

การออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์สำหรับการติดตามและจัดการข้อมูลด้วย RFID
และเว็บแอปพลิเคชันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการ
Monitor Livestock Farm Systems for Data Collection and Management
with RFID Web Applications to Collect Data

จักรกฤษณ์ หลิววงศ์กร^{1*} และ ทรงเกียรติ ภาวดี²
Jakkrit Liowongkorn^{1*} and Zongkiat Pavadee²

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) โดยใช้ RFID และเว็บแอปพลิเคชันเพื่อช่วยจัดการข้อมูลสัตว์ในฟาร์มอย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เทคนิคเฉพาะ เช่น การอ่านข้อมูลจากชิป RFID แบบไร้สัมผัสในระยะใกล้ การสื่อสารข้อมูลแบบเรียลไทม์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และการใช้ PHP ในการเชื่อมต่อกับ Firebase Realtime Database เพื่อดึงข้อมูลออกมาแสดงผลในรูปแบบกราฟที่เข้าใจง่าย 2) ศึกษาผลการทดลองการใช้ระบบฟาร์มปศุสัตว์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP โดยเน้นการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ให้เข้าใจง่ายและตอบสนองได้ดี และ 3) ศึกษาคุณภาพและความพึงพอใจในการใช้งานระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน โดยระบบนี้มีจุดมุ่งหมายในการนำไปใช้กับสัตว์จริงในฟาร์มเพื่อการติดตามและจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงดูสัตว์ เช่น การบันทึกข้อมูลการฉีดวัคซีน การตรวจสอบสุขภาพ หรือการจัดการข้อมูลอื่นๆ ซึ่งในขั้นตอนการทดสอบนี้ ได้ใช้ชิป RFID ที่ยังไม่ได้ติดกับหูสัตว์ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ แต่มีจุดมุ่งหมายเพื่อการใช้งานกับสัตว์จริงในอนาคต ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถบันทึกและแสดงข้อมูลจากชิปสัตว์ได้อย่างถูกต้อง และมีการประเมินคุณภาพของระบบในระดับที่ดีด้วยคะแนนเฉลี่ย 3.81 และความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่ได้คะแนนเฉลี่ย 4.00.

การออกแบบระบบนี้มุ่งเป้าไปที่ฟาร์มปศุสัตว์ที่เลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจ เช่น วัว แพะ และแกะ ซึ่งเผชิญปัญหาในการติดตามข้อมูลสัตว์เป็นรายตัว ความล่าช้าในการเข้าถึงข้อมูล การจัดการทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพ และความซับซ้อนของระบบจัดการข้อมูลเดิม โดยระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยแก้ไขปัญหาเหล่านี้ด้วยการจัดการข้อมูลสัตว์อย่างแม่นยำ ติดตามสถานะสัตว์แบบเรียลไทม์ แจ้งเตือนงานสำคัญ ลดเวลาและแรงงานในการจัดการข้อมูล พร้อมทั้งสนับสนุนการวางแผนฟาร์มระยะยาว

คำสำคัญ: เครื่องอ่าน RFID, ฟาร์มปศุสัตว์, ไอโอที, เว็บแอปพลิเคชัน

¹ นักศึกษาปริญญาตรี หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต 83000
อีเมล: s6411423104@pkru.ac.th

² หลักสูตรเทคโนโลยีดิจิทัล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต จังหวัดภูเก็ต 83000
อีเมล: z.pavadee@pkru.ac.th

ABSTRACT

This research aims to 1) design and develop a livestock farm system with Internet of Things (IoT) technology using RFID and web applications to help manage animal data on the farm efficiently, using specific techniques such as reading data from contactless RFID chips at close range, real-time data communication via an ESP32 microcontroller, and using PHP to connect to the Firebase Realtime Database to retrieve data and display it in an easy-to-understand graph format. 2) study the experimental results of using a livestock farm system controlled by an ESP32 microcontroller and developing a web application in PHP, focusing on designing an easy-to-understand and responsive user interface. 3) evaluate the quality and satisfaction of using the system. This system is intended to be used with real animals on the farm to track and manage data related to animal husbandry, such as recording vaccination data, health checks, or managing other data. In this testing phase, RFID chips that have not been attached to the animal's ears were used to test the system's efficiency but are intended for future use with real animals. The experimental results show that the system can record and display data from animal chips correctly. And the quality of the system was evaluated at a good level with an average score of 3.81 and the satisfaction of users with an average score of 4.00.

The design of this system is aimed at livestock farms that raise economic animals such as cows, goats and sheep that face problems in tracking individual animal data, delays in accessing data, inefficient resource management and the complexity of the original data management system. The developed system helps solve these problems by managing animal data accurately, tracking animal status in real time, alerting important tasks, reducing time and labor in data management and supporting standard long-term farm planning.

Keywords: RFID chip reader, livestock farm, IoT, web application

บทนำ

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีหลากหลายที่มาช่วยการทำงานหรือแก้ปัญหาต่างๆ ได้ง่ายขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีหนึ่งนั้นคือ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ที่มีความสามารถในการสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ จากระยะไกลได้ และผู้วิจัยได้ออกแบบและเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และเทคโนโลยี RFID มาใช้สำหรับการอ่านชิป RFID ในฟาร์มปศุสัตว์ เพื่อจัดเก็บข้อมูลสัตว์และสืบค้นได้อย่างรวดเร็ว และเป็นการประยุกต์ใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งกับงานปศุสัตว์ ผู้วิจัยเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 เนื่องจากประสิทธิภาพและความสามารถหลายด้าน เช่น การเชื่อมต่อ Wifi และอินเทอร์เน็ต การเชื่อมต่อกับ บลูทูธ ความเร็วในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ การรองรับโปรโตคอลที่หลากหลาย และราคาถูก (Kuongshun, 2561) เทคโนโลยี RFID (Radio Frequency identification) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ระบุตัวตนผ่านคลื่นความถี่วิทยุและใช้งานอย่างแพร่หลาย มีบทบาทอย่างมากในธุรกิจหลายด้าน เช่น การขนส่ง การค้าปลีกเกษตรกรรม ปศุสัตว์ และระบบรักษาความปลอดภัย เป็นต้น เทคโนโลยี RFID ถูกนำมาเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้บริการที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วในการรับบริการ ลดปัญหาต่างๆ ในการดำเนินงานของผู้ให้บริการ ทั้งในด้านการจัดการทรัพยากร การค้นหาและการตรวจสอบความครบถ้วนของทรัพยากร รวมถึงการรักษาความปลอดภัยและป้องกันการสูญหายของทรัพยากร อย่างไรก็ตามในการที่จะนำเทคโนโลยี RFID มาประยุกต์ใช้ยังมีข้อจำกัด และปัจจัยที่ควรคำนึงถึงอยู่หลายประการจึงจำเป็นต้องมีการพิจารณาอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้ระบบที่ต้องกับความต้องการมากที่สุด (เทพ เกื้อทวีกุล, 2558)

ปัจจุบันระบบเรียลไทม์ (Realtime) คือ ระบบที่สามารถให้การตอบสนองจากระบบอย่างทันทีทันใดเมื่อได้รับการร้องขอ ระบบเรียลไทม์นี้จะเป็นระบบที่ไม่เสียเวลาในการประมวลผลหรืออาจจะกล่าวได้ว่าเวลาในการประมวลผลเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานแบบเรียลไทม์นี้ไม่สามารถสร้างขึ้นได้ ทำได้เพียงแค่การลดเวลาการประมวลผลให้น้อยที่สุด จนไม่สามารถเห็นความแตกต่างของเวลาที่ป้อนอินพุตเข้าไปและได้รับเอาต์พุตออกมา เวลาของความแตกต่างนี้เรียกว่า “เวลาตอบสนอง” (response time) ซึ่งผู้ใช้งานทั่วไปต้องการเวลาตอบสนองให้น้อยที่สุดเพื่อประสิทธิภาพของระบบ ระบบเรียลไทม์จึงนิยมนำไปใช้ในการควบคุมกระบวนการในทางอุตสาหกรรม ซึ่งปัจจุบันสามารถควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัย ให้ค่าเวลาตอบสนองที่ยอมรับได้ ในวงการคอมพิวเตอร์ระบบเรียลไทม์เข้าใกล้อุดมคติมากขึ้น เนื่องจากความเร็วในการประมวลผลของซีพียู (MOSTORI, 2562)

เจ้าหน้าที่ฟาร์มปศุสัตว์ประสบปัญหาหลายประการในการบันทึกข้อมูลสัตว์และการเรียกดูข้อมูลในแต่ละวัน ซึ่งทำให้ผู้ดูแลฟาร์มมีความยุ่งยากและไม่สะดวกในการปฏิบัติงาน เนื่องจากการบันทึกข้อมูลยังคงเป็นวิธีการที่ใช้สมุดและปากกา ทำให้ผู้ดูแลไม่สามารถทราบได้ว่าสัตว์แต่ละตัวได้รับการดูแลอย่างไร และยังไม่สามารถค้นหาหรือเรียกดูข้อมูลเก่าได้ในเวลาที่ต้องการ การขาดข้อมูลที่ทันสมัยและแม่นยำทำให้การควบคุมโรคระบาดในฟาร์มเป็นเรื่องยาก เมื่อเกิดการระบาดของโรคหรือการแพร่เชื้อในสัตว์ การขาดข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับการรักษา การฉีดวัคซีน หรือประวัติการดูแลทำให้การตอบสนองต่อสถานการณ์เหล่านี้ล่าช้าและไม่ตรงจุด ในประเทศไทยมีปัญหการควบคุมโรคระบาดในฟาร์มปศุสัตว์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะโรคปากและเท้าเปื่อย (FMD) ซึ่งมีการระบาดอย่างน้อย 47 ครั้งในปี 2564 ใน 18 จังหวัด เช่น เชียงใหม่ เชียงราย และนครราชสีมา เป็นต้น ซึ่งเป็นปัญหาที่ทำให้เกษตรกรได้รับผลกระทบในด้านการผลิตและการจัดการสัตว์

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและพัฒนาระบบอ่านชิปสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน โดยใช้แนวคิดของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things) ในการรวบรวมข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบนี้พัฒนาขึ้นสำหรับฟาร์มปศุสัตว์ขนาดกลางที่มีสัตว์หลากหลายประเภท เช่น โค กระบือ และหมู โดยระบบสามารถช่วยให้ผู้ดูแลฟาร์มติดตามและจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถตรวจสอบสถานะสุขภาพของสัตว์ได้ทันที เช่น การตรวจสอบว่ามีสัตว์ตัวไหนที่ไม่ได้รับวัคซีนหรือมีการเจ็บป่วย ทำให้สามารถป้องกันและควบคุมการระบาดของโรคได้เร็วขึ้น ช่วยลดข้อผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล และเพิ่มความเร็วในการเข้าถึงข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการดูแลสัตว์อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. ศึกษาผลการทดลองการใช้ระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP
3. ศึกษาคุณภาพและความพึงพอใจในการใช้งานระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้แบบสอบถามในการเก็บรวบรวมข้อมูล

สมมติฐานการวิจัย

ระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านประชากร

1.1) ประชากรเป้าหมาย

1.1.1) ผู้ดูแลฟาร์มปศุสัตว์ที่มีหน้าที่จัดการและติดตามข้อมูลสัตว์

1.1.2) พนักงานภายในฟาร์มที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานระบบ เช่น การบันทึกข้อมูล การดูข้อมูลสัตว์แต่ละตัว

ในฐานะข้อมูล การนำข้อมูลจากกราฟมาวินิจฉัย

1.1.3) เกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการใช้เทคโนโลยีน้อย

1.1.4) เกษตรกรที่มีฟาร์มขนาดแตกต่างกัน

1.2) กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองและประเมินผลระบบ ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาอุปกรณ์ IoT โดยมีประสบการณ์ในการพัฒนาระบบ IoT ไม่น้อยกว่า 2 ปี จำนวน 10 คน

2. ตัวแปรในการวิจัย

2.1) ตัวแปรต้น การใช้ RFID WL134.k สำหรับการระบุรหัสประจำตัวสัตว์ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการรับและส่งข้อมูล การใช้ฐานข้อมูล Firebase Realtime Database สำหรับการจัดเก็บข้อมูล และการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษา PHP

2.2) ตัวแปรตาม ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ความแม่นยำในการจัดเก็บและเรียกดูข้อมูลสัตว์ประสิทธิภาพในการติดตามข้อมูลสัตว์ในฟาร์มระยะเวลาในการบันทึกและเรียกดูข้อมูล

2.3) ตัวแปรควบคุม สภาพแวดล้อมของฟาร์ม ระยะการอ่านข้อมูลของเครื่องอ่าน RFID (1-3 เซนติเมตร) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ในการทดสอบ เช่น การเชื่อมต่อ Wifi และตำแหน่งของอุปกรณ์โครงสร้างและรูปแบบของฐานข้อมูล Firebase

3. ขอบเขตด้านเวลา

การพัฒนาระบบและการทดลองใช้จะดำเนินการในระยะเวลา 6 เดือนแบ่งได้ดังนี้

3.1) ศึกษาปัญหาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง(1 เดือน)

3.2) การวิเคราะห์ระบบและออกแบบระบบ (2 เดือน)

3.3) การพัฒนาระบบและทดสอบเบื้องต้น (1 เดือน)

3.4) การทดลองใช้งานจริง ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข (2 เดือน)

การทบทวนวรรณกรรม

1. แนวคิดและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

1.1) RFID (Radio Frequency Identification) RFID WL134.k เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เทคโนโลยีคลื่นความถี่วิทยุในการระบุและบันทึกข้อมูลของสัตว์ผ่านชิป RFID ซึ่งสามารถอ่านข้อมูลแบบไม่ต้องสัมผัสในระยะประมาณ 1-3 เซนติเมตร โดยเหมาะสำหรับการใช้งานในฟาร์มปศุสัตว์ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลสัตว์ที่มีจำนวนมาก และลดข้อผิดพลาดจากการบันทึกข้อมูลแบบเดิม สาเหตุที่เลือก RFID WL 134.k เพราะ RFID WL134.k เป็น Passive RFID ที่ไม่มีแบตเตอรี่ในตัว แต่รับพลังงานจากเครื่องอ่าน (Reader) ซึ่งช่วยลดต้นทุนและการบำรุงรักษา ตัวอุปกรณ์มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม เช่น ฝุ่นและความชื้น

ในฟาร์ม นอกจากนี้ ยังรองรับการบันทึกข้อมูลเรียลไทม์ในระบบ IoT ช่วยให้การติดตามข้อมูลสัตว์มีความแม่นยำและสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น ทำให้เหมาะสำหรับฟาร์มขนาดกลางถึงใหญ่ที่ต้องการระบบจัดการข้อมูลที่มีคุณค่าและมีประสิทธิภาพ

1.2) ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมสำหรับระบบฟาร์มปศุสัตว์เนื่องจากรองรับการเชื่อมต่อไร้สายครบถ้วน (Wi-Fi และ Bluetooth), ใช้โปรเซสเซอร์แบบ Dual-Core ที่ประมวลผลข้อมูลเรียลไทม์ได้รวดเร็ว, มีโหมด Deep Sleep ที่ลดการใช้พลังงาน, มี GPIO pins สำหรับเชื่อมต่อเซ็นเซอร์หลากหลาย ขนาดเล็กน้ำหนักเบาสะดวกต่อการติดตั้ง และสามารถรวบรวม-ส่งข้อมูลเรียลไทม์ไปยังฐานข้อมูล Firebase Realtime Database

1.3) Firebase Realtime Database Firebase เป็นบริการคลาวด์ที่รองรับการจัดเก็บและประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบฐานข้อมูลนี้สามารถมีความปลอดภัยสูง จึงเหมาะสำหรับการจัดการข้อมูลสัตว์ในฟาร์ม Firebase Realtime Database ถูกออกแบบในรูปแบบ JSON tree ซึ่งเหมาะสำหรับข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นลำดับชั้น (hierarchical structure) เมื่อเทียบกับฐานข้อมูล SQL เช่น MySQL หรือ PostgreSQL ซึ่งเหมาะกับข้อมูลที่มีโครงสร้างตายตัว Firebase จะเหมาะกับข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้บ่อย การเลือก Firebase Realtime Database ช่วยลดข้อซับซ้อนในการจัดการข้อมูลแบบเรียลไทม์ และทำให้ระบบมีความยืดหยุ่นสูง รองรับการใช้งานในระบบฟาร์มปศุสัตว์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4) ภาษา PHP สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันภาษา PHP ถูกใช้สำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันในวิจัย เนื่องจากเป็นภาษาโปรแกรมมิ่งที่รองรับการจัดการฐานข้อมูลและการแสดงผลข้อมูลผ่านหน้าเว็บไซต์ ทำให้ผู้ดูแลสามารถใช้งานระบบได้สะดวกเหตุผลที่เลือกภาษา PHP เพราะช่วยลดเวลาในการพัฒนา ด้วยโครงสร้างที่มีประสิทธิภาพและเครื่องมือสำเร็จรูป รองรับการทำงานกับระบบ IoT และฐานข้อมูล Realtime เช่น Firebase เหมาะกับทีมพัฒนาขนาดเล็ก-กลาง และช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบในระยะยาว

2. งานวิจัยเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้านปศุสัตว์ที่ทันสมัย

2.1) การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบทะเบียนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ วัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบทะเบียนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ของเจ้าหน้าที่ในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 7 วิธีการและเครื่องมือ: ใช้แบบสอบถามเพื่อรวบรวมข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและสถิติเชิงอนุมาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพและปัญหาในการใช้ระบบผลลัพธ์การดำเนินงาน พบว่าการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบทะเบียนเกษตรกรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูล แต่ยังมีปัญหาและอุปสรรคบางประการที่ต้องปรับปรุง เช่น การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่และการปรับปรุงระบบให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.2) การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบที่สามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์แบบเรียลไทม์วิธีการและเครื่องมือใช้เซ็นเซอร์ในการตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และก๊าซแอมโมเนียภายในฟาร์ม ข้อมูลที่ได้จะถูกส่งไปยังระบบประมวลผลและแสดงผลผ่านแอปพลิเคชันหรือเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ดูแลสามารถติดตามและรับการแจ้งเตือนเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

ผลลัพธ์การดำเนินงาน ระบบสามารถตรวจสอบและแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมภายในฟาร์มได้แบบเรียลไทม์ ช่วยลดความเสี่ยงต่อสุขภาพของสัตว์และเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการฟาร์ม

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาอุปกรณ์ IoT โดยมีประสบการณ์ในการพัฒนาระบบ IoT ไม่น้อยกว่า 2 ปี จำนวน 10 คน

2. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบเกณฑ์ประเมินดังนี้ (พิสุทธา อารีราษฎร์, 2550:176) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 – 4.49 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.50 – 3.49 หมายความว่า ระดับปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 – 2.49 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.00 – 1.49 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

3. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่จัดทำและพัฒนาระบบ: ระบบมีการติดตั้งและพัฒนาทั้งในส่วนของการซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ดังนี้

1.1 ซอฟต์แวร์

1.1.1 ฐานข้อมูล Firebase

1.1.2 ภาษา HTML PHP และ JavaScript

1.1.3 ภาษา C/C++ ของ Arduino

1.2 ฮาร์ดแวร์

1.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สำหรับรับและส่งค่าไปยังฐานข้อมูล Firebase

1.2.2 เครื่องอ่าน RFID สำหรับอ่านชิปสติก RFID

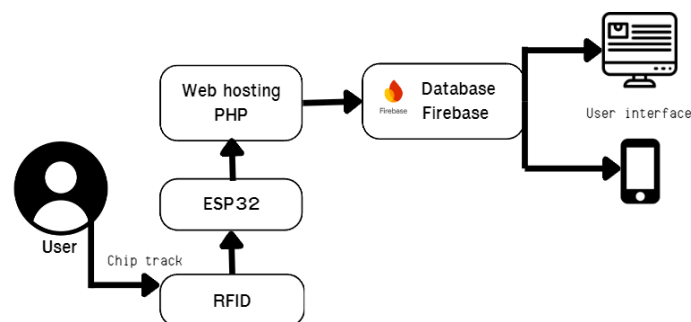
1.2.3 ชิปสติก RFID คลื่นความถี่ที่ 134.56 kHz

2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล: แบบสอบถามประเมินคุณภาพและความพึงพอใจในการใช้งานระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน

ผลการวิจัย

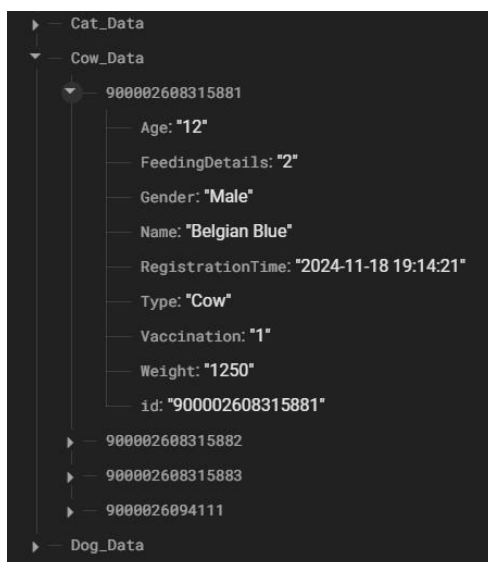
1. ผลการออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน

จากขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 นำข้อมูลจากการศึกษาและวิเคราะห์มาจัดทำเครื่องอ่าน RFID ดังภาพต่อไปนี้



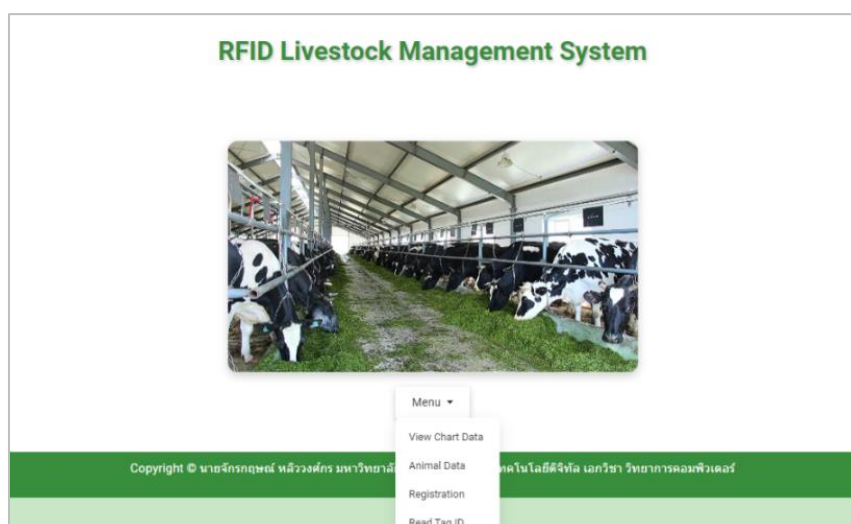
รูปที่ 1 ไดอะแกรมของการออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์และเว็บแอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 1 เป็นภาพไดอะแกรมของการออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์และเว็บแอปพลิเคชันโดยเริ่มจาก User ทำการนำชิปสติก RFID ไปสแกนกับเครื่องสแกนชิปสติก เครื่องสแกนจะส่งข้อมูลไปยังเว็บไซต์บนคลาวด์ จากนั้นเว็บไซต์จะทำการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล Firebase แสดงออกมาบนหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้ หรือทำการบันทึกข้อมูล



รูปที่ 2 โครงสร้างข้อมูลใน Firebase Database

จากรูปที่ 2 เป็นโครงสร้างข้อมูลใน Firebase Database ถูกออกแบบในรูปแบบ JSON tree ซึ่งเหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นลำดับชั้น (hierarchical structure)



รูปที่ 3 หน้าจอหลักส่วนติดต่อผู้ใช้ระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน

จากรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างเว็บเพจหน้าจอหลักส่วนติดต่อผู้ใช้สำหรับเลือกการย่อยเพื่อดำเนินการอื่นๆเช่น การแก้ไขเพิ่มเติม ลงทะเบียน หรือตรวจสอบข้อมูลของสัตว์ในฟาร์มโดยจะมีรายการให้เลือก 4 รายการ คือ 1) View Chart จะแสดงกราฟเปรียบเทียบข้อมูลสัตว์ 2) Animal Data สำหรับดูข้อมูลสัตว์ที่ลงทะเบียนในระบบ 3) Registration สำหรับลงทะเบียนสัตว์ และ 4) Read Tag ID แสดงข้อมูลสัตว์

Animal Registration System

[Go to Home](#)
[Read Tag ID](#)
[Animal Data](#)

[View Chart Data](#)

ID
Please Tag your Card / Key Chain to display ID

RFID TRACK SCAN FOR ANIMALS ONLY

Name
Enter animal name

Gender
Select Gender

Type
Select Type

Age
Enter age

Weight
Enter weight
kg.

Vaccination
Enter vaccination status

Feeding Details
Enter feeding details

Registration (date/time)
2024-11-09 21:09 (GMT+7)

[Save](#)

รูปที่ 4 หน้าจอลงทะเบียนข้อมูลสัตว์

จากรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างของหน้าจอลงทะเบียนข้อมูลสัตว์ ผู้ดูแลระบบจะเป็นผู้กรอกข้อมูลดังนี้ 1) ไอดี (ได้รับจากการอ่านค่ามาจากเครื่องอ่าน RFID เท่านั้น) 2) ชื่อสัตว์ 3) เพศของสัตว์ (ตัวผู้/ตัวเมีย) 4) ชนิดของสัตว์ (สุนัข/แมว/วัว/กระบือ) 5) อายุของสัตว์ 6) น้ำหนัก 7) จำนวนการได้รับวัคซีน 8) จำนวนการได้รับการผสมพันธุ์ 9) วันและเวลาการลงทะเบียนสัตว์ เมื่อกดบันทึกข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บลงบนฐานข้อมูล Firebase

Firebase Data Viewer

[Go to Home](#)
[Read Tag ID](#)
[Animal Data](#)
[Registration](#)
[กราฟข้อมูล](#)

เลือกชนิดข้อมูล :

ข้อมูลทั้งหมด

แสดงข้อมูล

รหัสสัตว์ ID

msan ID

ค้นหา

ID	Name	Gender	Type	Age	Weight	Vaccination	Feeding Details	Registration Time
300000000000009	Jack	Male	Buffalo_Data	1	1	1	1	
900002608315877	Owen	Male	Buffalo_Data	123	213	213	123	
900002609411156	Manee	Male	Buffalo_Data	12	12	1	1	2024-10-29 23:51:20
3000000000000050	Luffy	Female	Dog_Data	1	1	1	1	2024-10-21 22:37:20
900002608315872	Koko	Male	Cat_Data	12	12	12	12	
88888	66	Male	Cow_Data	6	6	6	6	2024-10-24 16:58:02
900002608315882	ow	Male	Cow_Data	2	33	12	22	
900002608315883	LCL	Male	Cow_Data	12	12	12	12	
9000026094111	Lavi	Male	Cow_Data	1	1	1	1	2024-10-23 16:28:24
900115003838667	zoro	Female	Dog_Data	1	2	3	4	

รูปที่ 5 ตารางข้อมูลสัตว์ในระบบ

จากรูปที่ 5 เป็นตัวอย่างหน้าจอข้อมูลสัตว์ในระบบ โดยจะแสดงข้อมูลของทั้งหมดของสัตว์ และมีรายการเลือกชนิดข้อมูลประเภทสัตว์และการค้นหาแบบใช้ตัวเลขรหัสประจำตัวสัตว์ (Animal ID tag) โดยจะแสดงผลการค้นหาออกมาดังรูปที่ 6

Firestore Data Viewer

[Go to Home](#)
[Read Tag ID](#)
[Animal Data](#)
[Registration](#)
[สมรพหยา](#)

เลือกชนิดสัตว์ :

ป้อนเลข :

[ป้อนข้อมูล](#)

รหัสสัตว์ ID:

รหัส ID:

[ค้นหา](#)

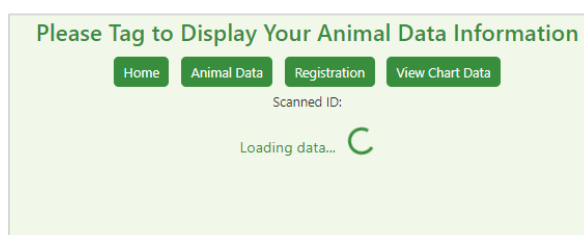
ID	Name	Gender	Type	Age	Weight	Vaccination	Feeding Details	Registration Time
3000000000000009	Jack	Male	Buffalo_Data	1	1	1	1	
900002608315877	Owen	Male	Buffalo_Data	123	213	213	123	
900002609411156	Manee	Male	Buffalo_Data	12	12	1	1	2024-10-29 23:51:20

รูปที่ 6 ตัวอย่างหน้าจอผลการค้นหาชนิดข้อมูลประเภทสัตว์



รูปที่ 7 View Chart Data

จากรูปที่ 7 เป็นภาพตัวอย่างของหน้าจอสำหรับดูกราฟเปรียบเทียบข้อมูลสัตว์ทั้งหมด สามารถเลือกดูประวัติการได้รับวัคซีน จำนวนการผสมพันธุ์สัตว์ได้ และเลือกชนิดกราฟที่ต้องการได้



รูปที่ 8 หน้าจอระหว่างรอรับข้อมูลจากเครื่องอ่าน RFID

จากรูปที่ 8 เป็นภาพตัวอย่างของหน้าจอระหว่างรอรับข้อมูลจากเครื่องอ่าน RFID ก่อนที่จะนำข้อมูลไปสืบค้นในฐานข้อมูลเพื่อแสดงข้อมูลต่าง ๆ ของสัตว์แต่ละตัว



รูปที่ 9 เครื่องอ่าน RFID (ซ้าย) และตัวอย่างชิปที่ติดใบหูสัตว์ (ขวา)

จากรูปที่ 9 เป็นภาพเครื่องอ่าน RFID และตัวอย่างชิปที่ติดใบหูสัตว์ที่ใช้งานจริง



รูปที่ 10 เครื่องอ่าน RFID ในขณะกำลังอ่านข้อมูลจากชิปสัตว์

จากรูปที่ 10 เป็นภาพเครื่องอ่าน RFID ในขณะกำลังอ่านข้อมูลจากชิปสัตว์ ซึ่งจะมีไฟแสดงสถานะให้ผู้ใช้ทราบ เมื่ออ่านข้อมูลจากชิป RFID แล้ว หากพบในฐานข้อมูลจะแสดงหน้าจอ Read tag ID ดังรูปที่ 11

Please Tag to Display Your Animal Data Information

Home Animal Data Registration View Chart Data

Scanned ID:

Animal Data

900002608315881

Field	Value
ID	900002608315881
Name	Belgian Blue
Age	12
Gender	Male
Type	Cow
Vaccination	1
Weight	1250
Feeding Details	2
Registration Time	2024-11-18 19:14:21

รูปที่ 11 หน้า Read tag ID เมื่อพบข้อมูล



รูปที่ 12 หน้า Read tag ID เมื่อไม่พบข้อมูล

จากรูปที่ 12 เป็นภาพหน้า Read tag ID เมื่อไม่พบข้อมูลจะแสดงข้อความออกมาดังภาพ

จากการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามและรวบรวมปัญหา ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันด้วย 1) เครื่องอ่าน RFID WL-134 134.2K ทำหน้าที่อ่านชิปที่ติดประจำตัวสัตว์แต่ละตัวในฟาร์ม 2) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเครื่องอ่าน RFID ประมวลผลและส่งข้อมูลไปเก็บยัง Cloud 3) ระบบฐานข้อมูล Firebase 4) เว็บไซต์สำหรับติดตามหรือควบคุม

ทางผู้วิจัยได้ประเมินสอบถามคุณภาพในการออกแบบและความพึงพอใจในการใช้งานระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน ต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาอุปกรณ์ IoT และผู้ใช้งานทั่วไป จากนั้นนำผลการประเมินสอบถามมาวิเคราะห์ด้วย ค่าสถิติพื้นฐานเทียบเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพในการออกแบบระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. อุปกรณ์มีความทนทานสูง	3.38	0.91	ปานกลาง
2. อุปกรณ์ทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ	4.25	0.46	มาก
3. เว็บแอปพลิเคชันแสดงข้อมูลได้ถูกต้องและทันที	3.75	0.90	มาก
4. การออกแบบเว็บแอปพลิเคชัน เช่น ตัวอักษร ข้อมูล และสี ดูสวยงามน่าใช้	3.88	0.83	มาก
รวม	3.81	0.82	มาก

ตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพในการออกแบบระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินคุณภาพในการออกแบบต่อผู้เชี่ยวชาญด้านการพัฒนาอุปกรณ์ IoT มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.81 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.82 ซึ่งอยู่ในระดับ "มาก" โดยจุดแข็งของระบบคือ อุปกรณ์ทำงานได้รวดเร็วและแม่นยำ ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.25 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.46 อาจจะเพราะว่าเนื่องจากระบบใช้เทคโนโลยี RFID และไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ และ การออกแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สวยงามน่าใช้งาน ได้คะแนนเฉลี่ย 3.88 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83 อาจจะเพราะว่าความใส่ใจในด้านการออกแบบที่ตอบสนองต่อการใช้งานจริงของผู้ใช้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชัน

รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. อุปกรณ์ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน	3.87	0.83	มากที่สุด
2. อุปกรณ์สามารถใช้งานได้จริง	4.25	0.71	มาก
3. ข้อมูลย้อนหลังช่วยในการตัดสินใจได้ดี	4.50	0.76	ปานกลาง
4. ระบบเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน	3.62	0.92	มาก
5. ระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันมีความทันสมัย	4.62	0.51	มาก
รวม	3.87	0.83	มากที่สุด

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันต่อผู้ใช้งานทั่วไป มีค่าเฉลี่ยคะแนนเท่ากับ 4.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 ซึ่งอยู่ในระดับ "มาก" โดยค่าเฉลี่ยที่มากที่สุดของระบบคือระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันมีความทันสมัย ได้คะแนนเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 อาจจะเพราะระบบใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและตอบสนองความต้องการในการจัดการฟาร์มได้ดี และค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดของระบบคือ ระบบเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน ได้คะแนนเฉลี่ยต่ำสุดที่ 3.62 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.92 อาจจะเพราะมีบางฟังก์ชันที่ยังไม่ตอบโจทย์การใช้งานได้ดีเท่าที่ควร

สรุปผล

การออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันมีองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ 1) เครื่องอ่าน RFID ซึ่งเป็นอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์อยู่ในกล่องอะคริลิก ภายในประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 และเครื่องอ่าน RFID หลักการทำงานคือ ชิปส์ RFID จะส่งคลื่นไปยังเครื่องอ่าน RFID และไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จะส่งข้อมูลที่อ่านได้ไปบันทึกลงบนฐานข้อมูล Firebase และนำไปแสดงผลยังหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้ 2) ส่วนของเว็บไซต์ มีฐานข้อมูลสำหรับการเก็บข้อมูล เช่น ข้อมูล ไอที ชื่อ และอายุของสัตว์ เป็นต้น พัฒนาด้วยภาษา PHP และใช้ Firebase Realtime database เป็นฐานข้อมูล การออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วย RFID และเว็บแอปพลิเคชันได้รับการประเมินคุณภาพในระดับ "มาก" โดยมีค่าเฉลี่ยคะแนน 3.81 (S.D. = 0.82) และความพึงพอใจของผู้ใช้ในระดับ "มาก" ด้วยค่าเฉลี่ย 4.00 (S.D. = 0.81) โดยค่าเฉลี่ยที่เยอะที่สุดของระบบคือ ความแม่นยำและความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล ซึ่งได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในด้านการทำงานของอุปกรณ์ที่ 4.25 (S.D. = 0.46) ส่วนการออกแบบเว็บแอปพลิเคชันที่สวยงามและใช้งานง่ายได้รับค่าเฉลี่ย 3.88 (S.D. = 0.83) ค่าเฉลี่ยที่น้อยที่สุดของระบบคือ ความทนทานของอุปกรณ์ ซึ่งได้รับคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 3.38 (S.D. = 0.91) ทำให้มีข้อจำกัดในการใช้งานระยะยาวในสภาพแวดล้อมที่มีการใช้งานหนัก

อภิปรายผล

การออกแบบและพัฒนาระบบฟาร์มปศุสัตว์ด้วยเทคโนโลยี RFID และเว็บแอปพลิเคชันได้ผลลัพธ์ที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้วิจัย โดยระบบสามารถแทนที่การจดบันทึกข้อมูลสัตว์ด้วยมือ เพิ่มความรวดเร็วและความถูกต้องในการบันทึกข้อมูล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนกร ชัมเกษม (2562) เรื่อง การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ที่ใช้เทคโนโลยี IoT และเซ็นเซอร์เพื่อลดความเสี่ยงในฟาร์ม และยังคงคล้ายคลึงกับผลการวิจัยยังมีความคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ สิริพิชัย ชูสำโรง (2561) เรื่องการประเมินผลการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบทะเบียนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ ที่แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการเพิ่มความรวดเร็วและความแม่นยำในการจัดการข้อมูล ซึ่งแสดงถึง

แนวโน้มการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้เพื่อยกระดับการจัดการฟาร์มปศุสัตว์ โดยทั้งสองงานวิจัยยืนยันว่าเทคโนโลยี RFID ช่วยลดความผิดพลาดในการจัดเก็บข้อมูล เพิ่มความเร็ว และอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลแม้ว่าระบบจะได้รับการประเมินในระดับที่ดี แต่ยังพบปัญหาบางประการในระหว่างการพัฒนาและการใช้งานจริง เช่น ความทนทานของอุปกรณ์ RFID ที่อาจไม่สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการสั่นสะเทือนหรือการใช้งานหนักได้ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเสถียรของระบบในระยะยาว การแก้ไขปัญหาสามารถทำได้โดยการเลือกใช้วัสดุที่มีความทนทานมากขึ้นสำหรับการผลิตอุปกรณ์ RFID การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินระบบสามารถสรุปได้ว่า ระบบที่พัฒนามีประสิทธิภาพในระดับสูง โดยเฉพาะในด้านความเร็วและความแม่นยำในการประมวลผลข้อมูล ส่วนคะแนนที่ได้รับในด้านความทนทานของอุปกรณ์แสดงถึงจุดอ่อนที่ต้องพัฒนา เพื่อให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ควรมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาด้านความทนทานของอุปกรณ์ RFID และความเสถียรของระบบในระยะยาว โดยการศึกษาวัสดุที่เหมาะสมและทนต่อสภาพแวดล้อมที่มีการสั่นสะเทือนหรือการใช้งานหนัก รวมถึงการออกแบบระบบสำรองข้อมูลอัตโนมัติเพื่อป้องกันการสูญหายของข้อมูลในกรณีที่อุปกรณ์ชำรุด นอกจากนี้ ควรพิจารณาการผสมผสานเทคโนโลยีอื่น เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) หรือการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคาดการณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในฟาร์ม รวมทั้งการออกแบบฟังก์ชันเพิ่มเติมในเว็บแอปพลิเคชันให้รองรับการใช้งานที่หลากหลาย เช่น การวางแผนการให้อาหารหรือการตรวจสอบสุขภาพสัตว์อัตโนมัติ ซึ่งจะช่วยยกระดับระบบฟาร์มปศุสัตว์ให้ครอบคลุม

เอกสารอ้างอิง

- เทพ เกื้อทวีกุล. (2558). *RFID นวัตกรรมเพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมอาหาร* [วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต]. คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร,
<https://www.thaiscience.info/journals/Article/SDUJ/10981849.pdf>
- ศิริชัย โชติสิริเมธานนท์ และจักรพันธ์ ศรีสวัสดิ์. (2565). *การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดี (RFID) ที่มีผลต่อผลการดำเนินงานของบริษัท ไพรชณียไทยจำกัด*,
https://so07.tcithaijo.org/index.php/JMSA_FMS_URU/article/download/1847/1442/11906www
- ฐานเศรษฐกิจควบคุม. (2565). *กำจัดโรคระบาดสัตว์*.
<https://www.thansettakij.com/business/trade-agriculture/543720>
- ธนกร ชัมเกษม. (2562). *การประเมินผลการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในระบบทะเบียนเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ของเจ้าหน้าที่ ในพื้นที่ปศุสัตว์เขต 7*, จาก <https://region7.dld.go.th/webnew/images/region7-2562/Yuttasart/Vichakan62/ICT.pdf>
- สุวิทย์ สมสุภาพรุ่งยศ. (2560). *RFID การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีสำหรับการคัดแยกนักศึกษาที่ใช้บริการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ ศูนย์พระนครศรีอยุธยา วาสกุกรี* [วิทยานิพนธ์ปริญญา ดุษฎีบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
<https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2560/research.rmutsb-2560-20190703134255552.pdf>
- สิทธิชัย ชูสำโรง. (2561). *การพัฒนาระบบแจ้งเตือนสภาพแวดล้อมแบบเรียลไทม์ภายในฟาร์มเลี้ยงสัตว์*, จาก
<https://nuir.lib.nu.ac.th/dspace/bitstream/123456789/3036/1/Fulltext.pdf>
- Kuongshun. (2561). *ESP32 vs ESP8266 – ข้อดีและข้อเสีย*. จาก <https://bit.ly/3wmXKga>.
- MOSTORI. (2562). *Real time machine monitoring*. จาก https://www.mostori.com/blog_detail.php?b_id=60.