฐาน มอก.1505- 2541 นอกจากนี้ การเติมเส้นใยสับปะรดยังทำให้การนำความร้อนของอิฐดินลดลงอีกด้วย จะเห็นได้ว่า งานวิจัยนี้ได้นำเศษเส้นใยสับปะรดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมมาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากเป็นการช่วยลดต้นเหตุของปัญหาโลกร้อนแล้ว ยังเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ของเหลือทิ้งได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.นันทกาญจน์ มุรศิต และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี พรมสวัสดิ์ ที่ให้คำปรึกษาถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณเครือข่ายการอุดมการศึกษาเพื่ออุตสาหกรรม (Higher Education for Industry Consortium : Hi-FI) ภายใต้แผนงานย่อย "การส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรผ่านการเรียนรู้ปฏิบัติจริง (Experiential Learning)" สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ได้สนับสนุนงานวิจัยนี้ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท สยาม รักษ์โลก จำกัด สำหรับการสนับสนุนให้ทุนการศึกษาเล่าเรียน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว และกัลยาณมิตรทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ รวมถึงให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กนกอร หั้นเจริญ. 2556. การวัดค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวนกันความร้อนจากเส้นโยสับปะรดด้วยวิธีการสอบกลับทางตรง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขามาตรวิทยา ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2537. การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกและของประเทศไทย: สภาวะโลกร้อน. แหล่งข้อมูล: http://www.climate.tmd.go.th/content/file/11. ค้นเมื่อ 3 กันยายน 2567.

วงกลมบล็อก. 2542. **ค่าการนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของคอนกรีตบล็อก.** แหล่งข้อมูล: http://www.wkblock.com/block-talk/64-thermalconductivityblocks.html. ค้นเมื่อ 10 กันยายน 2567.

Contructive voices. 2024. Carbon-neutral-construction-materials-breakthroughs-and-potential. Available:https://constructive-voices.com/th/carbon-neutral-construction-materials-breakthroughs-and-potential. Accessed Dec.17, 2024.

การศึกษาวิจัยเรื่องไม้ไผ่เสริมยางพาราลดการสูญเสียชายฝั่ง

Study of Rubber Reinforced Bamboos for Coastal Protection

เบญจวรรณ ไชยเดช[1] ณัฐพนธ์ อุทัยพันธุ์[2] นันทกาญจน์ มุรศิต[3*]

Benjawan Chaidete[1] Nattapon Uthaipan[2] Nantakan Muensit[3*]

[1] นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[1] Master degree student, Department of Science for Industry, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai campus, Songkhla 90110

[2] ศูนย์วิศวกรรมยาง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[2] Rubber Engineering Center, Faculty of Engineer, Prince of Songkla University, Hatyai campus, Songkhla 90110

[3] สาขาวิทยาศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

[3] Department of Science for Industry, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai campus, Songkhla 90110

*Corresponding author E-mail: nantakanmuensit@gmail.com

บทคัดย่อ

ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยประสบกับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในระดับรุนแรง ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทรัพย์สินของประชาชนและของทางราชการ ทำให้เสียทัศนียภาพ ซึ่งส่งผลกระทบต่อธุรกิจการท่องเที่ยว อีกทั้งยังทำให้เกิดความเสียหายด้านทรัพยากรชายฝั่งอีกด้วย การกัดเซาะชายฝั่งทะเลในหลายพื้นที่มีแนวโน้มจะมีความถี่มากขึ้นและยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทั้งเกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมมนุษย์ จากคู่มือการปักไม้ไผ่ชะลอคลื่นเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2558 ใช้วัสดุธรรมชาติคือไม้ไผ่มาปักเป็นแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นอันเป็นการรักษาสมดุลธรรมชาติพร้อมทั้งเกิดประโยชน์ต่อประชาชนจำนวนมาก ดังนั้นเป็นที่มาที่สำคัญในงานวิจัยนี้จึงนำวัสดุธรรมชาติสองชนิดคือไม้ไผ่ธรรมชาติและยางพารามาสำรวจศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำไม้ไผ่มาเสริมด้วยยางพาราและศึกษาคุณสมบัติเปรียบเทียบกันระหว่างไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่ที่มีการเสริมยางพารา จากการศึกษาพบว่าไม้ไผ่เสริมด้วยยางพารามีการดูดซึมน้ำทะเลได้น้อยกว่าไม้ไผ่ธรรมชาติ นอกจากนี้มีการศึกษาน้ำยางพาราที่มีสารวัลคาไนซ์ที่ก่อให้เกิดการเชื่อมโยงโมเลกุลของยางแตกต่างกัน พบว่าสมบัติทางกลของไม้ไผ่เสริมยางพารามีค่ากำลังต้านทานแรงอัดแนวนอน ซึ่งเป็นการเลียนแบบการถูกคลื่นทะเลซัดถาโถมลำไผ่ที่ปักในแนวตั้งฉากกับทิศทางคลื่น มีค่ากำลังต้านทานเทียบเท่ากับไม้ไผ่ธรรมชาติทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นเป็นการสำรวจแนวทางเพิ่มอายุใช้งานในทะเลของไม้ไผ่ธรรมชาติซึ่งหากมีความเป็นไปได้และคุ้มค่าสามารถช่วยลดความถี่ของการซ่อมแซมแนวไม้ไผ่ก็จะได้มีการส่งเสริมให้นำมาทำแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นต่อไป

คำสำคัญ : ไม้ไผ่ธรรมชาติ น้ำยางพารา ไม้ไผ่เสริมยางพารา การกัดเซาะชายฝั่ง เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Abstract

The coastal areas of Thailand are facing severe coastal erosion, resulting in the loss of both public and private property, deterioration of scenic landscapes, and negative impacts on the tourism industry. Additionally, coastal resources have suffered significant damage. Coastal erosion in many areas has shown increasing frequency and severity, caused by both natural factors and human activities. According to the *Handbook on Bamboo Wave Barriers for Coastal Erosion Prevention and Mitigation* by the Department of Marine and Coastal Resources, Ministry of Natural Resources and Environment (2015), natural materials such as bamboo have been used to create bamboo wave barriers. These barriers help maintain ecological balance while benefiting local communities. This concept inspired this study to explore the potential of using two natural materials-bamboo and rubber latex. The research investigates the feasibility of reinforcing natural bamboo with rubber latex and compares the properties of untreated bamboo with rubber-reinforced bamboo. The findings reveal that bamboo reinforced with rubber latex absorbs less seawater than natural bamboo. Moreover, the study examined rubber latex with different vulcanizing agents, which create molecular cross-links in the rubber. The mechanical properties of rubber-reinforced bamboo were found to be comparable to those of natural bamboo in terms of horizontal compressive strength, simulating the impact of ocean waves striking vertically placed bamboo poles. The rubber-reinforced bamboo is also environmentally friendly. This research demonstrates a potential approach to extending the lifespan of bamboo structures used in marine environments. If proven viable and cost-effective, this method could reduce the frequency of maintenance for bamboo wave barriers and promote their broader adoption for coastal erosion mitigation.

Keywords : natural bamboo, natural rubber latex, rubber-reinforced bamboo, coastal erosion, environmentally friendly

บทนำ

ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยประสบกับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในระดับรุนแรง ส่งผลให้เกิดความเสียหายด้านทรัพยากรชายฝั่ง การกัดเซาะชายฝั่งทะเลในหลายพื้นที่มีแนวโน้มจะมีความถี่มากขึ้นและยิ่งทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งเกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมมนุษย์ ในอดีตมีการใช้วัสดุธรรมชาติคือไม้ไผ่มาปักเป็นแนวไผ่ชะลอคลื่นอันเป็นการรักษาสมดุลธรรมชาติ การปักแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่พยายามเรียนรู้การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศทางธรรมชาติ ดังตัวอย่าง แนวไม้ไผ่ชะลอคลื่น ตั้งอยู่หมู่ 8 ตำบลพันท้ายนรสิงห์ อำเภอเมืองสมุทรสาคร จังหวัดสมุทสาคร มีการสำรวจติดตามผลเมื่อปี 2565 โดยกองอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่งพบว่ามีตะกอนเลนเริ่มสะสมบริเวณหลังแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นและมีพรรณไม้ป่าชายเลนเติบโตเพิ่มขึ้นอุดมสมบูรณ์ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558) และถึงแม้จะมีประโยชน์ในด้านการเพิ่มขึ้นของตะกอนดิน แต่การปักแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นสามารถพบปัญหาที่เกิดกับแนวไม้ไผ่หลัก ๆ ได้แก่ การถูกถาโถมด้วยคลื่นทะเลตามธรรมชาติ อันได้แก่ ลมมรสุมและพายุ จะทำให้เกิดคลื่นลมเคลื่อนเข้าปะทะชายฝั่ง ทำให้มีการพัดเอามวลทรายออกจากพื้นที่ชายฝั่งในช่วงเวลาหนึ่ง และจะพัดเอามวลทรายกลับมาในอีกช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งอาจจะทำให้มวลทรายที่ถูกพัดพาออกไปจากชายฝั่ง และมวลทรายที่ถูกพัดพาเข้ามานั้นไม่สมดุลกัน นอกจากนี้น้ำขึ้น-น้ำลง ส่งผลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอนดินเลน และมวลทรายบริเวณชายฝั่ง ซึ่งอาจจะเกิดความไม่สมดุลดังเช่นที่เกิดกับลมมรสุมและพายุ ก็จะมีส่วนทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งได้เช่นกัน และรวมทั้งการเกาะของเพรียงเจาะไม้ (มีชื่อเรียกอย่างอื่นอีกว่า เพรียงเรือหรือเพรียงน้ำเค็ม) ลักษณะทั่วไป เพรียงมีเปลือกห่อหุ้มตัว เป็นเปลือกแข็งคมมาก เจาะเข้าไปอาศัยในเนื้อไม้ เวลาผ่านไปนานเข้าจะมีการเพิ่มขนาดและจำนวนประชากรเพรียงทำให้ไม้ไผ่ผุพังเสื่อมสภาพเร็ว

ปัจจุบันมีนวัตกรรมที่ช่วยลดปัญหาการกัดเซาะหรือการพังทลายของดินโดยได้มีการนำวัสดุธรรมชาติอย่างเช่นน้ำยางพารามาใช้ เช่น ชุดวัสดุป้องกันการกัดเซาะตลิ่งจากธรรมชาติ ประกอบด้วย ชั้นป้องกันการกัดเซาะจากบล็อกประสานรูปแบบใหม่ที่ปรับปรุงคุณสมบัติด้วยน้ำยางพารา สามารถก่อสร้างได้ง่าย ต้นทุนถูก และชั้นกรองจากผ้าเคลือบน้ำยางพารา ทำหน้าที่กักเก็บดินไม่ให้ถูกชะออกจากบริเวณตลิ่ง ในขณะเดียวกันมีความสามารถยอมให้น้ำซึมผ่านชั้นวัสดุได้ เพื่อลดแรงดันน้ำที่ไหลออกจากดินตามแนวตลิ่ง (5 นวัตกรรมยางพารา “น่าลงทุน”, 2017) นอกจากนี้ได้มีตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยเป็นการศึกษาวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ ยางธรรมชาติ (*cis*-1,4-polyisoprene) และไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ยางธรรมชาติ (NR) ถูกนำมาใช้ในไม้ยางพาราเป็นน้ำยางข้นธรรมชาติ (เกรดแอมโมเนียมสูง ปริมาณยางแห้ง 60%) โดยวิธีการคือการอัดน้ำยางเข้าไปในไม้ยางพาราภายใต้ความดัน แล้วกำจัดน้ำออก ซึ่งจากผลการทดสอบพบว่ามียางธรรมชาติแทรกอยู่ในโครงสร้างไม้วัสดุที่ได้มีคุณสมบัติดีขึ้น ทั้งด้านการต้านทานน้ำและความแข็งแรง ความต้านทานต่อการดูดซึมน้ำและการบวมตัวดีขึ้น รวมทั้งความแข็งแรงต่อแรงอัดเพิ่มขึ้นประมาณ 62-66% ทั้งนี้ยังเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในการปรับปรุงคุณสมบัติของไม้ยางพารา (Ruayruay and Khongtong, 2014)

งานวิจัยนี้จึงสนใจแนวทางที่กลมกลืนกับธรรมชาติเพื่อให้มีความยั่งยืนส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อมโดยรวม เน้นวัสดุธรรมชาติ 2 ชนิดคือยางพาราและไม้ไผ่ สมมติฐานของการแก้ปัญหาอยู่ที่การทำให้ไม้ไผ่คงสภาพแข็งแรงทนนานกว่าเดิม แตกหักเสื่อมสภาพยากขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานนานกว่าปกติของไม้ไผ่ธรรมชาติซึ่งมีความแข็งแรงแต่เปราะ นอกจากนี้ ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยจะช่วยให้มีแนวไม้ไผ่ลดความสูญเสียชายฝั่งที่มีความถี่และความสิ้นเปลืองของการซ่อมแซมน้อยลง รวมทั้งได้มีการส่งเสริมให้นำมาทำแนวไม้ไผ่ชะลอคลื่นต่อไปเรื่อง

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมน้ำยางพารา

1.1 ทำการเตรียมน้ำยางพาราที่ใช้ในการเสริมไม้ไผ่ โดยเตรียมน้ำยางพาราเป็นน้ำยางคอมพาวนด์ สามารถเตรียมได้จากการบ่มน้ำยางโดยการผสมน้ำยางพารากับสารเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1 สูตรน้ำยางคอม-พาวนด์ที่ใช้ในการทดสอบ พร้อมกวนอย่างต่อเนื่องด้วยชุดกวนผสมสารเคมีกับน้ำยางเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งน้ำยางที่ใช้ในงานวิจัยใช้ระบบการออกสูตรต่างกัน 3 สูตร ตามปริมาณสารวัลคาไนซ์โดยสามารถแบ่งตามสัดส่วนการใช้กำมะถันกับสารตัวเร่ง

ตารางที่ 1 สูตรน้ำยางคอมพาวนด์

น้ำยางและสารเคมี	**ปริมาณที่ใช้ (phr)**		
	สูตรที่ 1 (F1)	**สูตรที่ 2 (F2)**	**สูตรที่ 3 (F3)**
น้ำยางพารา	100.0	100.0	100.0
สารปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง	0.5	0.5	0.5
สารรักษาสภาพน้ำยาง	1.0	1.0	1.0
สารตัวเร่งปฏิกิริยา	2.0	2.0	2.0
สารกระตุ้นปฏิกิริยา	2.0	2.0	2.0
สารป้องกันการเสื่อมสภาพ	1.0	1.0	1.0
สารวัลคาไนซ์	1.5	2.0	2.5

หมายเหตุ เติมน้ำลงไปให้ได้ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid content : TSC) = 50 เปอร์เซ็นต์

1.2 เตรียมชิ้นตัวอย่างทดสอบเป็นฟิล์มยางได้โดยนำน้ำยางคอมพาวนด์ทั้ง 3 สูตรมาขึ้นรูปเมมเบรนชนิดแผ่นโดยการเทน้ำยางคอมพาวนด์ลงบนเบ้าพิมพ์ที่มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 40x40x0.5 เซนติเมตร ปาดผิวฟิล์มให้สม่ำเสมอแล้วตั้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้องจนฟิล์มใส หลังจากนั้นทำให้แห้งก่อนที่จะนำฟิล์มยางไปทดสอบ

2. การเตรียมไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพารา

2.1 การเตรียมไม้ไผ่ธรรมชาติ โดยการเลือกไม้ไผ่อายุ 3 ปีขึ้นไปซึ่งจะเป็นไม้ไผ่โตเต็มที่ ที่มีขนาดกลาง ปล้องไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว นำมาตัดให้มีขนาดความยาวที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดสอบ และตากหรืออบด้วยความร้อนจนเหลือความชื้นของไม้ไผ่ไม่เกิน 12 เปอร์เซ็นต์เพื่อป้องกันการหดตัวของไม้ไผ่

2.2 การเตรียมไม้ไผ่เสริมยางพารา โดยการนำไม้ไผ่ธรรมชาติที่มีขนาดและความยาวที่เหมาะสมมาเสริมยางพารา ซึ่งใช้วิธีการแช่ไม้ไผ่ในน้ำยางคอมพาวนด์ที่ได้เตรียมไว้ในตารางที่ 1 โดยเป็นการแช่ที่ความดันบรรยากาศปกติ ตามเวลาที่ได้ศึกษา

3. การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกล

3.1 การทดสอบสมบัติการบวมตัว (Swelling) ของยางพาราทำการทดสอบการบวมตัว โดยตัดชิ้นทดสอบเป็นแผ่นกลมขนาดเล้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร หนาประมาณ 1 มิลลิเมตร และชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ แช่ชิ้นทดสอบในสารละลายโทลูอีน และชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบเมื่อถึงจุดสมดุล

3.2 การทดสอบความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) ของยางพาราทดสอบสมบัติความต้านทานต่อแรงดึงตามมาตรฐาน ASTM D 412 ทดสอบด้วยเครื่อง Tensile testing machine

3.3 ทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compression) เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ISO (22157-1) (Bamboo-Determination of physical and mechanical properties) ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางกลของไม้ไผ่ ในการทดสอบจะใช้ไม้ไผ่เต็มลำจากส่วนตรงกลางของลำไม้ไผ่ โดยเป็นส่วนที่ไม่ติดกับข้อไม้ไผ่และมีความสูงเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำไม้ไผ่ วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ไผ่ทดสอบ จากนั้นนำไม้ไผ่ที่ทดสอบไปวางตรงกลางของหัวจับ โดยให้ทิศทางของแรงตั้งฉากกับเสี้อน ทำการทดสอบโดยใช้ความเร็วของหัวกดให้ลำไม้ไผ่แตก บันทึกค่าน้ำหนักสูงสุด ที่ทำให้ไม้ไผ่แตกหักเพื่อนำไปคำนวณหาค่ากำลังต้านทานแรงอัด ดังสมการที่ 1

$$\sigma_{ult} = [F_{ult}/A] \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ σ_{ult} คือ กำลังต้านทานแรงอัด (N/mm^2 หรือ MPa)

F_{ult} คือ น้ำหนักที่มากที่สุดที่ทำให้ไม้ไผ่แตกหัก (N)

A คือ พื้นที่หน้าตัดลำไผ่ (mm^2)

3.4 การทดสอบทางโครงสร้างจุลภาค (Microstructure testing) โดยวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด หรือ Scanning electron microscope (SEM) เพื่อดูสัณฐานวิทยาของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพารา

สถานที่และช่วงเวลาดำเนินการวิจัย : ศูนย์วิศวกรรมยาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ระยะเวลาดำเนินงาน 2 ปี (มีนาคม 2567 - มีนาคม 2569)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. การทดสอบเปรียบเทียบสมบัติของน้ำยางคอมพาวนด์

ทำการศึกษาสมบัติของน้ำยางคอมพาวนด์ที่ใช้ในการเสริมไม้ไผ่ โดยน้ำยางที่ใช้ในงานวิจัยใช้ระบบการออกสูตรต่างกัน 3 สูตร ตามปริมาณสารวัลคาไนซ์ โดยทดสอบคุณสมบัติดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติเชิงกลของน้ำยางคอมพาวนด์ทั้ง 3 สูตร

การทดสอบ	F1	F2	F3
ความหนืดของน้ำยาง (Centipoise, cP)	77.50(±1.77)	81.50(±1.37)	80.50(±1.12)
Tensile strength (MPa)	23.69(±1.19)	22.93(±0.24)	22.72(±1.51)
Elongation at break (%)	81.81(±0.46)	89.60(±20.06)	127.29(±18.09)
Hardness (Shore A)	30.00(±1.00)	31.00(±0.00)	35.00(±2.00)
Swelling ในน้ำทะเล, Q (%), 24 hr.	1.83(±0.46)	3.54(±0.43)	2.95(±0.76)
Swelling ในตัวทำละลาย, Q (%), 24 hr.	331.96(±12.09)	306.21(±9.17)	276.82(±26.03)

จากผลการทดสอบในตารางที่ 2 คุณสมบัติเชิงกลของน้ำยางคอมพาวนด์ทั้ง 3 สูตร พบว่าน้ำยางคอม-พาวนด์ F1 มีค่าความหนืดของน้ำยางน้อยกว่า F2 และ F3 อีกทั้งด้านสมบัติเชิงกลซึ่งได้แก่ค่าความต้านทานต่อแรงดึง (Tensile strength) และค่าความแข็ง (Hardness) โดยใช้ประเภทการวัดแบบ Shore A ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานการทดสอบสำหรับชิ้นยางตัวอย่างทั่วไป พบว่าชิ้นยาง F1 มีค่าการทดสอบที่มากกว่าชิ้นยาง F2 และ F3 แต่ค่าระยะยืดที่จุดขาด (Elongation at break) ของชิ้นยาง F3 ให้ค่ามากกว่าชิ้นยาง F1 และ F2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากเมื่อทดสอบชิ้นยางตัวอย่างขณะดึงทำให้ยางเกิดความทนหรือต้านต่อแรงได้เพิ่มขึ้นแต่ให้ค่าการยืดที่น้อยลง ซึ่งในทางกลับกันที่ชิ้นยางตัวอย่างที่มีค่าความต้านทานต่อแรงดึงได้น้อยกว่าแต่สามารถให้ค่าการยืดที่เพิ่มขึ้น และในส่วนการทดสอบการบวมตัว (Swelling) ของชิ้นยาง F1 เมื่อแช่ในน้ำทะเลเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวน้อยที่สุด ในขณะที่บวมตัวในตัวทำละลายโทลูอีน (Toluene) มากที่สุด ซึ่งอาจบ่งชี้ได้ว่าน่าจะใช้งานในทะเลได้โดยไม่มีการเปื่อยยุ่ยของยางออกจากไม้ไผ่หรือหลุดลอกช้า แต่ในขณะที่บวมตัวในโทลู-อีนมากที่สุดจึงอาจเป็นไปได้ว่าช่วยในการดูดซับสารเคมีประเภทนี้ในท้องทะเลได้ดี

2. การทดสอบเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพารา

ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพารา ในงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบตามมาตรฐาน ISO (22157-1) (Bamboo-Determination of physical and mechanical properties) ซึ่งเป็นมาตรฐานการทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของไม้ไผ่ ซึ่งผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร

การทดสอบ	ไม้ไผ่ธรรมชาติ	ไม้ไผ่เสริมยางพารา F1		ไม้ไผ่เสริมยางพารา F2	ไม้ไผ่เสริมยางพารา F3
เวลาที่ใช้แช่ไม้ไผ่ในน้ำยาง (hr.)	-	18	6	6	6
% Absorption ของไม้ไผ่ที่แช่น้ำยาง	-	24%	44%	30%	25%
% Thickness swelling ของไม้ไผ่ที่แช่น้ำยาง	-	0%	7%	15%	3%
Mass by volume, ρ (kg/m^3)	667.27 (±13.62)	712.25 (±39.33)	702.43 (±25.22)	688.19 (±17.56)	768.25 (±41.48)
Moisture content, MC (%)	11.40(±0.13)	11.50(±0.09)	13.43(±0.77)	13.63(±0.38)	12.81(±0.39)
%Water absorption ที่แช่น้ำทะเล, 24 hr.	30.05(±0.96)	22.85(±2.64)	20.59(±1.80)	19.04(±1.10)	17.94(±2.82)
%Thickness swelling ที่แช่น้ำทะเล, 24 hr.	3.73(±0.41)	2.96(±0.78)	4.00(±0.39)	2.70(±0.51)	2.30(±0.63)
Compression, σ_{ult} (MPa)	0.88(±0.08)	0.44(±0.06)	0.42(±0.08)	0.62(±0.22)	0.86(±0.04)

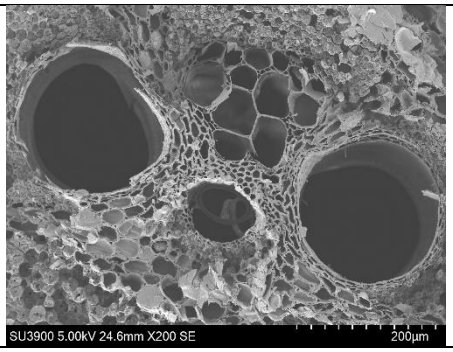
จากผลการทดสอบในตารางที่ 3 สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร ได้ทำการแช่ไม้ไผ่กับน้ำยางคอมพาวนด์ที่ความดันบรรยากาศปกติ ในการทดลองแช่ไม้ไผ่ในน้ำยางคอมพาวนด์ F1 ใช้เวลาในการแช่ 18 ชั่วโมง พบว่าน้ำยางเคลือบผิวไม้ไผ่ไม่สม่ำเสมอ เกาะกลุ่มเป็นก้อน และน้ำยางมีลักษณะเป็นครีมข้นหนืด ไม่สามารถนำน้ำยางไปใช้แช่ไม้ไผ่ได้อีก ภายหลังได้เปลี่ยนการทดสอบแช่ไม้ไผ่ในน้ำยางคอมพาวนด์ โดยใช้เวลาในการแช่ 6 ชั่วโมง พบว่าน้ำยางเคลือบผิวไม้ไผ่ได้สม่ำเสมอมากขึ้น ไม่จับตัวเป็นก้อนและน้ำยางมีความหนืดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยซึ่งสามารถนำน้ำยางไปใช้แช่ไม้ไผ่ได้ในครั้งถัดไป หลังจากนั้นใช้เวลาในการแช่ไม้ไผ่ในน้ำยางคอมพาวนด์ที่ 6 ชั่วโมงเช่นกัน (โดยเวลาในการแช่ไม้ไผ่ได้อ้างอิงเวลาการแช่ไม้จากเทคโนโลยีในการรักษาเนื้อไม้ สถาบันพลาสติก) จากนั้นนำไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตรมาทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำยางคอมพาวนด์ (% Absorption) และค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมของไม้ไผ่หลังแช่ในน้ำยางคอมพาวนด์ (% Thickness swelling) พบว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 ที่ใช้เวลาในการแช่ 6 ชั่วโมง มีค่า

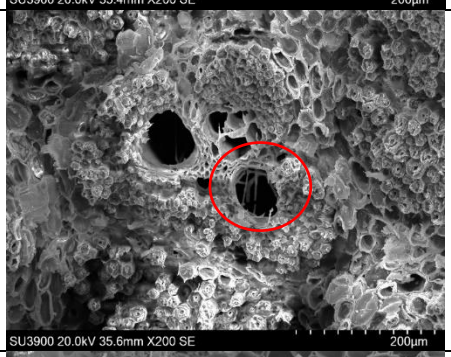
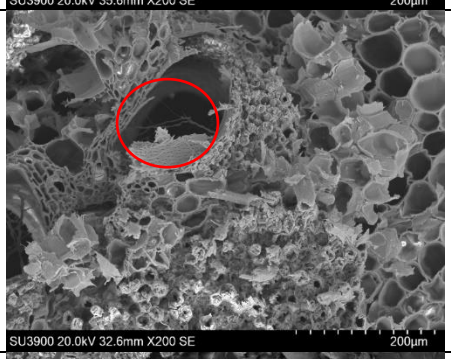
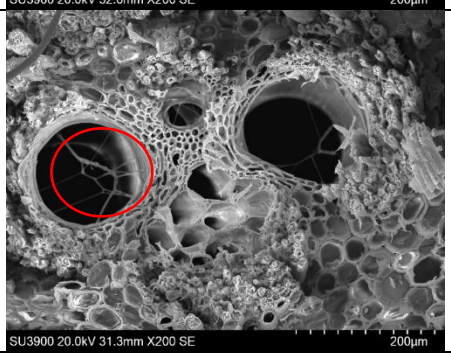
เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำยางคอมพาวนด์ที่มากกว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F2 และ F3 แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมของไม้ไผ่หลังแช่ในน้ำยางคอมพาวนด์ พบว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 ที่ใช้เวลาในการแช่ 18 ชั่วโมง มีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมของไม้ไผ่หลังแช่ในน้ำยางคอมพาวนด์น้อยที่สุด ซึ่งอาจบ่งบอกได้ว่าเมื่อเพิ่มระยะเวลาในการแช่ส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมได้น้อยลงรวมทั้งค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมที่ลดลงด้วยเช่นกัน

การทดสอบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร พบว่าค่าความหนาแน่น (Mass by volume) และค่าความชื้น (Moisture content) ของไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตรเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับค่าความหนาแน่นและค่าความชื้นของไม้ไผ่ธรรมชาติ ซึ่งอาจเนื่องจากการแช่ไม้ไผ่ในน้ำยางคอมพาวนด์ใช้เวลาในการแช่ที่ค่อนข้างนาน อาจส่งผลให้ไม้ไผ่ดูดซึมน้ำและมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ จากนั้นได้ทดสอบค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำทะเล (%Water absorption) และค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมของไม้ไผ่หลังแช่ในน้ำทะเล (%Thickness swelling) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำทะเลและค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมของไม้ไผ่หลังแช่ในน้ำทะเลมากกว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F2 และ F3 เนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำยางคอมพาวนด์ของไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 สามารถดูดซึมน้ำยางคอมพาวนด์ได้มากกว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F2 และ F3 จึงส่งผลให้ค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำทะเลและค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาบวมไม้ไผ่หลังแช่ในน้ำทะเลของไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 มีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ทั้งนี้ไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 ยังมีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำทะเลที่น้อยกว่าไผ่ธรรมชาติ โดยแสดงให้เห็นได้ว่าไม้ไผ่ที่มีการเสริมยางพารามีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้งานในน้ำทะเลได้มากกว่าและสามารถทนต่อการพุพังหรือยืดอายุการใช้งานได้ยาวนานกว่าไม้ไผ่ธรรมชาติ

นอกจากนี้ค่าการทดสอบกำลังต้านทานแรงอัด (Compression) ของไม้ไผ่เสริมยางพารา F3 มีค่าความต้านทานต่อแรงอัดที่มากกว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 และ F2 ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้ว่าไม้ไผ่ที่มีการเสริมน้ำยางเข้าไปภายในโครงสร้างชั้นในของไม้ไผ่ช่วยส่งเสริมให้ไม้ไผ่มีความแข็งแรงเทียบเท่ากับไม้ไผ่ธรรมชาติ มีความคงทนต่อการแตกเปราะและช่วยเพิ่มสมบัติของความเหนียวให้แก่ไม้ไผ่ แต่ในขณะเดียวกันค่าความต้านทานต่อแรงอัดของไม้ไผ่ธรรมชาติมีค่าความต้านทานต่อแรงอัดที่มากกว่าไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร

ตารางที่ 4 วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร

ตัวอย่างการทดสอบ	ลักษณะสัณฐานวิทยาของภาพถ่ายที่ 200 ไมโครเมตร
ไม้ไผ่ธรรมชาติ	

ตัวอย่างการทดสอบ	ลักษณะสัณฐานวิทยาของภาพถ่ายที่ 200 ไมโครเมตร
ไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 - เวลาที่ใช้แช่น้ำยางคอมพาวนด์ 18 ชั่วโมง	
ไม้ไผ่เสริมยางพารา F1 - เวลาที่ใช้แช่น้ำยางคอมพาวนด์ 6 ชั่วโมง	
ไม้ไผ่เสริมยางพารา F2 - เวลาที่ใช้แช่น้ำยางคอมพาวนด์ 6 ชั่วโมง	
ไม้ไผ่เสริมยางพารา F3 - เวลาที่ใช้แช่น้ำยางคอมพาวนด์ 6 ชั่วโมง	

หมายเหตุ ◯ คือ แสดงฟิล์มยางระดับไมโครเมตรภายในโครงสร้างไม้ไผ่
โดยเป็นการแช่ไม้ไผ่กับน้ำยางคอมพาวนด์ที่ความดันบรรยากาศปกติ

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4 วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร ที่กำลังขยาย 200 เท่า ซึ่งเป็นการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยทั่วไปของไม้ไผ่ ใช้รูปแบบการจัดเรียงเนื้อเยื่อในมัดท่อลำเลียงบริเวณส่วนกลางของลำไม้ไผ่เป็น

หลักประกอบไปด้วย โฟลเอ็ม (Phloem) เมทาไซเล็ม (Metaxylem) โฟรโตไซเล็ม (Protoxylem) และสเกลอ-เรงคิมา (Sclerenchyma) (เบญจวรรณ และคณะ, 2565) พบว่าลักษณะสัณฐานวิทยาของไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร แสดงให้เห็นฟิล์มยางระดับไมโครเมตรซึ่งบ่งชี้ได้ว่าไม้ไผ่มีการดูดซึมน้ำยางเข้าไปภายในโครงสร้างของไม้ไผ่ได้ และนอกจากนี้พบว่ามีปริมาณการดูดซึมที่ค่อนข้างน้อย เนื่องมาจากการแช่ที่ความดันบรรยากาศปกติและระยะเวลาในการแช่ใช้เวลานานจึงอาจเป็นไปได้ว่าน้ำยางจะซึมเข้าไปในไม้ไผ่ได้ดีและเร็วมากในระยะแรก ๆ ต่อจากนั้นจะลดลงเรื่อย ๆ ทำให้ไม้ไผ่ดูดซึมน้ำยางเข้าสู่โครงสร้างภายในได้น้อยลง

สรุปผล

การวิจัยเรื่องไม้ไผ่เสริมยางพาราลดการสูญเสียชายฝั่งซึ่งมีการพัฒนาสูตรน้ำยางพาราสำหรับเสริมไม้ไผ่อย่างน้อย 3 สูตร ตามปริมาณสารวัลคาไนซ์โดยสามารถแบ่งตามสัดส่วนการใช้กำมะถันกับสารตัวเร่ง โดยทำการแช่ไม้ไผ่ในน้ำยางพาราที่ความดันบรรยากาศปกติ ที่เวลาการแช่ 6 ชั่วโมง พบว่าน้ำยางสามารถเคลือบผิวของไม้ไผ่ได้อย่างสม่ำเสมอ น้ำยางพาราไม่จับตัวเป็นก้อน โดยการทดสอบสมบัติของน้ำยางพาราสำหรับเสริมไม้ไผ่ทั้ง 3 สูตร พบว่าน้ำยางพารา F1 ให้ค่าการทดสอบสมบัติการบวมตัวมีค่าเปอร์เซ็นต์การบวมตัวในน้ำทะเลน้อยที่สุด ในขณะที่บวมตัวในตัวทำละลายมากที่สุด ซึ่งอาจบ่งชี้ได้ว่ายางมีการเปื่อยยุ่ยหรือหลุดลอกออกจากไม้ไผ่ได้ช้าทั้งยังช่วยในการดูดซับสารเคมีในท้องทะเลได้ และการทดสอบเปรียบเทียบสมบัติทางกลของไม้ไผ่ธรรมชาติและไม้ไผ่เสริมยางพาราพบว่าไม้ไผ่เสริมยางพารา F3 มีค่ากำลังต้านทานแรงอัดใกล้เคียงกับไม้ไผ่ธรรมชาติที่ 0.86 และ 0.88 เมกะปาสคาล ตามลำดับ รวมทั้งผลการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดของไม้ไผ่เสริมยางพาราทั้ง 3 สูตร แสดงให้เห็นฟิล์มยางระดับไมโครเมตรซึ่งบ่งชี้ได้ว่าไม้ไผ่มีการดูดซึมน้ำยางเข้าไปภายในโครงสร้างของไม้ไผ่ได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณการช่วยเหลือและการให้คำปรึกษาอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นันทกาญจน์ มุรศิต และ ดร.ณัฐพนธ์ อุทัยพันธุ์ ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ แนวคิด วิธีการ คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเครือข่ายการอุดมการศึกษาเพื่ออุตสาหกรรม (Higher Education for Industry Consortium : Hi-FI) ภายใต้แผนงานย่อย “การส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรผ่านการเรียนรู้ปฏิบัติจริง (Experiential Learning)” สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม ที่ได้สนับสนุนงานวิจัยนี้ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ บริษัท เอ็มทีที. ซิสเต็ม กรุ๊ป จำกัด สำหรับการสนับสนุนให้ทุนการศึกษาเล่าเรียน

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัว และกัลยาณมิตรทุกท่านที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ รวมถึงให้กำลังใจตลอดระยะเวลาในการทำวิจัยจนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วง

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2558. คู่มือการปักไม้ไผ่ชะลอคลื่นเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

เบญจวรรณ ชิวปรีชา, เกศราภรณ์ จันทรประเสริฐ์ และชัยมงคล คงภักดี. 2022. เปรียบเทียบกายวิภาคและสมบัติของไม้ไผ่ 4 ชนิด จากจังหวัดกาญจนบุรี. วารสารเกษตรพระวรุณ 19(2): 26–32.

MGR Online. 2017. 5 นวัตกรรมยางพารา “น่าลงทุน”. แหล่งข้อมูล: https://mgronline.com/science/detail/9600000113204. ค้นเมื่อ 28 กันยายน 2567.

Ruayruay, W., and Khongtong, S. 2014. Impregnation of Natural Rubber into Rubber Wood: A Green Wood Composite. BioResources 9(3). 5438-5447.

การพัฒนาชุดสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

The Development of a Board Game-Based Learning Kit on Single-Use Plastic Management for Upper Elementary School Students

ปิยะรัตน์ รินรุด[1] อาทิตยา สว่างแสง[1] สง่า ทับทิมหิน[1] และ ปวีณา ลิมปิทีปราการ[1*]

Piyarat Rinrood [1] Artitaya Sawangsaeng[1] Sanga Tubtimhin[1] and Pawena Limpiteeprakan[1*]

[1]วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี 34190

[1]College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University, Warinchamrap District, Ubon Ratchathani 34190

[*] Corresponding author E-mail: pawena.l@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยใช้แผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวก่อนและหลังการทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกมการจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โดยเปรียบเทียบความรู้ก่อนและหลังการใช้สื่อ และประเมินความพึงพอใจต่อสื่อ กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านโพธิ์ ตำบลโพธิ์ใหญ่ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 20 คน โดยเลือกแบบเจาะจง และทำการศึกษาในรูปแบบการศึกษานำร่อง บอร์ดเกมที่พัฒนาขึ้นเป็นเกมครอบครัวที่มีกติกาง่าย ไม่ซับซ้อน มีเนื้อหาเกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งตามหลัก 1A3R โดยมีการให้คะแนนคาร์บอนเครดิตหากจับได้การ์ดกู้โลกที่มีพฤติกรรมในเชิงบวก และมีการหักคาร์บอนเครดิตจากการหยิบการ์ดที่มีพฤติกรรมเชิงลบ ใช้ระยะเวลาเล่นประมาณ 20 นาทีต่อรอบ ผลการศึกษา พบว่า คะแนนเฉลี่ยความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งหลังเล่นบอร์ดเกม ($\bar{x}$ = 8.35±1.26) สูงกว่าก่อนการใช้บอร์ดเกม ($\bar{x}$ = 5.40±1.53) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (p-value < 0.001) นักเรียนมีความพึงพอใจในภาพรวมต่อบอร์ดเกมอยู่ในระดับดี ($\bar{x}$ = 4.10±0.20) โดยมีความรู้เพิ่มขึ้นมากที่สุดในเรื่องจำนวนขยะพลาสติกที่เพิ่มขึ้นทุกปี (ร้อยละ 100) และหลัก 1A3R ที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการขยะพลาสติกได้ (ร้อยละ 95) อย่างไรก็ตาม ความรู้ที่ยังต้องเพิ่มเติมคือผลกระทบของการใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการนำถุงพลาสติกไปส่งที่โครงการรีไซเคิล สำหรับความพึงพอใจนักเรียนพบว่ามีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องกฎกติกาการเล่นที่ละเอียดและเข้าใจง่าย ($\bar{x}$ = 4.55±0.60) แต่ประเด็นที่มีความพึงพอใจน้อยที่สุดในเรื่องของความครอบคลุมของเนื้อหา ($\bar{x}$ = 3.55±0.99) โดยเฉพาะคำศัพท์บางคำในภาษาอังกฤษที่นักเรียนไม่คุ้นเคย ทำให้ตอบไม่ถูก ดังนั้นในการต่อยอดการใช้เป็นสื่อสำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาจึงควรปรับปรุงให้เนื้อหาง่ายขึ้นและใช้ภาษาไทยเป็นหลักมากขึ้น

คำสำคัญ: สื่อการเรียนรู้ บอร์ดเกม พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง

Abstract

This research is a quasi-experimental study employing a one-group pretest-posttest design. The objective is to develop an educational media package in the form of a board game titled “Single-Use Plastic Waste Management” for upper elementary school students. The study aims to compare students' knowledge before and after using the media and assess their satisfaction with the game. The target group consisted of 20 fifth-grade students from Ban Pho School, Phothai Yai Sub-district, Warinchamrap District, Ubon Ratchathani Province. The students were selected through purposive sampling, and the study was conducted as a pilot project. The developed board game is a family-style game with simple, easy-to-understand rules, focusing on managing single-use plastic waste based on the 1A3R principles (Avoid, Reduce, Reuse, Recycle). Players accumulate carbon credits for positive behaviors indicated on "Save the World" cards and lose credits for negative behaviors. Each round lasts approximately 20 minutes. The results showed that the average knowledge score on single-use plastic waste management after playing the board game ($\bar{x}$ = 8.35±1.26) was significantly higher than before playing the game ($\bar{x}$ = 5.40±1.53), with statistical significance at the 0.05 level (p-value < 0.001). Overall student satisfaction with the board game was rated as good ($\bar{x}$ = 4.10±0.20). The most significant knowledge improvement was observed in the areas of the annual increase in plastic waste (100%) and the 1A3R principles for managing plastic waste (95%). However, further improvement is needed in understanding the environmental impact of single-use plastics on greenhouse gas emissions and the role of recycling programs for plastic bags. Regarding student satisfaction, the highest ratings were for the clarity and simplicity of the game rules ($\bar{x}$ = 4.55±0.60). The lowest ratings were for the comprehensiveness of the content ($\bar{x}$ = 3.55±0.99), particularly regarding some English terms that students found difficult to understand, leading to incorrect answers. To enhance its effectiveness as an educational tool for elementary school students, the content should be simplified, and English terms should be minimized in favor of clearer Thai-language explanations.

Keywords : Learning media, board games, single-used plastics

บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบในระดับโลกอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะปัญหาขยะที่เกิดขึ้นจากการขยายตัวของเขตเมือง การเติบโตทางเศรษฐกิจ และรูปแบบการบริโภคที่ไม่ยั่งยืนของมนุษย์ รายงานจากบริษัท Verisk Maplecroft ในหัวข้อ Waste Generation and Recycling Indices ระบุว่า สถานการณ์ขยะทั่วโลกอยู่ในภาวะวิกฤต โดยในแต่ละปีมีการผลิตขยะมูลฝอยชุมชนเพิ่มขึ้นถึง 2.1 พันล้านตัน แต่มีเพียงร้อยละ 16 หรือประมาณ 323 ล้านตันเท่านั้นที่ถูกนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ในขณะที่ร้อยละ 46 หรือประมาณ 950 ล้านตันยังคงถูกกำจัดด้วยวิธีการที่ไม่ยั่งยืน (Verisk Maplecroft Environment Dataset, 2562) และในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สถิติจากกรมควบคุมมลพิษเผยให้เห็นว่า ในปี พ.ศ. 2564 ปริมาณขยะมูลฝอยรวมอยู่ที่ 24.98 ล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 25.70 ล้านตันในปี พ.ศ. 2565 ก่อนที่จะเพิ่มขึ้นอีกเป็น 26.95 ล้านตันในปี พ.ศ. 2566 นอกจากนี้ อัตราการเกิดขยะเฉลี่ยต่อคนต่อวันยังเพิ่มขึ้นจาก 1.03 กิโลกรัมในปี 2564 เป็น 1.12 กิโลกรัมในปี 2566 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564) โดยเฉพาะในด้านขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง พบว่ามีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 2.76 ล้านตันในปี 2564 เป็น 3.03 ล้านตันในปี 2566 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 11.25 ของขยะทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) ข้อมูลเหล่านี้ชี้ให้เห็นถึงความท้าทายในการจัดการขยะในประเทศไทยที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาถึงปริมาณขยะที่ถูกกำจัดอย่างถูกวิธี ซึ่งเพิ่มจาก 9.28 ล้านตันในปี 2564 เป็น 10.17 ล้านตันในปี 2566 แต่การนำขยะมาใช้ประโยชน์กลับยังอยู่ที่ร้อยละ 34 ของปริมาณขยะทั้งหมด (กรมควบคุมมลพิษ, 2567) สถานการณ์นี้แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่รอการแก้ไข โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการจัดการขยะพลาสติก ซึ่งใช้เวลาย่อยสลายยาวนานและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

ในจังหวัดอุบลราชธานีก็ประสบปัญหาการจัดการขยะมูลฝอยที่คล้ายคลึงกันกับระดับประเทศ โดยมีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 1,514 ตันต่อวัน คิดเป็นอัตราการเกิดขยะมูลฝอย 1.07 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ในจำนวนนี้มีขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งคิดเป็นร้อยละ 11 ของปริมาณทั้งหมด ขณะที่การจัดการขยะพบว่าปริมาณขยะที่ถูกกำจัดอย่างถูกวิธีมีเพียง 422 ตัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35 (กรมควบคุมมลพิษ, 2566) การจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งในประเทศไทยนั้นยังมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การขาดความรู้เกี่ยวกับการคัดแยกและจัดการขยะที่เหมาะสม รวมถึงการขาดจิตสำนึกที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อมของประชาชน การสร้างจิตสำนึกและความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องเริ่มต้นจากสถาบันการศึกษา โดยเฉพาะในระดับโรงเรียน เพื่อให้เด็กนักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้และเข้าใจถึงผลกระทบของการใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งหวังที่จะพัฒนาและเสริมสร้างองค์ความรู้ในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง โดยมุ่งเน้นการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกมในหัวข้อ “การจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง” ซึ่งจะถูกนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนบ้านโพธิ์ ตำบลโพธิ์ใหญ่ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ที่เป็นชุมชนกึ่งเมือง-กึ่งชนบท ที่กลุ่มนักเรียนในพื้นที่มีโอกาสเข้าถึงฟู้ดเดลิเวอรี่และมีตลาดนัดอยู่ใกล้เคียง ทำให้เกิดขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งจำนวนมาก เช่น ถุงพลาสติก แก้วน้ำดื่ม และหลอดดูดน้ำ โดยจากการลงพื้นที่สังเกตพฤติกรรมของประชาชนในพื้นที่ตำบลโพธิ์ใหญ่ พบว่าชุมชน

ไม่ได้มีการจัดการขยะพลาสติกอย่างเป็นระบบ โดยแต่ละครัวเรือนมีวิธีการจัดการที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป ทำให้ขยะพลาสติกไม่ได้รับการคัดแยกและนำไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม โรงเรียนก็ประสบปัญหาเช่นกัน คือ ยังไม่มีระบบการคัดแยกหรือจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งอย่างเป็นระบบ ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้บอร์ดเกมเพื่อเสริมสร้างความรู้และสร้างความตระหนักในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งอย่างเหมาะสม โดยคาดว่าการเล่นบอร์ดเกมจะช่วยลดความเบื่อหน่ายจากการนั่งฟังบรรยายเพียงอย่างเดียว และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองผ่านกลศาสตร์ของเกม

ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบบอร์ดเกมในรูปแบบเกมทอยลูกเต๋าเพื่อเดินและเปิดการ์ดรับความรู้ โดยสอดแทรกเนื้อหาสาระเกี่ยวกับแนวทางในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งตามหลักการจัดการขยะเป็นศูนย์ (Zero Waste) ซึ่งกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2560) ระบุว่าการจัดการขยะเป็นศูนย์มุ่งเน้นการลดการเกิดขยะตั้งแต่ต้นทาง โดยใช้หลักการ 3R1A ได้แก่ การลด (Reduce) การนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) การรีไซเคิล (Recycle) และการหลีกเลี่ยง (Avoid) เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการขยะอย่างยั่งยืน และช่วยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดการขยะในชีวิตประจำวัน การศึกษาที่ผ่านมาของ วรรณวลี เจนเจนประเสริฐ และเนาวนิตย์ สงคราม (2566) พบว่าการใช้บอร์ดเกมช่วยพัฒนาจิตสำนึกในการจัดการขยะในเด็กนักเรียน โดยคะแนนจิตสำนึกหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น การศึกษาและพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหาขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง โดยผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบอร์ดเกมที่พัฒนาจะสามารถเสริมสร้างความรู้และความตระหนักในการลดใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งของกลุ่มนักเรียนได้ในอนาคต

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi- experimental research) โดยใช้แผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวก่อนและหลังการทดลอง (the one group pretest posttest design) เพื่อพัฒนาชุดสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกม ให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และเปรียบเทียบความรู้ก่อนหลังการใช้สื่อ โดยทำในรูปแบบของการศึกษานำร่อง (Pilot study) โรงเรียนบ้านโพธิ์ ตำบลโพธิ์ใหญ่ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนบ้านโพธิ์ ตำบลโพธิ์ใหญ่ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี จำนวน 58 คน (สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาอุบลราชธานี เขต 4 : 2567)

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นการสุ่มเลือกแบบเจาะจง คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 20 คนนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 8 คน เนื่องจากเป็นระดับชั้นที่มีจำนวนนักเรียนมากที่สุด

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. สื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม “การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง” สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยมีเนื้อหาครอบคลุมในเรื่อง ประเภท และชนิดของพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ปัญหาขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สาเหตุของการเกิดปัญหา ผลกระทบ วิธีการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง การใช้แนวคิดหลักการ Zero Waste และหลัก 1A3R ในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ซึ่งมีรายละเอียดกิจกรรมในการสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกม การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย รวมระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที

2. แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ก่อนและหลังใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกมเป็นแบบเลือกถูกผิด จำนวน 10 ข้อ แปลผลเป็นรายข้อ โดยเนื้อหาในแบบทดสอบจะครอบคลุมในเรื่องประเภท และชนิดของพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ปัญหาขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สาเหตุของการเกิดปัญหา ผลกระทบ วิธีการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง การใช้แนวคิดหลักการ Zero Waste และหลัก 1A3R ในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง

3. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลายที่มีต่อสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม “การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง”สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย จำนวน 10 ข้อ เป็นข้อคำถามแบบ Rating Scale 5 ระดับ คือ พึงพอใจมากที่สุด พึงพอใจมาก พึงพอใจปานกลาง พึงพอใจน้อย และพึงพอใจน้อยที่สุด มีเกณฑ์การให้คะแนน คือ พึงพอใจมากที่สุด ให้ 5 คะแนนพึงพอใจมาก ให้ 4 คะแนน พึงพอใจปานกลาง ให้ 3 คะแนน พึงพอใจน้อย ให้ 2 คะแนน และพึงพอใจน้อยที่สุด ให้ 1 คะแนน ทำการแปลผลเป็นค่าเฉลี่ยรายข้อ ดังนี้

เกณฑ์การแบ่งช่วงคะแนนค่าเฉลี่ย ได้กำหนดเกณฑ์ประเมินไว้ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึงระดับความพึงพอใจระดับดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับความพึงพอใจระดับดี

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึงระดับความพึงพอใจระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึงระดับความพึงพอใจระดับน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึงระดับความพึงพอใจระดับน้อยที่สุด

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่สร้างขึ้นผ่านการตรวจสอบเครื่องมือ ด้วยการตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content Validity) โดยนำเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้ว ซึ่งประกอบด้วย

1.แบบทดสอบความรู้เรื่องการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา โดยพิจารณาให้ครอบคลุมถึงความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา และสำนวนที่ใช้ ความสอดคล้องของสื่อการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้ มีคะแนน IOC โดยทุกข้อมีคะแนน IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

2.แบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้ ให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงด้านเนื้อหา โดยพิจารณาให้ครอบคลุมถึงความถูกต้องของเนื้อหา ภาษา และสำนวนที่ใช้ ความสอดคล้องของสื่อการเรียนรู้กับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยการหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item Objective Congruence: IOC) โดยแบบประเมินความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนรู้ มีคะแนน IOC โดยทุกข้อมีคะแนน IOC อยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งมีคุณภาพผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

แบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดเนื้อหา วัตถุประสงค์การเรียนรู้ การสร้างสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกม

2) ออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม “การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง” สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย

3) นำสื่อการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและนำมาปรับแก้ตาม ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งนำไปให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาของโรงเรียนบ้านวังยาง ตำบลบุ่งไหม อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานีได้ทดลองเล่น เพื่อนำกลับมาปรับปรุงให้เหมาะสมมากขึ้น (ดังรูปที่ 1)

4) ทำการประสานงานกับคุณครูในโรงเรียนบ้านโพธิ์ ตำบลโพธิ์ใหญ่ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อนำสื่อการเรียนรู้เข้าไปทำการทดลองและเก็บข้อมูล

5) การทดลองใช้สื่อการเรียนรู้กับกลุ่มตัวอย่างและเก็บรวบรวมข้อมูล โดยนำสื่อการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักเรียนทำทดสอบความรู้ก่อนเข้ารับชมสื่อการเรียนรู้ หรือคำบรรยาย และทำการเล่นบอร์ดเกม หลังจากนั้นดำเนินการตามแผนของการดำเนินการการเก็บข้อมูล หลังจากทำกิจกรรมเสร็จแล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำแบบทดสอบความรู้หลังใช้สื่อการเรียนรู้ โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเข้าร่วมกิจกรรม และให้กลุ่มตัวอย่าง ประเมินความพึงพอใจที่มีต่อสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกม “การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง” สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย รวมระยะเวลาทั้งหมดประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที

6) ตรวจความถูกต้องของผลการสอบ แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่ออภิปรายผลการวิจัย

7) สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงานการวิจัย

รูปที่ 1 บอร์ดเกมส์ที่พัฒนาขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ ใช้วิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความรู้ของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย และค่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อบอร์ดเกม และ เปอร์เซ็นไทล์ มัธยฐาน เพื่อเปรียบเทียบความรู้ของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ระหว่างก่อนและหลังการบอร์ดเกม วิเคราะห์ข้อมูลโดยสถิติเชิงอนุมาน คือ Wilcoxon signed-rank test ใช้วิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความรู้ของนักเรียนประถมศึกษาตอนปลาย ระหว่างก่อนและหลังการบอร์ดเกม เนื่องจากมีการกระจายของข้อมูลแบบไม่ปกติ

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 จำนวน ร้อยละของคำถามความรู้ที่นักเรียนตอบถูกก่อน-หลังการใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม (n=20)

ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง	จำนวน (ร้อยละ) ที่ตอบถูก	
	ก่อนใช้สื่อ	หลังใช้สื่อ
1. พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ออกแบบและผลิตขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานเพียงครั้งเดียวก่อนการทิ้ง	20 (100)	20 (100)
2. ภาชนะบรรจุอาหารประเภทโฟม ถุงหูหิ้ว หลอดพลาสติก ช้อน-ส้อม พลาสติกฟิล์มหุ้มแพ็คขวดน้ำจัดเป็นพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง	9 (45)	16 (80)
3. จำนวนขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมีจำนวนปริมาณลดลงทุกปี *	8 (40)	20 (100)
4. แนวคิด Zero Waste คือการลดปริมาณขยะที่ผลิตให้เหลือศูนย์	11 (55)	16 (80)
5. หลัก 1A3R (Avoid Reduce Reuse Recycle) สามารถนำมาใช้ในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งได้	15 (75)	19 (95)
6. ความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นสำหรับ บรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผลให้มีปริมาณขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมากขึ้น	13 (65)	17 (85)
7. การใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	5 (25)	13 (60)
8. การใช้ขยะพลาสติกพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมีผลกระทบต่อปริมาณไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม	11 (55)	17 (85)
9. ถุงพลาสติกใสที่ใช้แล้วสามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำมันได้	8 (40)	16 (80)

ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง	จำนวน (ร้อยละ) ที่ตอบถูก	
	ก่อนใช้สื่อ	หลังใช้สื่อ
10. ถุงพลาสติกยืดสามารถรวบรวมนำไปส่งได้ที่โครงการ “วน” เพื่อที่โครงการจะนำไปรีไซเคิล	8 (40)	13 (60)

หมายเหตุ * คำถามเชิงลบ

จากตารางที่ 1 พบว่า ก่อนใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกมนักเรียนมีความรู้ที่ตอบถูกต้องมากที่สุดในเรื่องพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง หมายถึง ผลิตภัณฑ์พลาสติกที่ออกแบบและผลิตขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการใช้งานเพียงครั้งเดียวก่อนการทิ้ง ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 100 และตอบไม่ถูกต้องมากที่สุด ในเรื่องการใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นร้อยละ 25 หลังการใช้สื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกมตอบถูกต้องมากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 60 นอกจากนั้นนักเรียนยังตอบถูกมากที่สุดในเรื่อง จำนวนขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมีจำนวนปริมาณลดลงทุกปี โดยตอบได้ถูกต้องคิดเป็น ร้อยละ 100 ข้อที่ตอบยังไม่ถูกต้องมากที่สุด คือ การใช้พลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และถุงพลาสติกยืดสามารถรวบรวมนำไปส่งได้ที่โครงการ “วน” เพื่อที่โครงการจะนำไปรีไซเคิล คิดเป็นร้อยละ 60 เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกก่อน-หลังใช้ชุดกิจกรรม โดยใช้สถิติ Wilcoxon signed-rank test พบว่า คะแนนเฉลี่ยความรู้ก่อนและหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (P-value ≤ 0.001) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความรู้ก่อนและหลังใช้สื่อการเรียนรู้ (n=20)

ค่าสถิติ	ก่อน	หลัง	Wilcoxon signed-rank test	P-value
Median	5	8.50	-3.948	< 0.001
$P_{25,}$ P_{27}	4 , 6.75	7.25 , 9		

จากตารางที่ 2 พบว่า ค่ากลางของคะแนนรวมในการทดสอบความรู้ก่อนและหลังการใช้บอร์ดเกม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับสำคัญ 0.5 (P-value ≤ 0.001) โดยบอร์ดบอร์ดเกมสามารถเพิ่มความรู้ให้กับนักเรียนมากขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม (n=20)

รายการประเมินความพึงพอใจ	Mean (S.D.)	แปลผล
1. บอร์ดเกมมีกฎกติกาการเล่นที่ละเอียด และเข้าใจง่าย	4.55 (0.60)	ดีมาก
2. เนื้อหาของความรู้มีความครอบคลุม เหมาะสม ไม่ยากจนเกินไป	3.55 (0.99)	ปานกลาง
3. รูปแบบของบอร์ดเกมมีความสนุกสนาน น่าสนใจ	4.50 (0.76)	ดี

4. ภาพ สีและตัวอักษร กระตุ้นความสนใจของนักเรียน	4.15 (1.18)	ดี
5. บอร์ดเกมมีความคงทน แข็งแรง สะดวกต่อการใช้งาน	4.15 (1.08)	ดี
6. ความหลากหลายของสถานการณ์หรือปัญหาที่นำเสนอในเกม	4.00 (1.12)	ดี
7. ระยะเวลาของการเล่นเกมมีความเหมาะสม ไม่นานจนเกินไป	4.25 (0.78)	ดี
8. นักเรียนมีโอกาสในการแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นซึ่งกันและกัน	3.65 (1.22)	ปานกลาง
9. บอร์ดเกมทำให้มีความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมากขึ้น	4.05 (0.94)	ดี
10. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากบอร์ดเกมไปประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งในชีวิตประจำวันได้	4.20 (1.05)	ดี
ความพึงพอใจโดยรวม	**4.10 (0.20)**	**ดี**

จากตารางที่ 3 พบว่า ในภาพรวมนักเรียนพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.10±0.20) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า ข้อที่มีนักเรียนมีความพึงพอใจต่อบอร์ดเกม เรื่อง การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งมากที่สุดในเรื่อง บอร์ดเกมมีกฎกติกาการเล่นที่ละเอียด เข้าใจง่าย ($\bar{x}$ = 4.55±0.60) รองลงมาคือ รูปแบบของบอร์ดเกมมีความสนุกสนาน น่าสนใจ ($\bar{x}$ = 4.50±0.76) ข้อที่มีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจน้อยที่สุดคือ เนื้อหาของความรู้มีความครอบคลุม เหมาะสม ไม่ยากจนเกินไป ($\bar{x}$ = 3.55±099)

วิจารณ์ผล

จากการทดสอบความรู้เกี่ยวกับการจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งของนักเรียนก่อนและหลังการใช้สื่อการเรียนรู้ในรูปแบบบอร์ดเกม เรื่อง การจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง พบว่า หลังการใช้บอร์ดเกมสูงกว่าก่อนใช้บอร์ดเกม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เนื่องจากในการสร้างบอร์ดเกม ได้คำนึงถึงนักเรียนเป็นสำคัญ เริ่มตั้งแต่การออกแบบบอร์ดเกมที่เป็นการ์ดเกมในรูปแบบต่างๆ ทดลองและปรับปรุงเกม ตามลักษณะในการออกแบบบอร์ดเกม ก็คือความสนุกสนาน มีการออกแบบสถานการณ์สามรถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ การวิเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวกับเนื้อหา จุดประสงค์ของการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้การวิเคราะห์ เนื้อหาการเนินการออกแบบที่มีพฤติกรรมเชิงบวกและเชิงลบที่บ่งบอกให้นักเรียนตระหนักในการลดใช้ถุงพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวและผลกระทบที่เกิดขึ้นตามหลักการออกแบบเกมจึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์เพิ่มขึ้นหลังจากที่ได้เรียนรู้ด้วยบอร์ดเกม

ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลายที่มีต่อบอร์ดเกม เรื่องการจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อการเรียนที่มีต่อสื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกมโดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากเนื่องจากมาจากการออกแบบบอร์ดเกมได้คำนึงถึงนักเรียนเป็นสำคัญเริ่มตั้งแต่เนื้อหาในส่วนนี้ได้ออกแบบให้เกมเป็นสื่อที่ง่ายต่อการใช้งานมีคู่มือในการใช้งานมีกฎกติกาการเล่นที่ละเอียด มีการออกแบบให้หมาะสม สอดคล้องกับบริบท การนำเสนอของเกมมีความน่าสนใจ สวยงามสนุกสนานระยะเวลาของการเล่นมีความเหมาะสมไม่นานจนเกินไปมีภาพสีและตัวอักษรที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนง่ายและสะดวกในการเล่นในสถานที่ต่างๆพร้อมทั้งองค์ประกอบของบรรจุภัณฑ์บอร์ดเกมมีความคงทนการเริ่มต้นเข้าสู่การเล่นบอร์ดเกมมีการออกแบบให้ใช้งานง่ายและเป็นบอร์ดเกมที่ทุกคนมีความคุ้นเคยในการเล่น ไม่ว่าจะเป็นบอร์ดเกมเศรษฐี เกมDixit Board Game เป็นต้น ส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจในการใช้บอร์ดเกมเพื่อเรียนรู้เนื้อหาในรูปแบบของบอร์ดเกม จึงส่งผลให้นักเรียนไม่มีความเบื่อหน่าย สอดคล้องกับ ดาวรถา วีระพันธ์, กมลมาศ วงษ์ใหญ่ (2567) ศึกษาเรื่องผลการจัดกิจกรรมด้วยบอร์ดเกม เรื่อง คิด-คัด-แยก ร่วมกับกระบวนการ GPAS 5 Step เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิด พบว่า ลักษณะของบอร์ดเกมที่พัฒนาเป็นเกมที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการคัดแยกขยะการทิ้งขยะลงถังให้ตรงตามประเภทของถังขยะแต่ละสี ประกอบด้วยถังขยะสีแดง สีเหลือง สีเขียวและสีน้ำเงิน อุปกรณ์ในการเล่นประกอบด้วย บอร์ดเกม ลูกเต๋า หมากเดินเกม และเหรียญคะแนน โดยรวมผลการประเมินคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด($\bar{X}$=4.60,SD=0.54) นักเรียนมีทักษะกระบวนการคิดหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 81.28 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยบอร์ดเกมเรื่องคิดคัดแยกร่วมโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด($\bar{X}$=4.53,SD=0.50) จะเห็นได้ว่าบอร์ดเกมเป็นสื่อการสอนที่น่าสนใจสำหรับการเรียนรู้ในรูปแบบการเล่นและเป็นแทรกให้ความรู้ไปในตัว ดังนั้นผู้ออกแบบบอร์ดเกมต้องมีกระบวนการออกแบบที่ดีโดยยึดนักเรียนเป็นหลักสอดคล้องกับเนื้อหาเหมาะสมกับนักเรียนก็จะส่งผลต่อความพึงพอใจของและการเรียนรู้ของนักเรียนตามลำดับ

สรุปผล

จากผลการศึกษา พบว่า สื่อการเรียนรู้รูปแบบบอร์ดเกม เรื่องการจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง นั้นมีเนื้อหาครอบคลุมในเรื่อง ประเภท และชนิดของพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ปัญหาขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง สาเหตุของการเกิดปัญหา ผลกระทบ วิธีการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง แนวคิดหลักการ Zero Waste และหลัก 1A3R ในการจัดการขยะพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้ง ระยะเวลาในการเล่น 1 ครั้ง ประมาณ 15 นาที หลังจากนำบอร์ดเกมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองใช้กับ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านโพธิ์ ตำบลโพธิ์ใหญ่ อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า ทำให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการพลาสติกชนิดใช้ครั้งเดียวทิ้งเพิ่มมากขึ้น ซึ่งควรนำไปเผยแพร่ให้กับนักเรียนในโรงเรียนอื่น ๆ ได้ทดลองใช้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คุณครูและนักเรียนโรงเรียนโพธิ์ใหญ่ ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการร่วมทดลองเล่นบอร์ดเกม และอำนวยความสะดวกตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2564. Roadmap การจัดการขยะพลาสติก. แหล่งข้อมูล: https://www.pcd.go.th/wp-content. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567.

กรมควบคุมมลพิษ. 2566. ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของประเทศ. แหล่งข้อมูล: https://www.pcd.go.th/wp-content/uploads/2024/05/pcdnew-2024-05-09_07-53-50_682275. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567.

กรมควบคุมมลพิษ. 2567. ข้อมูลสถานการณ์ขยะมูลฝอยของจังหวัดอุบลราชธานี. แหล่งข้อมูล: https://thaimsw.pcd.go.th/report_province.php?year=2566&province=23. ค้นเมื่อ 25 กรกฎาคม 2567.

ดาวรถา วีระพันธ์, กมลมาศ วงษ์ใหญ่. 2567. ผลการจัดกิจกรรมด้วยบอร์ดเกม เรื่อง คิด-คัด-แยก ร่วมกับกระบวนการ GPAS 5 Step เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิด. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราช
ภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์ 18: 45-60.

วรรณวลี เจนเจนประเสริฐ. 2564. การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้โดยใช้ปรากฏการณ์เป็นฐานร่วมกับบอร์ดเกมเพื่อส่งเสริมจิตสำนึกในการจัดการขยะเป็นศูนย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

Verisk Maplecroft Environment Dataset. 2019. Fact sheets: Waste Generation and Recycling Indices 2019 Overview and findings. Available: https://www.circularonline.co.uk. Accessed Jul.25, 2024.

การประเมินความเสี่ยงในสภาพแวดล้อมการทำงานของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

Risk Assessment of the Working Environment for Employees in an Automotive Factory, Lam Pla Thu Subdistrict, Lat Krabang District, Bangkok

วรางคณา อยู่กลัด[1*] พรทวี กองร้อย[2] และ พิณทิพย์ แก้วแกมทอง[3]

Warangkana Yooklad[1*] Porntawee Kongroy[2] and Pintip Kaewkamthong [3]

[1] สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1] Environmental and Natural Resource Management Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University, 83 Moo 11, Saraburi-Lom Sak Road, Sadiang Sub-district, Mueang District, Phetchabun Province, 67000

*Corresponding author E-mail: st641102306102@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลรายละเอียดโครงการและประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีอันตรายในบรรยากาศการทำงานของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ พนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยการประเมินความเสี่ยงโดยใช้ วิธี What-if Analysis และสารเคมีที่พนักงานมีโอกาสได้รับสัมผัสสารเคมีในบรรยากาศการทำงานโดยการรับสัมผัสทางการหายใจ ได้แก่ Aluminum Fume, Iron Oxide Fume, Carbon Monoxide, Respirable Dust, Benzene, Zinc Oxide Fume, Ethyl Alcohol, Nitric Acid, Phosphoric Acid, Xylene, n-Hexane, Isopropyl Alcohol, Naphtha, Methanol และ Toluene ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานที่ได้เปรียบเทียบตามเกณฑ์มาตรฐานแล้ว พบว่า ผลการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมการทำงานจะอยู่ในความเสี่ยงที่ต่ำ และผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด แต่เมื่อพิจารณาผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่คำนึงถึงทั้งโอกาสสัมผัสและความรุนแรงด้านผลกระทบแสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานจากการได้รับสัมผัสสารเคมีในบรรยากาศการทำงานในระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสารที่มีอันตรายสูงกลุ่มก่อมะเร็งและอาจมีฤทธิ์กัดกร่อนระคายเคือง ดังนั้น ควรจัดให้มีการการเฝ้าระวังการสัมผัสโดยการตรวจวัดทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสารเคมีอันตรายสารเคมีอันตรายสูง (ก่อมะเร็ง สารก่อกลายพันธุ์) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านสารเคมีที่มีอันตรายสูงในกลุ่มสารเคมีเหล่านี้ในผู้สัมผัสสารเคมีในบรรยากาศการทำงานตามที่กฎหมายกำหนดต่อไป ส่วนการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis นั้นพบว่าจากการชี้บ่งอันตรายจึงได้ทำแผนงานลดความเสี่ยง และแผนงานควบคุมความเสี่ยง

คำสำคัญ : ประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีอันตราย

Abstract

This article aims to study detailed project information and assess the risks associated with hazardous chemicals in the working atmosphere of employees at an automotive industrial plant in Lam Pla Thio Subdistrict, Lat Krabang District, Bangkok. The sample group in this study consisted of employees working in the automotive industrial plant. The risk assessment was conducted using the What-if Analysis method. The hazardous chemicals identified as potential respiratory exposure risks in the workplace atmosphere included Aluminum Fume, Iron Oxide Fume, Carbon Monoxide, Respirable Dust, Benzene, Zinc Oxide Fume, Ethyl Alcohol, Nitric Acid, Phosphoric Acid, Xylene, n-Hexane, Isopropyl Alcohol, Naphtha, Methanol, and Toluene. The measurement results of hazardous chemical concentrations in the workplace atmosphere were compared against standard criteria. The findings revealed that the concentration levels of chemicals in the working environment posed low risk and complied with legal standards. However, when considering the results of the health risk assessment, which took into account both the likelihood of exposure and the severity of impacts, it was evident that the long-term health risk to employees from exposure to hazardous chemicals in the working atmosphere was significant. This was particularly true for chemicals with high toxicity, such as carcinogens, or those with corrosive and irritant properties. Therefore, it is recommended to establish a systematic monitoring process for chemical exposure through industrial hygiene measurements, especially in areas with hazardous chemicals. Special attention should be given to high-risk chemicals, such as carcinogens and mutagens, with health risk assessments conducted on workers exposed to these substances as required by law. Regarding the risk assessment using the What-if Analysis method, the hazard identification process resulted in the development of a risk mitigation plan and risk control strategies to reduce risks effectively.

Keywords : Hazardous chemical risk assessment, workplace safety, occupational health

บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์เป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของหลายประเทศ สร้างงาน สร้างรายได้ และกระตุ้นการพัฒนาเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตยานยนต์ ตั้งแต่การผลิตชิ้นส่วน การประกอบ ไปจนถึงการขนส่ง ล้วนก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพ การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในกระบวนการผลิตและขนส่ง ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของภาวะโลกร้อน ไอเสียจาก

ยานพาหนะที่ใช้ขนส่งวัตถุดิบ และสินค้า ปล่อยมลพิษทางอากาศ เช่น ฝุ่นละออง คาร์บอนมอนอกไซด์ ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ มลพิษทางอากาศจากโรงงาน เช่น ฝุ่นละออง สารอินทรีย์ระเหย เป็นสาเหตุของโรคทางเดินหายใจ โรคหัวใจ และมะเร็งในประชาชนรอบโรงงาน การขาดอากาศหายใจ การทำงานในพื้นที่อับอากาศ เช่น การเชื่อมโลหะ อาจทำให้เกิดการขาดอากาศหายใจจากก๊าซต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งผลต่อระบบประสาท ทำให้หมดสติ และเสียชีวิตได้ ข้อมูลจากศูนย์พิษวิทยารามาธิบดี ระบุว่า พิษจากก๊าซแบ่งเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ไม่มีอาการ ไปจนถึงหมดสติ และเสียชีวิต รายงานของกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2563) พบผู้ป่วยได้รับพิษจากก๊าซและการขาดอากาศหายใจ 1,107 ราย ระหว่างปี 2554-2563 พิษจากโลหะหนัก การสัมผัสกับโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ปรอท ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดพิษสะสมในร่างกาย ส่งผลกระทบต่อระบบประสาท ไต และระบบสืบพันธุ์ (กรมควบคุมโรค 2563) รายงานของ หน่วยงานของรัฐบาลกลางของสหรัฐอเมริกา ที่มีหน้าที่ในการป้องกันและควบคุมโรค เพื่อปกป้องสุขภาพของประชาชนอเมริกัน โดย Centers for Diseases Control and Prevention (2019) ระบุว่า อันตรายจากโลหะหนักขึ้นอยู่กับระดับ ขนาด ระยะเวลา และประเภทของงาน ข้อมูลจากกองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม (2554-2563) พบผู้ป่วยได้รับพิษจากโลหะหนักสูงสุดในปี 2563 จำนวน 141 ราย พิษจากสารอินทรีย์ระเหย เช่น เบนซีน ที่ใช้ในกระบวนการผลิต เป็นสารก่อมะเร็ง และก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ รายงานว่า สารอินทรีย์ระเหย เป็นสาเหตุของมลพิษทางอากาศ และการปนเปื้อนในน้ำและดิน ข้อมูลจากกองระบาดวิทยา (2559-2563) พบผู้ป่วยได้รับพิษจากสารอินทรีย์ระเหยสูงสุดในปี 2563 จำนวน 284 ราย (กรมควบคุมมลพิษ, ม.ป.ป.)

สถานประกอบการที่ผู้วิจัยกำลังศึกษาอยู่ซึ่งเป็นหนึ่งที่มีการผลิตชิ้นส่วนของรถจักรยานยนต์ที่ก่อให้เกิดสารเคมีที่เป็นมลพิษแก่บุคคลผู้ปฏิบัติงาน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และ สารอินทรีย์ระเหยและสารทำละลายบางกลุ่มเป็นสารที่มีแนวโน้มว่าเป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เบนซีน ได้มีการตรวจสอบและให้ความสำคัญด้านชีวอนามัยภายในโรงงาน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษา กรณีศึกษาการประเมินความเสี่ยงในสภาพแวดล้อมการทำงานของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์เพื่อเสนอแนะแนวทางการป้องกันผลกระทบต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 4 หัวข้อหลักซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานในสถานประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่ปฏิบัติงานในการผลิต

2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานในสถานประกอบการโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับ งานขึ้นรูปอลูมิเนียม งานเชื่อมโลหะ การพ่นสี การทดสอบรถจักรยานยนต์ การประกอบรถจักรยานยนต์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. การสังเกตโดยตรง เพื่อบันทึกพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบ สภาพแวดล้อมการทำงาน และอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

2. ตรวจสอบเอกสารคู่มือความปลอดภัยในการทำงานมีความครอบคลุมและความทันสมัยของคู่มือความปลอดภัย

3. การสัมภาษณ์พนักงาน หรือผู้เชี่ยวชาญเพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้

4. ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานของหน่วยงานที่สาม (Third Party)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีการสังเกตการณ์ทำงาน ตรวจสอบคู่มือความปลอดภัย สัมภาษณ์พนักงาน หรือ ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง

2. ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานจากหน่วยงานที่สาม (Third Party)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาข้อมูลรายละเอียดโครงการของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ และเปรียบเทียบค่าของความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ตามเกณฑ์ที่มาตราฐานกำหนด

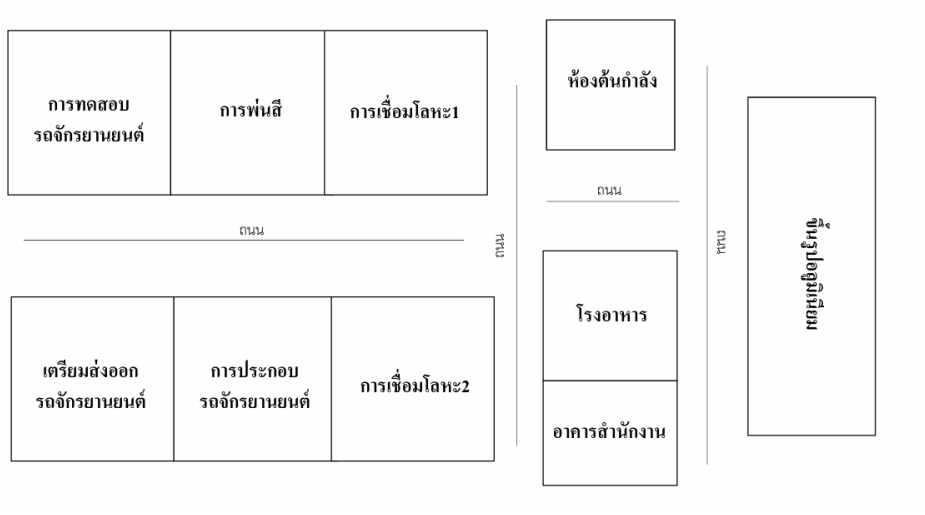
2. การประเมินความเสี่ยง ประเมินความเสี่ยงโดยมีการบ่งชี้อันตรายที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์โดยใช้ What-if Analysis เป็นการวิเคราะห์แบบ "ถ้าเกิดอะไรขึ้น" เป็นเทคนิคที่ใช้ในการระบุและประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในสถานการณ์ต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพแวดล้อมการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีอันตราย การใช้เทคนิคนี้ในการวิจัยช่วยให้เราสามารถคาดการณ์เหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดและวางแผนป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ หาคำตอบในคำถามเหล่านั้นเพื่อชี้บ่งอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการดำเนินงานในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของงาน (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2543) และได้มี การจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง / แผนงานลดความเสี่ยง) ซึ่งผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องดำเนินการจัดทำแผนงานเพื่อกำหนดมาตรการความปลอดภัยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดและควบคุมความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการประกอบกิจการให้จัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (กรมโรงงานอุตสาหกรรม 2543) ทั้งนี้ ในการศึกษาวิจัยมุ่งเน้นการศึกษาผลกระทบต่อพนักงงานเป็นหลัก

ผลการวิจัย

1. การศึกษาข้อมูลรายละเอียดโครงการของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์

1.1 ข้อมูลโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เป็นบริษัทยานยนต์ที่ผลิตและจัดจำหน่ายรถจักรยานยนต์ และเครื่องยนต์อเนกประสงค์ มีกำลังการผลิตรถจักรยานยนต์ 1,438,000 คัน และเครื่องยนต์เอนกประสงค์ 490,000 เครื่อง มีจำนวนพนักงานประจำ 3,517 คน และ พนักงานสัญญาจ้าง 5,001 คน (รวมทั้งสิ้น 8,518 คน) มีพื้นที่โดยรวมทั้งหมด 147.60 ไร่ มีการผลิตตั้งแต่กระบวนการขึ้นรูปจนถึงส่งออก ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังพื้นที่ของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์อย่างง่าย

1.2 ข้อมูลกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร กระบวนการผลิตและประกอบรถจักรยานยนต์ มีขั้นตอนดังนี้

1.การหล่อแรงดันสูง (High Pressure Die Casting) ที่ใช้แรงดันสูงฉีดอลูมิเนียมหลอมเหลวเข้าแม่พิมพ์ เหมาะสำหรับชิ้นส่วนที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น ฝาสูบหรือชิ้นส่วนเครื่องยนต์ หรือการหล่อด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity Die Casting) ซึ่งใช้แรงโน้มถ่วงช่วยให้อลูมิเนียมไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ เหมาะกับชิ้นส่วนที่มีความแข็งแรงและหนา สำหรับชิ้นส่วนขนาดใหญ่หรือที่ต้องการความยืดหยุ่นสูง นิยมใช้การหล่อทราย (Sand Casting) ที่ใช้ทรายเป็นแม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังมีการรีดขึ้นรูปที่ดันอลูมิเนียมผ่านแม่พิมพ์เพื่อสร้างโครงสร้างที่แข็งแรงและน้ำหนักเบา รวมถึงการปั๊มขึ้นรูปที่ใช้แรงกดจากแม่พิมพ์สร้างรูปทรงตามต้องการ เมื่อลงมือสร้างชิ้นส่วน

2.การเชื่อมโลหะจะถูกนำมาใช้เพื่อรวมวัสดุต่าง ๆ ให้แข็งแรงและทนทานต่อการใช้งาน เช่น การเชื่อมเฟรมรถ ท่อไอเสีย หรือถังน้ำมัน โดยใช้เทคนิคที่หลากหลาย เช่น การเชื่อมด้วยไฟฟ้า (MMA) สำหรับงานทั่วไป การเชื่อม MIG/MAG ที่เน้นความเร็วและความเรียบร้อย การเชื่อม TIG ที่เหมาะกับงานประณีต และการเชื่อมด้วยเลเซอร์ที่ต้องการความแม่นยำสูง หลังจากขึ้นรูปและเชื่อมชิ้นส่วน

3.กระบวนการพ่นสีจะเริ่มต้นด้วยการเตรียมพื้นผิว โดยทำความสะอาดด้วยน้ำ RO ผ่านกระบวนการ Reverse Osmosis เพื่อขจัดคราบน้ำมัน จาระบี และสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ ทำให้พื้นผิวพร้อมสำหรับการพ่นสี สีพื้นจะถูกพ่นก่อนเพื่อช่วยเพิ่มการยึดเกาะของสีจริงที่เคลือบในขั้นตอนถัดไป จากนั้นจะพ่นสีจริงด้วยเครื่องพ่นสีอัตโนมัติหรือมือในบางกรณี พร้อมทั้งเคลือบแลคเกอร์เพื่อเพิ่มความเงางามและทนต่อสภาพแวดล้อม ชิ้นงานที่ผ่านการพ่นสีจะถูกอบในเตาอบที่ควบคุมอุณหภูมิอย่างเหมาะสม และตรวจสอบความเรียบร้อยของสีเพื่อให้มั่นใจในคุณภาพ

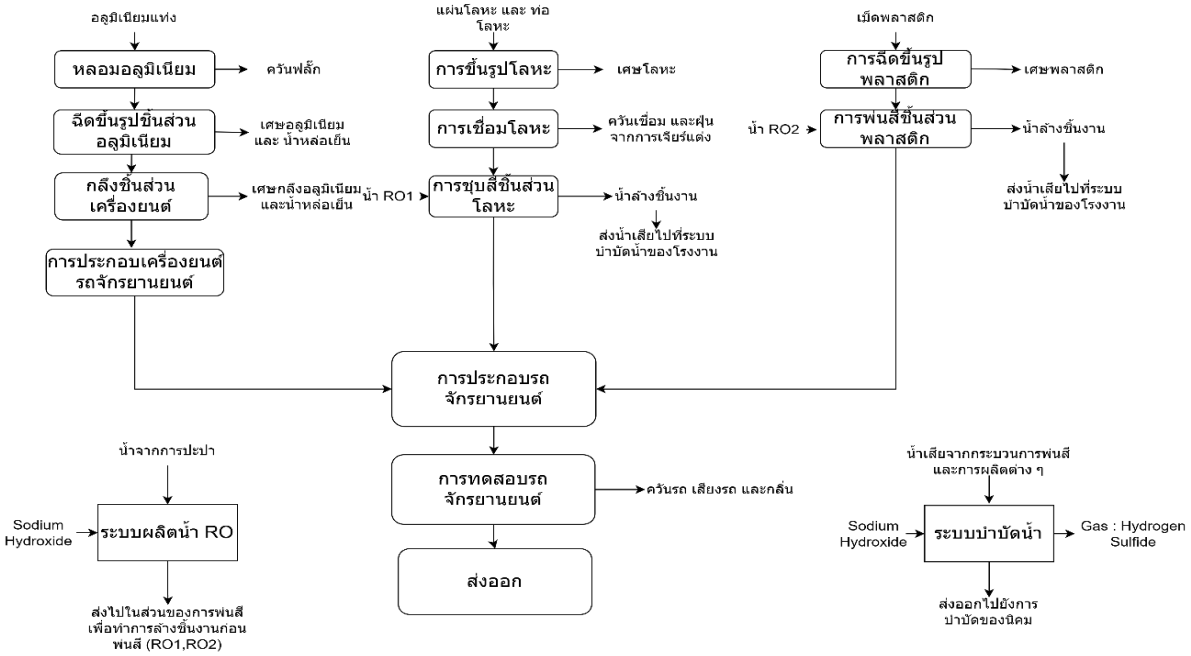
4.การประกอบรถจักรยานยนต์จะเริ่มต้นจากการเตรียมเฟรมและเครื่องยนต์ โดยเฟรมจะถูกตรวจสอบคุณภาพและติดตั้งระบบสำคัญ เช่น ระบบกันสะเทือนและเบรก ในขณะที่เครื่องยนต์จะถูกประกอบแยกในพื้นที่เฉพาะ โดยติดตั้งชิ้นส่วนภายใน เช่น ลูกสูบ ข้อเหวี่ยง และระบบหล่อลื่น พร้อมทั้งตั้งค่าระบบไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นทั้งสองส่วนจะถูกประกอบเข้าด้วยกันในสายการผลิต ติดตั้งชิ้นส่วนอื่น ๆ เช่น ถังน้ำมัน ล้อ ระบบขับเคลื่อน และเบาะนั่ง พร้อมเชื่อมต่อระบบไฟฟ้า เช่น สายไฟ แบตเตอรี่ และไฟส่องสว่าง

5.การตรวจสอบคุณภาพ โดยทีมตรวจสอบจะตรวจระบบการทำงานต่าง ๆ เช่น ระบบเบรก ระบบไฟและเครื่องยนต์ รวมถึงตรวจสอบเอกสารและหมายเลขซีเรียลของชิ้นส่วนเพื่อความมั่นใจว่ารถจักรยานยนต์ทุกคันมีคุณภาพสูงและพร้อมส่งมอบให้ลูกค้าอย่างสมบูรณ์

6.ระบบผลิตน้ำ RO มีความสำคัญเพราะช่วยให้ได้น้ำบริสุทธิ์ที่จำเป็นต่อกระบวนการผลิตหลายขั้นตอน เช่น การล้าง การชุบสี และการผลิตชิ้นส่วนต่างๆ น้ำ RO ช่วยลดการสะสมของตะกรัน ปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และรักษาสิ่งแวดล้อม โดยน้ำดิบจะถูกกรองขั้นต้นก่อนส่งผ่านเมมเบรน RO เพื่อกรองสารละลายต่างๆ ได้น้ำบริสุทธิ์ และแยกน้ำทิ้ง ควรมีการบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ เช่น เปลี่ยนไส้กรอง ล้างเมมเบรน และตรวจสอบคุณภาพน้ำ

7.ระบบบำบัดน้ำ มีความสำคัญในการผลิตน้ำคุณภาพสูง ลดค่าใช้จ่าย และรักษาสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปมีหลายขั้นตอน เช่น การกรองขั้นต้น การปรับสภาพน้ำ การกรองละเอียด การฆ่าเชื้อโรค และการบำบัดน้ำเสีย การบำรุงรักษาระบบอย่างสม่ำเสมอ

โดยแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนผังระบบการทำงานของโรงงานผลิตอุตสาหกรรมยานยนต์

2. การประเมินเปรียบเทียบค่าของความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานตามเกณฑ์ที่มาตราฐานกำหนด

ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงาน ได้รวบรวมข้อมูลการวัดมาจากหน่วยงานที่สาม (Third Party) และมีความถี่ในการวัดสองครั้งต่อหนึ่งปี โดยมีรายการสารเคมีที่ตรวจวัดระบุตามพื้นที่ที่มีการเกิดขึ้น ซึ่งผลที่ตรวจวัดมีดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงาน

พื้นที่ตรวจวัด	ชื่อสาร	ระดับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ครั้งที่ 1 (*)	ระดับความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ครั้งที่ 2 (*)	ค่ามาตรฐาน (**)	ผลการประเมิน
1.การขึ้นรูปอลูมิเนียม	Aluminum Fume	0.0015 mg/m^3	0.00175 mg/m^3	5 mg/m^3	ผ่าน
2.การเชื่อมโลหะ1	Iron Oxide Fume	0.0045 mg/m^3	0.019 mg/m^3	5 mg/m^3	ผ่าน
	Carbon Monoxide	1 ppm	1 ppm	25 ppm	ผ่าน
3.การเชื่อมโลหะ2	Iron Oxide Fume	0.00367 mg/m^3	0.00725 mg/m^3	5 mg/m^3	ผ่าน
	Respirable Dust	1 mg/m^3	1.0833 mg/m^3	3 mg/m^3	ผ่าน
	Carbon Monoxide	2 ppm	1 ppm	25 ppm	ผ่าน
	Benzene	0.001 ppm	0	0.5 ppm	ผ่าน
4.การพ่นสี	Zinc Oxide Fume	0.0015 mg/m^3	0.003 mg/m^3	5 mg/m^3	ผ่าน
	Respirable Dust	0.6667 mg/m^3	0.9167 mg/m^3	3 mg/m^3	ผ่าน
	Ethyl Alcohol	0	0.001 mg/m^3	1,800 mg/m^3	ผ่าน
	Nitric Acid	0	0.02 mg/m^3	5.2 mg/m^3	ผ่าน
	Phosphoric Acid	0	0.001 mg/m^3	1 mg/m^3	ผ่าน
	Xylene	0	0.0046 ppm	100 ppm	ผ่าน
5.การประกอบรถจักรยานยนต์	Benzene	0	0.001 ppm	0.5 ppm	ผ่าน
	Xylene	0	0.001 ppm	100 ppm	ผ่าน
	Toluene	0	0.001 ppm	50 ppm	ผ่าน
6.การทดสอบรถจักรยานยนต์	n-Hexane	0.007 ppm	0	50 ppm	ผ่าน
	Isopropyl Alcohol	0.007 mg/m^3	0	491 mg/m^3	ผ่าน
	Naphtha	0.022 mg/m^3	0	400 mg/m^3	ผ่าน
	Methanol	0.011 mg/m^3	0	262 mg/m^3	ผ่าน
	Benzene	0	0.001 ppm	0.5 ppm	ผ่าน

*ผลการตรวจวัดโดยหน่วยงานที่สาม (Third Party) **ค่ามาตรฐานขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย จาก ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง ขีดจำกัดความเข้มข้นของสารเคมีอันตราย

3. การบ่งชี้อันตรายโดยบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

การบ่งชี้อันตรายโดยบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย เพื่อให้เห็นภาพรวมของสิ่งที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์ เครื่องจักร สารเคมี หรือแม้แต่ขั้นตอนการทำงานที่อาจมีจุดบกพร่อง เพื่อประเมินถึงโอกาสและอันตรายที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งกำหนดวิธีชี้บ่งอันตราย โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What-if Analysis และแสดงบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย

การดำเนินงานในโรงงาน	สิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย	ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น	หมายเหตุ
1.การหลอมอลูมิเนียม	- สารระเหยที่ใช้ในการหลอมอลูมิเนียม (Flux)	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ หรือหายใจเอาฝุ่นผงหรือสูดดมสารเคมี ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
2.การขึ้นรูปอลูมิเนียม	- สัมผัสโดนชิ้นส่วนที่มีคมบาด	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
3.การเชื่อมโลหะ	- แสงจากการเชื่อม - ฝุ่นจากลวดเชื่อมและการเจียร์แต่ง	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ หรือหายใจเอาฝุ่นผงหรือสูดดมสารเคมี ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ และอาจสูญเสียการมองเห็นจากแสงของการเชื่อม	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
4.การขึ้นรูปพลาสติก	- กลิ่นของการฉีดขึ้นรูปพลาสติก - การตัดแต่งพลาสติก	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหายมีผลกระทบต่อชุมชน และสิ่งแวดล้อม	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
5.การพ่นสี	- กลิ่นจากสีและทินเนอร์ - ทินเนอร์รั่วไหลอาจก่อให้เกิดประกายไฟและระเบิดได้	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหายมีผลกระทบต่อชุมชน และสิ่งแวดล้อม	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
6.การประกอบรถจักรยานยนต์	- โดนชิ้นส่วนที่มีคมบาดหรือการตกหล่นทับของชิ้นงานที่มีน้ำหนัก - เสียงดังในการประกอบรถจักรยานยนต์	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหาย และอาจเกิดการผลกระทบทางการได้ยิน	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
7.การทดสอบรถจักรยานยนต์	- การรั่วไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้เกิดไฟไหม้ได้ - เกิดกลิ่นควันจากการทดสอบ - เสียงดังจากการทดสอบ	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต บาดเจ็บ หรือหายใจเอาฝุ่นผงหรือสูดดมสารเคมี ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ทรัพย์สินเสียหายมีผลกระทบต่อชุมชน และสิ่งแวดล้อม	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if
8.การส่งออก	- อาจเกิดล้มหรือการตกหล่นกระแทก ขณะขนย้าย	- ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหาย	ใช้วิธีชี้บ่งอันตรายด้วยวิธี What if

4. การประเมินความเสี่ยงแต่ละพื้นที่โดยใช้วิธี What-if Analysis

จากตารางบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตรายได้แสดงถึงอันตรายในแต่ละพื้นที่ ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบตามมาจึงได้มีการประเมินความเสี่ยงแต่ละพื้นที่โดยใช้วิธี What-if Analysis โดยระบุถึง คำถาม What-it แสดงถึงอันตรายหรือผลที่ตามมา มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย ข้อเสนอแนะ และการประเมินความเสี่ยงโดยใช้คะแนนจากโอกาสการเกิดและความรุนแรงแสดงดังตารางที่ 3-5 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ดังตารางที่ 6 และคะแนนระดับความเสี่ยง 2 เป็นความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และต้องจัดทำ แผนงานควบคุมความเสี่ยง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 3 การจัดระดับโอกาสในการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ

ระดับ	รายละเอียด
1	มีโอกาสในการเกิดยาก เช่น ไม่เคยเกิดเลยในช่วงเวลาตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป
2	มีโอกาสในการเกิดน้อย เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น1 ครั้ง ในช่วง 5-10 ปี
3	มีโอกาสในการเกิดปานกลาง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดขึ้น 1 ครั้ง ในช่วง 1-5 ปี
4	มีโอกาสในการเกิดสูง เช่น ความถี่ในการเกิด เกิดมากกว่า 1 ครั้ง ใน 1ปี

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 4 การจัดระดับความรุนแรงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล

ระดับ	ความรุนแรง	รายละเอียด
1	เล็กน้อย	มีการบาดเจ็บเล็กน้อยในระดับปฐมพยาบาล
2	ปานกลาง	มีการบาดเจ็บที่ต้องได้รับการรักษาทางการแพทย์
3	สูง	มีการบาดเจ็บหรือเจ็บป่วยที่รุนแรง
4	สูงมาก	ทุพลภาพหรือเสียชีวิต

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 5 การจัดระดับความเสี่ยงอันตราย

ระดับความเสี่ยง	ผลลัพธ์	ความหมาย
1	1-2	ความเสี่ยงเล็กน้อย
2	3-6	ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม
3	8-9	ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง
4	12-16	ความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดดำเนินการและปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

ที่มา : กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2543)

ตารางที่ 6 ผลการชี้บ่งและการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if

คำถาม What it	อันตรายหรือผลที่ตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุมอันตราย	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
จะเกิดอะไรขึ้นถ้าการจัดเก็บ ทินเนอร์ (สารละลาย) ไม่เป็นระเบียบ หรือถูกต้องตามวิชาการ	- ทำให้เกิดไฟไหม้ได้ พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหาย มีผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม	- จัดเก็บตัวทำละลายตาม SDS หรือคู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. 2550 - อบรมพนักงานให้มีความรู้เกี่ยวกับการใช้ การจัดเก็บตัวทำละลายและแบบที่ผสมมาแล้ว (สารละลาย) อย่าง ปลอดภัย	-	1	3	3	2
จะเกิดอะไรขึ้นถ้าการระบายอากาศบริเวณพื้นที่ที่ทำการการพ่นสี ไม่ดี	- ทำให้ไอสารเคมีสะสมอยู่ในบริเวณทำงาน ทำให้พนักงานสูดดมไอมีผลกระทบต่อสุขภาพ - หากเจอกับความร้อน หรือประกายไฟ จะทำให้เกิดไฟไหม้ พนักงานได้รับบาดเจ็บ เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหาย มีผลกระทบต่อชุมชน และสิ่งแวดล้อม	- มีการระบายอากาศที่ดี - พนักงานสวมใส่อุปกรณ์ปกป้องทางเดินหายใจ - ห้ามพนักงานสูบบุหรี่หรือกระทำการใดที่ก่อให้เกิดความร้อนหรือประกายไฟ	-	1	2	2	1
จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแสงสว่างไม่เพียงพอขณะทำการตรวจสอบคุณภาพ	- ทำให้สายตาเมื่อยล้าพนักงานปวดตา เวียนศีรษะอาจทำงานผิดพลาดได้รับบาดเจ็บ ทรัพย์สินเสียหาย	- มีระบบส่องสว่างที่เพียงพอ - มีการตรวจวัดค่าการส่องสว่างให้ได้ตามมาตรฐาน	-	1	1	1	1
จะเกิดอะไรขึ้นถ้าคนขับรถฟอร์คลิฟท์ไม่ระมัดระวัง ไม่มีความชำนาญ สภาพร่างกายไม่พร้อมทำงาน	- ทำให้เฉี่ยวชนพนักงาน ทำให้พนักงานได้รับบาดเจ็บ หรือถังรั่วทำให้ตัวทำละลายรั่วไหลออกมาทำให้เกิดไฟไหม้	- กำหนดให้หัวหน้างานตรวจสอบสภาพความพร้อมของพนักงานขับรถฟอร์คลิฟท์ก่อนเริ่มปฏิบัติงานทุกครั้ง - มีการอบรมพนักงาน เรื่อง การขับฟอร์คลิฟท์อย่างปลอดภัย	-	1	2	2	1

ตารางที่ 7 แผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง (แผนงานควบคุมความเสี่ยง)

ลำดับที่	มาตรการหรือกิจกรรมหรือการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง หรือขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นความเสี่ยง	ผู้รับผิดชอบ	หัวข้อเรื่องที่ควบคุม	หลักเกณฑ์หรือมาตรการที่ใช้ควบคุม	ผู้ตรวจติดตาม
1	- จัดเก็บตัวทำละลายตาม SDS หรือคู่มือการเก็บรักษาสารเคมีและวัตถุอันตราย พ.ศ. 2550 - อบรมพนักงานให้มีความรู้เกี่ยวกับการใช้ การจัดเก็บตัวทำละลายและแบบที่ผสมมาแล้ว (สารละลาย) อย่างปลอดภัย	หัวหน้างาน	- การจัดเก็บสารเคมีอันตราย	- พนักงานทุกคนต้องมีความรู้เกี่ยวกับการจัดเก็บสารเคมีอันตราย	ผู้จัดการโรงงาน

วิจารณ์ผล

จากผลการประเมินตามเกณฑ์มาตราฐานของระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ทั้งหมดทุกพื้นที่การทำงาน ซึ่งหมายความว่าในแต่ละพื้นที่มีการเกิดสารเคมีในชั้นบรรยากาศน้อยและไม่เป็นอันตรายต่อผู้ที่ปฏิบัติงาน

การประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis นั้นพบว่าจากการชี้บ่งอันตราย สามารถแบ่งออกเป็นความเสี่ยงอันตรายต่าง ๆ ดังนี้ ระดับความเสี่ยง 1 ความเสี่ยงเล็กน้อย 3 จุด และระดับความเสี่ยง 2 ความเสี่ยงที่ยอมรับได้ 1 จุด กรณีประเมินความเสี่ยงแล้วได้ ระดับความเสี่ยง 2 ต้องจัดทำ แผนงานควบคุมความเสี่ยง และกรณีประเมินความเสี่ยงแล้วได้ระดับความเสี่ยง 3 และ 4 ต้องจัดทำแผนงานลดความเสี่ยงสำหรับการจัดทำแผนงานลดความเสี่ยง จากการดำเนินการบ่งชี้อันตรายและการประเมินความเสี่ยงของ โรงงานอุตสาหกรรมยานยนต์ แขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยได้จัดทำแผนการจัดการความเสี่ยง แผนงานควบคุมความเสี่ยง 1 แผน และเนื่องจากการประเมินความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ต่ำแสดงให้เห็นถึงความเข้มงวดของโรงงานที่ได้มีระเบียบ ข้อกำหนด และข้อบังคับเพื่อให้พนักงานได้ปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดจึงทำให้มีผลการประเมินความเสี่ยงที่ไม่เป็นอันตรายต่อพนักงานผู้ปฏิบัติงานในโรงงาน

แม้ผลการตรวจวัดพบว่าความเข้มข้นของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมการทำงานจะอยู่ในความเสี่ยงที่ต่ำ และผ่านเกณฑ์ที่กฎหมายกำหนด ได้มีความสอดคล้องกับ วิจัยของวัชราภรณ์ ทัศนัตร และคณะ (2562) ได้ศึกษากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษมีการใช้สารเคมีอันตรายหลายชนิด โดยมีผลการตรวจวัดทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมในรอบ 2 ปีที่ผ่านมาพบว่าสารเหล่านี้มีความเข้มข้นในบรรยากาศต่ำกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดทุกชนิด ผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการสัมผัสสารเคมีบางชนิดพบว่ามีความเสี่ยงต่อสุขภาพพนักงาน (ระดับสูงกว่าระดับที่ยอมรับได้) แต่เมื่อพิจารณาผลการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่คำนึงถึงถึงทั้งโอกาสสัมผัสและความรุนแรงด้านผลกระทบ แสดงให้เห็นว่าค่าความเสี่ยงต่อสุขภาพของพนักงานจากการได้รับสัมผัสสารเคมีในบรรยากาศการทำงานในระยะยาว โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับสารที่มีอันตรายสูงกลุ่มก่อมะเร็งและอาจมีฤทธิ์กัดกร่อนระคายเคือง ดังนั้น ควรจัดให้มีการการเฝ้าระวังการสัมผัสโดยการตรวจวัดทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรม โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสารเคมีอันตราย สารเคมีอันตรายสูง (ก่อมะเร็ง สารก่อกลายพันธุ์) และประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพด้านสารเคมีที่มีอันตรายสูง ในกลุ่มสารเคมีเหล่านี้ในผู้สัมผัสสารเคมีในบรรยากาศการทำงานตามที่กฎหมายกำหนดต่อไป ไพลิน ทวีวงษ์ และคณะ (2553) ประเมินความเสี่ยงจากการสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) ของพนักงานสถานีบริการน้ำมันในกรุงเทพมหานคร พบว่าพนักงานมีโอกาสได้รับสาร MTBE และเบนซีนในระดับที่เกินค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ ซึ่งส่งผลต่อความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับหลักการประเมินความเสี่ยงในการทำงาน โดยใช้การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อคำนวณระดับการสัมผัสสารอันตราย และวิเคราะห์ความเสี่ยงของสุขภาพผ่านค่าความเข้มข้นสารและค่าดัชนีความเสี่ยง (HQ) นอกจากนี้ยังเสนอให้มีการตรวจสุขภาพพนักงานเป็นระยะ เพื่อลดผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาว งานวิจัยนี้สะท้อนถึง

ความสำคัญของการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านสุขภาพในการทำงานเพื่อป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่พนักงานต้องสัมผัสเป็นประจำ ประภัสสร อักษรพันธ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาปัจจัยคุกคามสุขภาพของคนงานโรงงานยางแผ่นรมควัน พบว่าปัจจัยเสี่ยงหลักมาจาก สภาพแวดล้อมการทำงาน เช่น ฝุ่นควัน สารเคมี เชื้อรา และท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งส่งผลต่อระบบทางเดินหายใจ ผิวหนัง และกล้ามเนื้อโครงร่าง ผลการศึกษาสะท้อนถึงความจำเป็นในการ ประเมินความเสี่ยงในการทำงาน โดยใช้เครื่องมือ เช่น Rapid Entire Body Assessment (REBA) เพื่อวิเคราะห์ความเสี่ยงจากท่าทางการทำงาน และการตรวจวัดคุณภาพอากาศเพื่อลดอันตรายจากสารเคมีและฝุ่นควัน ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย ได้แก่ การปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน นอกจากนี้ยังเน้นการอบรมพนักงาน เรื่องความปลอดภัย การใช้ อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (PPE) และการปรับปรุงพฤติกรรมสุขภาพ เช่น การออกกำลังกายและลดพฤติกรรมเสี่ยง เพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีในระยะยาว

สรุปผล

ผลการตรวจวัดระดับความเข้มข้นของสารเคมีอันตรายในบรรยากาศของสถานที่ทำงานที่ได้เปรียบเทียบตามเกณฑ์มาตราฐานแล้ว พบว่าผลการประเมินผ่านทุกพื้นที่ และการสัมผัสสารเคมีอันตรายนั้นคะแนนของความเสี่ยงอยู่ระดับความเสี่ยงที่ต่ำ จึงถือว่าพนักงานที่ปฏิบัติงานในฝ่ายการผลิตมีความเสี่ยงน้อยที่จะได้รับการสัมผัสสารเคมีอันตราย และการประเมินความเสี่ยงด้วยวิธี What-if Analysis นั้นพบว่าจากการชี้บ่งอันตรายทั้ง 4 จุด จึงได้ทำแผนงานควบคุมความเสี่ยง 1 แผน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกรรมการผู้จัดการบริษัท และหัวหน้าแผนกความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม พนักงานพี่เลี้ยง คณะอาจารย์ที่ให้คำปรึกษา พร้อมทั้งพนักงานในสถานประกอบการแขวงลำปลาทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกแก่ผู้ศึกษาเป็นอย่างดีในการเข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. (มปป). สารอินทรีย์ระเหยง่าย (VOCs). (ออนไลน์). เข้าถึงได้
จาก:https://www.pcd.go.th/

กรมควบคุมโรค. (2563). รายงานสถานการณ์โรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม ปี 2563.
กรุงเทพมหานคร

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2543). ระเบียบกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง หลักเกณฑ์การชี้บ่ง อันตราย
การประเมินความเสี่ยง และการจัดทำแผนงานบริหารจัดการความเสี่ยง. กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

ประภัสสร อักษรพันธ์ และคณะ. (2555). ปัจจัยคุกคามสุขภาพจากการทำงานและภาวะสุขภาพตาม
ความเสี่ยงของคนงานโรงงานยางแผ่นรมควัน. พยาบาลสาร, 39(3), 26-37.

วัชราภรณ์ ทัศนัตร และคณะ. (2562). การประเมินความเสี่ยงต่อการสัมผัสสารเคมีในสภาพแวดล้อม
การทำงานของพนักงานอุตสาหกรรมผลิตเยื่อและกระดาษ. วารสารความปลอดภัยและ สิ่งแวดล้อม

ไพลิน ทวีวงษ์ และคณะ (2553). การประเมินความเสี่ยงจากการรับสัมผัสสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) ของพนักงานสถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิงในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิศวกรรมศาสตร์, 2(3), 1-12.

Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Workplace Safety & Health Topics: Reproductive health.

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

Carbon footprint assessment from electricity consumption of the Local Registration Office, Laem Chabang Municipality

อัสนาท กล่อมกริมสกุล[1*] สุนทรี ขุนทอง[2]

Aussanart Klomkrimsakul[1*] Soontree Khuntong[2]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัยและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

[1]Department of Engineering, Safety Engineering and Environmental Management Faculty of Engineering at Sriracha, Kasetsart University

*Corresponding author E-mail: natku68@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องนี้ เป็นการศึกษาเพื่อประเมินก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง และศึกษาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างยั่งยืนของสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง โดยวิเคราะห์ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปีงบประมาณ 2567 (เดือนตุลาคม 2566 ถึงเดือนกันยายน 2567) โดยใช้แนวทางองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งมีการคำนวนก๊าซเรือนกระจกเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2e) ที่เกิดจากกิจกรมการใช้ไฟฟ้าของอาคาร สำหรับการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง

ผลการศึกษาพบว่า เครื่องปรับอากาศมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ คิดเป็นร้อยละ 83.94 รองลงมาเป็นเครื่องพิมพ์เอกสาร คิดเป็นร้อยละ 5.76 เครื่องสำรองไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 3.30 เครื่องคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 3.23 หลอดไฟ คิดเป็นร้อยละ 1.28 เครื่องถ่ายเอกสาร คิดเป็นร้อยละ 0.86 เครื่องอ่านบัตร คิดเป็นร้อยละ 0.68 โทรทัศน์ คิดเป็นร้อยละ 0.29 เครื่องโทรสาร คิดเป็นร้อยละ 0.19 เครื่องเคลือบบัตร คิดเป็นร้อยละ 0.15 กล้องวีดีโอ คิดเป็นร้อยละ 0.14 เครื่องทำลายเอกสาร คิดเป็นร้อยละ 0.12 เครื่องกรองอากาศ คิดเป็นร้อยละ 0.03 เครื่องเจาะกระดาษ คิดเป็นร้อยละ 0.03 ตามลำดับ

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง เช่น การกำหนดนโยบายประหยัดพลังงาน การใช้แผ่นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร การใช้พลังงานทดแทน เพื่อเป็นการช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครแหลมฉบัง และเป็นการประหยัดพลังงานได้อีกด้วย

คำสำคัญ: คาร์บอนฟุตพริ้นท์ พลังงานทดแทน เทศบาลนครแหลมฉบัง

Abstract

This study is a study to assess greenhouse gas emissions of the Laem Chabang Municipality Local Registration Office and study the sustainable greenhouse gas reduction approach of the Laem Chabang Municipality Local Registration Office by analyzing greenhouse gas emission data in fiscal year 2024 (October 2023 to September 2024) using the Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) approach, which calculates greenhouse gases as carbon dioxide equivalent (CO2e) from building electricity usage activities. For the study of greenhouse gas emissions from electrical appliances of the Laem Chabang Municipality Local Registration Office.

The study found that air conditioners emitted the most greenhouse gases, accounting for 83.94 percent, followed by document printers at 5.76 percent, power backups at 3.30 percent, computers at 3.23 percent, light bulbs at 1.28 percent, photocopiers at 0.86 percent, card readers at 0.68 percent, televisions at 0.29 percent, fax machines at 0.19 percent, card laminators at 0.15 percent, video cameras at 0.14 percent, document shredders at 0.12 percent, air filters at 0.03 percent, and paper punches at 0.03 percent, respectively.

Greenhouse gas reduction guidelines of the Local Registration Office, Laem Chabang Municipality, such as setting an energy-saving policy, using thermal insulation panels for buildings, and using renewable energy to help reduce the amount of greenhouse gas emissions of Laem Chabang Municipality and save energy as well.

Keywords: Carbon Footprint, Renewable Energy, Laem Chabang Municipality

บทนำ

ปัจจุบันภาวะโลกร้อน เป็นปัญหาระดับโลก ที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีสาเหตุมาจากมนุษย์ได้เพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการเผาไหม้ถ่านหินในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงในรถยนต์ และการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น การผลิตปูนเม็ด กระบวนการทางเคมีต่างๆ สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ แอร์รถยนต์ และระบบทำความเย็นในอาคาร เป็นต้น ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่ชั้นบรรยากาศ ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ เช่น ฝุ่นละอองขนาดเล็ก (P.M. 2.5) การเพิ่มขึ้นของโรคระบาดที่มากับอากาศ ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นเนื่องจากธารน้ำแข็งที่กำลังละลาย และอุณหภูมิทั่วโลกที่กำลังสูงขึ้นจากการขยายตัวทางความร้อนของน้ำในมหาสมุทร เกิดภัยธรรมชาติรุนแรงมากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นต้น ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ มี 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซ

ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF_3) ก๊าซไฮโดรฟลูโรคาร์บอน (HFCs) ก๊าซเปอร์ฟลูโรคาร์บอน (PFCs) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)) โดยกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของอาคารเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งทางตรงและทางอ้อม ส่วนใหญ่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมของอาคาร ทำให้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และหาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ของกิจกรรมการใช้งานอาคาร โดยใช้วิธีการทำรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร

เทศบาลนครแหลมฉบังตั้งอยู่ในเขตอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครเป็นระยะทางประมาณ 125 กิโลเมตร มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 109.65 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.5 ของพื้นที่จังหวัดชลบุรี

1. พื้นที่บางส่วนของสุขาภิบาลอ่าวอุดม มีพื้นที่จำนวน 72.56 ตารางกิโลเมตร รวม 4 ตำบล 19 หมู่บ้าน ประชากร ณ สิ้นปี 2561 จำนวน 73,807 คน
2. พื้นที่บางส่วนของสุขาภิบาลบางละมุง มีพื้นที่จำนวน 16.03 ตารางกิโลเมตร รวม 1 ตำบล 5 หมู่บ้าน ประชากร ณ สิ้นปี 2561 จำนวน 14,464 คน
3. พื้นน้ำ (ทะเล) มีพื้นที่จำนวน 21.06 ตารางกิโลเมตร ทางด้านตะวันตกของเขตเทศบาล

โดยเทศบาลนครแหลมฉบังมีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับตำบลสุรศักดิ์ อำเภอศรีราชา

ทิศใต้ ติดต่อกับตำบลบางละมุง(เทศบาลตำบลบางละมุง)และตำบลตะเคียนเตี้ย อำเภอบางละมุง

ทิศตะวันออก ติดต่อกับตำบลหนองขามและตำบลบึง อำเภอศรีราชา

ทิศตะวันตก จรดอ่าวไทย

สำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบังเป็นหนึ่งในองค์กรขนาดใหญ่ มี 2 ชั้น ขนาดกว้าง 183.50 เมตร ยาว 41.10 เมตร มีพื้นที่ขนาด 2,538 ตารางเมตร ให้บริการงานทะเบียนราษฎร์ และทำบัตรประชาชนให้กับประชาชนในชุมชน 23 ชุมชน มีประชากรใช้บริการทั้งสิ้น 1,115,927 คน แบ่งเป็นชาย 548,089 คน หญิง 567,838 คน (เดือนตุลาคม 2566 - เดือนกันยายน 2567) เวลปฏิบัติงาน 08.30 – 16.30 น. จำนวน 8 ชั่วโมง

การศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและลดก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายลดก๊าซเรือนกระจกของภาครัฐ โดยมีเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง 30 – 40% ภายในปี 2573 และเป็นแนวทางศึกษาในการลดก๊าซเรือนกระจกของเทศบาลนครแหลมฉบัง ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ในปีงบประมาณ 2567 ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (มหาชน) เพื่อนำผลการศึกษาทั้งหมดมาหาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. กรอบแนวคิดในการศึกษา
2. สมมติฐานในการศึกษา
3. ขั้นตอนการศึกษา
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. กรอบแนวคิดการศึกษา

ในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรนั้น งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการทบทวนวรรณกรรมที่ประยุกต์วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรกับหน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สุรวุฒิ สุดหา และคณะ (2562) ได้ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ จัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา ตลอดวงจรวัฏจักรชีวิต ของทั้งผลิตภัณฑ์กระบวนการ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ ซึ่งสนใจศึกษาหาปริมาณ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านพลังงานการใช้ไฟฟ้า ด้านการใช้เชื้อเพลิงและขนส่ง ด้านการ กำจัดของเสียและด้านอื่นๆ ได้แก่การใช้ เชื้อเพลิงและการพลังงานใช้ไฟฟ้าผลการวิจัย ปริมาณ คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิมีปริมาณการปล่อย เป็นปริมาณรวมทั้งสิ้น 3,469.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีหรือคิดเป็นปริมาณ 0.569 ตัน ต่อนักศึกษาหนึ่งคน ต่อปีโดยมีสัด ส่วนการปล่อยมากที่สุดคือปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศภายในอาคารเรียน คิดเป็นร้อยละ 52.62 รองลงมาคือสัดส่วนการปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและขนส่งจาก ยานพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ที่มีปริมาณการปล่อยคิดเป็นร้อยละ 29.70 การลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ และการลดปริมาณการขับขี่ยานพาหนะชนิด รถจักรยานยนต์ จะเป็น แนวทางทำให้ลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ดีที่สุด

ภัทราภรณ์ ศรีอภัย และคณะ (2564) ได้ทำการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ โรงพยาบาลราชพิพัฒน์ สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและเสนอแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงพยาบาลราชพิพัฒน์ สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสำรวจ แหล่งที่มาและกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปีงบประมาณ 2562 (ต.ค.61-ก.ย. 62) และสัมภาษณ์บุคลากรของโรงพยาบาลที่เกี่ยวข้องจำนวน 7 คน โดยมีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นค่าคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2eq) ที่เกิดจาก กิจกรรมการดำเนินงานขององค์กรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามแนวทางการประเมิน คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงพยาบาลราชพิพัฒน์ในปีงบประมาณ2562 เท่ากับ 2,027.82 ตัน CO_2eq ต่อปี แบ่งออกเป็นประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซ เรือนกระจกทางตรงขององค์กร เท่ากับ 592.97 ตัน CO_2eq ต่อปี ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือน กระจกทางอ้อมจากการใชพ้ ลังงานขององค์กร เท่ากับ 982 ตัน CO_2eq ต่อปี ประเภทที่ 3 การปล่อย ก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ เท่ากับ 271.67 ตัน CO_2eq

ต่อปี และประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม เท่ากับ 181.18 ตัน CO_2eq ต่อปี ซึ่งประเภทที่ 2 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อย ละ 48.43 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรองลงมาเป็นประเภทที่ 1 ร้อยละ 29.24 ประเภทที่ 3 ร้อยละ 13.40 และประเภทที่รายงานแยกเพิ่มเติม ร้อยละ 8.93 ตามลำดับ แนวทางการลดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงพยาบาลราชพิพัฒน์ ได้แก่ 1) ขับเคลื่อนการดำเนินการลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกในทุกกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง 2) บริหารจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบครบ วงจร 3) พัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 4) สื่อสาร ข้อมูลให้บุคลากรและประชาชนที่มารับบริการทราบ และ 5) ส่งเสริมให้บุคลากรคิดค้นเทคโนโลยีการ จัดการและอนุรักษ์พลังงาน

A. Atmaca et al. (2015) ได้ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของอาคารที่อยู่อาศัย 2 แห่งใน Gaziantep ประเทศตุรกีปัจจุบันอาคารมีความรับผิดชอบมากกว่า 40% ของการใช้พลังงานทั่วโลกและมากถึง 33% ของโลกการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา ซึ่งวงจรชีวิต (LCEA) และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (LCCO2A) ของอาคารที่พักอาศัยสองหลัง ได้ดำเนินการการศึกษารวมถึงการทบทวนวรรณกรรมข้อมูลที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ที่ครอบคลุม และวิธีการและให้การประยุกต์ใช้วิธีการที่พิจารณาอาคารที่อยู่อาศัยจริงสองแห่งสร้างใน Gaziantep, ตุรกี รูปแบบที่เสนอมุ่งเน้นไปที่การก่อสร้างอาคาร การดำเนินงาน และขั้นตอนการรื้อถอนเพื่อ ประเมินการใช้พลังงานทั้งหมดและการปล่อยก๊าซคาร์บอนตลอดอายุการใช้งาน 50 ปี พารามิเตอร์ ประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษถูกกำหนดสำหรับอาคารต่อตารางเมตร พบว่าระยะ การดำเนินงานมีความโดดเด่นทั้งในอาคารที่อยู่อาศัยในเมืองและชนบทและมีส่วน 76-73% ของความต้องการพลังงานหลักและ 59-74% ของการปล่อย CO_2 ตามลำดับ พลังงานที่รวบรวม (EE) ของอาคารคิดเป็น 24-27% ของการใช้พลังงานตลอดอายุการใช้งานโดยรวม ผลการวิจัยแสดงให้เห็น ว่าเนื่องจากความแตกต่างของโครงสร้างอาคารมาตรฐานการครองชีพและพฤติกรรมการปรับอากาศ ความต้องการพลังงานตลอดอายุการใช้งานในอาคารที่อยู่อาศัยในชนบทจึงต่ำกว่าสภาพเมือง 18%

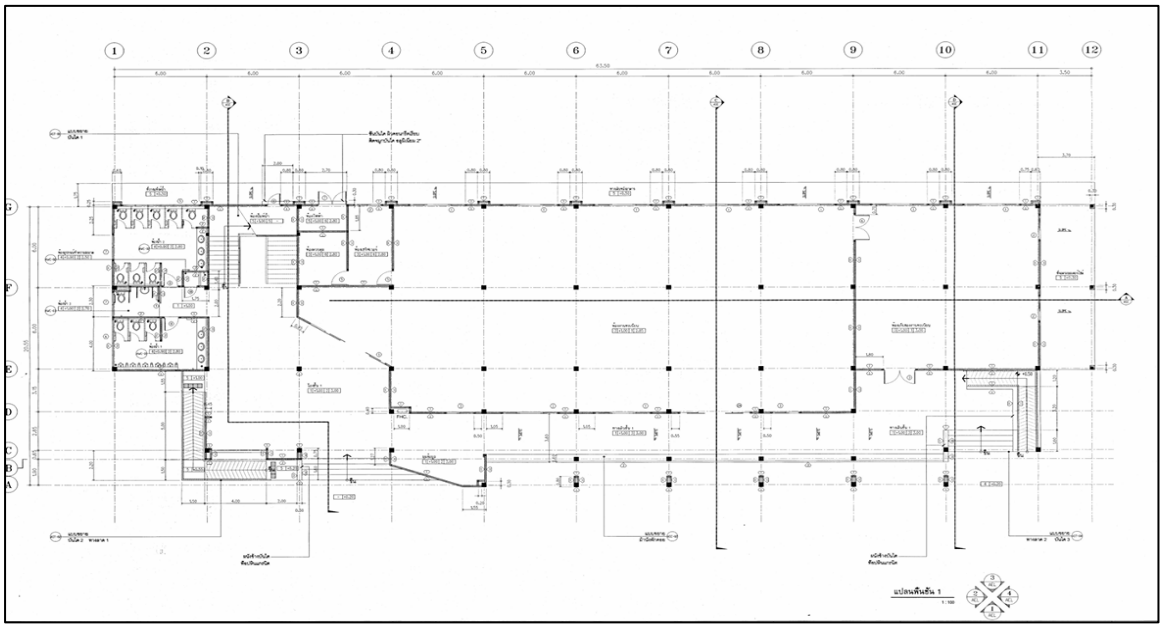
Xilong Cong et al (2015) ได้ศึกษาการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารต่างๆ ในประเทศจีนโดยใช้แบบจำลอง STIRPAT โดยมุ่งเน้นไปที่การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอาคารในประเทศจีน ซึ่งเป็นตัวปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ภายใต้สภาพอากาศที่แตกต่างกัน ได้ศึกษาโดยใช้แบบจำลอง STIRPAT มีการคัดเลือกปัจจัย 5 ประการ ได้แก่ อาคารที่พักอาศัย, ความสูงระหว่างชั้น, ระดับของการบริโภคในครัวเรือน, มูลค่าผลผลิตของอุตสาหกรรมระดับอุดมศึกษา และ การปล่อยก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ต่อขนาดพื้นที่ของอาคาร การปล่อยมลพิษตามสภาพภูมิอากาศของอาคารถูก นำมาพิจารณา ได้แก่ ฤดูหนาวที่อากาศหนาวจัดมาก, ฤดูหนาว, ฤดูร้อนค่อนข้างเย็น และฤดูหนาวที่ ค่อนข้างอบอุ่น ตามลำดับ ปัจจัยทั้งหมดสามารถทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ได้ในระดับที่แตกต่างกันของภูมิภาค

2. สมมติฐานในการศึกษา

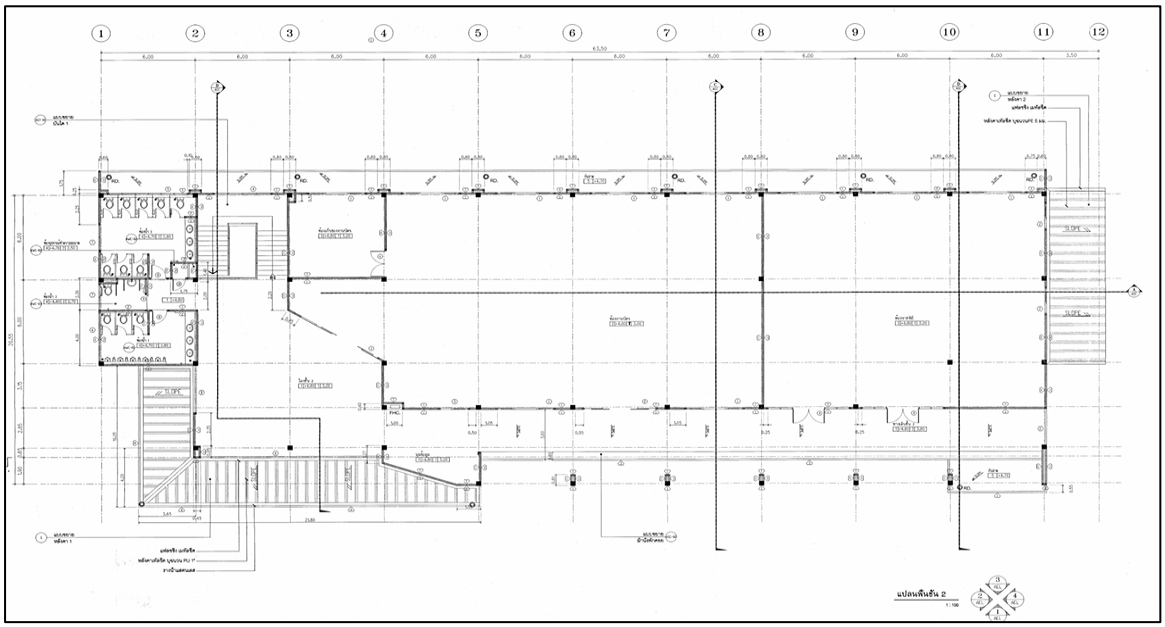
เทศบาลนครแหลมฉบังมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

3. ขั้นตอนการศึกษา

3.1 การสำรวจอาคารสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง



ภาพที่ 1 แผนผังอาคารชั้น 1 สำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง



ภาพที่ 2 แผนผังอาคารชั้น 2 สำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง

3.2 การสำรวจอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

3.3 ประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง โดยใช้สมการ

GHG Emission = Activity Data (AD) x Emission Factor (EF)

GHG Emissions = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

AD = ข้อมูลกิจกรรม

EF = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ที่มา : องค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การประเมินคาร์บอนฟุตพรินท์ขององค์กรและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของอาคารสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ผู้ศึกษาได้มีกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ตามแนวความคิดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Foot Print for Organization: CFO) โดยกิจกรรมที่ให้บริการประชาชนด้านการทำทะเบียนบ้าน และบัตรประจำตัวประชาชน

ปัจจุบันคาดว่ามีประชากรในเขตเทศบาลนครแหลมฉบังเป็นจำนวนไม่ต่ำกว่า 100,000 คนในแต่ละวัน ในขณะที่สถิติของสำนักงานทะเบียนราษฎรท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง มีจำนวน 86,833 คน แยกเป็นชาย 42,666 คน หญิง 44,167 คน ซึ่งส่วนมากจะเป็นประชากรแฝงประมาณ 40,000 คนที่เข้ามาทำงานในเขตนิคมอุตสาหกรรม ท่าเรือแหลมฉบัง และเครือสหพัฒน์ฯ และที่อื่น ๆ โดยที่ไม่มีการย้ายทะเบียนบ้านเข้ามาอยู่แต่อย่างใด โดยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขาย รับจ้างทั่วไป และบางส่วนประกอบอาชีพเกษตรและประมง ทั้งนี้ได้เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสำนักงาน แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ค่ากำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)/วัน
1	เครื่องปรับอากาศ 13648 BTU	3	3.9998	8
	เครื่องปรับอากาศ 15054 BTU	2	4.4119	8
	เครื่องปรับอากาศ 19448 BTU	1	5.6996	8
	เครื่องปรับอากาศ 28319 BTU	2	8.2994	8
	เครื่องปรับอากาศ 36508 BTU	1	10.6994	8
	เครื่องปรับอากาศ 40602 BTU	25	11.8993	8
2	เครื่องพิมพ์เอกสาร	36	0.67	8

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ค่ากำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)/วัน
3	เครื่องสำรองไฟฟ้า	23	0.60	8
4	เครื่องคอมพิวเตอร์	45	0.30	8
5	หลอดไฟ	298	0.018	8
6	เครื่องถ่ายเอกสาร	6	0.60	8
7	เครื่องอ่านบัตร	13	0.22	8
8	เครื่องโทรสาร	2	0.40	8
9	เครื่องเคลือบบัตร	1	0.62	8
10	เครื่องทำลายเอกสาร	1	0.50	8
11	โทรทัศน์	3	0.40	8
12	เครื่องสแกน	5	0.0025	8
13	เครื่องกรองอากาศ	5	0.027	8
14	เครื่องเจาะกระดาษ	1	0.12	8
15	กล้องวีดีโอ	2	0.30	8
16	โทรศัพท์	8	0.001	8
17	กล่องสัญญาณอินเตอร์เน็ต	2	0.0021	8

ผลการศึกษา

การศึกษาเรื่องการประเมินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ผู้วิจัยแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ วิเคราะห์ข้อมูลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง และแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

1. วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

1.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ประจำปีงบประมาณ 2567 พบว่า เครื่องปรับอากาศมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 83.94 รองลงมาเป็นเครื่องพิมพ์เอกสาร คิดเป็นร้อยละ 5.76 เครื่องสำรองไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 3.30 เครื่องคอมพิวเตอร์ คิดเป็นร้อยละ 3.23 หลอดไฟ คิดเป็นร้อยละ 1.28 เครื่องถ่ายเอกสาร คิดเป็นร้อยละ 0.86 เครื่องอ่านบัตร คิดเป็นร้อยละ 0.68 โทรทัศน์ คิดเป็นร้อยละ 0.29 เครื่องโทรสาร คิดเป็นร้อยละ 0.19 เครื่องเคลือบบัตร คิดเป็นร้อยละ 0.15 กล้องวิดีโอ คิดเป็นร้อยละ 0.14 เครื่องทำลายเอกสาร คิดเป็นร้อยละ 0.12 เครื่องกรองอากาศ

คิดเป็นร้อยละ 0.03 เครื่องเจาะกระดาษ คิดเป็นร้อยละ 0.03 เครื่องสแกน คิดเป็นร้อยละ 0 โทรศัพท์ คิดเป็นร้อยละ 0 และกล่องสัญญาณอินเตอร์เน็ต คิดเป็นร้อยละ 0 ตามลำดับ แสดงตามตารางที่ 2 และภาพที่ 3

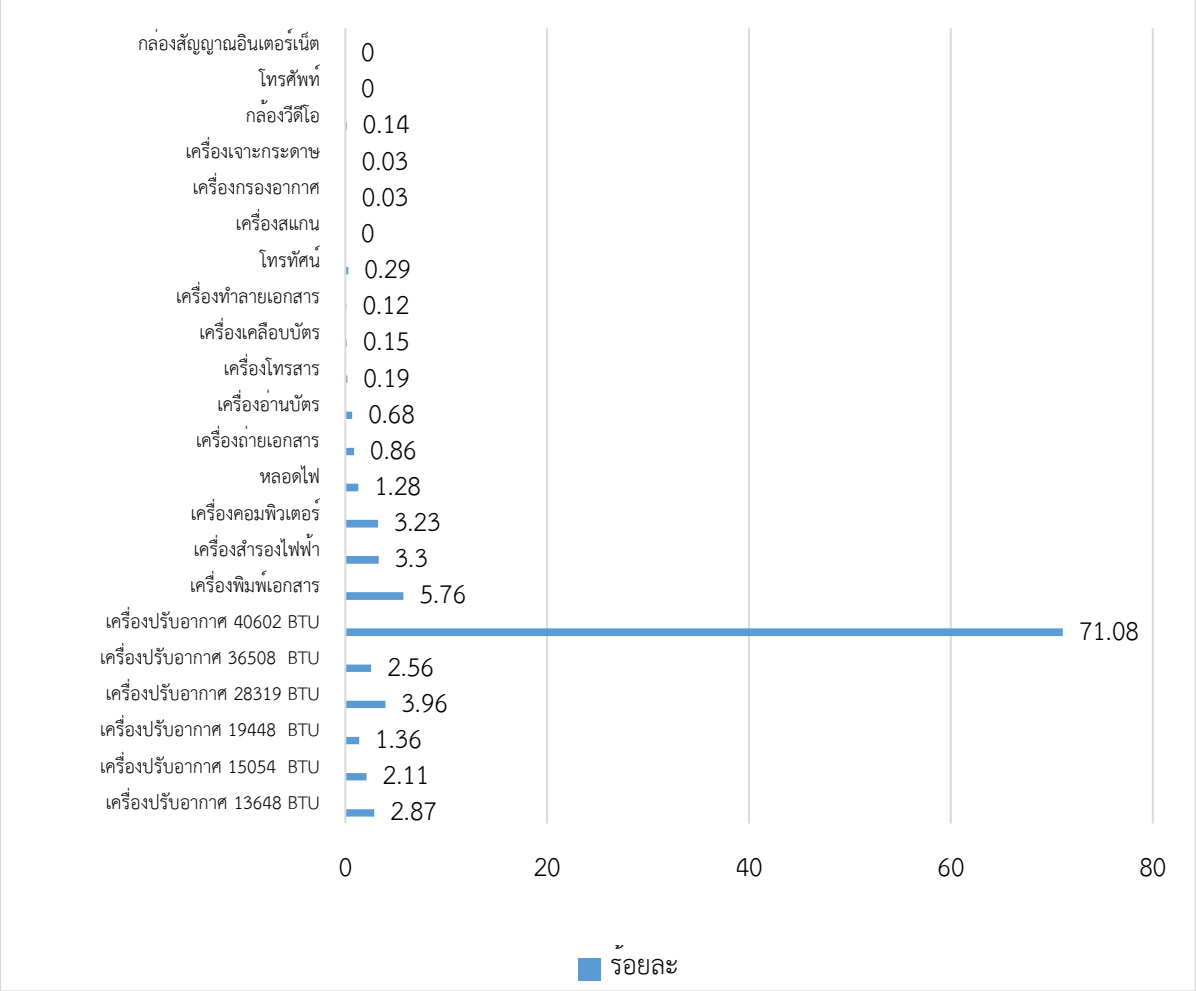
ตารางที่ 2 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ปีงบประมาณ 2567

ลำดับที่	รายการ	จำนวน	ค่ากำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	เวลาที่ใช้ (ชั่วโมง)/ปี	ค่า EF	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($tonCO_2e$)/ปี
1	เครื่องปรับอากาศ 13648 BTU	3	3.9998	1,952	0.5986	14,020.91
	เครื่องปรับอากาศ 15054 BTU	2	4.4119	1,952	0.5986	10,310.32
	เครื่องปรับอากาศ 19448 BTU	1	5.6996	1,952	0.5986	6,659.80
	เครื่องปรับอากาศ 28319 BTU	2	8.2994	1,952	0.5986	19,395.15
	เครื่องปรับอากาศ 36508 BTU	1	10.6994	1,952	0.5986	12,501.90
	เครื่องปรับอากาศ 40602 BTU	25	11.8993	1,952	0.5986	347,598.54
2	เครื่องพิมพ์เอกสาร	36	0.67	1,952	0.5986	28,183.43
3	เครื่องสำรองไฟฟ้า	23	0.60	1,952	0.5986	16,124.85
4	เครื่องคอมพิวเตอร์	45	0.30	1,952	0.5986	15,774.31
5	หลอดไฟ	298	0.018	1,952	0.5986	6,267.66
6	เครื่องถ่ายเอกสาร	6	0.60	1,952	0.5986	4,206.48
7	เครื่องอ่านบัตร	13	0.22	1,952	0.5986	3,341.82
8	เครื่องโทรสาร	2	0.40	1,952	0.5986	934.77
9	เครื่องเคลือบบัตร	1	0.62	1,952	0.5986	724.45
10	เครื่องทำลายเอกสาร	1	0.50	1,952	0.5986	584.23
11	โทรทัศน์	3	0.40	1,952	0.5986	1,402.16
12	เครื่องสแกน	5	0.0025	1,952	0.5986	14.61
13	เครื่องกรองอากาศ	5	0.027	1,952	0.5986	157.74
14	เครื่องเจาะกระดาษ	1	0.12	1,952	0.5986	140.22
15	กล้องวีดีโอ	2	0.30	1,952	0.5986	701.08
16	โทรศัพท์	8	0.001	1,952	0.5986	9.35
17	กล่องสัญญาณอินเตอร์เน็ต	2	0.0021	1,952	0.5986	4.91

แหล่งที่มาของค่า EF = 0.5986 จาก https://thaicarbonlabel.tgo.or.th, 2019

ตารางที่ 3 ร้อยละของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ปีงบประมาณ 2567

ลำดับที่	รายการ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($tonCO_2e$/ปี)	ร้อยละ
1	เครื่องปรับอากาศ 13648 BTU	14,020.91	2.87
	เครื่องปรับอากาศ 15054 BTU	10,310.32	2.11
	เครื่องปรับอากาศ 19448 BTU	6,659.80	1.36
	เครื่องปรับอากาศ 28319 BTU	19,395.15	3.96
	เครื่องปรับอากาศ 36508 BTU	12,501.90	2.56
	เครื่องปรับอากาศ 40602 BTU	347,598.54	71.08
2	เครื่องพิมพ์เอกสาร	28,183.43	5.76
3	เครื่องสำรองไฟฟ้า	16,124.85	3.30
4	เครื่องคอมพิวเตอร์	15,774.31	3.23
5	หลอดไฟ	6,267.66	1.28
6	เครื่องถ่ายเอกสาร	4,206.48	0.86
7	เครื่องอ่านบัตร	3,341.82	0.68
8	เครื่องโทรสาร	934.77	0.19
9	เครื่องเคลือบบัตร	724.45	0.15
10	เครื่องทำลายเอกสาร	584.23	0.12
11	โทรทัศน์	1,402.16	0.29
12	เครื่องสแกน	14.61	0.00
13	เครื่องกรองอากาศ	157.74	0.03
14	เครื่องเจาะกระดาษ	140.22	0.03
15	กล้องวีดีโอ	701.08	0.14
16	โทรศัพท์	9.35	0.00
17	กล่องสัญญาณอินเตอร์เน็ต	4.91	0.00
	รวม	489,058.69	100



ภาพที่ 3 ร้อยละของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ปีงบประมาณ 2567

2. แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

2.1 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานขององค์กร กล่าวคือ การใช้ไฟฟ้าของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง เครื่องปรับอากาศมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด สำหรับแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง มีดังนี้

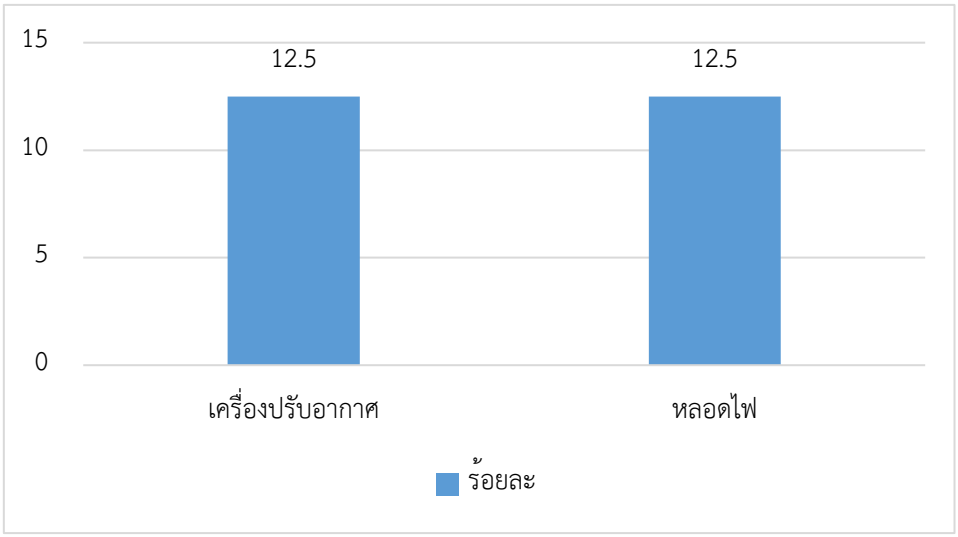
(1) การติดตั้งหรือตำแหน่งของเครื่องปรับอากาศ มีความสำคัญในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และส่วนสำคัญของเครื่องปรับอากาศที่ต้องคำนึงถึงน้ำยาแอร์

(2) การกำหนดนโยบายการลดการใช้ไฟฟ้าของสำนักงาน

สำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างมาก โดยเฉพาะการใช้เครื่องปรับอากาศ มีการใช้เครื่องปรับอากาศตลอดเวลาราชการ เพื่อให้บริการกับประชาชนที่เข้ามารับบริการ ดังนั้น สำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ควรมีการกำหนดนโยบายเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน เช่น เปิดเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส ปิดเครื่องปรับอากาศ และปิดไฟ ในช่วงเวลา 12.00 - 13.00 น. การปิดเครื่องปรับอากาศ จำนวน 1 ชั่วโมง และการปิดไฟ จำนวน 1 ชั่วโมง สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ทั้งสิ้น 52,094.29 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 25 แสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 4

ตารางที่ 4 การลดลงของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ สำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ปีงบประมาณ 2567

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า	**ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($tonCO_2e$)/ปี**	**ร้อยละ**
เครื่องปรับอากาศ	51,310.83	12.50
หลอดไฟ	783.46	12.50
รวม	52,094.29	25



ภาพที่ 4 ร้อยละของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ลดลงของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง ปีงบประมาณ 2567

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง และได้ทราบถึงแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกของอาคารสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง โดยการใช้แนวทางจากองค์การจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานภาครัฐให้เป็นอาคารสีเขียว โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) การใช้แผ่นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งจะช่วยรักษาอุณหภูมิภายในอาคารให้คงที่ แผ่นฉนวนกันความร้อนจึงทำให้พลังงานน้อยลง โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. แผ่นฟอยล์กันความร้อน แผ่นฟอยล์กันความร้อน เป็นแผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ 2 หน้าที่การสะท้อนรังสีความร้อนได้มากถึง 97% อีกทั้งยังมีความสามารถในการทนต่อแรงดึง ทำให้ไม่ฉีกขาดง่าย
2. ฉนวนกันความร้อน PE ฉนวนกันความร้อน PE หรือบางคนอาจเรียกว่า Polyethylene Foam คือ ฉนวนแบบแผ่นที่มีส่วนผสมจากโพลีเอทิลีนอยู่ภายในฉนวน จึงสามารถนำมาใช้เป็นฉนวนใต้แผ่นหลังคาเมทัลชีทได้ ทำให้มีโครงสร้างฉนวนแข็งแรง เหนียว ทนทานต่อแรงกระแทก อีกทั้งยังมีอายุการใช้งานยาวนานเพิ่มขึ้นด้วย
3. ฉนวนกันความร้อนใยแก้ว ฉนวนกันความร้อนใยแก้วคือ ฉนวนใยแก้วมาหุ้มทั้ง 2 ด้านแต่ไม่ยึดติดกันโดยภายในฉนวนชนิดนี้จะมีการผสมอลูมิเนียมฟอยล์ 1 ด้าน และ แบบอลูมิเนียมฟอยล์ 2 ด้าน ฉนวนชนิดนี้เหมาะกับการติดตั้งบริเวณโครงหลังคาและแบบปูบนฝ้าเพดาน ซึ่งข้อดี คือ ติดตั้งได้ง่ายและยังไม่ลามไฟ
4. ฉนวนกันความร้อนแอร์บับเบิ้ล เป็นฉนวนที่มีแผ่นพลาสติกกันกระแทกอยู่ภายใน ทำให้มวลอากาศสามารถเข้าไปได้ทั้ง 2 ด้าน และยังทำหน้าที่ในการสะท้อนความร้อน
5. ฉนวนกันความร้อนใยหิน (ร็อควูล) เป็นฉนวนที่มีเส้นใยหินบะซอลท์เกิดจากกระบวนการจากธรรมชาติของภูเขาไฟอยู่ด้านใน จึงสามารถทำให้ดูดซับได้ทั้งความร้อนและเสียงได้ดี
6. ฉนวนกันความร้อนเซลลูโลส ฉนวนที่สร้างมาจากไม้หรือกระดาษที่ถูกนำมารีไซเคิล ซึ่งฉนวนชนิดนี้จึงสามารถดูดซับความร้อนออกได้มากถึง 90% และยังสามารถดูดซับเสียงได้อีก 75%

2) การใช้พลังงานทดแทน พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติและเกิดขึ้นต่อเนื่อง สามารถใช้ทดแทนพลังงานเดิมและช่วยลดปัญหามลพิษได้ เช่น พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเอง จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (Nuclear Fusion) บนดวงอาทิตย์ ที่ปลดปล่อยพลังงานออกมาจากแก่นกลางของดาวฤกษ์ ทั้งพลังงานความร้อน แสงสว่าง รังสี หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) เป็นพลังงานสะอาดเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สามารถนำมาผลิต

กระแสไฟฟ้าได้ หรือที่เราเรียกกันว่าโซลาร์เซลล์ (Solar Cell) อีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ซึ่งสำนักทะเบียนท้องถิ่นเทศบาลนครแหลมฉบัง มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์สำหรับอาคาร จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร และลดค่าไฟฟ้าของสำนักงานได้อีกด้วย ทั้งนี้การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ควรพิจารณาปัจจัยหลายด้าน เช่น ต้นทุนในการติดตั้ง รวมไปถึงการจัดการซากแผงโซลาร์เซลล์ เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง พบว่า เครื่องปรับอากาศมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 410,486.617 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นร้อยละ 83.94 เนื่องจากสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบังเป็นหน่วยงานภาครัฐ ให้บริการประชาชนในด้านงานทะเบียนราษฎร์ และงานบัตรประจำตัวประชาชน จึงทำให้การใช้เครื่องปรับอากาศของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด

แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง จากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งสิ้น 489,058.69 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังนั้น แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของสำนักทะเบียนท้องถิ่น เทศบาลนครแหลมฉบัง คือ การกำหนดนโยบายการลดการใช้ไฟฟ้าของสำนักงาน เช่น การเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ หลอดไฟ ซึ่งเป็นการลดค่าไฟฟ้าของสำนักงานอีกด้วย การใช้แผ่นฉนวนกันความร้อนสำหรับอาคาร และการใช้พลังงานทดแทน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้บริหารและหน่วยงานต้นสังกัดที่สนับสนุนข้อมูลที่เป็นเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์สุนทรี ขุนทอง และผู้ให้คำปรึกษาทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำสนับสนุนจนทำการศึกษาวิจัยสำเร็จด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

ภัทราภรณ์ ศรีอภัย และ วิสาขา ภู่จินดา. 2564. การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และ แนวทางการลดการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของโรงพยาบาลราชพิพัฒน์ สำนักการแพทย์ กรุงเทพมหานคร. ปีที่ 15 ฉบับที่ 36 (2021): มกราคม-เมษายน 2564 .

สุรวุฒิ สุดหา และ ดุษฎีพร หิรัญ วารสารวิศวกรรมศาสตร์. 26, 1 (ม.ค.-เม.ย. 2562), 227-233.คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

องค์การบริหารจัดการก๊าซรือนกระจก (องค์การมหาชน). คู่มือการคำนวณการลดก๊าซเรือนกระจก สำหรับโครงการภาคพลังงานและของเสีย (ออนไลน์) 2561. แหล่งที่มา: http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2018/GHG_Reduciton.pdf, กันยายน 2561.

Atmaca, N. Atmaca. 2015. Life cycle energy (LCEA) and carbon dioxide emissions (LCCO2A) assessment of two residential buildings in Gaziantep, Turkey Energy and Buildings. Volume 102: 417-43.

Xilong Cong et al. 2015. Analysis of Carbon Dioxide Emissions of Buildings in Different Regions of China Based on STIRPAT Model. Procedia Engineering 121 (2015) 645 – 652.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน ด้วยกกกลมและธูปฤาษีโดยระบบพืชกรองน้ำเสีย

Comparison of the efficiency of municipal wastewater treatment using round sedge and cattail the wastewater filtration plant system.

ธวัชชัย แก้วยม[1*] ศิริลักษณ์ ราชประสิทธิ์[1] ฤทัยรัตน์ น้อยคนดี[1] ธนาวรรณ พิณะเวศน์ [1] พรทวี กองร้อย[1] อิสระ ตั้งสุวรรณ[1] และ พิณทิพย์ แก้วแกมทอง[1]

Thawatchai Kaewyom[1*] Sirilak Ratchaprasit[1] Rutharat Noikondee[1] Thanawan Pinawet[1] Porntawee Kongroy[1] Itsara Tangsuwan[1] and Pintip Kaewkamthong[1]

[1] สาขาการจักการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ 83 หมู่ 11 ถนนสระบุรี-หล่มสัก ตำบลสะเดียง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

[1] Department of Natural Resources and Environmental Management, Faculty of Scientists, Phetchabun Rajabhat University 83 Village No. 11, Saraburi-Lomsak Road, Sadaeng Subdistrict, Mueang District, Phetchabun Province 67000

*Corresponding author E-mail: std64110206103@pcru.at.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกกกลมและธูปฤาษีโดยระบบพืชกรองน้ำเสีย มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชุนด้วยพืชกกกลมและธูปฤาษีในระบบพืชกรองน้ำเสีย ซึ่งมีเทคนิคการบำบัดน้ำเสียแบบขังน้ำห้าวันสลับแห้งสองวัน ในโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียเข้าระบบและออกจากระบบของแปลงกกกลมและแปลงธูปฤาษี ในช่วงเดือน เมษายน – ตุลาคม 2567

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกกกลมและธูปฤาษีโดยระบบพืชกรองน้ำเสีย ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทางกายภาพ และวิเคราะห์ทางเคมี โดยใช้ดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำเสียชุมชน ได้แก่ ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมด, ค่าบีโอดี, ค่าทีเคเอ็น และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด จากการศึกษาพบว่า ต้นกกกลมมีประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 1.60 ค่าบีโอดีร้อยละ 64.69 ค่าทีเคเอ็นร้อยละ 58.85 และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ -36.53 และต้นธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมดร้อยละ 2.20 ค่าบีโอดีร้อยละ 72.01 ค่าทีเคเอ็นร้อยละ 33.96 และค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ -0.39

สรุปได้ว่าต้นธูปฤาษีโดยรวมมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ดีกว่าต้นกกกลม ซึ่งต้นธูปฤาษีเหมาะสมแก่การนำไปบำบัดน้ำเสียในชุมชน เป็นพืชที่หาได้ง่าย ต้นทุนต่ำและมีความทนทานต่อน้ำเสียได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : กกกลม ธูปฤาษี ระบบพืชกรองน้ำเสีย

Abstract

This research aims to compare the efficiency of community wastewater treatment using round rush (Schoenoplectus validus) and cattail (Typha angustifolia) in a constructed wetland system. The treatment technique involves a cycle of five days of water retention followed by two days of drying. The study was conducted under the Environmental Research and Development Project at Laem Phak Bia, initiated under the Royal Project. Wastewater samples were collected both before entering and after exiting the round rush and cattail treatment plots between April and October 2024.

The efficiency comparison was based on physical and chemical analyses using key wastewater quality indicators, including total dissolved solids (TDS), biochemical oxygen demand (BOD), total Kjeldahl nitrogen (TKN), and total phosphorus (TP). The results showed that round rush achieved a removal efficiency of 1.60% for TDS, 64.69% for BOD, 58.85% for TKN, and -36.53% for TP. Meanwhile, cattail demonstrated a removal efficiency of 2.20% for TDS, 72.01% for BOD, 33.96% for TKN, and -0.39% for TP.

In conclusion, cattail exhibited a higher overall efficiency in wastewater treatment compared to round rush. Cattail is a suitable plant for community wastewater treatment due to its easy availability, low cost, and high tolerance to wastewater conditions.

Keywords : round sedge, cattail, wastewater filtration plant system

บทนำ

ปัจจุบันการเพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้ความต้องการใช้ทรัพยากรน้ำมีมากขึ้นไม่ว่าจะเพื่อการเกษตร การอุปโภค-บริโภค การท่องเที่ยว อุตสาหกรรม รวมถึงเพื่อการรักษาระบบนิเวศต่างๆ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ล้วนเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะพื้นที่เมือง/ชุมชนขนาดใหญ่อย่างเช่น เทศบาลเมืองเพชรบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีอุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ผลิตขนมหวาน และลักษณะการตั้งถิ่นฐานตามฝั่งแม่น้ำเพชรบุรี โดยร้อยละ 85-90 ของน้ำที่ใช้จะแปรสภาพเป็นน้ำเสียหรือสารอินทรีย์ปนเปื้อนลงในแม่น้ำเพชรบุรี อันจะส่งผลให้เกิดแหล่งน้ำเสื่อมโทรมได้ จากแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 9 ที่ทรงเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาความเสื่อมโทรมของแม่น้ำเพชรบุรี จึงมีพระราชประสงค์ให้นำน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีไปบำบัดที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยใช้ระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย ระบบพืชและหญ้ากรองน้ำเสีย ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำเทียม และระบบป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติในการบำบัดน้ำเสีย โดยเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียดังกล่าวมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี ร้อยละ 85- 90 (เกษม, 2565)

ระบบพืชและหญ้ากรองน้ำเสียเป็นระบบที่ใช้พืชร่วมกับดินและจุลินทรีย์ทำงานร่วมกันในการบำบัดน้ำเสีย ลักษณะโครงสร้างของแปลงสามารถปรับประยุกต์ใช้ได้ง่ายๆ ขั้นตอนการดำเนินงานไม่ยุ่งยากซับซ้อน โดยใช้วิธีการปล่อยให้น้ำเสียไหลผ่านแปลงปลูกพืช น้ำเสียจะไหลผ่านผิวดินและต้นพืชจนกระทั่งไหลผ่านแปลงน้ำเสียเหล่านี้จะได้รับการบำบัดให้คุณภาพของน้ำดีขึ้น

จากกิจกรรมดังกล่าวที่ชุมชนมีการใช้น้ำในการอุปโภค-บริโภคทำให้เกิดน้ำเสีย ส่งผลกระทบให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ ทัศนียภาพที่ไม่สวยงาม รวมไปถึงระบบนิเวศได้รับผลกระทบตามไปด้วย โดยการศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อบ่งชี้ถึงปัญหาน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในชุมชน ซึ่งเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TDS), บีโอดี (BOD), ค่าไนโตรเจนในรูปทีเคเอ็น (TKN), และฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) ในแปลงปลูกกกกลม และธูปฤาษีในระบบบำบัดน้ำเสียระบบพืชและหญ้ากรองน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เพื่อนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการเลือกชนิดพืชบำบัดน้ำเสียและลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียในครัวเรือนได้ด้วยตนเอง

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกกกลม (CW 1) และธูปฤาษี (CW 2) โดยระบบพืชกรองน้ำเสีย มีวิธีการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแปลงบำบัดน้ำเสีย

ระบบการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกกกลม (CW 1) และธูปฤาษี (CW 2) โดยระบบพืชกรองน้ำเสียได้ก่อสร้างที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ที่ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

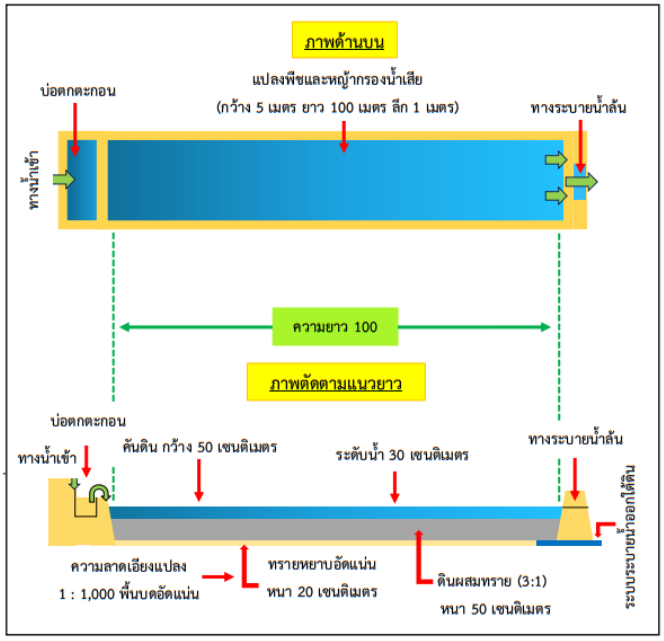
1.1 อุปกรณ์/เครื่องมือ ที่ใช้ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วย รถขุด รถบดดิน ดินผสมทราย ทรายหยาบ ท่อ PVC และเหง้าต้นกกกลมกับธูปฤาษี

1.2 วิธีการ

1) ก่อสร้างแปลงขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 100 เมตร ลึก 1 เมตร ทำได้โดยการขุดดินและสร้างคันดินขึ้น ซึ่งคันดินควรมีความลาดชั้น 1 : 1 ขนาดกว้าง 50 เซนติเมตร จะต้องทำการอัดให้แน่นเพื่อลดการรั่วซึม ความลาดเทของพื้นแปลงทางความยาวเท่ากับ 1 : 1,000 พร้อมทั้งบดอัดให้แน่น และตอนท้ายของแปลงมีทางระบายน้ำในลักษณะน้ำล้นและการวางท่อใต้ดิน

2) ใส่ทรายหยาบรองพื้นในแปลงเกลี่ยให้สม่ำเสมอทั่วทั้งแปลงและอัดให้แน่นหนา 20 เซนติเมตร

3) จากนั้นใส่ดินผสมทรายที่เตรียมไว้ในสัดส่วน ดิน 3 ส่วน ทราย 1 ส่วน และผสมให้เข้ากันลงในแปลงเกลี่ยให้มีความสม่ำเสมอ และให้มีความสูงจากท้องแปลง 50 เซนติเมตร (ดังภาพที่ 1.1)



ภาพที่ 1.1 ลักษณะ และขนาดแปลงพืชและหญ้ากรองน้ำเสีย
ที่มา : ดัดแปลงจากมูลนิธิชัยพัฒนา (2565)

1.3 การปลูกพืชและเทคนิคการให้น้ำเสียแก่ระบบ

1) ปลูกพืชน้ำด้วยเหง้าของพืชน้ำหรือกล้าไม้น้ำจากผิวดินลงลึกประมาณ 25 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแถวและต้นของพืชต้องห่างกัน 40x40 เซนติเมตร

2) ใช้น้ำคลองชลประทานหรือน้ำในแม่น้ำขังไว้ประมาณ 2 อาทิตย์ หรือมากกว่า ให้พืชน้ำที่นำมาใช้ปลูกได้ปรับสภาพก่อนแล้วจึงปล่อยน้ำเสียเข้าสู่แปลงเพื่อเข้ากระบวนการการบำบัด

3) การให้น้ำเสียแก่ระบบจะปล่อยน้ำขัง 30 เซนติเมตร เป็นเวลา 5 วัน สลับแห้ง 2 วัน

4) ต้องมีการตัดพืชน้ำในขณะที่พืชน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงสุด จากงานวิจัยพบว่า ตัดธูปฤาษี เมื่อครบอายุ 90 วัน ส่วนกกกลมตัดเมื่ออายุครบ 45 วัน ตัดเหนือจากผิวน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์การเก็บตัวอย่าง

1) อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างน้ำประกอบด้วย ขวดเก็บตัวอย่างน้ำ (PE) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ฟอยล์ และถุงมือยาง

2) เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพน้ำภาคสนามประกอบด้วย น้ำกลั่น TDS meter และทิชชู

2.2 จุดเก็บตัวอย่าง

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างจากแปลง 100 เมตร จำนวน 2 แปลง คือ แปลงกกกลม (แปลงที่ 2) และแปลงธูปฤาษี (แปลงที่ 4) เก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 จุด ได้แก่ จุด Input และจุด Output ซึ่งระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างใช้เวลา 7 เดือน ตั้งแต่ 22 เมษายน 2567 – 22 ตุลาคม 2567 จะเก็บจำนวนเดือนละ 1 ครั้ง

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำเสียด้วยวิธีการเก็บแบบจ้วงตัก (Grab Sampling) บริเวณผิวน้ำ ของแปลงกกกลม (แปลงที่ 2) และแปลงธูปฤาษี (แปลงที่ 4) จะใช้ขวดโพลีเอทีลีน (PE) ขนาด 1000 มิลลิลิตร ทั้งหมด 6 ขวด โดยจะเก็บน้ำเสียเข้าสู่ระบบบริเวณวาล์วน้ำ 3 ขวด และเก็บจุดปล่อยน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วออกจากระบบบริเวณหลังเวียร์ 3 ขวด โดยขวดเก็บตัวอย่างจำนวน 1 ขวดจะห่อด้วยกระดาษฟอยล์สำหรับวิเคราะห์ BOD และรักษาสภาพตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 °C วิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริตามวิธีมาตรฐาน (standard method) ของ AWWA APHA และ WEF และ TDS จะทำการตรวจวัดทันทีในภาคสนาม

3. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.1 การวิเคราะห์ทางด้านกายภาพ

1) ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TDS)

3.2 การวิเคราะห์ทางด้านเคมี

1) ค่าบีโอดี (BOD) 2) ค่าทีเคเอ็น (TKN) 3) ค่าฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำสีย

ทำการรวบรวมข้อมูล ค่าของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TDS), บีโอดี (BOD), ค่าทีเคเอ็น (TKN) และฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total-P) ของระบบบำบัดน้ำเสียระบบพืชและหญ้ากรองน้ำเสีย ในแปลงกกกลมและแปลงธูปฤาษี ในจุด Input และ Output ในช่วง 7 เดือน ตั้งแต่ 22 เมษายน 2567 – 22 ตุลาคม 2567 เพื่อนำมาคำนวณหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนของพืชทั้ง 2 ชนิด วิธีการคำนวณดังสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการบำบัด (ร้อยละ)} = \frac{(\text{ค่าน้ำเสียก่อนการบำบัด} - \text{ค่าน้ำเสียหลังการบำบัด}) \times 100}{\text{ค่าน้ำเสียก่อนการบำบัด}}$$

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน

ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชน ของแปลงธูปฤาษีและกกกลม โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel คำนวณสถิติ T-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P<0.05$)

ผลการวิจัย

จากการตรวจวัดคุณภาพน้ำจากแปลงบำบัด CW 1 และ CW 2 โดยวัดค่าพารามิเตอร์ TDS, BOD, TKN และ Total-P ในช่วงเดือนเมษายน – ตุลาคม มีผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ Influent และ Effluent ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพน้ำ Influent และ Effluent ของแปลง CW 1 และ CW 2 ในช่วงเดือน

แปลงพืช	พารามิเตอร์	เม.ย.		พ.ค.		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.		ก.ย.		ต.ค.	
		In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef	In	Ef
CW 1	TDS (mg/L)	272	238	263	328	269	240	268	252	342	364	308	315	462	412
	BOD (mg/L)	16.05	4.05	18.85	12.6	10.2	4.05	15.3	5.1	11.7	4.5	10.8	0.6	6.3	0.6
	TKN (mg/L)	6.72	2.24	3.92	1.68	5.04	2.24	2.8	0.56	2.24	2.8	2.8	1.12	5.04	1.12
	Total-P (mg/L)	1.410	2.313	1.407	1.688	1.391	0.911	1.550	8.740	1.959	2.168	1.548	0.709	2.006	1.229
CW 2	TDS (mg/L)	272	272	262	280	268	261	268	256	342	343	309	304	462	419
	BOD (mg/L)	17.7	2.45	16.45	5.5	15.3	5.25	16.2	3.3	10.8	5.1	13.2	3.9	15.4	3.9
	TKN (mg/L)	6.16	4.48	4.48	3.36	5.04	3.36	4.48	2.8	2.8	2.24	3.92	1.68	2.8	1.68
	Total-P (mg/L)	1.348	1.453	1.419	1.852	1.564	1.498	1.759	1.213	1.954	1.880	1.538	1.731	1.876	1.878

*หมายเหตุ CW 1 คือแปลงกกกลม (แปลงที่ 2) และ CW 2 คือแปลงธูปฤาษี (แปลงที่ 4)

จากตารางที่ 1.1 พบว่า CW 1 มีค่า TDS น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 272, 263, 269, 268, 342, 308 และ 462 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 238, 328, 240, 252, 364, 315 และ 412 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดย CW 2 มีค่า TDS น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 272, 262, 268, 268, 342, 309 และ 462 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 272, 280, 261, 256, 343, 304 และ 419 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

CW 1 มีค่า BOD น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 16.05, 18.85, 10.2, 15.3, 11.7, 10.8 และ 6.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 4.05, 12.6, 4.05, 5.1, 4.5, 0.6 และ 0.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดย CW 2 มีค่า BOD น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 17.7, 16.45, 15.3, 16.2, 10.8, 13.2, และ 15.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 2.45, 5.5, 5.25, 3.3, 5.1, 3.9 และ 3.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

CW 1 มีค่า TKN น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 6.72, 3.92, 5.04, 2.8, 2.24, 2.8 และ 5.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 2.24, 1.68, 2.24, 0.56, 2.8, 1.12 และ 1.12 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดย CW 2 มีค่า TKN น้ำเข้าระบบ ในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 6.16, 4.48, 5.04, 4.48, 2.8, 3.92 และ 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 4.48, 3.36, 3.36, 2.8, 2.24, 1.68 และ 1.68 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

CW 1 มีค่า Total-P น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ 1.410, 1.407, 1.391, 1.550, 1.959, 1.548 และ 2.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 2.313, 1.688, 0.911, 8.740, 2.168, 0.709 และ 1.229 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดย CW 2 มีค่า Total-P น้ำเข้าระบบในเดือนเมษายน-ตุลาคม มีค่าเท่ากับ **1.348**, **1.419**, **1.564**, **1.759**, **1.954**, **1.538** และ **1.876** มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของน้ำออกระบบ มีค่าเท่ากับ 1.453, 1.852, 1.498, 1.213, 1.880, 1.731 และ 1.878 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ตารางที่ 1.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียแปลงกกกลมและแปลงธูปฤาษี

แปลงพืช	พารามิเตอร์	Influent	Effluent	ประสิทธิภาพ (%)
CW 1	TDS (mg/L)	312.00±72.11	307.00±67.15	1.60
	BOD (mg/L)	12.74±4.24	4.50±4.02	64.69
	TKN (mg/L)	4.08±1.61	1.68±0.79*	58.85
	Total-P (mg/L)	1.61±0.26	2.54±2.80	-36.53
CW 2	TDS (mg/L)	311.86±72.32	305.00±58.44	2.20
	BOD (mg/L)	15.01±2.31	4.20±1.13	72.01
	TKN (mg/L)	4.24±1.20	2.80±1.02*	33.96
	Total-P (mg/L)	1.64±0.23	1.64±0.26	-0.39

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ทำการตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ TDS BOD TKN และ Total-P พบว่าประสิทธิภาพการบำบัดแปลงกกกลมและแปลงธูปฤาษีมีดังนี้

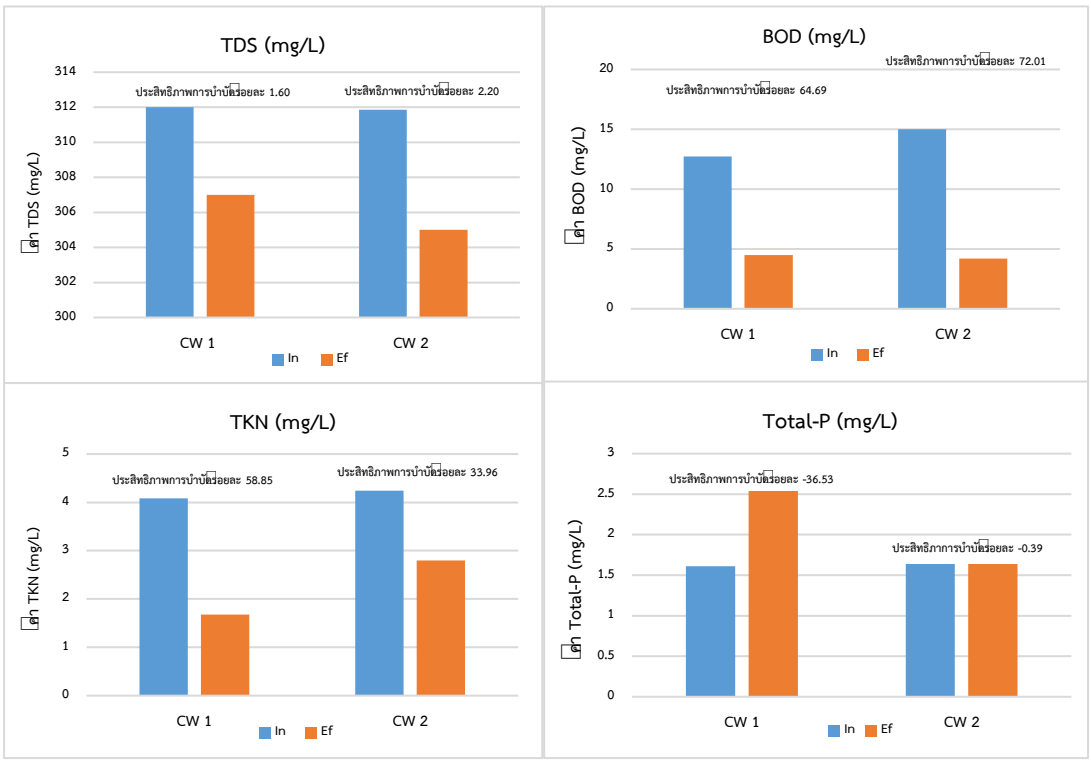
ประสิทธิภาพการบำบัดค่า TDS ของแปลงกกกลม มีค่าเท่ากับร้อยละ 1.60 และประสิทธิภาพของแปลงธูปฤาษี มีค่าเท่ากับร้อยละ 2.20

ประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD ของแปลงกกกลม มีค่าเท่ากับร้อยละ 64.69 และประสิทธิภาพของแปลงธูปฤาษี มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.01

ประสิทธิภาพการบำบัดค่า TKN ของแปลงกกกลม มีค่าเท่ากับร้อยละ 58.85 และประสิทธิภาพของแปลงธูปฤาษี มีค่าเท่ากับร้อยละ 33.96

ประสิทธิภาพการบำบัดค่า Total-P ของแปลงกกกลม มีค่าเท่ากับร้อยละ -36.53 และประสิทธิภาพของแปลงธูปฤาษี มีค่าเท่ากับร้อยละ -0.39

เมื่อนำค่าน้ำเข้าระบบบำบัดน้ำเสียเทียบกับค่าน้ำออกระบบบำบัดของแต่ละพารามิเตอร์เพื่อให้เห็นประสิทธิภาพการบำบัดของ CW 1 และ CW 2 สามารถแสดงดังภาพที่ 1.6



ภาพที่ 1.6 ประสิทธิภาพของแต่ละพารามิเตอร์แปลงกกกลมและแปลงธูปฤาษี

จากภาพที่ 1.6 เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัด ค่า TDS ของ CW 1 และ CW 2 จะเห็นได้ว่า น้ำเข้าระบบของ CW 1 มีค่าเท่ากับ 312 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 311.86 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อบำบัดแล้วน้ำออกจากระบบ CW 1 มีค่าเท่ากับ 307 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 305 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ CW 2 มีประสิทธิภาพการบำบัด TDS ได้ดีกว่า CW 1 เท่ากับร้อยละ 2.20

ค่า BOD ของ CW 1 และ CW 2 จะเห็นได้ว่า น้ำเข้าระบบของ CW 1 มีค่าเท่ากับ 12.74 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 15.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อบำบัดแล้วน้ำออกจากระบบ CW 1 มีค่าเท่ากับ 4.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 4.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ CW 2 มีประสิทธิภาพการบำบัด BOD ได้ดีกว่า CW 1 เท่ากับร้อยละ 72.01

ค่า TKN ของ CW 1 และ CW 2 จะเห็นได้ว่า น้ำเข้าระบบของ CW 1 มีค่าเท่ากับ 4.08 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 4.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อบำบัดแล้วน้ำออกจากระบบ CW 1

มีค่าเท่ากับ 1.68 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 2.80 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ CW 1 มีประสิทธิภาพการบำบัด TKN ได้ดีกว่า CW 1 เท่ากับร้อยละ 58.85

ค่า Total-P ของ CW 1 และ CW 2 จะเห็นได้ว่า น้ำเข้าระบบของ CW 1 มีค่าเท่ากับ 1.61 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 1.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อบำบัดแล้วน้ำออกจากระบบ CW 1 มีค่าเท่ากับ 2.540 มิลลิกรัมต่อลิตร และ CW 2 มีค่าเท่ากับ 1.64 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าของ Total-P ทั้ง 2 แปลง พบว่าน้ำออกจากระบบมีค่าเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นว่า มีประสิทธิภาพการบำบัดที่ต่ำ ทำให้ค่าของน้ำที่ออกจากระบบมีค่ามากกว่าน้ำที่เข้าระบบ

วิจารณ์ผล

จากการศึกษา การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยธูปฤาษีและกกกลมโดยระบบพืชกรองน้ำเสีย โดยใช้เทคนิคปล่อยน้ำเข้าสู่แปลง 5 วัน สลับแห้ง 2 วัน พบว่า แปลงธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการบำบัดค่า TDS และ ค่า BOD ได้ดีกว่าแปลงกกกลม โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดค่า TDS ร้อยละ 2.20 และมีประสิทธิภาพการบำบัดค่า BOD ร้อยละ 72.01 ซึ่งธูปฤาษีเป็นพืชที่มีความเหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากธูปฤาษีเป็นพืชที่ชอบอยู่ในที่ลุ่มน้ำขัง มีการแตกหน่อจากส่วนลำต้นใต้ดิน และรวมเป็นกอ เบียดกันแน่น ไม่แบ่งขยายด้านข้าง ขยายพันธุ์โดยใช้หน่อได้ตลอดปี ใบมีลักษณะยาว ตัดและแตกใหม่ง่าย ระบบรากยาวสานกันแน่น อีกทั้งยังเป็นที่อยู่อาศัยของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายชนิด ปรับตัวต่อสภาพต่างๆ ได้ดี ทนทานต่อโรคพืชทั่วไป (อาภรณ์, 2539 ; อังษณา, 2540) และธูปฤาษีเป็นพืชน้ำชนิดหนึ่งที่บำบัดน้ำเสียได้ดี เนื่องจากสามารถช่วยลดปริมาณความต้องการในการออกซิเจนทางเคมี (BOD, Biochemical Oxygen Demand) (สุชาดา และคณะ, 2543) การสะสมของเศษตะกอนรวมทั้งซากพืชนั้นจะพบอยู่ในชั้นตัวกลาง และจุลินทรีย์ที่เกาะอยู่ตามรากพืชจะช่วยย่อยสลายตะกอนเหล่านี้ (จิตติมา, 2545) และสอดคล้องกับการศึกษาของ Vymazal (1998) พบว่ากลไกลการกรองเป็นกระบวนการกำจัดของแข็งในรูปของแข็งแขวนลอยของพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์แบบไหลใต้ผิวตัวกลาง โดยของแข็งที่มีขนาดใหญ่ และขนาดเล็กจะกรองผ่านชั้นตัวกลาง และรากพืชที่สานกันอยู่ในดิน และในส่วนแปลงกกกลม มีประสิทธิภาพการบำบัดค่า TKN ได้ดีกว่าแปลงธูปฤาษี ร้อยละ 58.85 เนื่องจากกกกลมมีระบบรากที่เหมาะสำหรับการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสีย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเกียรติศักดิ์ (2546) ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินแบบไหลขึ้นตามด้วยแบบไหลลง ผลการศึกษาพบว่าเกิดปฏิกิริยาดีไนตริฟิเคชันในบ่อที่มีน้ำไหลขึ้นและเกิดปฏิกิริยาไนตริฟิเคชันในบ่อที่มีน้ำไหลลงอย่างชัดเจน และจากงานวิจัยของศักดิ์ชัย (2547 : 110) พบว่าถังที่มีการไหลในแนวดิ่ง มีประสิทธิภาพในการบำบัด TKN เท่ากับ 88.0 % เนื่องจากกกกลมมีระบบรากที่เหมาะสำหรับการกำจัดสารประกอบไนโตรเจน ในน้ำเสียซึ่งสามารถรองรับจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ได้มากกว่า สร้างสมดุลระหว่างพื้นที่ที่ใช้ออกซิเจนและพื้นที่ที่ไม่ใช้ออกซิเจน (anoxic zone) ในดินรอบรากได้ดีกว่า และในส่วนของค่า Total-P ในระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการขังน้ำ 5 วัน และปล่อยแห้ง 2 วัน อาจเพิ่มขึ้นในระหว่างกระบวนการบำบัดเนื่องจาก ฟอสฟอรัสในแหล่งน้ำมีอยู่ด้วยกันหลากหลายรูปแบบ ฟอสฟอรัสแต่ละรูปแบบมีบทบาทและการนำไปใช้ประโยชน์โดยสิ่งมีชีวิตที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษา

ของ Paytan and McLaughlin (2007) เมื่อฟอสฟอรัสถูกดูดซับและตกตะกอนจะมีฟอสฟอรัสสะสมในดินตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียมาก และเนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งพืชจะใช้ฟอสฟอรัสมากในช่วงฤดูการเจริญเติบโตของพืชและฟอสฟอรัสจะกลับลงสู่แหล่งน้ำได้อีก (จุกะวรรณ และ สมเกียรติ, 2548) ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่า Total-P เพิ่มขึ้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ มั่นสินและมั่นรักษ์ (2545) รายงานไว้ว่า การบำบัดน้ำเสียในดินที่มีการขังน้ำ สามารถบำบัดปริมาณฟอสฟอรัสเหล่านี้ได้จากสภาวะการตรึงฟอสฟอรัสในดิน โดยพบว่าดินที่ทำการทดลองมีสภาวะเป็นด่างอีกทั้งยังมีปริมาณของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสในดิน ปริมาณของฟอสฟอรัสที่ปนเปื้อนในน้ำเสียในรูปของสารอนินทรีย์ฟอสเฟตจะสามารถถูกดินตรึงเอาไว้

สรุปผล

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยกกกลมและธูปฤาษีในระบบพืชกรองน้ำเสียแบบขังน้ำ 5 วัน สลับแห้ง 2 วัน ที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยฯ พบว่าธูปฤาษีมีประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งละลายได้ทั้งหมด (TDS) และความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ได้ดีกว่ากกกลม โดยมีประสิทธิภาพการกำจัด TDS ร้อยละ 2.20 และ BOD ร้อยละ 72.01 ขณะที่กกกลมมีประสิทธิภาพการกำจัดไนโตรเจนรวม (TKN) ได้ดีกว่า ร้อยละ 58.85 ทั้งสองพืชมีประสิทธิภาพการกำจัดฟอสฟอรัสรวม (Total-P) ต่ำ สรุปได้ว่าธูปฤาษีโดยรวมเหมาะสมกว่าสำหรับการบำบัดน้ำเสียชุมชนในระบบพืชกรองน้ำเสีย เนื่องจากมีประสิทธิภาพการบำบัด BOD และ TDS ที่สูงกว่า

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยที่คอยให้คำปรึกษาในการเรียนการค้นคว้าวิจัยและขอขอบคุณสาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือประกอบการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เกษม จันทร์แก้ว. 2565. **การเรียนรู้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติเพื่อการบำบัดน้ำเสียชุมชนตามแนวพระราชดำริ.** นนทบุรี.

เกียรติศักดิ์ ปิงกุล. 2546. **การกำจัดไนโตรเจนของระบบบึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดิน แบบไหลขึ้นตามด้วยแบบไหลลง.** มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,: ม.ป.ท

จิตติมา เชื้อกูล. 2545. การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ต้นพุทธรักษาในพื้นที่ชุ่มน้ำประดิษฐ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร และสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

จุกะวรรณ วีรดุลยฤทธิ์ และสมเกียรติ ธีระคงคา. 2548. การประยุกต์ใช้เตยหอมในการบำบัดน้ำเสียอาคารศูนย์อาหารมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา. ม.ป.ป

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ และมั่นรักษ์ ตัณฑุลเวศม์. 2545. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย.** กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มูลนิธิชัยพัฒนา. 2565. **การเรียนรู้ธรรมชาติช่วยธรรมชาติ เพื่อการบำบัดน้ำเสียชุมชนตามแนวพระราชดำริ.**

ศักดิ์ชัย อังคสิงห์. 2547. **การบำบัดน้ำเสียบ้านเรือนโดยใช้บึงประดิษฐ์ที่มีการไหลใต้ผิวดินร่วมกับระบบการระเหยโดยพืช.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุชาดา ศรีเพ็ญ, จันทนา สุขปรีดี, สุมน มาสุธน, สมบัติ ชิณะวงศ์ และสมศักดิ์ เจริญวัย. 2543. การบำบัดน้ำเสียจากชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรีในพื้นที่ชุ่มน้ำเทียมโดยใช้กกกลมและธูปฤาษี. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการรายงานการศึกมาวิจัย วิทยาศาสตร์การกำจัดขดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพวพระราชดำริ. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพมหานคร : สำนักงามคณะกรรมการ พิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

อังษณา ตั้งใจครองบุญ. 2540. การศึกษาคุณสมบัติบางประการของน้ำเสียชุมชน ภายหลังการบำบัดโดยใช้ดินนาในสภาพน้ำขังสลับแห้ง. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาภรณ์ ยิ่งยง. 2539. **การบำบัดบีโอดีในน้ำเสียชุมชนเมืองเพชรบุรีในสภาพน้ำขังสลับแห้งร่วมกับพืช.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Paytan, A., & Mclaughlin, K. (2007). The oceanic phosphorus cycle. Chem. Rev., 107, 563-576.

Vymazal, J. (1998). Removal mechanism and types of constructed wetlands. Constructed wetland s for wastewater treatment in Europe. Leiden: Backhuys

ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีของห้องปฏิบัติการ สวพ.3

Method validation on analysis of ammonium nitrogen in chemical fertilizer by OARD3 Laboratory

สุพิชญ์รดา มาลาศรี[1*] นันทพัทธ์ ถาสอสุด[1] และ อรัญญา ลุนจันทา[1]

Supichrada Malasri[1*] Nanthapat Thasaosud[1] and Alunya Lunjantha[1]

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 เลขที่ 180 หมู่ 27 ต.ศิลา อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

[1] Office of Agricultural Research and Development Region 3 180 Moo.27 Sila sub-district Muang Khon Kean 40000

*Corresponding author E-mail: nokiekku@gmail.com

บทคัดย่อ

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์เป็นวิธีที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและน้ำ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ได้พัฒนามาจากวิธีวิเคราะห์ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อยืนยันสมรรถนะของวิธีทดสอบที่ใช้มีความเหมาะสมกับตัวอย่างและห้องปฏิบัติการ ทำให้มั่นใจในผลการทดสอบที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ถูกต้อง แม่นยำ สามารถสอบกลับได้ และเป็นไปตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2017 จากการศึกษาพบว่า ค่าขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection ; **LOD**) และขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantification ; **LOQ**) ของวิธีวิเคราะห์ มีค่าเท่ากับ 0.18 และ 1.00 % ผลการทดสอบ Accuracy และ Precision ของวิธีวิเคราะห์ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ LOQ (1.00 %) กลาง (13.04 %) และสูง (21.20 %) มีค่าเปอร์เซ็นต์การกลับคืน (% Recovery) อยู่ระหว่าง 99.00-100.14 % และ มีค่า HorRat ระหว่าง 0.37-0.56 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับคือ 0.3-1.3 จึงผ่านเกณฑ์การยอมรับ ผลจากการศึกษาลักษณะเนื้อสาร (Matrix) โดยทดสอบ Accuracy ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีที่มีสารตัวเติม ที่ระดับความเข้มข้น 1.00-21.20 % ใน Sample blank พบว่า มีค่า % Recovery อยู่ระหว่าง 99.00-99.69 % และ มีค่า HorRat อยู่ในช่วง 0.31-0.38 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์การยอมรับ คือ 0.3-1.3 จึงผ่านเกณฑ์การยอมรับ ส่วนผลการทดสอบ Intermediate Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีที่ระดับความเข้มข้น 1, 9 และ 21 % มีค่า HorRat ระหว่าง 0.40-0.77 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์มีความเหมาะสมกับสภาวพแวดล้อมของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและน้ำ สวพ.3 ให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้อง แม่นยำ เป็นไปตามมาตรฐานสากล

คำสำคัญ : แมกนีเซียมออกไซด์ ปุ๋ยไนโตรเจน แคลเซียมแอมโมเนียมไนเตรท ทวนสอบ วิธีทดสอบ

Abstract

This study focuses on the validation of an analytical method for determining ammonium nitrogen in chemical fertilizers using magnesium oxide. Developed by the Fertilizer and Water Analysis Laboratory, Plant and Production Factors Inspection Development Group, Office of Agricultural Research and Development Office Region 3, this method is adapted from the analysis procedures outlined by the Ministry of Agriculture and Cooperatives. The objective is to confirm that the testing method is suitable for the specific samples and laboratory environment, ensuring reliable, accurate, and traceable results in compliance with ISO/IEC 17025:2017 standards. The study determined the Limit of Detection (LOD) and Limit of Quantification (LOQ) to be 0.18 % and 1.00 %. Accuracy and precision assessments at low (LOQ, 1.00%), medium (13.04%), and high (21.20%) concentration levels yielded percent recoveries ranging from 99.00 % to 100.14 %, with HorRat values between 0.37 and 0.56, meeting the acceptable range of 0.3 to 1.3. Matrix effect studies, evaluating the method's accuracy in chemical fertilizers with fillers at concentrations between 1.00 % and 21.20 % in sample blanks, showed percent recoveries from 99.00 % to 99.69 % and HorRat values between 0.31 and 0.38, also within the acceptable range. Intermediate precision tests at concentrations of 1, 9, and 21% resulted in HorRat values ranging from 0.40 to 0.77, further confirming method reliability. In conclusion, the analytical method for ammonium nitrogen in chemical fertilizers using magnesium oxide is well-suited for the Fertilizer and Water Analysis Laboratory's environment, providing accurate and precise results in accordance with international standards.

Keywords: Magnesium oxide, Nitrogenous fertilizers, Calcium ammonium nitrate, verification, test Method

บทนำ

ปุ๋ยไนโตรเจน เป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบหลัก มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช แบ่งออกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ไนโตรเจน และ ปุ๋ยอนินทรีย์ไนโตรเจน (ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, 2548) โดยปุ๋ยอนินทรีย์ไนโตรเจนแบ่งเป็น 4 ประเภทตามองค์ประกอบ ได้แก่ ปุ๋ยที่มีแอมโมเนียม (NH_4-N) เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_3)_2SO_4$) ปุ๋ยที่มีไนเตรท (NO_3-N) เช่น โซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$) ปุ๋ยที่มีทั้งแอมโมเนียมและไนเตรทเป็นองค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3) และปุ๋ยที่มีเอไมด์ (Amide) เป็น

องค์ประกอบ เช่น ปุ๋ยยูเรีย ($CO(NH_3)_2$) (Stalin and Surya, 2021) ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีปริมาณนำเข้ามากที่สุด คือ ปุ๋ยยูเรีย และปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร, 2568) ซึ่งปุ๋ยเคมีเหล่านี้จะต้องผ่านการตรวจสอบโดยห้องปฏิบัติการของกรมวิชาการเกษตรเพื่อแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยเคมีนั้นมีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่2) พ.ศ. 2550 เพื่อเพิ่มศักยภาพห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ทดสอบปุ๋ยและความสามารถในการให้บริการผู้ประกอบการที่ต้องการขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมีที่มีส่วนประกอบของแอมโมเนียมไนโตรเจนเพื่อจำหน่าย และเฝ้าระวังคุณภาพปุ๋ยตามพระราชบัญญัติปุ๋ย ซึ่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและน้ำ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 (สวพ.3) เป็นห้องปฏิบัติการระดับภูมิภาคของกรมวิชาการเกษตรที่มีหน้าที่รับผิดชอบการตรวจวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยและน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน การพัฒนาวิธีทดสอบและตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ที่พัฒนาจากวิธีวิเคราะห์ของประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2559 ในครั้งนี้ ทำให้ได้วิธีทดสอบที่เหมาะสมกับห้องปฏิบัติการและให้ผลการทดสอบที่มีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ สามารถสอบกลับได้ เป็นที่ยอมรับในระดับสากล อีกทั้งสามารถขยายขอบข่ายการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2017 เพิ่มเติมได้อีกด้วย

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

1.1 เครื่องชั่ง ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.2 เครื่องกลั่นไนโตรเจน

1.3 บิวเรต ขนาด 50 มิลลิลิตร

1.4 วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material; **CRM**)/วัสดุอ้างอิงรับรอง (Reference material; **RM**)/ ได้แก่ Ammonium sulphate (Aldrich Chem. 204501), Calcium ammonium nitrate (CRM-BCR®-178), Sodium carbonate (**SRM® -351a**) และ **Standard sulfuric acid (H_2SO_4) 1 N**

1.5 สารเคมี เครื่องแก้ว และวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีตามวิธีวิเคราะห์ของประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พ.ศ. 2559 กรมวิชาการเกษตร

2. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์

2.1 ชั่งตัวอย่างปุ๋ย จำนวน 0.2xxx กรัม ใส่ในหลอดตัวอย่าง (digestion tube) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.2 เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร และแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ประมาณ 1-2 กรัม เขย่าให้เข้ากัน

2.3 นำหลอดตัวอย่างต่อเข้ากับเครื่องกลั่น ที่รองรับด้วย Erlenmeyer flask ที่บรรจุสารละลายกรดบอริค 4 % ปริมาณ 30 มิลลิลิตร พร้อม Mixed indicator ทำการกลั่นจนได้สารละลายตัวอย่าง ประมาณ 150 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริค 0.2 N จุดยุติเป็นสีม่วงแดง

3. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์

3.1 การหาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection ,**LOD**) และ ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, **LOQ**)

3.1.1 ชั่ง Sample blank จำนวน 0.2xxx กรัม ใส่ในหลอดตัวอย่าง (digestion tube) ขนาด 250 มิลลิลิตร จำนวน 10 ซ้ำ พร้อมทำ Blank

3.1.2 ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2-2.3

3.1.3 คำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อคำนวณค่า LOD, LOQ (Eurachem, 2014) จากสูตร

$$LOD = 3S_0' \quad LOQ = 10S_0' \quad \text{โดย} \quad S_0' = S_0\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{n_b}}$$

เมื่อ S'_0 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

S_0 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับ LOQ และ LOQ

n = จำนวนซ้ำในการทดสอบตัวอย่าง

n_b = จำนวนซ้ำในการทดสอบ Blank

3.2 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision)

3.2.1. วิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (CRM) ที่ระดับความเข้มข้น LOQ 1.00 % (เตรียมจาก Ammonium Sulfate, Aldrich Chem. 204501)

3.2.2 ที่ระดับความเข้มข้นกลาง 13.04 % ใช้ CRM-Calcium ammonium nitrate (CRM-BCR®-178)

3.2.3 ที่ระดับความเข้มข้นสูง 21.20 % ใช้ Ammonium Sulfate (Aldrich Chem. 204501)

3.2.4 ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 2.2-2.3

3.2.5 ผลวิเคราะห์ที่ได้มาคำนวณหาทางสถิติ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อประเมินค่า Trueness โดยเปรียบเทียบค่าที่ได้กับค่าที่รับรองของ CRM/RM เกณฑ์การยอมรับ % Recovery 97-103 % และ 98-102 % และประเมินค่า Precision โดยใช้ Horwitz’s Ratio (HorRat) เกณฑ์การยอมรับ 0.3 – 1.3 (AOAC, 2023) จากสูตร

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ค่าเฉลี่ยที่วิเคราะห์ได้} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100$$

$$\text{HORRAT} = \frac{\% \text{ RSD (lab)}}{\% \text{ RSD (expected)}}$$

โดย $\%RSD = (SD / \bar{X}) \times 100$ และ $\% \text{ RSD (expected)} = 0.66 \times C^{(1-0.5\log C)}$

3.3 ศึกษาลักษณะของเนื้อสาร (Matrix) โดยการชั่ง CRM/RM ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (LOQ) กลาง และสูง ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ ใน Sample blank พร้อมทำ Blank ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.4 การหาค่า Intermediate Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยทดสอบ Spiked Sample blanks หรือ ตัวอย่าง ที่ความเข้มข้นระดับ ต่ำ กลาง และสูง ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ พร้อมทำ Blank ในเวลาที่แตกต่างกัน ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.2

3.5 พิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และความเที่ยง (Precision) ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ และเปรียบเทียบผลกับวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ โดยการชั่ง CRM/RM ที่ความเข้มข้นระดับต่ำ (LOQ) กลาง และสูง ความเข้มข้นละ 10 ซ้ำ พร้อมทำ Blank ดำเนินการวิเคราะห์เช่นเดียวกับข้อ 3.2 ยกเว้นขั้นตอนการกลั่นใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการกลั่นแทนแมกนีเซียมออกไซด์ แล้วนำผลวิเคราะห์ที่ได้เปรียบเทียบผลกับวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ โดยใช้สถิติ Pair t test

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น กรกฎาคม 2566 เดือน กุมภาพันธ์ 2567

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและน้ำ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ขอนแก่น

ผลการวิจัย

1. การหาขีดจำกัดในการตรวจพบ (Limit of Detection ,**LOD**) และ ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (Limit of Quantitation, **LOQ**) พบว่า ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.08 % ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.06 % คำนวณค่า LOD และ LOQ ของวิธีวิเคราะห์ได้เท่ากับ 0.18 และ 0.60 % เนื่องจากผลการประเมินความถูกต้อง (Trueness) ของค่า LOQ ที่ได้จากการคำนวณไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ จึงกำหนดค่า LOQ ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 1.00 %
2. ผลการพิสูจน์ความถูกต้อง (Trueness) และ ความเที่ยง (Precision)

จากการทดสอบความถูกต้อง และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีโดยใช้

CRM/RM ที่ 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 1.00, 13.04 และ 21.20 % พบว่า มีค่า % Recovery และ HorRat อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ (ตารางที่ 1) แสดงว่าวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีมีความเหมาะสมอยู่ในช่วง 1.0 – 13.04 %

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้ CRM/RM ที่ 3 ระดับความเข้มข้น

ความเข้มข้น NH_4^+-N (%)	ค่าเฉลี่ย[4]	Recovery (%)	RSD	$RSD_{expected}$ (%)	HorRat
1.0[1]	0.99	99.00	1.01	2.64	0.38
13.04[2]	13.03	99.92	1.00	1.79	0.56
21.20[3]	21.23	100.14	0.61	1.67	0.37

[1]Dilute: $(NH_4)_2SO_4$, [2]Calcium Ammonium Nitrate, [3]Ammonium sulfate, $(NH_4)_2SO_4$), [4]n = 10
เกณฑ์ยอมรับ (AOAC) ; % Recovery : ปริมาณสารในตัวอย่างตั้งแต่ 1.1– 10.0 % เท่ากับ 97–103 %, ปริมาณสารในตัวอย่างตั้งแต่ 10.1–100 % เท่ากับ 98–102 %, HorRat 0.3-1.3

3. ผลการศึกษาลักษณะเนื้อสาร (Matrix) จากการทดสอบความถูกต้อง และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีที่มีสารตัวเติม ที่ 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 1.00, 13.04 และ 21.20 % ใน Sample blank พบว่า % Recovery และ HorRat มีค่าอยู่ในเกณฑ์การยอมรับ (ตารางที่ 2) จึงผ่านเกณฑ์การยอมรับ

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีที่มีสารตัวเติม โดยใช้ CRM/RM ที่ 3 ระดับ

ความเข้มข้น

ความเข้มข้น NH_4^+-N + Sample blank (%)	ค่าเฉลี่ย[1]	Recovery (%)	RSD	$RSD_{expected}$ (%)	HorRat
1.0[2]	0.99	99.00	1.01	2.64	0.38
13.04[3]	12.99	99.62	0.54	1.79	0.30
21.20[4]	21.01	99.10	0.52	1.67	0.31

[1]Dilute: $(NH_4)_2SO_4$, [2]Calcium Ammonium Nitrate, [3]Ammonium sulfate, $(NH_4)_2SO_4$), [4]n = 10
เกณฑ์ยอมรับ (AOAC) ; % Recovery : ปริมาณสารในตัวอย่างตั้งแต่ 1.1– 10.0 % เท่ากับ 97–103 %, ปริมาณสารในตัวอย่างตั้งแต่ 10.1–100 % เท่ากับ 98–102 %, HorRat 0.3-1.3

3. ผลการทดสอบ Intermediate Precision ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี ที่ระดับความเข้มข้น 1, 9 และ 21 % มีค่า HorRat อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้ Spiked Sample blanks หรือตัวอย่าง ที่ 3 ระดับความเข้มข้นในเวลาที่แตกต่างกัน

ความเข้มข้น % NH_4^+-N	ค่าเฉลี่ย	RSD (%)	$RSD_{expected}$	HorRat
1	0.98	2.04	2.65	0.77
9	8.89	1.12	1.90	0.59
21	20.98	0.67	1.67	0.40

5. ผลการศึกษาความถูกต้อง และความเที่ยงของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนโดยวิธีใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

จากการทดสอบความถูกต้องวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีใน CRM/RM โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ 1.00, 13.04 และ 21.20 % พบว่า มีค่า % Recovery และ HoRat (0.48-0.60) อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ (ตารางที่ 4) เมื่อนำผลวิเคราะห์ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี มาเปรียบเทียบโดยใช้สถิติ Pair t test (เกณฑ์การยอมรับ $t_{cal} < t_{cri}$. ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %) พบว่า ผลวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนใน CRM/RM โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ไม่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีใน CRM/RM โดยใช้ MgO และ NaOH

ความเข้มข้น NH_4^+-N (%)	วิธี MgO		วิธี NaOH		t_{cal}	t_{cri}
	ค่าเฉลี่ย[4] (%)	Recovery (%)	ค่าเฉลี่ย[4] (%)	Recovery (%)		
1.0[1]	0.99	99.00	0.99	99.00	0.96	2.26
13.04[2]	12.95	99.31	13.03	99.92	1.43	2.26
21.20[3]	21.15	99.76	21.23	100.14	1.15	2.26

[1]Dilute: $(NH_4)_2SO_4$, [2]Calcium Ammonium Nitrate, [3]Ammonium sulfate, $(NH_4)_2SO_4$), [4]n = 10

เกณฑ์ยอมรับ (AOAC) ; % Recovery : ปริมาณสารในตัวอย่างตั้งแต่ 1.1– 10.0 % เท่ากับ 97–103 %, ปริมาณสารในตัวอย่างตั้งแต่ 10.1–100 % เท่ากับ 98–102 %

วิจารณ์ผล

จากผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ พบว่า การใช้แมกนีเซียมออกไซด์แทนโซเดียมออกไซด์นั้นสามารถช่วยลดขั้นตอนในการเตรียมสารละลาย 40 % NaOH ซึ่งเกิดความร้อนสูงระหว่างการเตรียมสารละลาย ต้องใช้เวลาให้สารละลายเย็นตัวลง และเป็นสารละลายที่เป็นด่างเข้มข้น จึงเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งต่างจากวิธีแมกนีเซียมออกไซด์ ที่สะดวก รวดเร็ว และมีความปลอดภัยต่อผู้วิเคราะห์ สอดคล้องกับ ผลการวิจัยของทองจันทร์ และคณะ (2559) และเพื่อให้ผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีครอบคลุมปุ๋ยเคมีที่มียูเรียเป็นองค์ประกอบ ห้องปฏิบัติการควรทำการศึกษาในตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่มีแอมโมเนียมไนโตรเจน และยูเรียเป็นองค์ประกอบด้วย

สรุปผล

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีโดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์ ได้ศึกษาคุณลักษณะเฉพาะของวิธีทดสอบ ได้แก่ การหาขีดจำกัดในการตรวจพบ (LOD) และ ขีดจำกัดในการวัดเชิงปริมาณ (LOQ) ความถูกต้อง (Trueness) และ ความเที่ยง (Precision) พบว่า ผลการศึกษาทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับ มีความถูกต้องและความเที่ยงตลอดช่วงการใช้งาน เป็นการยืนยันว่าวิธีนี้เหมาะแก่การใช้งานตามวัตถุประสงค์ มีความเหมาะสมกับตัวอย่างและห้องปฏิบัติการ ผลวิเคราะห์ที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานสากล ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและน้ำสามารถให้บริการวิเคราะห์ทดสอบแอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมีแก่ผู้ใช้บริการได้ และสามารถใช้ข้อมูลเพื่อเป็นหลักฐานประกอบการขยายของข่ายการขอรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 : 2017 ได้อีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจากผู้บังคับบัญชา และบุคลากรห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ปุ๋ยและน้ำ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สวพ.3 ที่สนับสนุนและให้คำแนะนำ ทำให้การดำเนินงานในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2549. แนวปฏิบัติการทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ทางเคมีโดยห้องปฏิบัติการเดียว.

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

ทองจันทร์ พิมพ์เพชร วรรณรัตน์ ชุติบุตร และอาธิยา ปุ่นประโคน. 2559. รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด เรื่อง พัฒนาวิธีวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์แอมโมเนียมไนโตรเจนในปุ๋ยเคมี โดยใช้แมกนีเซียมออกไซด์. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร, 1-17.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดกรรมวิธีการตรวจวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 พ.ศ. 2559. 2560. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 134 ตอนพิเศษ 2 ง หน้า 24.

สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร. 2560. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมี. แหล่งข้อมูล, https://www.oae.go.th/view/1/%E0%B8%9B%E0%B8%A3%E0%B8%B4%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%93%E0%B9%81%E0%B8%A5%E0%B8%B0%E0%B8%A1%E0%B8%B9%E0%B8%A5%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%99%E0%B8%B3%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%9B%E0%B8%B8%E0%B9%8B%E0%B8%A2%E0%B9%80%E0%B8%84%E0%B8%A1%E0%B8%B5/TH-TH. ค้นเมื่อ 19 กุมภาพันธ์ 2568.

AOAC. 2023. *Appendix F: Guidelines for standard method performance requirements*. AOAC international. Available : http://www.eoma. aoac.org /app_f.pdf. Accessed Jan. 15.2025

Eurachem. 2014. The Fitness for Purpose of analytical methods-**A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topic.** In B. Magnusson and U. Örnemark (eds.) (Edition 2nd). http://www.eurolab.org

Nadarajan, S. and Sukumaran, S. 2021. Chapter 12 – Chemistry and toxicology behind chemical fertilizers. In Editor(s): F.B. Lewu, Tatiana Volova, Sabu Thomas, Rakhimol K.R., Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture, Academic Press. 195-229.

,

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป

Carbon Footprint of Organization and Approaches to Reducing Greenhouse Gas Emissions for Natural Rubber Processing Factory

ณัฏฐกิตติ์ พูลประสงค์[1*] และนัทกาญจน์ ประเสริฐสังข์[2]

Nattakit Poolprasong[1*] and Nattakarn Prasertsung[2]

[1] หลักสูตรการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จ.สกลนคร 47000

[1] Engineering and Technology Management Program, Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University Chalermprakiat Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

[2]ภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

[2] Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Science and Engineering, Kasetsart University Chalermprakiat Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

*Corresponding author E-mail: nattakit.po@ku.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและเสนอแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป โดยดำเนินการศึกษาภายใต้ขอบเขตในปี พ.ศ. 2567 ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 35,061.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี แบ่งเป็นขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 8,082.56, 7,224.57 และ 19,754.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมสำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ได้แก่ การใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกระบวนการอบยางพารา และการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อลึกไร้อากาศ (บ่อปรับเสถียร) สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 มีแหล่งกำเนิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ในขณะที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 มีสาเหตุหลักมาจากการได้มาของวัตถุดิบเพื่อการผลิต ในส่วนของแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เสนอคือ การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้เป็นระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) หรือบ่อคลุม (Covered Lagoon) พร้อมกับศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากน้ำเสีย เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน นำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในระยะยาว

คำสำคัญ : ก๊าซเรือนกระจก คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร แนวทางลดก๊าซเรือนกระจก โรงงานผลิตยางพาราแปรรูป

Abstract

This research investigates the Carbon Footprint of Organization (CFO) assessment and approaches to reduce greenhouse gas (GHG) emissions for natural rubber processing factories. The purpose is to evaluate GHG emissions from internal activities and develop effective reduction strategies. Based on the Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) guidelines, the total CFO in 2024 was 35,061.82 tons of CO_2 equivalent. The emissions for Scopes 1, 2, and 3 were 8,082.56, 7,224.57, and 19,754.68 tons of CO_2 equivalent per year, respectively. Scope 1 emissions primarily stemmed from liquefied petroleum gas (LPG) consumption and anaerobic wastewater treatment (stabilization pond). Scope 2 emissions were mainly due to electricity use, while Scope 3 emissions predominantly resulted from the procurement of raw materials for production. Recommended mitigation strategies include upgrading to aerated or covered lagoon systems and exploring biogas production from wastewater to support sustainable development and enhance national competitiveness.

Keywords : Greenhouse gas emissions, Carbon footprint of organization (CFO), Approaches to reduce greenhouse gas emissions, Natural rubber processing factory

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปัญหาที่เกิดจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศมากเกินไปทำให้ส่งผลกระทบต่อสังคมโลกในปัจจุบันอย่างรุนแรงและมีความต่อเนื่อง อาทิ อุณหภูมิเฉลี่ยทีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในฤดูน้ำหลากและน้อยลงในฤดูน้ำแล้ง จำนวนวันที่อากาศร้อนเพิ่มมากขึ้นและจำนวนวันที่อากาศเย็นลดลง ส่งผลให้เกิดภัยธรรมชาติ เช่น อุทกภัย ภัยแล้ง และวาตภัย รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ ชนิดพันธุ์พืช พันธุ์สัตว์ การย้ายถิ่นฐานของประชากร หรือกระทั่งการแพร่กระจายของโรค จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change : IPCC) ได้ระบุให้ภูมิภาคเอเชียตะวันออกฉียงใต้เป็นภูมิภาคที่มีความเปราะบางสูงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคดังกล่าว (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ทส.], 2560) โดย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [สผ.] (2565) ระบุว่า ในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในอันดับ 9 ของประเทศที่มีความเสี่ยงสูงที่สุดในโลก

การแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว จึงกลายเป็นวาระที่สำคัญของโลก ที่นานาประเทศให้ความสนใจและตระหนักถึงผลกระทบและความเสียหายในด้านต่าง ๆ ที่จะตามมา จึงเกิดการรลงนามรับรอง อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework

Convention on Climate Change: UNFCCC) เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม ค.ศ. 1992 ณ สำนักงานใหญ่องค์การสหประชาชาติ นครนิวยอร์ค (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2559) และมีการจัดประชุมเพื่อหาแนวทางยับยั้งปัญหาดังกล่าวเรื่อยมา โดยในการประชุมรัฐภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสมัยที่ 21 ณ กรุงปารีส สาธารณรัฐฝรั่งเศส ได้รับรองความตกลง (Paris Agreement) ซึ่งเป็นความตกลงเกี่ยวกับความร่วมมือในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่แต่ละประเทศได้ปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศของโลก ซึ่งก่อให้เกิดความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศของโลกในปัจจุบันที่หลากหลาย ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียสเมื่อเทียบกับยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม และควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส เพื่อลดความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, ม.ป.ป.) ซึ่งการจะบรรลุเป้าหมายดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกภาคส่วนและทุกระดับ ตั้งแต่ระดับนานาชาติ ประเทศ อุตสาหกรรม องค์กร จนถึงระดับบุคคล

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตยางพารารายใหญ่อันดับ 1 ของโลก จากข้อมูลของสำนักเศรษฐกิจการเกษตร ระบุว่าในปี 2566 ประเทศไทยมีการผลิตยางพาราอยู่ที่ 4.7 ล้านตัน หรือมีสัดส่วนร้อยละ 31.5 ของผลผลิตยางพาราทั่วโลก (สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2567) ด้วยบทบาทความเป็นผู้นำในด้านการผลิตยางพารานี้ ประเทศไทยจึงควรให้ความสำคัญกับการรับผิดชอบด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย ดังนั้น การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Organizational Carbon Footprint) ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตยางพารา จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะเป็นเครื่องมือสำคัญในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมขององค์กร และสามารถช่วยจำแนกสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีนัยสำคัญและหาแนวทางเพื่อลดขนาดของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ได้อีกด้วย (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [อบก.], ม.ป.ป.) อีกทั้งการดำเนินการดังกล่าวยังเพิ่มโอกาสในการส่งออกไปยังตลาดที่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน เช่น สหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดให้ผู้ส่งออกต้องแสดงความรับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้ฉลากคาร์บอน หรือเอกสารรับรองด้านสิ่งแวดล้อมในการเข้าสู่ตลาดอีกด้วย (สำนักงานที่ปรึกษาการศุลกากร ประจำสถานเอกอัครราชทูตไทย ณ กรุงบรัสเซลส์, 2563)

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรมีความสำคัญในภาคอุตสาหกรรมการผลิตยางพาราและมีส่วนในการช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงมุ่งศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรและเสนอแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป เพื่อวิเคราะห์แหล่งกำเนิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร และศึกษามาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับบริบทของอุตสาหกรรมยางพาราไทย ผลที่ได้จะมีส่วนช่วยเพิ่มความรู้ในการจัดการก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมยางพารา และนำเสนอแนวทางปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมสำหรับผู้ประกอบการในการพัฒนากระบวนการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้ง ยังเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับภาครัฐในการกำหนดนโยบายและมาตรการสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนและการเพิ่ม

ขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศในระยะยาว สอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) ขององค์การสหประชาชาติ โดยเฉพาะเป้าหมายที่ 13 ว่าด้วยการรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมภายในขององค์กร
2. เพื่อหาแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมสำหรับองค์กร

ขอบเขตของงานวิจัย

1.ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษานี้มุ่งเน้นเฉพาะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรับผิดชอบขององค์กร โดยยึดตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization: CFO) ที่กำหนดโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) ซึ่งแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

ขอบเขตที่ 1 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Direct Emissions)

ขอบเขตที่ 2 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions)

ขอบเขตที่ 3 การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมด้านอื่นๆ (Other Indirect Emissions)

2. ขอบเขตด้านพื้นที่

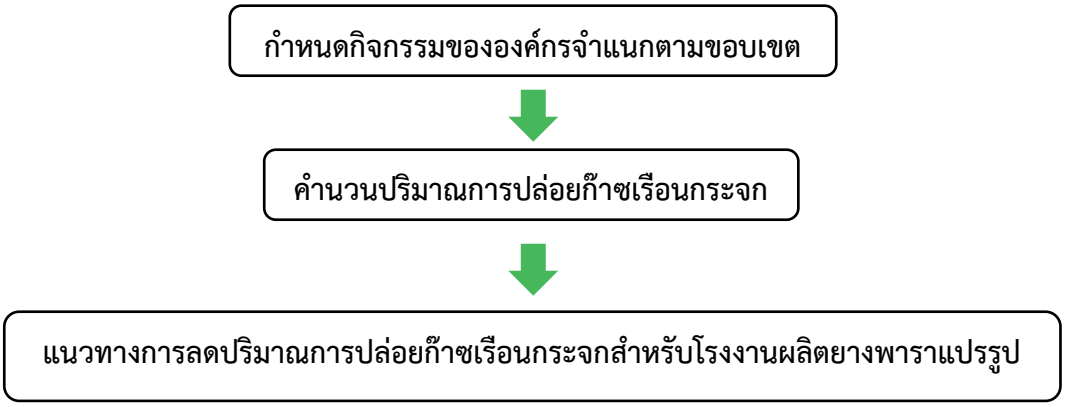
การศึกษาจะดำเนินการในพื้นที่ของโรงงาน บริษัท เอ็นเทคโพลิเมอร์ จำกัด ตั้งอยู่ ณ เลขที่ 319 หมู่ที่ 16 ถนนชยางกูร ตำบลคำป่าหลาย อำเภอเมืองมุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร รวมถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับกิจการของโรงงานด้วย เช่น ระบบบำบัดน้ำเสีย การได้มาของวัตถุดิบ การขนส่งผลิตภัณฑ์ เป็นต้น โดยใช้แนวทางการกำหนดขอบเขตองค์กรตามหลักเกณฑ์ของ CFO ที่กำหนดโดย อบก.

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

การเก็บข้อมูลจะครอบคลุมการดำเนินงานและกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในระยะเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2567

วิธีการดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) และการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดการวิจัยดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

โดยมีขั้นตอนในการประเมินประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. การกำหนดขอบเขตขององค์กร (Organization Boundaries) ซึ่งกำหนดแบบควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) ซึ่งศึกษาเฉพาะในส่วนความรับผิดชอบขององค์กรเท่านั้น

2. การกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน (Operational Boundaries) โดยระบุแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรม โดยแบ่งตามขอบเขตดังนี้

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร ซึ่งเกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมขององค์กร ได้แก่ การเผาไหม้แบบเคลื่อนที่ เช่น การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน (ดีเซล/ไบโอดีเซล/เบนซิน) สำหรับยานพาหนะที่ใช้ในองค์กร การเผาไหม้แบบไม่เคลื่อนที่ เช่น การใช้ก๊าซ LPG สำหรับการอบยางพารา การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน (ดีเซล/เบนซิน) สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การใช้น้ำมันในเครื่องตัดหญ้า เป็นต้น การรั่วไหล เช่น การปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากระบบบำบัดน้ำเสียและห้องน้ำพนักงาน เป็นต้น

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน คือ การใช้ไฟฟ้าในองค์กร

ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมด้านอื่นๆ ได้แก่ การใช้สารเคมี การได้มาของวัตถุดิบ การได้มาของเชื้อเพลิง การขนส่งผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

3. การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประกอบด้วยการระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมด้วยการเก็บข้อมูลกิจกรรม และคัดเลือกค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors) (แสดงตามตารางที่ 1) โดยอ้างอิงระเบียบวิธีการประมาณการและสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งอ้างถึงหลักเกณฑ์ของ IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ มีสูตรการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ดังนี้

CO_2 Emission = Activity Data x Emission Factor

โดย Activity Data เป็นข้อมูลกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

Emission Factor เป็นค่าคงที่ที่ใช้เปลี่ยน Activity Data ให้เป็นค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ตารางที่ 1 ตัวอย่างที่มาของข้อมูลกิจกรรมและค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	**ข้อมูลกิจกรรม**					**ค่า EF**
	ลักษณะข้อมูลกิจกรรมที่ตรวจวัด	**ที่มาของข้อมูล**			**หลักฐาน/เอกสารอ้างอิง**	**ที่มาของค่า EF**
		การตรวจวัด	**หลักฐานการชำระเงิน**	**การประมาณค่า**		
1. การใช้ก๊าซ LPG สำหรับการอบยาง	ปริมาณการใช้ (กก.)		✓		ใบสั่งซื้อ	TGO EF
2. ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณสารอินทรีย์ที่เข้าระบบบำบัด (ค่า COD)	✓			ผลวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ	TGO EF
3. การใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh)		✓		ใบเสร็จรับเงินจากการไฟฟ้า	TGO EF
4. การได้มาของยางก้อนถ้วย (DRC 65%)	ปริมาณยางก้อนถ้วย (kg)	✓			ระบบการรับเข้าวัตถุดิบ	TGO EF
5. การใช้เชื้อเพลิงขนส่งผลิตภัณฑ์	ปริมาณรถขนส่ง (km),(tkm)	✓			บันทึกรถขนส่งผลิตภัณฑ์	TGO EF

หมายเหตุ : EF คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor: EF)

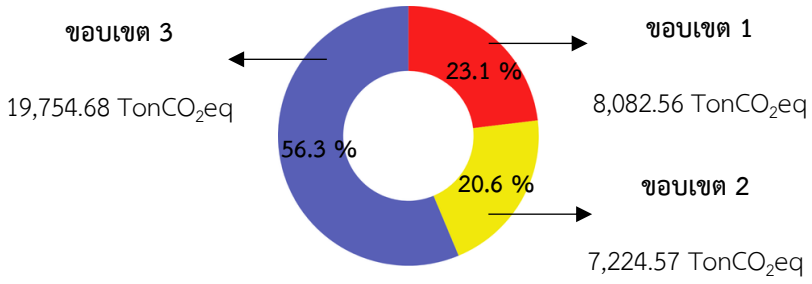
TGO คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก.

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาวิจัยเรื่องการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป ตามแนวทางการประเมินขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก แบ่งได้ 3 ขอบเขต จากขั้นตอนในการวิจัยตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของแต่ละขอบเขตในปี พ.ศ. 2567 โดยผู้วิจัยได้รายงานผลในหน่วยตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (tCO_2eq/ปี) มีรายละเอียดผลการศึกษาวิจัยดังนี้ (ดังแสดงในตารางที่ 2 ตารางที่ 3 และตารางที่ 4)

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูปในปี พ.ศ. 2567 แสดงให้เห็นว่า โรงงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 35,061.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยสามารถจำแนกตามขอบเขตการปล่อยได้ดังนี้ ขอบเขตที่ 3 ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมอื่นๆ มีปริมาณสูงที่สุดที่ 19,754.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 56.3 ของการปล่อยทั้งหมด ในขณะที่ขอบเขตที่ 1 ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกิจกรรมขององค์กร มีปริมาณ 8,082.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี คิดเป็นร้อยละ 23.1 และขอบเขตที่ 2 ซึ่งเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน มีปริมาณ 7,224.57 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือร้อยละ 20.6 ของการปล่อยทั้งหมด (แสดงตามรูปที่ 2) เมื่อวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อผลิตภัณฑ์ที่มียอดการผลิต ในปี พ.ศ. 2567 จำนวน 70,652 ตัน พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.496 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลิตภัณฑ์



รูปที่ 2 ภาพรวมผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป

จากการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขอบเขต พบว่าในขอบเขตที่ 1 การใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกระบวนการอบยางพารา เป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่สุด โดยคิดเป็นร้อยละ 55.29 เนื่องจากองค์กรมีการผลิตยางแท่งเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งต้องใช้ความร้อนในการอบยางให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสม รองลงมาคือ การใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อลึกไร้อากาศ (บ่อปรับเสถียร) คิดเป็นร้อยละ 39.24 สาเหตุหลักเกิดจากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจน ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

ในปริมาณสูง (แสดงดังตารางที่ 2) ในส่วนของขอบเขตที่ 2 มาจากการใช้เครื่องจักรกลไฟฟ้าในกระบวนการผลิต เช่น เครื่องสับยาง เครื่องรีดยาง เครื่องลำเลียง เป็นต้น (แสดงดังตารางที่ 3) สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขอบเขตที่ 3 พบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ การได้มาของวัตถุดิบยางก้อนถ้วย คิดเป็นร้อยละ 35.27 เนื่องจากองค์กรเน้นการผลิตยางพาราแปรรูปเพื่อจำหน่าย ดังนั้นการนำเข้าวัตถุดิบที่เป็นยางก้อนถ้วยจึงมีปริมาณสูง (แสดงดังตารางที่ 4)

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา โรงงานผลิตยางพาราแปรรูป ปี พ.ศ. 2567 ขอบเขตที่ 1

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	**ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**	**% GHG (เทียบขอบเขตที่ 1)**
1. การล้างคราบปูนขาวด้วยกรดเกลือ	0.46	0.01%
2. การปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) จากห้องน้ำ (Septic tank)	38.35	0.47%
3. ระบบบำบัดน้ำเสีย (บ่อลึกแบบไม่เติมอากาศ)	3,171.68	39.24%
4. การใช้สารดับเพลิง (ซ้อมดับเพลิง)	0.45	0.01%
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็น	8.12	0.10%
6. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Bio Diesel (รถยนต์)	3.89	0.05%
7. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Diesel (รถยนต์)	54.13	0.67%
8. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Gasoline (มอเตอร์ไซค์)	1.49	0.02%
9. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Gasoline (รถยนต์)	4.41	0.05%
10. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Bio Diesel (Wheel loader)	9.20	0.11%
11. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Diesel (Wheel loader)	127.47	1.58%
12. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Bio Diesel (Backhoe)	5.03	0.06%
13. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Diesel (Backhoe)	69.63	0.86%
14. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Bio Diesel (Folk lift)	7.22	0.09%
15. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Diesel (Folk lift)	100.04	1.24%
16. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน BIO Diesel (Generator)	0.40	0.005%
17. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Diesel (Generator)	5.52	0.07%
18. การใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน Gasoline (เครื่องตัดหญ้า)	3.14	0.04%
19. การใช้ก๊าซ LPG สำหรับการอบยางพารา	4,469.08	55.29%
20. การใช้ก๊าซ LPG ในกระบวนการอื่น	2.85	0.04%
รวมขอบเขตที่ 1	**8,082.56**	**100.00%**

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา โรงงานผลิตยางพาราแปรรูป ปี พ.ศ. 2567 ขอบเขตที่ 2

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	**ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**	**% GHG (เทียบขอบเขตที่ 2)**
1. การใช้ไฟฟ้า (การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค : PEA)	7,224.57	100.00%
รวมขอบเขตที่ 2	**7,224.57**	**100.00%**

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร กรณีศึกษา โรงงานผลิตยางพาราแปรรูป ปี พ.ศ. 2567 ขอบเขตที่ 3

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	**ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)**	**% GHG (เทียบขอบเขตที่ 3)**
1. การใช้สารเคมี	473.29	2.40%
2. การได้มาของยางก้อนถ้วย (DRC 65%)	6967.13	35.27%
3. การใช้พลาสติก (LDPE, PP)	975.00	4.94%
4. การใช้กระดาษ A3-A4	5.59	0.03%
5. การใช้น้ำมันถั่วเหลือง	4.33	0.02%
6. การใช้น้ำมันสน	7.44	0.04%
7. การใช้น้ำมันหล่อลื่น และ จารบี	15.81	0.08%
8. การได้มาของ LPG แบบถัง	0.35	0.002%
9. การได้มาของ LPG สำหรับการอบยาง	1149.75	5.82%
10. การได้มาของน้ำมัน Bio Diesel	11.03	0.06%
11. การได้มาของน้ำมัน Diesel	37.72	0.19%
12. การได้มาของน้ำมัน Gasoline	1.26	0.01%
13. การได้มาของเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้า	1,441.84	7.30%
14. การจัดการขยะมูลฝอย	175.18	0.89%
15. การเดินทางของพนักงาน	264.78	1.34%
16. การใช้เชื้อเพลิงขนส่งวัตถุดิบ	2,930.72	14.84%
17. การใช้เชื้อเพลิงขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังท่าเรือ	4,538.02	22.97%
18. การใช้เชื้อเพลิงขนส่งผลิตภัณฑ์ไปยังลูกค้าในประเทศ	755.43	3.82%
รวมขอบเขตที่ 3	**19,754.68**	**100.00%**

ทั้งนี้จากผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร : กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางแท่งและยางแผ่นรมควัน (ธนาธิป และคณะ, 2567) ผลการศึกษาพบว่ากิจกรรมที่ส่งผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดมาจากขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมด้านอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 78.25 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ซึ่งกิจกรรมที่มีการปล่อยสูงสุดคือ การได้มาของวัตถุดิบเพื่อการผลิต

2. แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป

จากผลการศึกษาพบว่า ขอบเขตที่ 3 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคือ การได้มาของวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิต เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้คือยางก้อนถ้วย สำหรับขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงขององค์กร เป็นแหล่งที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรองลงมา ซึ่งแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถดำเนินการผ่านการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย โดยเปลี่ยนเป็นระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) หรือบ่อคลุม (Covered Lagoon) พร้อมศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากน้ำเสีย เพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนและลดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) ทั้งนี้ผู้ควบคุมระบบควรมีความรู้ด้านการออกแบบและการคำนวณเชิงวิศวกรรม เพื่อที่จะสามารถควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพตามที่ออกแบบไว้ สำหรับการลดการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในกระบวนการอบยางพารา องค์กรอาจพิจารณาใช้เชื้อเพลิงชีวมวลทดแทน นอกจากนี้แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ ได้แก่ การเปลี่ยนมาใช้ยานยนต์ไฟฟ้า (EV) สำหรับยานพาหนะในโรงงาน การพิจารณาติดตั้งหลังคาโซล่าเซลล์ (Solar rooftop) การตรวจสอบและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักร รวมถึงการกำหนดนโยบายการจัดการก๊าซเรือนกระจกและอนุรักษ์พลังงาน จะช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระยะยาว โดยแนวทางเหล่านี้มุ่งเน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสนับสนุนความยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรมยางพาราของประเทศไทย

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงงานผลิตยางพาราแปรรูป พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 35,061.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยแบ่งออกเป็นขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงจากกิจกรรมองค์กร มีปริมาณ 8,082.56 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน มีปริมาณ 7,224.57 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ มีปริมาณ 19,754.68 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ทั้งนี้ขอบเขตที่ 3 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดคือ การได้มาของวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิต เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้คือยางก้อนถ้วย ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ก่อนที่จะเข้าสู่องค์กร และองค์กรมีความต้องการใช้วัตถุดิบในปริมาณมาก ส่งผลให้การปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกจากกิจกรรมนี้มีปริมาณสูง เมื่อพิจารณาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับรองลงมา พบว่ามีความเป็นไปได้ในการดำเนินการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยเปลี่ยนเป็นระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated Lagoon) หรือบ่อคลุม (Covered Lagoon) พร้อมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากน้ำเสีย เพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งจะช่วยลดการปล่อยก๊าซมีเทน (CH_4) และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ แนวทางดังกล่าวยังสนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท เอ็นเทคโพลิเมอร์ จำกัด ซึ่งเป็นสถานที่ในการทำวิจัย รวมถึงผู้บริหารและพนักงานทุกท่าน ที่ให้ความรู้ ความช่วยเหลือตลอดจนคำแนะนำอย่างดีมาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2564 - 2573. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). รายงานแห่งชาติ ฉบับที่ 4 (Fourth National Communication: NC4). สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2559). กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติ (UNFCCC). สืบค้นได้จาก https://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/climatechange/unitednation/unfccc

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. ม.ป.ป.. ความตกลงปารีส (Paris Agreement). สืบค้นได้จาก http://reddplus.dnp.go.th/?p=2239

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2567). คาร์บอนเครดิต ทางรอดใหม่ของอุตสาหกรรมยางไทย. สืบค้นได้จาก https://rubber.oie.go.th/Article.aspx?aid=65728

องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). ม.ป.ป.. คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร. สืบค้นได้จาก https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YjNKbllXNXBlbUYwYVc5dVgybHo

สำนักงานที่ปรึกษาการศุลกากร ประจำสถานเอกอัครราชทูตไทย ณ กรุงบรัสเซลส์. (2563). ผลกระทบของ CBAM ต่อสินค้าของประเทศที่สาม. จดหมายข่าวศุลกากร (CPMU news) ประจำเดือนพฤศจิกายน 2563.

ธนาธิป มายูร, ปาร์ย อรรถพิสาล และกิติโรจน์ หวันตาหลา. (2567). การประเมินการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร กรณีศึกษาโรงงานผลิตยางแท่งและยางแผ่นรมควัน. ใน การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 23. สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดลอ้มแห่งประเทศไทย.

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

ศาสตราจารย์ ดร.อลงกลด แทนออมทอง	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุพันธ์ กงบังเกิด	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รองศาสตราจารย์ ดร. จรัณธร บุญญานุภาพ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ ศรีแก้ว	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชคณิน จงจิตวิมล	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รองศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวิรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวภา ชูมณี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทิตย์ หู้เต็ม	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎิ์พนธ์ พรรณรัตนชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต. ดร.ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์นรัตว์ รัตนวัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อิสระ ตั้งสุวรรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล จันทร์มา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สอนทน	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สนธยา วันชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจษฎาพร ปาคำวัง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดวงจันทร์ สีหราช	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์การันต์ ผึ่งบรรหาร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทัสนันทน์ ตรีนันทรัตน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิณาภัณฑ์ นิธิยุวิทย์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธงชัย เครือผือ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ต.วรชัย ศรีสมุดคำ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุภาพร วิสุงเร	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จีรพรรณ พรหมประเสริฐ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
อาจารย์พิณทิพย์ แก้วแกมทอง	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

sci.pcru.ac.th

83 ม.11 ถ.สระบุรี-หล่มสัก ต.สะเดียง
อ.เมือง จ.เพชรบูรณ์ 67000
โทร.056-717122