การศึกษาอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสำหรับภารกิจฝึกบิน

Studying Unmanned Aerial Vehicles (Uav) Two Tailed Fixed Wing Type for Flight Training Missions

อนุวัตร จิรวัฒนพาณิช,
วีรวัฒน์ อินทรทัต และ ธวัชชัย จันทร์ทอง
มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Anuwat Jirawattanapanit,
Weerawat Intaratat and Thawatchai Chanthong
Phuket Rajabhat University, Thailand
Corresponding Author, E-mail: anuwat.j@pkru.ac.th

****

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ออกแบบ และสร้างอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสำหรับภารกิจฝึกบิน พบว่าอากาศยานไร้คนขับเป็นชนิดปีกตรึงแบบสองหางขับเคลื่อนด้วยกำลังใบพัดมีค่า Aspect ratio (AR) เหมาะสมที่สุดปะมาณ 6.7 โดยมีปีกยาว 1 เมตร และปีกคอร์ดยาว 0.15 เมตร มีพื้นที่ 0.15 ตารางเมตร แพนอากาศแบบด้านล่างแบนราบและด้านบนโค้งเว้ามีจุดยอดของแพนอากาศเท่ากับ 0.021 เมตร ลำตัวมีลักษณะเป็นทรงกระสวยมีขนาดกว้าง 0.07 เมตร ยาว 0.35 เมตร และ สูง 0.13 เมตร ซึ่งเหมาะสมตามหลักอากาศพลศาสตร์โดยความแข็งแรงและน้ำหนักเบา การออกแบบพวงหางของอากาศยานโดยกระโดงหางหรือหางดิ่งมีพื้นที่ 0.0138 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 9.20 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด ในส่วนแพนหางระดับและแพนหางยกมีพื้นที่รวม 0.0480 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 32 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด และแพนหางยกมีพื้นที่ 0.0180 ตร.ม. คิดเป็นร้อยละ 37.50 ของพื้นที่แพนหาง เมื่อทำการทดสอบภารกิจการบินตามที่กำหนดของอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางที่ได้สร้างขึ้นพบว่า ระยะทางสำหรับการ Take off ประมาณ 5 เมตร อากาศยานมีความคล่องตัวดีการไต่ระดับ Ascent ได้ดีมาก บินเป็นแนวเส้นตรง บินเป็นวงกลมได้ง่าย เมื่อทดสอบเพิ่มความเร็วประมาณร้อยละ 50 ของอัตราความเร็วทั้งหมด อากาศยานสามารถทรงตัวได้ดี มีแรงยกสูง บินได้นิ่ง คล่องตัวดี ไม่มีการส่าย ส่วนการไต่ระดับลงมาอัตราการร่อนดีมาก ความคล่องตัวดี และระยะทางสำหรับการ Landing ประมาณ 10 เมตร ผลการศึกษาอากาศยานสามารถสร้างได้ง่าย ควบคุมการบินได้ง่าย มีเสถียรภาพในการบินสูง มีความคล่องตัว สามารถทำความเร็วประมาณ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งแนวทางในการผลิตอากาศยานไร้คนขับในราคาประหยัดสำหรับภารกิจฝึกบิน สร้างสื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับอากาศให้กับนักเรียนและสำหรับบุคคลทั่วไปได้

* วันที่รับบทความ: 4 มิถุนายน 2567; วันแก้ไขบทความ 23 สิงหาคม 2567; วันตอบรับบทความ: 24 สิงหาคม 2567
Received: June 4, 2024; Revised: August 23, 2024; Accepted: August 24, 2024

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ; เครื่องบินบังคับวิทยุ; อากาศพลศาสตร์

Abstract

The purpose of this investigation is to investigate, design, and construct a twin-tailed fixed-wing unmanned aerial vehicle for flight training missions. Our investigation revealed that the unmanned aerial vehicle is a two-tailed, fixed-wing, propeller-powered aircraft with an ideal aspect ratio (AR) of around 6.7, a wingspan of one meter, a wing chord of 0.15 m, and a total area of 0.15 m^2. The air pan has a concave top with a peak elevation of 0.021 m and a flat bottom. The fusiform fuselage, with dimensions of 0.07 m in width, 0.35 m in length, and 0.13 m in height, is appropriate for aerodynamics due to its strength and light weight. The size of an aircraft's tail wing design is 0.0138 m^2, or 9.20% of the overall wing area. The combined area of the raised and level rudders is 0.0480 m^2, or 32% of the overall wing area. and 37.50% of the rudder area, or 0.0180 m^2, is made up of the elevated rudder. The constructed twin-tailed fixed-wing unmanned aerial vehicle's take-off distance is around 5 meters, according to testing the necessary flight mission. The aircraft is very maneuverable and climbs ascent with great efficiency. It flies directly ahead. Simple to turn in circles using for testing purposes, raise the speed by about half of the maximum speed. The aircraft features excellent mobility, strong lift power, steady flight, decent balance, and no wobbling. The glide rate is excellent for both climbing and downhill high maneuverability and the landing distance is around ten meters. The findings of aircraft studies are simply produced. Simple controls for flying excellent flexibility and flying stability can accelerate at around 40 km/hr. It is a method of producing unmanned aerial vehicles for flying training flights at a low cost. Provide educational resources about weather for the general public and students.

Keyword: Unmanned aerial vehicle (UAV); Radio-controlled aircraft; Aerodynamics

บทนำ

อากาศยานไร้คนขับ Unmanned Aerial Vehicle (UAV) เป็นยานพาหนะทางอากาศขนาดเล็ก มีการควบคุมและสั่งการการบินด้วยระบบอัตโนมัติและแบบกึ่งอัตโนมัติโดยไม่มีนักบินอยู่บนเครื่อง สามารถควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมระยะไกลมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การควบคุมอัตโนมัติจากระยะไกล และการควบคุมแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบการบินด้วยตนเอง การใช้งานอากาศยานไร้คนขับในช่วงแรกนั้นเริ่มต้นพัฒนามาจากเทคโนโลยีทางการทหารเพื่อการป้องกันประเทศ แต่ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับถูกพัฒนาให้ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายมากขึ้น ได้แก่ ด้านการเกษตร กีฬา สันทนาการ การขนส่ง และการถ่ายภาพทางอากาศ เป็นต้น (กิตติศักดิ์ ศรีกลาง, 2558 :15 อากาศยานไร้คนขับมีการแบ่งประเภทได้หลายลักษณะ ได้แก่ 1) อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง (Fixed Wing) 2) อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน (Multirotor) และ 3) อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid) (Fahlstrom, P. and Gleason, T., 2012: 30) แสดงดังรูปที่ 1

(a) (b) (c)

รูปที่ 1 อากาศยานไร้คนขับ a) ชนิดปีกตรึง b) ชนิดปีกหมุน และ c) ชนิดปีกตรึงขึ้นลง แนวดิ่ง ที่มา : Dji. Phantom 2. Retrieved from https://www.dji.com/phantom-2

อากาศยานไร้คนขับถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการใช้ประโยชน์ในกลุ่มอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับสำรวจโครงสร้างพื้นฐานและการบินสำรวจพื้นที่การเกษตร นอกจากนี้ยังนิยมใช้ในการถ่ายวีดีโอ สารคดี และบันทึกภาพที่มีความละเอียดสูง ช่วยในการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ภาพเพื่อช่วยพิจารณาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่สำรวจ รวมทั้งช่วยวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เป็นต้น (ธราวุฒิ บุญเหลือ, 2557: 138) ด้วยประโยชน์ของอากาศยานไร้คนขับที่มีมากมายมหาศาลนี่เอง ทำให้ทั้งภาครัฐและเอกชนทั่วโลกนำอากาศยานไร้คนขับไปใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การใช้เพื่อวางแผนการซ่อมบำรุงรางรถไฟฟ้าผ่านดิจิทัลและการวิเคราะห์แบบสามมิติ (3D) การใช้ตรวจสอบและซ่อมแซมระบบโครงสร้างพื้นฐานขนาดใหญ่ เช่น สะพาน ทางเดินรถ โดยการบินราบไปกับแนวเสาทำให้สำรวจและตรวจสอบความเสียหายได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ การใช้สำหรับขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า การขนส่งอุปกรณ์ช่วยชีวิตคนที่กำลังจมน้ำ การใช้อากาศยานไร้คนขับในการตามหานักบินเฮลิคอปเตอร์ที่ตก รวมทั้งการนำอากาศยานไร้คนขับไปใช้เพื่อขนส่งผลตรวจโรคเอดส์ของเด็กทารกในพื้นทุรกันดาร เป็นต้น (วาสุกรี แซ่เตีย และคณะ, 2557: 2976)

ปัจจุบันในประเทศไทยนิยมใช้อากาศยานไร้คนขับในเชิงพาณิชย์มากขึ้น ได้แก่ การถ่ายโฆษณาภาพยนตร์ รายการข่าวและสารคดี นอกจากนี้ยังนิยมใช้ลำเพื่อการแปรอักษรเป็นภาพหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ส่วนในสาขาอาชีพวิศวกรหรือสถาปนิกมีการประยุกต์ใช้เพื่อการวิเคราะห์โครงสร้าง ค้นหาจุดซ่อมแซม พัฒนางานก่อสร้างในตำแหน่งที่คนงานเข้าไปไม่ถึง สำหรับหน่วยงานราชการไทยเริ่มมีการใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อการสำรวจพื้นที่ป่าหรืออาณาเขตที่ห่างไกล รวมทั้งในหน่วยงานทหารและตำรวจใช้หาตำแหน่งหรือจัดทำแผนที่เพื่อการป้องกันประเทศ และปราบปรามอาชญากรรม (วรคง มีกล้า และสมชนก เทียมเทียบรัตน, 2558: 31) ในภาคการเกษตรจะใช้อากาศยานไร้คนขับสำหรับการทำการเกษตรแบบผสมผสานอย่างมีประสิทธิภาพ (อัศวโกวิท พึ่งสุข และคณะ, 2561: 192) เป็นต้น

ในส่วนของบุคคลากรนั้นปัจจุบันยังขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างอากาศยานไร้คนขับ และมีทักษะในการควบคุมอากาศยานไร้คนขับได้ชำนาญ หรือผู้ที่สามารถสร้างและควบคุมอากาศยานนั้นต้องจบการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีการบิน หรือวิศวกรทางด้านการบิน และอวกาศโดยตรงจึงสามารถสร้างอากาศยานไร้คนขับที่ได้มาตรฐาน หรือได้รับการฝึกฝนทักษะในการควบคุมอากาศยานเป็นอย่างดี ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการในการพัฒนาศักยภาพทางการบินและอวกาศภายในประเทศ ดังนั้นหน่วยงานภาครัฐและเอกชน สถาบันการศึกษา มหาวิทยาลัยควรมีการส่งเสริมให้มีการศึกษาและพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านการบินและอวกาศ รวมทั้งจัดตั้งศูนย์สร้างองค์ความรู้ ฝึกทักษะการบินและอวกาศตั้งแต่ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีศูนย์การเรียนรู้ให้กับนักเรียนได้เข้ามาเรียนรู้ได้สะดวกเพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนสนใจในการเรียนรู้แล้วเข้ามาศึกษาทางด้านการบินและอวกาศให้มากขึ้นซึ่งจะส่งผลให้มีการพัฒนาบุคลากรทางด้านการสร้างอากาศยานและมีทักษะในการควบคุมอากาศยานไร้คนขับมากขึ้นโดยไม่ต้องพึ่งพาต่างประเทศ ลดการนำเข้าอากาศยานจากต่างประเทศและส่งเสริมอุตสาหกรรมอากาศยานภายในประเทศให้มากขึ้น จากประโยชน์ของอากาศยานไร้คนขับที่ได้กล่าวไปข้างต้นนั้นจึงควรที่จะศึกษาและพัฒนาอากาศยานไร้คนขับภายในประเทศให้มากขึ้น เนื่องจากยังขาดบุคคลากรที่มีความรู้ทางด้านนี้ อีกทั้งหน่วยงานต่าง ๆ ภายในประเทศยังต้องสั่งซื้อและนำเข้าอากาศยานไร้คนขับจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมากทำให้เป็นอุปสรรคใหญ่ในการนำมาประยุกต์ใช้ภายในประเทศยังไม่แพร่หลาย อีกทั้งบุคคลากรที่ปฏิบัติงานหรือคนทั่วไปยังขาดทักษะในการควบคุมอากาศยานเนื่องจากขาดอากาศยานราคาถูกสำหรับฝึกบิน ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาข้างต้นจะต้องศึกษาและสร้างอากาศยานไร้คนขับที่ควบคุมได้ง่ายสำหรับบุคคลทั่วไป สามารถสร้างได้ง่ายและราคาต้นทุนต่ำ รวมถึงการสร้างสื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับอากาศยานให้กับนักเรียนหรือบุคคลทั่วไปได้ศึกษา

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยเห็นความสำคัญและประโยชน์ของอากาศยานไร้คนขับจึงได้ทำวิจัยเพื่อศึกษาและออกแบบอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางเนื่องจากสามารถออกแบบและสร้างได้ง่าย มีต้นทุนต่ำ รวมถึงสร้างอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสำหรับภารกิจฝึกบิน เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอากาศยานไร้คนขับที่มีราคาถูกสำหรับภารกิจฝึกบิน และบุคคลทั่วไปสามารถศึกษาเรียนรู้ได้ง่าย

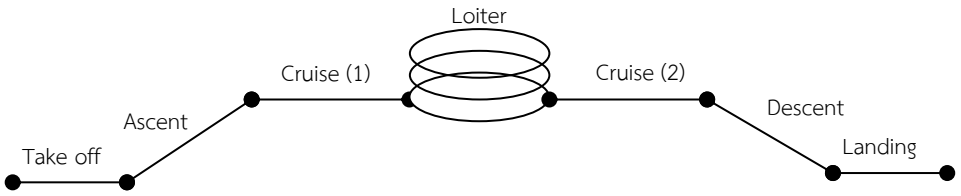
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษา และออกแบบอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสำหรับภารกิจฝึกบิน
2. เพื่อสร้างอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสำหรับภารกิจฝึกบิน

ระเบียบวิธีวิจัย

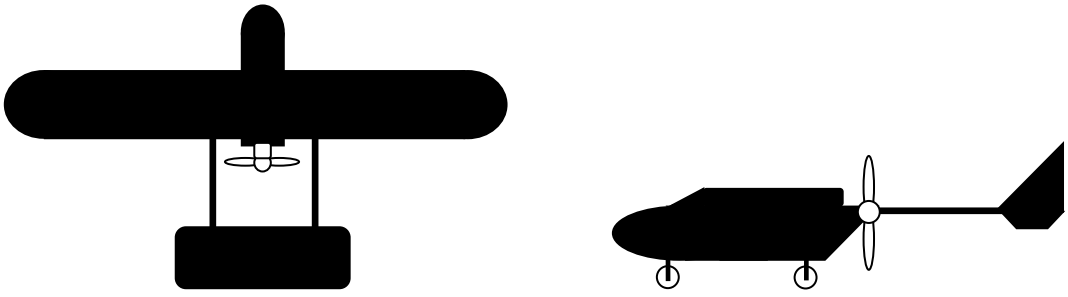
ตอนที่ 1 ศึกษาและออกแบบอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง

1) กำหนดภารกิจการบินของอากาศยาน โดยเริ่มจากการบินขึ้นตามแนวเส้นทางวิ่ง แล้วบินไต่ระดับไปยังความสูงที่กำหนดและบินตามเส้นทางการบินที่ได้กำหนด เมื่อถึงพื้นที่เป้าหมายอากาศยานจะบินวนรอบๆ และเมื่อเสร็จสิ้นการบินวนอากาศยานจะบินกลับไปยังพื้นที่ลงจอดโดยบินลดระดับแล้วทำการลงจอดในพื้นที่ที่กำหนด แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 รูปแบบภารกิจการบินและการเคลื่อนที่ของอากาศยานไร้คนขับ
(ประสาทพร วงษ์คำช้าง และ ประยูร กันอยู่, 2561)

2) เลือกรูปแบบอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหาง เนื่องจากสามารถออกแบบและสร้างได้ง่าย บินได้ง่าย มีเสถียรภาพในการบินสูง มีความคล่องตัวสูง ใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่นและราคาประหยัด ดังรูปที่ 3



(มุมมองด้านบน) (มุมมองด้านข้าง)

รูปที่ 3 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสำหรับภารกิจฝึกบิน

3) การศึกษาและออกแบบปีกอากาศยาน เนื่องจากแรงที่กระทำต่ออากาศยานมีอยู่ 4 แรงได้แก่ 1) แรงยก (Lift) 2) แรงดึงดูดของโลก (Gravity force or Weight) 3) แรงขับไปข้างหน้า (Thrust) และ (4) แรงต้านทาน หรือแรงฉุด (Drag) จากแรงทั้งสี่ที่กระทำต่ออากาศยานมีจำนวนสองแรง (Lift and Drag) ที่เกิดจากอากาศพลศาสตร์ (Aerodynamics) คือ แรงยก และแรงต้าน ซึ่งเกิดขึ้นเมื่ออากาศยานเคลื่อนที่ผ่านอากาศ ดังนั้นการออกแบบปีกจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1) การศึกษารูปแบบปีกอากาศยาน ประมาณค่าพื้นที่ปีกของเครื่องบินที่จะสร้าง โดยการคำนวณหาขนาดและรูปร่างของปีก ในขั้นแรกคำนวณหาค่า Aspect ratio (AR) เมื่อ Aspect ratio คืออัตราส่วนของขนาดกางปีกทั้งหมด (Wing span) กับค่าความยาวคอร์ด (Wing cord) จากความสัมพันธ์ดังนี้ Aspect ratio (AR) = wing span / wing cord ซึ่งจะกำหนดอัตราส่วนไว้ 5 รูปแบบ ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงความยาวปีก ความยาวคอร์ดปีก Aspect ratio และพื้นที่ปีกทั้งหมดของปีก 5 รูปแบบ

แบบปีก	**ความยาวของปีก (เมตร)**	**ความยาวคอร์ดปีก (เมตร)**	Aspect ratio	**พื้นที่ปีกทั้งหมด (ตารางเมตร)**
แบบที่ 1	0.90	0.12	7.5	0.108
แบบที่ 2	0.90	0.15	6	0.135
แบบที่ 3	1.00	0.15	6.7	0.150
แบบที่ 4	1.20	0.15	8	0.180
แบบที่ 5	1.20	0.18	6.7	0.216

3.2) การศึกษาแพนอากาศ (Airfoil) แพนอากาศมีลักษณะเป็นรูปทรงที่ตัดขวางของปีกเพื่อให้อากาศไหลผ่าน ก่อให้เกิดแรงอากาศพลศาสตร์ที่กระทำต่อปีกหรือแรงยก โดยสร้างปีกให้มีแพนอากาศมีลักษณะต่าง ๆ แล้วนำไปติดตั้งกับลำตัวอากาศยานแล้วนำไปทดสอบการบิน

3.3) การศึกษาจุดยอดของแพนอากาศเพื่อให้เหมาะสมกับแพนอากาศที่ใช้ ซึ่งกำหนดในช่วง 1.5 – 2.5 เซนติเมตร

3.4) การศึกษาปีกเล็กแก้เอียง (Aileron) โดยปีกเล็กแก้เอียงเป็นพื้นผิวที่เคลื่อนไหวได้ ใช้ในการควบคุมท่าทางของอากาศยาน ติดตั้งอยู่ที่ขายปีกหลังทั้งสองข้างเพื่อควบคุมอาการเอียงของเครื่องบิน เป็นส่วนที่สร้างความแตกต่างของแรงยกบนปีกทั้งสองข้างของอากาศยาน เช่น โยกซ้ายหรือขวาจะส่งผลให้ตัวอากาศยานหมุนตัวรอบแกนลำตัว ซึ่งจะต้องออกแบบให้เหมาะสมกับกับขนาดของปีกที่ได้จากข้อ 3.1 และพื้นที่ของปีกเล็กแก้เอียงไม่ควรต่ำกว่าร้อยละ 20 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด

4) ลำตัวอากาศยาน เป็นส่วนที่รองรับปีก พวงหาง และส่วนขับเคลื่อนจึงต้องรองรับแรงต่าง ๆ ที่มาจากกระทำต่อปีก หาง และตัวขับเคลื่อน อีกทั้งลำตัวมีหน้าที่ไว้เก็บชุดไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ลำตัวจึงมีหน้าที่ป้องกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการบิน ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้เหมาะสมตามหลักอากาศพลศาสตร์ มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา

5) พวงหางอากาศยาน เป็นส่วนที่ช่วยให้อากาศยานเคลื่อนที่ได้อย่างคล่องตัวและมีความเสถียร ช่วยในการเคลื่อนที่รอบแกน Vertical Axis และ Lateral Axis ประกอบไปด้วย

5.1) กระโดงหางหรือหางดิ่ง เป็นพื้นผิวที่เคลื่อนไหวได้ ติดตั้งอยู่ที่ชายหลัง ของกระโดงหาง ทำให้หัวอากาศยานหันไปทางซ้ายหรือขวา หรือเคลื่อนที่รอบแกน Vertical Axis

5.2) แพนหางระดับและแพนหางยก เป็นพื้นผิวที่ขยับเคลื่อนไหวได้ใช้ในการควบคุมลักษณะ

การบินของอากาศยานเพื่อให้อากาศยาศเชิดหัวขึ้นหรือลง และเคลื่อนที่รอบแกน Lateral Axis ติดตั้งอยู่ที่ชายหลังของแพนหาง

ดังนั้นทั้งกระโดงหางหรือหางดิ่ง แพนหางระดับและแพนหางยก จะต้องศึกษาและออกให้เหมาะสมกับอากาศยาน

6) ชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าและชุดควบคุมบังคับวิทยุ เป็นชุดอุปกรณ์ที่ช่วยชุดควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ในอากาศยาน มีทั้งภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ และส่วนที่ให้กำลังขับดัน ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบและเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับตัวอากาศยาน

ตอนที่ 2 การสร้างอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงโดยใช้วัสดุต้นทุนต่ำ

1) ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างอากาศยานไร้คนขับ ระบบการส่งสัญญาณบังคับวิทยุ และวัสดุในการสร้างและประกอบอากาศที่แข็งแรงลาคาถูก

2) ออกแบบโครงสร้างอากาศยาน โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากตอนที่ 1 มาออกแบบอากาศยาศไร้คนขับ

3) การสร้างและประกอบอากาศยาน ซึ่งนำผลกการศึกษาในตอนที่ 1 มาสร้างอากาศยานไร้คนขับตามแบบในข้อ 2 โดยดำเนินการดังนี้

3.1) สร้างปีก ปีกอากาศยานโดยมีความยาวเท่ากับ 100 เซนติเมตร กว้าง 15 เซนติเมตร และมีความสูงของจุดยอดแพนอากาศเท่ากับ 2.10 เซนติเมตร และเสริมความแข็งแรงด้วยแท่งอลูมิเนียมยาว 1 เมตร ตามแนวปีก หลังจากนั้นติดด้วยเทปกาวสี OPP เพื่อเพิ่มความแข็งแรง

3.2) สร้างลำตัวอากาศยานโดยมีความยาวเท่ากับ 83 เซนติเมตร กว้าง 13 เซนติเมตร. และมีความหนา 7 เซนติเมตร หลังจากนั้นติดด้วยเทปกาวสี OPP เพื่อเพิ่มความแข็งแรง

3.3) สร้างชุดพวงหางและประกอบปีกเชื่อมกับชุดพวงหาง

3.4) ประกอบชุดไฟฟ้าและชุดควบคุม

3.5) ประกอบลำตัวเข้ากับปีกและชุดพวงหาง

3.6) หาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity: CG)

4) ติดตั้งอุปกรณ์ชุดไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และระบบขับเคลื่อน

6) การทดสอบและปรับปรุงอากาศยาน โดยกำหนดภารกิจการบินของอากาศยานโดยเริ่มต้นจากการบินขึ้นตามแนวเส้นทางวิ่ง และไต่ระดับไปยังความสูงที่กำหนด และบินเดินทางตามเส้นทางการบินที่ได้กำหนด เมื่อถึง พื้นที่เป้าหมายอากาศยานจะบินวนรอบๆ พื้นที่เป้าหมายที่ความสูงที่กำหนด และเมื่อเสร็จสิ้น อากาศยานจะบินเดินทางกลับมายังพื้นที่ลงจอด ลดระดับ และทำการลงจอดในพื้นที่ที่กำหนด โดยทดสอบและสังเกตลักษณะการบิน ความคล่องตัว และเสถียรภาพ

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษารูปแบบปีกอากาศ

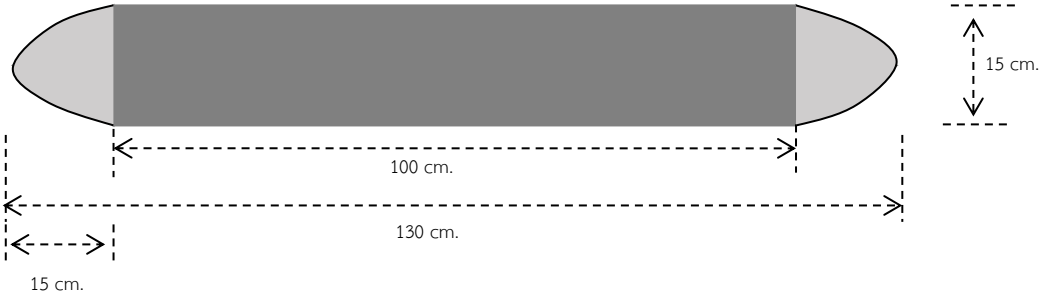
ผลการศึกษารูปแบบปีกอากาศ เมื่อกำหนดขนาดความยาวกางปีกทั้งหมดกับค่าความยาวคอร์ด 5 รูปแบบ เพื่อหาค่า Aspect ratio ที่เหมาะสม แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนขนาดกางปีกทั้งหมดกับค่าความยาวคอร์ดปีก

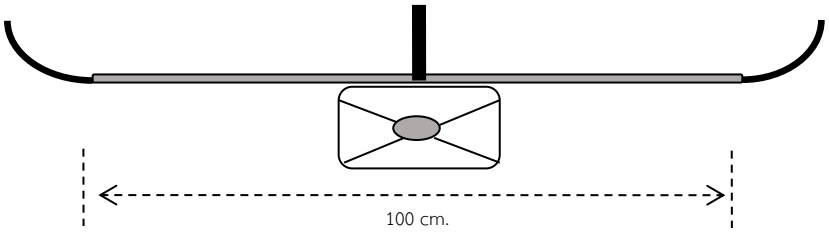
แบบปีก	ความยาวของปีก (เมตร)	ความยาวคอร์ดปีก (เมตร)	Aspect ratio	อัตราการร่อน	เสถียรภาพการบินและความคล่องตัว
แบบที่ 1	0.90	0.12	7.5	สูง	บินเสถียร เลี้ยวไม่คล่องตัว
แบบที่ 2	0.90	0.15	6	ปานกลาง	บินเสถียร เลี้ยวได้คล่องตัว
แบบที่ 3	1.00	0.15	6.7	สูง	บินเสถียร เลี้ยวได้คล่องตัว
แบบที่ 4	1.20	0.15	8	สูง	บินเสถียร การเลี้ยวไม่คล่องตัว
แบบที่ 5	1.20	0.18	6.7	สูง	บินเสถียร เลี้ยวได้คล่องตัว

จากตาราง 2 พบว่าแบบที่ 3 และแบบที่ 5 มีอัตราการร่อนสูง มีเสถียรภาพในการบินดีมากและมีความคล่องตัวสูง สามารถเลี้ยวได้ดีมาก ซึ่งทั้งสองแบบมีความสัมพันธ์ของอัตราส่วนขนาดกางปีกทั้งหมดกับค่าความยาวคอร์ดประมาณ 6.7 จากผลการศึกษาข้างต้นผู้วิจัยได้เลือกแบบปีกแบบที่ 3 เนื่องจากใช้วัสดุน้อยกว่า มีขนาดกะทัดรัด และสามารถตัดแบบได้ง่ายกว่า เป็นแบบที่มีความยาวปีก 1 เมตร และยาวคอร์ดปีก 0.15 เมตร มีพื้นที่ 0.15 ตารางเมตร หรือ 1,500 ตารางเซนติเมตร นอกจากนี้ยังเสริมปลายปีกโค้งเพื่อลด

ความแตกต่างของความดันใต้ปีกและเหนือปีก เพื่อช่วยให้การบินมีเสถียรภาพมากขึ้นสามารถควบคุมการบินได้ง่าย แสดงดังรูปที่ 4



(มุมมองด้านบน)



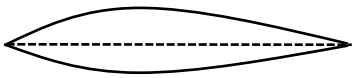
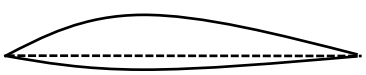
(มุมมองด้านหน้า)

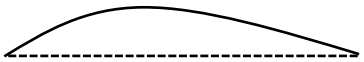
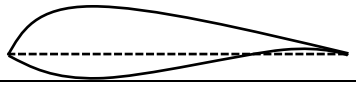
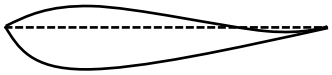
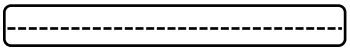
รูปที่ 4 แสดงขนาดและลักษณะปีกของอากาศยาน

2. ผลการศึกษาแพนอากาศ

ผลการศึกษาแพนอากาศที่มีลักษณะต่าง ๆ แล้วนำไปติดตั้งกับลำตัวอากาศยาน เมื่อนำไปทดสอบการบิน ผลแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 ความสัมพันธ์รูปแบบของแพนอากาศของอากาศยาน

แบบแพนอากาศ	รูปแบบแพนอากาศ	ลักษณะการบิน	การมีเสถียรภาพ
แบบสมมาตร (Symmetrical Airfoil)		แรงยกน้อย ควบคุมทิศทางยาก	มีเสถียรภาพ
แบบกึ่งสมมาตร (Semi-Symmetrical Airfoil)		แรงยกปานกลาง ควบคุมทิศทางง่าย	มีเสถียรภาพ

แบบแพนอากาศ	รูปแบบแพนอากาศ	ลักษณะการบิน	การมีเสถียรภาพ
แบบด้านล่างแบน (Flat-Bottom Airfoil)		แรงยกมาก ควบคุมทิศทางง่าย	มีเสถียรภาพ
แบบมีโค้งเว้า (Cambered Airfoil)		แรงยกมาก ควบคุมทิศทางง่าย	มีเสถียรภาพ
แบบรีเฟล็กซ์ (Reflexed Airfoil)		แรงยกน้อย ควบคุมทิศทางไม่ได้	ไม่มีเสถียรภาพ
แบบแผ่นแบน (Flat Plate Airfoil)		แรงยกน้อย ควบคุมทิศทางยาก	ไม่มีเสถียรภาพ

จากตาราง 2 พบว่า ความสัมพันธ์รูปแบบของแพนอากาศของปีกอากาศที่เหมาะสมที่สุด คือ แบบด้านล่างแบนและด้านบนเป็นแบบมีโค้งเว้า ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีแรงยกสูง ควบคุมทิศทางง่าย มีเสถียรภาพ และมีความคล่องตัว เมื่อบินในอัตราความเร็วต่ำสามารถเลี้ยวได้ดีมาก

3. ผลการศึกษาจุดยอดของแพนอากาศ

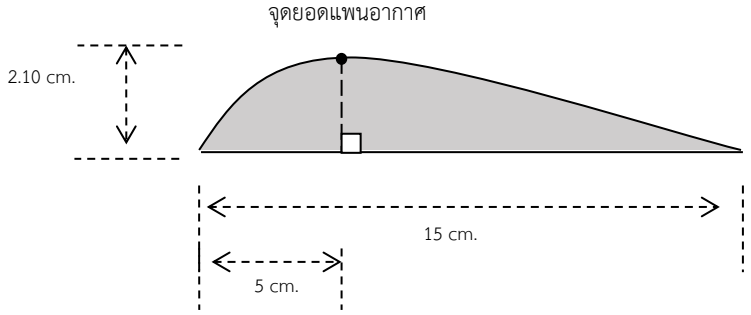
ผลการศึกษาแพนอากาศรูปแบบด้านล่างแบนราบและด้านบนโค้งเว้า เมื่อมีจุดยอดสูงสุดที่ตำแหน่งหนึ่งในสามจากชายหน้าปีกแตกต่างกัน (1.5 – 2.5 เซนติเมตร) แสดงดังตาราง 4

ตาราง 4 ความสัมพันธ์ระหว่างจุดยอดของแพนอากาศกับลักษณะการบิน และการมีเสถียรภาพของกาบิน

จุดยอดแพนอากาศ	ลักษณะการบิน	การมีเสถียรภาพ	ความคล่องตัว
1.5 ซ.ม.	แรงยกน้อยควบคุมทิศทางยาก	มีเสถียรภาพน้อย	มีความคล่องตัวสูงเมื่อใช้ความเร็วสูง
1.7 ซ.ม.	แรงยกปานกลาง ควบคุมทิศทางง่าย	มีเสถียรภาพน้อย	มีความคล่องตัวสูงเมื่อใช้ความเร็วสูง
1.9 ซ.ม.	แรงยกปานกลาง ควบคุมทิศทางได้พอสมควร	มีเสถียรภาพปานกลาง	มีความคล่องตัวสูงเมื่อใช้ความเร็วสูง

2.1 ซ.ม.	แรงยกมาก ควบคุมทิศทางง่าย	มีเสถียรภาพมาก	มีความคล่องตัวสูงเมื่อใช้ความเร็วต่ำ
2.3 ซ.ม.	แรงยกมาก ควบคุมทิศทางยาก	มีเสถียรภาพมาก	มีความคล่องตัวน้อยทั้งความเร็วต่ำและสูง
2.5 ซ.ม.	แรงยกมาก ควบคุมทิศทางยาก	มีเสถียรภาพมากเมื่อบินในความเร็วต่ำมากๆ	มีความคล่องตัวน้อยทั้งความเร็วต่ำและสูง

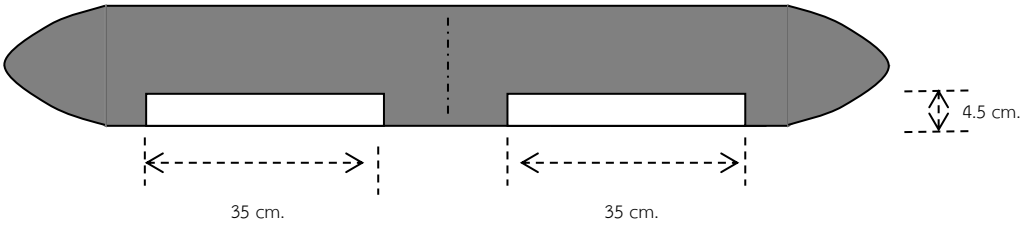
จากตาราง 4 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างจุดยอดของแพนอากาศกับลักษณะการบิน การมีเสถียรภาพและความคล่องตัวในการบินที่เหมาะสมที่สุดเป็นแพนอากาศที่มีความสูงของจุดยอดเท่ากับ 2.10 เซนติเมตร เนื่องจากอากาศยานมีแรงยกมาก ควบคุมทิศทางง่าย มีเสถียรภาพ และมีความคล่องตัวมากเมื่อบินด้วยความเร็วต่ำและสูง ผู้วิจัยจึงเลือกแบบแพนอากาศที่มีความสูงของจุดยอดเท่ากับ 2.10 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปแบบของแพนอากาศของปีกอากาศยาน

4. ผลการศึกษาปีกเล็กแก้เอียง

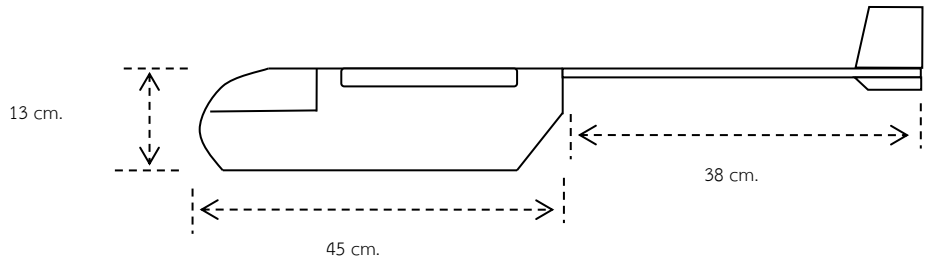
เป็นพื้นผิวที่เคลื่อนไหวได้ ใช้ในการควบคุมท่าทางของอากาศยาน โดยสร้างความแตกต่างของแรงยกบนปีกทั้งสองข้างของอากาศยาน โดยปีกเล็กแก้เอียงที่เหมาะสมมีความยาว 35 เซนติเมตร และกว้าง 4.5 เซนติเมตรต่อชิ้น มีพื้นที่หน้าตัดรวม 315 ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 21 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด ดังรูปที่ 6



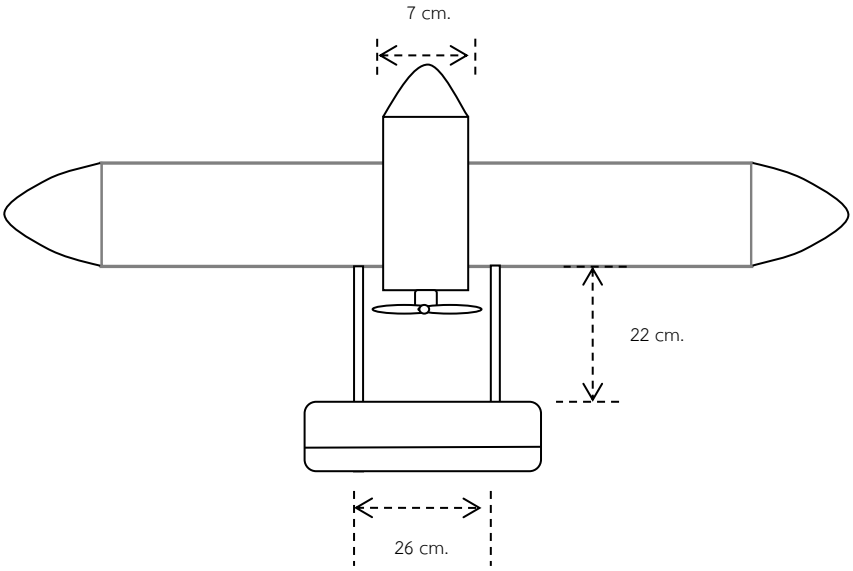
รูปที่ 6 รูปแบบของปีกเล็กแก้เอียงของอากาศยาน

5. ลำตัวอากาศยาน

เป็นส่วนที่รองรับปีก พวงหาง และส่วนขับเคลื่อนจึงต้องรองรับแรงต่าง ๆ ที่มาจากกระทำต่อปีก หาง และตัวขับเคลื่อน อีกทั้งลำตัวมีหน้าที่ไว้เก็บชุดไฟฟ้าและอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องออกแบบให้เหมาะสมตามหลักอากาศพลศาสตร์ มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ดังรูปที่ 7



(ก)



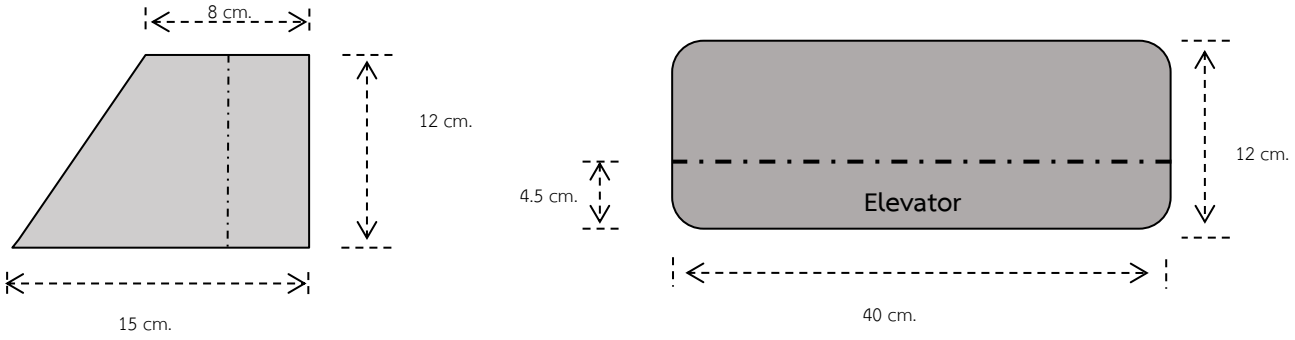
(ข)

รูปที่ 7 รูปแบบลำตัวอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหาง (ก) ด้านข้าง และ(ข) ด้านบน

6. ผลการศึกษาพวงหางอากาศยาน

6.1) กระโดงหางหรือหางดิ่งที่เหมาะสมมีขนาดพื้นที่ 138 ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.20 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด ดังรูปที่ 8 (ก)

6.2) แพนหางระดับและแพนหางยกที่เหมาะสมมีขนาดพื้นผิวรวม 480 ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 32 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด โดยแพนหางระดับมีพื้นที่ 300 ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 62.5 ของพื้นที่แพนหางและแพนหางยกมีพื้นที่ 180 ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.50 ของพื้นที่แพนหาง ดังรูปที่ 8 (ข)



(ก) (ข)

รูปที่ 8 ก) กระโดงหางหรือหางดิ่ง และ ข) แพนหางระดับและแพนหางยก

7. ผลการศึกษาชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าและชุดควบคุมบังคับวิทยุ

จากการศึกษาได้ชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าและชุดควบคุมบังคับวิทยุ ชุดอุปกรณ์ที่ช่วยชุดควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต่างๆ ในอากาศยาน มีทั้งภาครับและส่งสัญญาณวิทยุ และส่วนที่ให้กำลังขับดันอากาศยาน แสดงดังตาราง 4 ดังนี้

ตาราง 4 ชุดอุปกรณ์และชุดควบคุมการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ในอากาศยาน

ลำดับ	อุปกรณ์ไฟฟ้าและชุดควบคุม	จำนวน(หน่วย)
1	วิทยุภาคส่งสัญญาณคลื่น 2.4 GHz รุ่น FLYSKY FS-i6X	1 เครื่อง
2	ตัวรับสัญญาณวิทยุ คลื่น 2.4 GHz FLYSKY 2.4G 6CH FS-iA6B	1 ตัว
3	แบตเตอรี่ลิเธียม ความจุ 11.1V 3S ขนาด 2200 mah, 35 c	1 ก้อน
4	speed control rc Sky walker 40 A	1 ตัว
5	มอเตอร์ brushless 2217 ขนาด 1,500 kv	1 ตัว

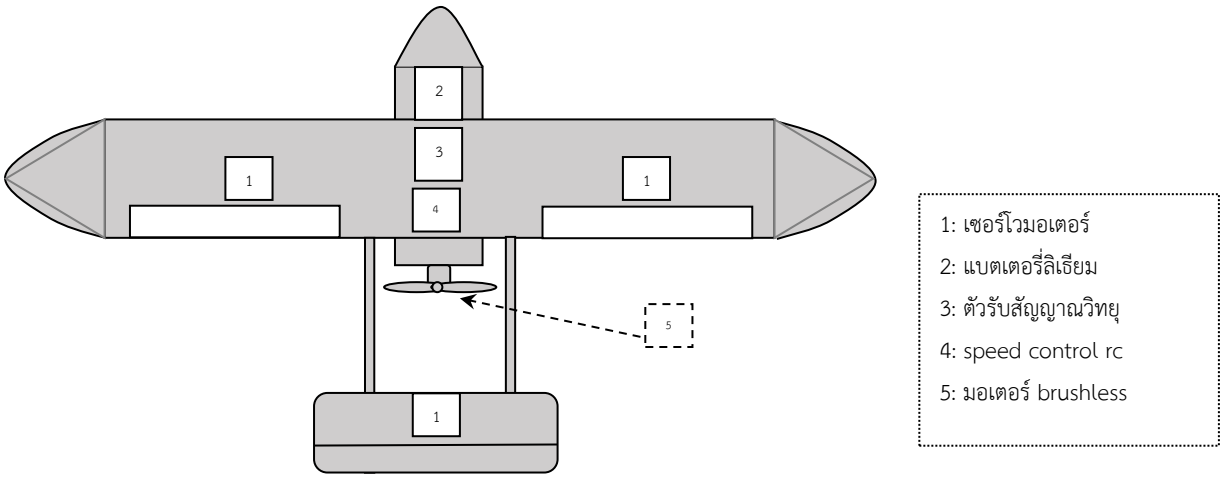
6	เซอร์โวมอเตอร์ (SERVO MOTOR) รุ่น MG90S เกียร์โลหะขนาดเล็ก 9กรัม	3 ตัว
7.	คอนโทรลฮอร์น (แบบเสียบ)	3 ตัว
8.	ลวดคันชัก ขนาด 2.5 มม. ยาว 1 เมตร BHS025	2 เส้น
9.	Stopper แบบตัวหนอนล็อค	3 ตัว
10.	ใบพัด ใบ E ขนาด 9 นิ้ว	1 ใบ

ตอนที่ 2 การสร้างอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงโดยใช้วัสดุต้นทุนต่ำ

1) จากการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างอากาศยานไร้คนขับ ระบบการส่งสัญญาณบังคับวิทยุ และวัสดุในการสร้างและประกอบอากาศยาน โดยผู้วิจัยได้เลือกรีโมทบังคับวิทยุสัญญาณคลื่น 2.4 GHz รุ่น FLYSKY FS-i6X เป็นตัวส่งสัญญาณและตัวรับสัญญาณวิทยุคลื่น 2.4 GHz FLYSKY FS-iA6B ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศยานจากระยะไกล แสดงดังรูปที่ 9 และใช้โฟมอัดที่มีความหนาแน่น 1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต ขนาด 60 cm. x 10 cm. x 120 cm. ในการสร้างลำตัวและปีกอากาศยาน เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ราคาถูก และสามารถหาได้ง่าย รวมทั้งเลือกใช้รางเก็บสายไฟสำหรับทำเป็นส่วนเชื่อมต่อหางกับลำตัว และใช้โฟมอัดแผ่นสำหรับสร้างกระโดงหางและแพนหาง รวมทั้งเลือกชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าและชุดควบคุมที่สามารถหาซื้อได้ง่าย

รูปที่ 9 รีโมทบังคับวิทยุ FLYSKY FS-i6X และตัวรับสัญญาณ FLYSKY 2.4G 6CH FS-iA6B

2) ออกแบบโครงสร้างอากาศยานและเขียนแบบ 2 มิติ ดังภาพที่ 10



รูปที่ 10 แบบอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหาง

3) การสร้างและประกอบอากาศยาน ซึ่งนำผลการศึกษาในตอนที่ 1 มาสร้างอากาศยานไร้คนขับตามแบบในข้อ 2 โดยดำเนินการดังนี้

3.1) สร้างปีก ปีกอากาศยานโดยมีความยาวเท่ากับ 100 ซม. กว้าง 15 ซ.ม. และมีความสูงของจุดยอดแพนอากาศเท่ากับ 2.10 เซนติเมตร และเสริมความแข็งแรงด้วยแท่งอลูมิเนียมยาว 1 เมตร ตามแนวปีก หลังจากนั้นติดด้วยเทปกาวสี OPP เพื่อเพิ่มความแข็งแรง

3.2) สร้างลำตัวอากาศยานโดยมีความยาวเท่ากับ 38 ซม. กว้าง 13 ซ.ม. และมีความหนา 7 ซ.ม. หลังจากนั้นติดด้วยเทปกาวสี OPP เพื่อเพิ่มความแข็งแรง

3.3) สร้างชุดพวงหางและประกอบปีกเชื่อมกับชุดพวงหาง

3.4) ประกอบชุดไฟฟ้าและชุดควบคุม

3.5) ประกอบลำตัวเข้ากับปีกและชุดพวงหาง ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 ลักษณะการประกอบลำตัวเข้ากับปีกและชุดพวงหาง

3.6) หาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity: CG) ดังรูปที่ 12

รูปที่ 12 ลักษณะการหาตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity: CG)

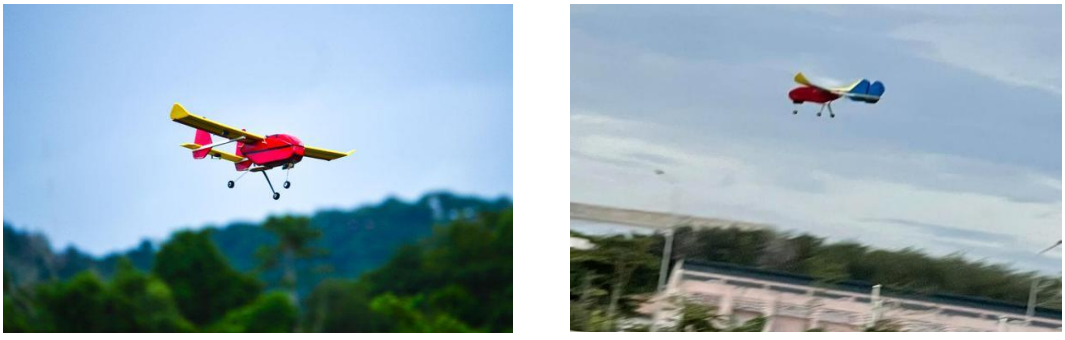
4) ติดตั้งอุปกรณ์ชุดไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และระบบขับเคลื่อน ดังรูปที่ 13

รูปที่ 13 การติดตั้งอุปกรณ์ชุดไฟฟ้า อุปกรณ์ควบคุม และระบบขับเคลื่อน

6) การทดสอบและปรับปรุงอากาศยาน โดยกำหนดภารกิจการบินของอากาศยานโดยเริ่มต้นจากการบินขึ้นตามแนวเส้นทางวิ่ง และไต่ระดับไปยังความสูงที่กำหนด และบินเดินทางตามเส้นทางการบินที่ได้กำหนด เมื่อถึง พื้นที่เป้าหมายอากาศยานจะบินวนรอบๆ พื้นที่เป้าหมายที่ความสูงที่กำหนด และเมื่อเสร็จสิ้น อากาศยานจะบินเดินทางกลับมายังพื้นที่ลงจอด ลดระดับ และทำการลงจอดในพื้นที่ที่กำหนด โดยทดสอบและสังเกตลักษณะการบิน ความคล่องตัว และเสถียรภาพ ดังตาราง 5 และรูปที่ 14

ตาราง 5 การทดสอบและปรับปรุงอากาศยานตามภารกิจการบิน

ลำดับ	การทดสอบ	ลักษณะการบินและความคล่องตัว	เสถียรภาพในการบิน
1	Take off	ระยะทางสำหรับการ Take off ประมาณ 5 เมตร ความคล่องตัวดี	ดี
2	Ascent	การไต่ระดับ Ascent ดีมาก ความคล่องตัวดี	ดี
3	Cruise (1)	การบินเป็นแนวเส้นตรงทำได้ง่ายเมื่อดันคันบังคับความเร็วประมาณร้อยละ 50 และบินนิ่ง คล่องตัวดี ไม่มีการส่าย	ดีมาก
4	Loiter	การบินเป็นวงกลมทำได้ง่ายและคล่องตัวดี ไม่มีการส่าย	ดี
5	Cruise (2)	การบินเป็นแนวเส้นตรงหลังจากบินแบบ Loiter ทำได้ง่ายและบินนิ่ง คล่องตัวดี ไม่มีการส่าย	ดีมาก
6	Descent	การไต่ระดับ Descent ดีมาก อัตราการร่อนดีมาก ความคล่องตัวดี	ดีมาก
7	Landing	ระยะทางสำหรับการ Landing ประมาณ 10 เมตร ความคล่องตัวดี	ดี
8	Time	ระยะเวลาในการบินประมาณ 10 นาที โดยทำความเร็วประมาณ 40 กม./ชม. หรือดันคันบังคับความเร็วประมาณร้อยละ 50	ระยะเวลาสำหรับปฏิบัติภาระกิจปานกลาง



รูปที่ 14 การทดสอบและปรับปรุงอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหาง

อภิปรายผลการวิจัย

ในการศึกษาและออกแบบอากาศยานแบบไร้คนขับครั้งนี้พบว่าอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงชนิดสองหางเป็นแบบที่เหมาะสมที่สุด เมื่อหาขนาดและรูปร่างของปีกพบว่าค่า Aspect ratio (AR) เหมาะสมที่สุดปะมาณ 6.7 โดยปีกมีความยาว 100 เซนติเมตร และปีกคอร์ดยาว 15 เซนติเมตร มีพื้นที่ 1,500 ตารางเซนติเมตร แพนอากาศเป็นแบบด้านล่างแบนราบ ด้านบนโค้งเว้ามีจุดยอดของแพนอากาศเท่ากับ 2.1 เซนติเมตร มีปีกเล็กแก้เอียงยาว 35 เซนติเมตร และกว้าง 4.5 เซนติเมตร ต่อชิ้น และมีพื้นที่ผิวรวม 315 ตารางเซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 21 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด รวมทั้งได้ออกแบบลำตัวอากาศยานให้มีลักษณะคล้ายทรงกระสวยมีขนาดกว้าง 7 เซนติเมตร ยาว 35 เซนติเมตร และ สูง 13 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะสมตามหลักอากาศพลศาสตร์ มีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา และออกแบบพวงหางอากาศยานมีกระโดงหางหรือหางดิ่งพื้นที่ 138 ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 9.20 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด ส่วนแพนหางระดับและแพนหางยกมีพื้นที่รวม 480 ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 32 ของพื้นที่ปีกทั้งหมด และแพนหางยกมีพื้นที่ 180 ตร.ซม. คิดเป็นร้อยละ 37.50 ของพื้นที่แพนหาง

จากผลการศึกษาข้างต้นเมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาสร้างอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงชนิดสองหางแล้วทำการทดสอบตามภารกิจการบินที่กำหนดพบว่า ระยะทางสำหรับการ Take off ประมาณ 5 เมตร อากาศยานมีความคล่องตัวดีการไต่ระดับ Ascent ได้ดีมาก เมื่อบินเป็นแนวเส้นตรงสามารถบินได้ง่าย เมื่อทดสอบเร่งความเร็วประมาณร้อยละ 50 ของอัตราความเร็วทั้งหมด อากาศยานสามารถทรงตัวได้ดี มีแรงยกสูง บินได้นิ่ง คล่องตัวดี ไม่มีการส่าย เมื่อทดสอบการบินเป็นวงกลมสามารถทำได้ง่ายและคล่องตัวดี ไม่มีการส่าย และเมื่อทดสอบการบินเป็นแนวเส้นตรงหลังจากบินแบบเป็นวงกลมสามารถทำได้ง่าย และบินนิ่งคล่องตัวดี ไม่มีการส่าย การไต่ระดับลงมาอัตราการร่อนดีมาก ความคล่องตัวดี ระยะทางสำหรับการ Landing ประมาณ 10 เมตร เมื่อทดสอบระยะเวลาการบินเมื่อใช้แบตเตอรี่ลิเธียมชนิด 3S ขนาดความจุ 11.1 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 2200 มิลลิแอมป์ต่อชั่วโมง ที่ความเร็วประมาณ 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถทำการบินประมาณ 10 - 12 นาที

ในการศึกษาครั้งนี้สามารถสร้างอากาศยานแบบไร้คนขับสำหรับภารกิจฝึกบินได้จริงและได้แนวทางในการสร้างอากาศยานแบบไร้คนขับที่มีราคาประหยัดสำหรับภารกิจฝึกบิน สร้างสื่อการเรียนรู้เกี่ยวกับอากาศให้กับนักเรียนและบุคคลทั่วไปได้

ข้อเสนอแนะ

1) อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาประสิทธิภาพให้ดีขึ้น โดยปรับเปลี่ยนแบตเตอรี่ลิเธียม กำลังมอเตอร์และขนาดใบพัด เป็นต้น

2) อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงแบบสองหางสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการถ่ายภาพในมุมสูง การสำรวจทางอากาศ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กิตติศักดิ์ ศรีกลาง. (2558). *อากาศยานไร้คนขับกับงานโฟโตแกรมเมตรี.* กรุงเทพมหานคร: โรงเรียนแผนที่ กรมแผนที่ทหาร.

ธราวุฒิ บุญเหลือ. (2557). การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ (UAV) เพื่อจัดทำรูปถ่ายทางอากาศ กรณีศึกษาพื้นที่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิทยาเขตขามเรียง. *วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.* 63, 55-68.

ธราวุฒิ บุญเหลือ. (2561). การประยุกต์ใช้เครื่องบินบังคับอัตโนมัติ เพื่อสร้างฐานข้อมูลแบบจำลองสารสนเทศอาคารสำหรับงานสถาปัตยกรรมผังเมือง กรณีศึกษา อ.ธาตุพนม จ.นครพนม. *วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.* 28, 137-148.

ธีระพงษ์ นาชอน. (2551). *รีโมทควบคุมด้วยสัญญาณวิทยุ.* โครงงานปริญญาตรีภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ประสาทพร วงษ์คำช้าง และ ประยูร กันอยู่. (2561). การออกแบบและพัฒนาอากาศยานไร้คนขับแบบปีกตรึงขึ้น-ลงทางดิ่งขนาดเล็ก. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*. 8 (2), 194-205.

วสวัตติ์ เสาวดี, สมประสงค์ สาวจู และชวิน จันทรเสนาวงศ์. (2552). *การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของแพนอากาศสำหรับแบบจำลองไดนามิกสตอลโดยใช้ CFD.* การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 (หน้า 68-74). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรคง มีกล้า และสมชนก เทียมเทียบรัตน . (2558). มาตรฐานอากาศยานไร้นักบินกับการพัฒนาอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ. *วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ.* 6 (3), 30-38.

วาสุกรี แซ่เตีย และคณะ (2557). *การพัฒนาอากาศยานไร้นักบิน (UAV) เพื่อการสำรวจและจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อติดตามและประเมินสถานการณ์น้ำท่วมในภาคตะวันออกของประเทศไทย ปี 2556 .* การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19. 2974-2980.

ศิวา แก้วปลั่ง. (2561). การประเมินการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับการประมาณค่าชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นหม่อน. *วารสารแก่นเกษตร.* 46 (1), 1-7.

สมควร รักดี. (2558). *การพัฒนาการเชื่อมโยงข้อมูลในระบบการป้องกันภัยทางอากาศของหน่วยต่อสู้อากาศยานกองทัพอากาศเพื่อความพร้อมสำหรับการเป็นกองทัพอากาศชั้นนำในภูมิภาค.* เอกสารวิจัยส่วนบุคคล วิทยาลัยป้องกันราชอาณาจักร.

อัศวโกวิท พึ่งสุข และคณะ. (2561). การประมาณค่าความสูงของไม้ยางนาด้วยข้อมูล DTM และ DSM จากอากาศยานไร้คนขับ. *วารสารรสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย.* 19 (1), 103-118.

David Lednicer. (2010). The Incompressible Guide to Airfoil Usage. *Online.* Available: http://m-selig.ae.illinois.edu/ads/aircraft.html.

Fahlstrom, P. and Gleason, T. (2012). *Introduction to UAV System*. West Sussex: John Wiley and Son.

Kaneko, R., et al. (2015). Application of unmanned aerial vehicle measurement to estimate quantity of forest biomass. *Internet Journal for Society for Social Management Systems.* 10 (1), 2-9.