



การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการ
จัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

นายคมกริช กาญจนสมบัติ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการ
จัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

นายคมกริช กาญจนสมบัติ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่
ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

โดย นายคมกริช กาญจนสมบัติ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

..... คณบดีคณะครุศาสตรบัณฑิต

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ อรรคทิมากุล)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรินทร์ ปัญจบุรี)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศีลาวัณนาไนย)

ชื่อ : นายคมกริช กาญจนสมบัติ
 ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้
 ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการ
 เรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
 สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณนาไนย
 ปีการศึกษา : 2567

บทคัดย่อ

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicles: UAVs) โดยเฉพาะควอดคอปเตอร์ (Quadcopters) ได้รับความนิยมเนื่องจาก ควบคุมง่าย และมีเสถียรภาพสูง อย่างไรก็ตาม ผู้เรียน ในหลักสูตรเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับมักเผชิญปัญหาในการเชื่อมโยงทฤษฎีกับการปฏิบัติ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (PBL) 2) เพื่อศึกษาความเข้าใจ ของผู้เรียนหลังการใช้งานชุดการเรียนรู้ และ 3) เพื่อศึกษาแรงจูงใจของผู้เรียนหลังการใช้งาน งานวิจัยนี้ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) โดยวัดผลก่อนและ หลังการทดลอง กลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาระดับ ปวส. ปีที่ 1 สาขาอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยชุดการเรียนรู้ แบบทดสอบความเข้าใจ และแบบประเมินแรงจูงใจ

ผลการวิจัย พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Wilcoxon Signed Rank Test พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.001$) จึงสามารถ ยืนยันได้ว่า กิจกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในด้าน แรงจูงใจของผู้เรียน ใช้แบบประเมิน ARCS พบว่าแรงจูงใจในภาพรวมของผู้เรียนอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.43 และ $S.D. = 0.49$) สะท้อนให้เห็นว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้ ที่ออกแบบ

(มีจำนวนทั้งสิ้น 143 หน้า)

คำสำคัญ : ปัญญาประดิษฐ์, อากาศยานไร้คนขับ, การจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Komkrit Kanjanasombut
Independent Study Title : Developing an AI-Motion controlled Drone Learning
Kit with Problem-based Learning
Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North
Bangkok
Independent Study Advisor : Assistant Professor Dr. Chaiyaporn Silawatchananai
Academic Year : 2024

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), particularly quadcopters, are widely used due to their ease of control and stability. However, students in UAV technology courses often struggle to connect theoretical knowledge with practical applications. This study aims to 1) Developing an AI-Motion controlled Drone Learning Kit with Problem-based Learning (PBL), 2) examine students' understanding after using the kit, and 3) assess their motivation. A pre-experimental design was conducted with 24 first-year vocational diploma students in electronics.

Findings from the Wilcoxon Signed Rank Test showed a significant improvement in post-test scores (p -value = 0.001), confirming the learning kit's effectiveness. The ARCS motivation assessment indicated high overall motivation (Mean = 4.43, S.D. = 0.49), with students reporting strong satisfaction with the learning process. These results highlight the potential of AI-enhanced PBL in improving UAV education by fostering deeper engagement and comprehension.

(Total 143 Pages)

Keywords: Artificial Intelligent, UAVs, Problem-based Learning

Advisor

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างยิ่งต่อ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศีลาวัชชาไนย อาจารย์ที่ปรึกษาหลักที่ให้คำแนะนำอย่างละเอียด รอบคอบ และสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกขั้นตอนของการทำวิจัย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คณาจารย์และเจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการและทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินโครงการ ขอขอบคุณ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ปีที่ 1 สาขาอิเล็กทรอนิกส์ ที่เข้าร่วมเป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ความตั้งใจและความร่วมมือของท่านมีส่วนสำคัญในการทำให้การวิจัยเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ขอขอบคุณ ผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการประเมินและพัฒนาเครื่องมือวิจัย คำชี้แนะของท่านช่วยให้การศึกษานี้มีความน่าเชื่อถือและได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัว และเพื่อนร่วมงานทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนตลอดระยะเวลาที่ดำเนินงานวิจัย

คมกริช กาญจนสมบัติ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	3
1.3 สมมติฐาน	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle)	7
2.2 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)	11
2.3 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning)	15
2.4 แรงจูงใจ (Motivation)	19
2.5 ทฤษฎีขั้นตอนการสร้างชุดการเรียนรู้	22
2.6 ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ	23

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	38
3.1 การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน.....	39
3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน.....	47
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล.....	49
3.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้.....	50
3.5 การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....	52
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	55
4.1 ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน.....	55
4.2 ผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยาน ไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่.....	58
4.3 ผลประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่.....	58
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	64
5.3 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการวิจัย.....	65

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก ก	71
- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านเนื้อหา	72
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ	73
- แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรมเรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนรู้ อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ แบบปัญหาเป็นฐาน	79
- แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนรู้ (ก่อนเรียนและหลังเรียน)	82
- แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่	92
ภาคผนวก ข	95
- การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับ	96
- การออกแบบและสร้างวงจรควบคุมอากาศยานไร้คนขับ	98
- การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ	99
ภาคผนวก ค	108
- ตาราง Test Blueprint	109
- ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ก่อนเรียน และหลังเรียน	110
- ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคู เดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))	112
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน	114

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ง	119
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์โดย ผู้เชี่ยวชาญ	120
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน โดยผู้เชี่ยวชาญ	121
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวมโดย ผู้เชี่ยวชาญ.....	122
- เอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน.....	125
- ภาพกิจกรรมการเรียนรู้.....	139
ภาคผนวก จ	141
- นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025	142
ประวัติผู้เขียน.....	144

สารบัญตาราง (ถ้ามี)

หน้า

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบระหว่าง การควบคุมด้วยโครงข่ายประสาทเทียม และ การควบคุมด้วยฟuzzy.....	14
ตารางที่ 3-1 ผลลัพธ์การเรียนรู้ รายวิชาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ.....	48
ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับชุดการเรียนรู้ อากาศยานไร้คนขับ.....	51
ตารางที่ 4-1 ตารางคุณลักษณะของชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่.....	57
ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน.....	58
ตารางที่ 4-3 ผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่.....	59
ตารางที่ ค-1 แสดงตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ Test Blueprint.....	109
ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ.....	110
ตารางที่ ค-3 ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20)).....	112
ตารางที่ ง-1 การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์.....	120
ตารางที่ ง-2 การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน.....	121
ตารางที่ ง-3 การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และเกมประกอบแผนการ จัดการเรียนรู้.....	122
ตารางที่ ง-4 การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม.....	124

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 ภาพอากาศยานไร้คนขับ.....	7
ภาพที่ 2-2 ควอดคอปเตอร์.....	9
ภาพที่ 2-3 ภาพแสดงกราฟฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซี่ลอจิก.....	12
ภาพที่ 2-4 ภาพสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network).....	13
ภาพที่ 2-5 ภาพสถาปัตยกรรมของระบบนิวโร-ฟัซซี่.....	15
ภาพที่ 2-6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน.....	18
ภาพที่ 2-7 ภาพองค์ประกอบของ ARCS Model.....	20
ภาพที่ 2-8 ภาพมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน.....	24
ภาพที่ 2-9 ภาพเปรียบเทียบโครงสร้างของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless Motor).....	24
ภาพที่ 2-10 ภาพเปรียบเทียบโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน.....	25
ภาพที่ 2-11 ภาพตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ (ESC : Electronic Speed Controller).....	26
ภาพที่ 2-12 ใบพัดโดรน (Drone Propellers).....	28
ภาพที่ 2-13 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (LiPo).....	28
ภาพที่ 2-14 เซ็นเซอร์ Time-of-Flight.....	29
ภาพที่ 2-15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32.....	30
ภาพที่ 2-16 เฟรม (FRAME).....	31
ภาพที่ 2-17 โปรแกรม Arduino IDE.....	32
ภาพที่ 2-18 โปรแกรม MATLAB.....	33
ภาพที่ 2-19 Neuro-Fuzzy Designer.....	34
ภาพที่ 3-1 แผนภาพการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ควบคุมการเคลื่อนที่.....	39
ภาพที่ 3-2 แผนภาพการออกแบบชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ.....	40
ภาพที่ 3-3 ภาพแสดงการออกแบบและสร้างวงจรควบคุม.....	41
ภาพที่ 3-4 ภาพการฝึกปัญญาประดิษฐ์โดยใช้ Neural Fuzzy Designer.....	43
ภาพที่ 3-5 ภาพการฝึกระบบด้วยข้อมูลที่เก็บได้.....	44
ภาพที่ 3-6 ภาพการคำนวณหาค่าของสมการเส้นตรง.....	45
ภาพที่ 3-7 ภาพเงื่อนไขในโค้ดของโปรแกรม Arduino IDE.....	46
ภาพที่ 3-8 การทดสอบการทำงานของโดรน.....	47

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3-9 แผนภาพการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน.....	47
ภาพที่ 3-10 ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับชุดการเรียนรู้ อากาศยานไร้คนขับ.....	52
ภาพที่ 4-1 ภาพรวมของชุดการเรียนรู้.....	56
ภาพที่ 4-2 ส่วนประกอบของตัวโดรน.....	56
ภาพที่ 4-3 ผลการตอบสนองของการควบคุม.....	57
ภาพที่ 4-4 ผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้.....	60
ภาพที่ ก-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายธนูศักดิ์ อรุณไพโร เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	73
ภาพที่ ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	74
ภาพที่ ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	75
ภาพที่ ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	76
ภาพที่ ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	77
ภาพที่ ข-1 การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับด้านบน.....	96
ภาพที่ ข-2 การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับด้านข้าง.....	96
ภาพที่ ข-3 โมเดลหุ่นยนต์สร้างอากาศยานไร้คนขับเสร็จสมบูรณ์.....	97
ภาพที่ ข-4 ส่วนประกอบของอากาศยานไร้คนขับ.....	97
ภาพที่ ข-5 วงจรควบคุมอากาศยานไร้คนขับ.....	98
ภาพที่ ข-6 การเขียนโปรแกรมทดสอบ ToF Sensor.....	99
ภาพที่ ข-7 การเขียนโปรแกรมทดสอบบัลเลสมอเตอร์และตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์.....	99
ภาพที่ ข-8 การเขียนโปรแกรมอ่านค่าพารามิเตอร์.....	100
ภาพที่ ข-9 บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในไฟล์ CSV.....	102
ภาพที่ ข-10 นำค่าที่บันทึกไปฝึกระบบ Neural Fuzzy Logic.....	103
ภาพที่ ข-11 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function).....	103
ภาพที่ ข-12 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า ระยะทาง (Distance).....	104
ภาพที่ ข-13 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า Error (ค่าระยะความต่าง ระหว่าง Setpoint และค่าที่วัดได้จริงจาก Sensor).....	104
ภาพที่ ข-14 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า Battery Voltage.....	105
ภาพที่ ข-15 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า PWM (OUTPUT).....	105

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ ข-16 กฎ (Rule) ของ Neural Fuzzy Controller.....	106
ภาพที่ ข-17 เขียนกฎด้วยโปรแกรม Microsoft Excel.....	106
ภาพที่ ข-18 เขียนช่วงการตัดสินใจด้วย Arduino IDE.....	107
ภาพที่ ง-1 ขั้นตอนที่ 1 การอธิบายและแนะนำระบบควบคุมการบิน.....	139
ภาพที่ ง-2 ขั้นตอนที่ 2 การทดลองควบคุมการบินขึ้น-ลง.....	139
ภาพที่ ง-3 ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงระบบควบคุม.....	140
ภาพที่ ง-4 ขั้นตอนที่ 4 อภิปรายและสรุปผล.....	140
ภาพที่ จ-1 นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025.....	142
ภาพที่ จ-2 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในการนำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการ ระดับชาติ AEIT 2025.....	143

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ได้แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าอย่างมากในเทคโนโลยี โดยเฉพาะเครื่องบินที่สามารถขึ้น และลงในแนวตั้ง (Vertical Take-off and Landing: VTOL) ซึ่งได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากไม่ต้องใช้รันเวย์ในการบินขึ้นหรือลงจอด UAV ประเภทนี้มีหลายรูปแบบ โดยหนึ่งในรูปแบบที่ได้รับความนิยม และใช้งานแพร่หลายคือ ควอดคอปเตอร์ (Quadcopter) ซึ่งมีความเสถียรในการบินที่ควบคุมโดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ทั้งสี่ตัว อากาศยานไร้คนขับประเภทควอดคอปเตอร์ได้รับการใช้เป็นชุดทดลองอย่างกว้างขวาง เนื่องจากความเรียบง่ายทางกลไก และความทนทานโดยธรรมชาติ แนวโน้มในปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าการวิเคราะห์ควอดคอปเตอร์มีความสำคัญเพิ่มขึ้นในด้านหุ่นยนต์ทางอากาศ เนื่องจากเป็นต้นแบบที่ใช้งานได้จริงในบริบทของการเรียนการสอนในระดับมหาวิทยาลัย เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนโปรแกรม และหุ่นยนต์อย่างไรก็ตาม แพลตฟอร์มการศึกษาที่ใช้มัลติโรเตอร์ (Multi-Rotor) เป็นฐานนั้นมีความท้าทายในการออกแบบ และการควบคุม เนื่องจากลักษณะการทำงานที่ต้องเคลื่อนที่ในพื้นที่สามมิติ ทำให้การพัฒนาทักษะในด้านนี้จำเป็นต้องมีความเข้าใจเชิงลึก และการฝึกฝนที่เหมาะสม (Uriel Veyna., et al.,2021) โดรนแบบเฮลิคอปเตอร์กำลังพัฒนาอย่างรวดเร็วด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง การติดตามพัฒนาการล่าสุดทำให้นักวิจัย วิศวกร และผู้ปฏิบัติงานสามารถใช้เทคโนโลยีล้ำสมัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และประสิทธิผลของโดรนได้ (Janis Peksa., et al.,2024) โดรนได้กลายเป็นเครื่องมือที่หลากหลาย และมีความสามารถที่หลากหลาย ในบรรดาอากาศยานไร้คนขับเหล่านี้ ควอดคอปเตอร์โดดเด่นในฐานะเฮลิคอปเตอร์แบบโรเตอร์สมัยใหม่ และคล่องตัว โดยมีโรเตอร์สี่ตัวที่หมุนอย่างรวดเร็ว โดยการปรับความเร็วของดิस्कโรเตอร์ นักบินสามารถควบคุมการเคลื่อนไหวของควอดคอปเตอร์ได้อย่างแม่นยำผ่านเครื่องส่งสัญญาณควบคุมระยะไกล ควอดคอปเตอร์มักมีขนาดกะทัดรัด และน้ำหนักเบา ทำให้เหมาะสำหรับการใช้งานต่างๆ (Al-Haddad, L.A., et al.,2024)

ในปัจจุบัน การศึกษาในด้านวิศวกรรมมีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ตำราเรียนไปเป็นการใช้วัสดุที่แท้จริงในการฝึกปฏิบัติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแนวคิดโรงงานการเรียนรู้ ซึ่งเป็นวิธีการพื้นฐานที่มุ่งเน้นสภาพแวดล้อมการผลิตที่สมจริงสำหรับการศึกษา การฝึกอบรม และการวิจัยในอุตสาหกรรม (Tangtrongpaisros, Ornanong., et al.,2022) ในการจัดการเรียนการสอนสายอาชีพ จะดำเนินการทั้งในทางทฤษฎี และปฏิบัติโดยการเรียนรู้ในเชิงปฏิบัติมีส่วนสำคัญมากกว่าเพื่อช่วยให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์จริง ประสบการณ์แรกในการเรียนรู้ การคิด และการแก้ปัญหาสำหรับ

นักศึกษาจะสามารถได้รับผ่านกิจกรรมปฏิบัติ การเสริมสร้างความรู้พื้นฐานในด้านวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมสามารถทำได้ผ่านกิจกรรมปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ (Berman., et al.,2021) นอกจากนี้ เครื่องมือการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับการศึกษามักมีราคาแพง และขาดแคลนงบประมาณในการจัดซื้อ สื่อการเรียนรู้ที่ต้องการ ที่สำคัญที่สุดคือเทคโนโลยีมีการเปลี่ยนแปลง และพัฒนาอย่างรวดเร็ว (Raijaidee, Panupong., et al.,2022) การพัฒนาชุดการเรียนการสอนมีเป้าหมายที่จะเชื่อมช่องว่าง ระหว่างความรู้ทางทฤษฎี และทักษะเชิงปฏิบัติ ด้วยการพัฒนาชุดการเรียนการสอน เพราะวิธีการสอนแบบดั้งเดิมมักจะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจเชิงแนวคิดที่อาจไม่สามารถนำไปสู่การ แก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์จริง ดังนั้น เป้าหมายหลักของการศึกษานี้คือ การสร้างชุดการศึกษาที่สอดคล้องกับความต้องการของระดับการศึกษาต่างๆ ไม่เพียงแต่ตอบสนอง นักเรียน แต่ยังขยายประโยชน์ไปยังครูผู้สอนที่กำลังมองหาเครื่องมือใหม่ๆ เพื่อเสริม กลยุทธ์การสอนของตน ความหลากหลายของชุดการศึกษาที่พัฒนาขึ้นนี้ทำให้สามารถนำไปใช้ใน สภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่หลากหลาย (Yusof, N., et al.,2022)

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ได้มีความก้าวหน้าอย่างมากในด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) การใช้งาน AI มอบประโยชน์ที่จับต้องได้ให้กับหลายอุตสาหกรรม รวมถึงการศึกษา ความก้าวหน้าในด้านการคำนวณ การปรับปรุงวิธีการเรียนรู้ของเครื่องมือ การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการประมวลผล และหน่วยความจำ รวมถึงนวัตกรรมทางเทคโนโลยี อื่นๆ (Syahrizal, S., et al.,2024) ปัญญาประดิษฐ์ มีศักยภาพในการทำให้ประสบการณ์การศึกษา ของเราเปลี่ยนแปลงได้ การผสมผสานปัญญาประดิษฐ์ เข้าสู่การศึกษาสามารถช่วยเสริมการเรียนรู้ ของนักเรียน และสนับสนุนครูให้สามารถพัฒนาแผนการสอนที่มี และปรับให้เหมาะสมมีประสิทธิภาพ มากขึ้นได้ (Niewint, Gori J., et al.,2023)

วิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning : PBL) เป็นแนวทางการสอนที่ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง โดยใช้ปัญหาจริงเป็นสาระสำคัญเพื่อเสริมสร้าง และส่งเสริมการเรียนรู้ของนักศึกษา นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มศักยภาพของนักศึกษาในด้านของทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะความคิดเชิงระบบ ของนักศึกษา (Joshi, A., et al.,2020)

จากที่มา และความสำคัญของปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้เล็งเห็นถึงปัญหาของผู้เรียนในการเรียนในรายวิชาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 ผู้วิจัยจึงมีความตั้งใจที่จะพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุม การเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดและหลักการ ด้วยการผสมผสานชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่เข้ากับ เนื้อหา ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

1.2.2 เพื่อศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

1.2.3 เพื่อศึกษาแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

1.3 สมมติฐาน

1.3.1 ผู้ที่เรียนที่ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3.2 ผู้เรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานมีแรงจูงใจในการเรียนในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไปตามแบบมาตรวัดประเมินค่าของลิเคิร์ต 5 ระดับ)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 เนื้อหาสาระ การเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ (Micro Controller) สำหรับควบคุมอากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ในการบินขึ้นและลงจอด

1.4.2 กลุ่มเป้าหมาย ใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จำนวน 24 คน มีเพศชายจำนวน 15 คนและเพศหญิงจำนวน 9 คน มีอายุในช่วง 18-19 ปี เคยผ่านการเรียนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ รหัสวิชา 30105-2007 และวิชาเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รหัสวิชา 30105-2006

1.4.3 ตัวแปรที่ศึกษา

1) ตัวแปรต้น คือ ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

2) ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ความเข้าใจของผู้เรียนเรื่องการควบคุมอากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ในการบินขึ้นและลงจอด

2.2 แรงจูงใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

1.4.4 เวลา และสถานที่ในการศึกษา

ระยะเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จำนวน 24 คน ระยะเวลาการอบรม จำนวน 2 วัน 10 ชั่วโมง

1.4.5 ประเภทของแผนการวิจัย

ประเภทของแผนการวิจัยใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) ด้วยวิธีการ แบบแผนการทดลองกลุ่มเดียว วัดผลก่อน และหลังการทดลอง (One Group Pretest Posttest Design)

1.4.6 เครื่องมือมีดังนี้

1) แบบทดสอบวัดความเข้าใจหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

2) แบบประเมินแรงจูงใจ ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบประเมินที่พัฒนาโดย Deepti Prit Kaur (2020) ได้มีการดำเนินการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามตามโมเดล ARCS จำนวน 15 ข้อ เพื่อศึกษาแรงจูงใจของนักเรียนในด้าน การวัดความสนใจ (A) ความเกี่ยวข้อง (R) ความมั่นใจ (C) และความพึงพอใจ (S) ของนักเรียน

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) หมายถึง อากาศยานที่สามารถบินและปฏิบัติการกิจได้โดยไม่มีนักบินควบคุมอยู่บนเครื่อง สามารถทำงานได้ผ่านการควบคุมระยะไกล (Remote Control) หรือระบบอัตโนมัติที่ใช้เซ็นเซอร์และปัญญาประดิษฐ์ช่วยนำทางและควบคุมการบิน

1.5.2 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent) เป็นสาขาหนึ่งของวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอัลกอริทึมและระบบที่สามารถเลียนแบบกระบวนการคิดของมนุษย์ สามารถเรียนรู้ ปรับตัว และตัดสินใจได้โดยอัตโนมัติ

1.5.3 การเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning) เป็นแนวทางการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านกระบวนการแก้ปัญหามาจริง โดยเริ่มจากสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดขึ้นมาและให้ผู้เรียนค้นหาความรู้เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหานั้น

1.5.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทวงจรรวม (Integrated Circuit) ที่ทำหน้าที่เป็นสมองของระบบควบคุมฝังตัว (Embedded System) โดยมีหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ และอินพุต/เอาต์พุตรวมอยู่ในตัวเดียวกัน

1.5.5 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง เป็นผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนวิชาที่เกี่ยวกับทางด้านอิเล็กทรอนิกส์หรือแมคคาทรอนิกส์ไม่น้อยกว่า 5 ปี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ที่เหมาะสมกับการเรียนรู้ของนักศึกษาอาชีวศึกษา

1.6.2 ผู้เรียนที่ได้เรียนรู้จากชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้

1.6.3 ผู้เรียนที่ได้เรียนรู้จากชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ เกิดแรงจูงใจในการเรียนรู้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการจัดทำวิจัยการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการ จัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยศึกษาค้นคว้าข้อมูลในหลาย ๆ ด้านที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาชุดฝึกอบรมนี้ โดยแบ่งออกได้เป็นหัวข้อหลัก ดังนี้

2.1 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle)

2.1.1 การจำแนกประเภทของอากาศยานไร้คนขับ

2.1.2 คิวอดคอปเตอร์

2.2 ปัญญาประดิษฐ์

2.2.1 ตรรกะแบบฟัซซี (fuzzy logic)

2.2.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

2.2.3 โครงข่ายประสาทฟัซซี (Fuzzy Neural Network)

2.3 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.4 แรงจูงใจ (Motivation)

2.4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้

2.4.2 ARCS Model

2.5 ทฤษฎีขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม

2.4.1 ความหมายของชุดฝึกอบรม

2.4.2 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม

2.6 ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ

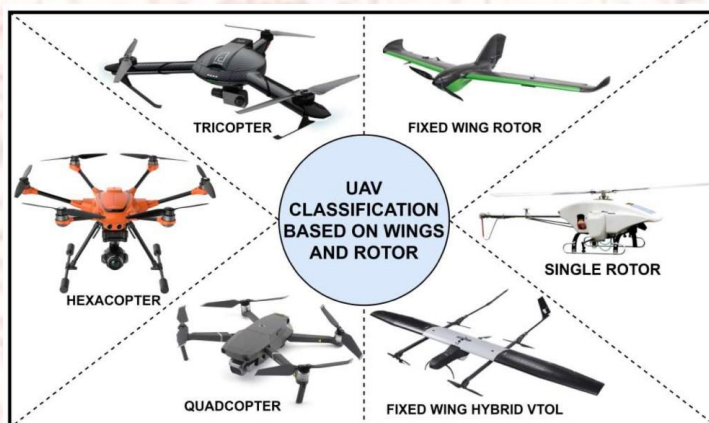
2.5.1 อุปกรณ์ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

2.5.2 ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรม

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle)

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAVs) หรือระบบอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aircraft System: UAS) ซึ่งมักเรียกโดยทั่วไปว่า โดรน เป็นอากาศยานที่ไม่มีนักบิน ลูกเรือ หรือผู้โดยสารประจำอยู่บนเครื่อง โดยในศตวรรษที่ 20 อากาศยานไร้คนขับ ได้รับการพัฒนาในเชิงวิจัยและการใช้งานทางทหารเป็นหลัก เพื่อปฏิบัติการที่มีลักษณะ ซ้ำซาก อันตราย หรือไม่เหมาะสมต่อมนุษย์ และในศตวรรษที่ 21 อากาศยานไร้คนขับได้กลายเป็นทรัพยากรสำคัญในกองทัพหลายประเทศ เมื่อเทคโนโลยีการควบคุมได้รับการพัฒนาและต้นทุนการผลิตลดลง UAV จึงได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในภาคส่วนที่มีใช้ทางทหาร ซึ่งรวมถึงการถ่ายภาพทางอากาศ การสำรวจพื้นที่ขนาดใหญ่ เกษตรกรรมแม่นยำ การเฝ้าระวังไฟฟ้า การติดตามสภาพแม่น้ำ การตรวจสอบสิ่งแวดล้อม การสังเกตการณ์สภาพอากาศ การรักษาความปลอดภัยและการเฝ้าระวัง การตรวจสอบโครงสร้างพื้นฐาน การลักลอบขนส่งสินค้า การขนส่งสินค้าเพื่อการพาณิชย์ อุตสาหกรรมบันเทิง และการแข่งขันโดรน



ภาพที่ 2-1 ภาพอากาศยานไร้คนขับ

ที่มา : <https://www.shunlongwei.com/th/whats-the-difference-between-uas-uav-rpa-and-autonomous-drones/>

2.1.1 การจำแนกประเภทของอากาศยานไร้คนขับ

อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) มีความหลากหลายในด้าน คุณสมบัติเฉพาะทาง อุปกรณ์ ขนาด ระยะปฏิบัติการ และรูปแบบโครงสร้าง โดยในตลาด UAV มีจำหน่ายในรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามจำนวนของโรเตอร์หรือใบพัด นอกจากนี้ UAVs ยังได้รับการพัฒนาด้วยระบบขับเคลื่อนและโครงสร้างปีกที่หลากหลาย

UAVs สามารถสื่อสารผ่านเทคโนโลยีไร้สายทั้งระยะใกล้และระยะไกล โดยสามารถจำแนกขนาดได้เป็น นาโน (Nano) ไมโคร (Micro) และขนาดใหญ่ (Large) ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี UAVs มีศักยภาพที่ดีเยี่ยมในการให้บริการเชื่อมต่อสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ ปัจจุบันโดรนถูกติดตั้งอุปกรณ์ขั้นสูง เช่น แว่นตา First Person View (FPV) ระบบระบุตำแหน่งบนโลก (GPS) เซ็นเซอร์ ระบบรักษาสมดุล (Stabilizers) และกล้อง

อากาศยานไร้คนขับถูกจัดออกเป็น 4 ประเภทหลัก ได้แก่

1. ปีกติดลำตัว (Fixed-Wing UAVs)
2. ปีกติดลำตัวขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid UAVs)
3. ใบพัดเดี่ยว (Single Rotor UAVs)
4. หลายใบพัด (Multirotor UAVs)

1) ปีกติดลำตัว (Fixed-Wing UAVs) อากาศยานไร้คนขับประเภทนี้มีโครงสร้างประกอบด้วย ปีก โครงหลัก มอเตอร์ และใบพัด โดยต้องใช้ทักษะในการบังคับควบคุมเป็นอย่างมาก UAVs ประเภทนี้สามารถรักษาสมดุลในอากาศได้นานสูงสุด 16 ชั่วโมง แต่ไม่สามารถเคลื่อนที่ถอยหลัง ลอยตัว (Hover) หรือหมุนตัวในตำแหน่งเดิม ได้ ส่งผลให้ไม่เหมาะสมกับภารกิจบางประเภท เช่น การถ่ายภาพทางอากาศ ตัวอย่างของ Fixed-Wing UAV UAVs ประเภทนี้มักถูกนำไปใช้ใน งานตรวจสอบสายส่งไฟฟ้าแรงสูง และการทำแผนที่ทางอากาศ

2) ปีกติดลำตัวขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid UAVs) อากาศยานไร้คนขับประเภทนี้มีการผสมผสานระหว่าง ระบบอัตโนมัติและการร่อนด้วยตนเอง อย่างไรก็ตาม UAVs ประเภทนี้ ไม่สามารถบินไปข้างหน้าได้ดีนัก และมีข้อจำกัดในการลอยตัว

3) ใบพัดเดี่ยว (Single Rotor UAVs) อากาศยานไร้คนขับประเภทใบพัดเดี่ยว (Single Rotor) มีราคาสูงและต้องใช้ทักษะเฉพาะทางในการบังคับควบคุม โครงสร้างทางกลมีความซับซ้อนสูงและมีความเสี่ยงต่อปัญหาการสั่นสะเทือน (Vibrations) ตัวอย่างของ Single Rotor UAV

4) ปีกหมุนหลายใบพัด (Multirotor UAVs) อากาศยานไร้คนขับประเภทนี้เป็นรูปแบบที่มีต้นทุนต่ำและสามารถผลิตได้ง่ายที่สุด ทำให้เป็นที่นิยมสำหรับการใช้งานด้าน ถ่ายภาพ และวิดีโอเพื่อการเฝ้าระวัง Multirotor UAVs มีหลายรูปแบบ ได้แก่ Tricopter Quadcopter Hexacopter และ Octocopter ตามที่แสดงใน ตารางที่ 2 อย่างไรก็ตาม Quadcopter เป็นประเภทที่ได้รับความนิยมมากที่สุด เนื่องจากสามารถ ขึ้นลงในแนวดิ่ง ได้สะดวก

2.1.2 ควอดคอปเตอร์

ควอดคอปเตอร์ เป็นหนึ่งในประเภทอากาศยานไร้คนขับแบบหลายใบพัด ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน โครงสร้างพื้นฐานของ ควอดคอปเตอร์ ประกอบด้วย ใบพัด 4 ชุด ซึ่งจัดเรียงเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยมีมอเตอร์แต่ละตัวติดตั้งที่ปลายแขนของโครงสร้างหลัก ใบพัดสองชุดหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise) และอีกสองชุดหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counterclockwise) เพื่อสร้างแรงยกและรักษาสถิตของตัวเครื่อง



ภาพที่ 2-2 ควอดคอปเตอร์

ที่มา : <https://www.nsm.or.th/nsm/th/node/5477>

โครงสร้างพื้นฐานของควอดคอปเตอร์

ควอดคอปเตอร์ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ดังนี้

- 1) เฟรม (Frame) : ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของโดรนและรองรับอุปกรณ์ทุกส่วน
- 2) มอเตอร์ (Brushless DC Motors) : มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านใช้สำหรับขับเคลื่อนใบพัด
- 3) ใบพัด (Propellers) : สร้างแรงยกและแรงบิดเพื่อควบคุมทิศทาง
- 4) ตัวควบคุมการบิน (Flight Controller) : ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือหน่วยประมวลผลเพื่อควบคุมเสถียรภาพของการบิน
- 5) เซ็นเซอร์ (Sensors) : รวมถึง IMU (Inertial Measurement Unit) GPS และ Barometer สำหรับการควบคุมและการนำทาง
- 6) ระบบพลังงาน (Battery and Power Distribution Board) : ส่วนใหญ่ใช้แบตเตอรี่ LiPo (Lithium-Polymer) เพื่อให้พลังงานกับระบบ

หลักการทำงานของควอดคอปเตอร์

ควอดคอปเตอร์ ทำงานโดยควบคุมความเร็วของมอเตอร์ทั้งสี่ตัวเพื่อเปลี่ยนแปลงทิศทางและรักษาสถิตของการบิน โดยใบพัดสองชุดจะหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) และอีกสองชุดหมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW) เพื่อสร้างแรงยกที่สมดุล

1) การสร้างแรงยก (Thrust Generation)

- มอเตอร์ทั้ง 4 ตัวทำงานพร้อมกันเพื่อสร้างแรงยกที่มากพอจะยก Quadcopter ขึ้นจากพื้น
- แรงยกที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากการหมุนของใบพัด ซึ่งทำให้เกิดแรงดูดอากาศลงด้านล่าง และสร้างแรงดันอากาศขึ้นด้านบน

2) การควบคุมทิศทางของ Quadcopter

การเปลี่ยนแปลงทิศทางของ Quadcopter ทำได้โดยปรับเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์แต่ละตัว ซึ่งส่งผลต่อแรงยกและแรงบิดของอากาศยาน

2.1) การลอยตัว (Hovering) มอเตอร์ทั้งสี่ตัวหมุนที่ความเร็วเท่ากัน ทำให้แรงยกสมดุลกับแรงโน้มถ่วงของโลก Quadcopter จะลอยอยู่กับที่โดยไม่เคลื่อนที่ไปในทิศทางใด

2.2) การเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลัง (Pitch Control)

- ลดความเร็วของมอเตอร์ด้านหลังและเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ด้านหน้า Quadcopter เคลื่อนที่ไปข้างหน้า
- ลดความเร็วของมอเตอร์ด้านหน้าและเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ด้านหลัง Quadcopter ถอยหลัง

2.3) การเคลื่อนที่ไปทางซ้ายและขวา (Roll Control)

- ลดความเร็วของมอเตอร์ด้านซ้ายและเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ด้านขวา Quadcopter เคลื่อนที่ไปทางซ้าย
- ลดความเร็วของมอเตอร์ด้านขวาและเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ด้านซ้าย Quadcopter เคลื่อนที่ไปทางขวา

2.4) การหมุนรอบตัวเอง (Yaw Control)

- หากต้องการหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) ลดความเร็วของมอเตอร์ที่หมุน CW และเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ที่หมุน CCW
- หากต้องการหมุนทวนเข็มนาฬิกา (CCW) ลดความเร็วของมอเตอร์ที่หมุน CCW และเพิ่มความเร็วของมอเตอร์ที่หมุน CW

3) ระบบขับเคลื่อนของ Quadcopter

Quadcopter ใช้ ระบบขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า (Electric Propulsion System) ซึ่งประกอบด้วย

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน (BLDC Motors): มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานต่ำ
- Electronic Speed Controller (ESC): ควบคุมความเร็วของมอเตอร์แต่ละตัว
- แบตเตอรี่ LiPo: ให้พลังงานสูงและมีน้ำหนักเบา

2.2 ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence)

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) หรือ เอไอ (AI) หมายถึงความฉลาดเทียมที่สร้างขึ้นให้กับสิ่งที่ไม่มีชีวิต แนวคิดของปัญญาประดิษฐ์ในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมไม่ได้จำกัดเพียงแค่เรื่องของตรรกะและกระบวนการคิดเชิงเหตุผลเท่านั้น แต่ยังครอบคลุมถึงการปรับตัว การแก้ปัญหา และการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยเสริมสร้างแนวคิดที่หลากหลายในศาสตร์แขนงต่าง ๆ นอกจากนี้ ปัญญาประดิษฐ์ยังได้รับการพัฒนาโดยอาศัยแนวคิดจากศาสตร์อื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และพัฒนาองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ในบริบทต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง อย่างจิตวิทยา ปรัชญา หรือชีววิทยา ซึ่งสาขาปัญญาประดิษฐ์เป็นกระบวนการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการคิด วิเคราะห์ และอนุมาน ซึ่งรวมถึงการให้เหตุผลและการปรับตัวต่อสถานการณ์ต่าง ๆ แม้ว่าวิชานี้จะเป็นหนึ่งในสาขาหลักของวิทยาการคอมพิวเตอร์ แต่แนวคิดหลายด้านได้รับการพัฒนาและขยายความจากศาสตร์อื่น ๆ เช่น Machine Learning ซึ่งมีเทคนิคที่เรียกว่า การเรียนรู้ผ่านต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Learning) โดยอาศัยหลักการอุปนัยที่พัฒนามาจากแนวคิดของ จอห์น สจวร์ต มิลล์ นักปรัชญาคนสำคัญของอังกฤษ นอกจากนี้ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) ยังนำแนวคิดการทำงานของสมองมนุษย์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาต่าง ๆ เช่น การจำแนกข้อมูลและการคำนวณเชิงสถิติ โดยเฉพาะการ วิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) หรือ การปรับเส้นโค้ง (Curve Fitting) เพื่อลดข้อผิดพลาดและพัฒนาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

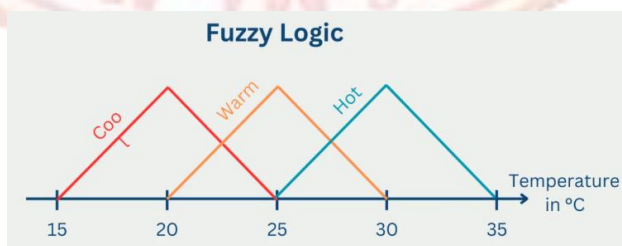
2.2.1 ตรรกะแบบฟัซซี (fuzzy logic)

ตรรกะฟัซซี (Fuzzy Logic) เป็นศาสตร์ทางการคำนวณที่ได้รับความนิยมและถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นในงานวิจัยด้านคอมพิวเตอร์ โดยถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายสาขา เช่น การแพทย์ การทหาร ธุรกิจ และอุตสาหกรรม เป็นต้น นักศึกษาที่ศึกษาในสาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ ควรมีความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดของ ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic) และ โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) อย่างลึกซึ้ง การเรียนรู้ศาสตร์เหล่านี้มี

ความสำคัญต่อการพัฒนาระบบคอมพิวเตอร์อัจฉริยะ ซึ่งสามารถปรับตัวได้อัตโนมัติตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง และสามารถตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับมนุษย์ เพื่อช่วยให้ระบบสามารถแก้ไขปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อนได้โดยอาศัยองค์ความรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์และการเรียนรู้ก่อนหน้า

ตรรกะแบบฟัซซี (Fuzzy Logic) เป็นแนวคิดที่พัฒนาโดยศาสตราจารย์ L. A. Zadeh ในปี ค.ศ. 1965 ซึ่งเป็นงานวิจัยระดับปริญญาเอกที่มุ่งเน้นการพัฒนาแนวทางใหม่ในการประมวลผลข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน โดยหลักพื้นฐานของ ตรรกะฟัซซี ตั้งอยู่บนแนวคิดที่ว่า โลกแห่งความเป็นจริงไม่ได้มีเพียงความแน่นอนแบบสมบูรณ์ แต่ยังมีคลุมเครือและความไม่ชัดเจนอยู่ด้วย ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญของฟัซซีตัวอย่างเช่น การกำหนดช่วงอายุของบุคคลในแต่ละช่วงวัย อาจไม่สามารถกำหนดขอบเขตที่ชัดเจนได้ วัยของมนุษย์สามารถแบ่งเป็น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยผู้ใหญ่ และวัยชรา อย่างไรก็ตาม ไม่มีจุดแบ่งที่แน่นอนระหว่างช่วงอายุ เช่น การกำหนดช่วงอายุของมนุษย์สามารถแบ่งออกเป็นหลายช่วงวัย เช่น วัยทารก วัยเด็ก วัยรุ่น วัยกลางคน และวัยชรา อย่างไรก็ตาม การกำหนดขอบเขตของแต่ละช่วงวัยมักไม่มีความชัดเจนแน่นอน เช่น วัยทารกอาจถูกตีความว่าอยู่ในช่วงอายุ 0 ถึง 1 ปี หรือบางกรณีอาจขยายไปถึง 2 ปี ในทำนองเดียวกัน วัยเด็กและวัยรุ่นก็ไม่มีขอบเขตที่แน่นอน บางแหล่งอาจกำหนดว่าวัยเด็กอยู่ในช่วงอายุ 1 ถึง 12 ปี หรืออาจเป็น 2 ถึง 10 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้พิจารณา สามารถอธิบายได้ผ่านแนวคิดของฟัซซีเซต (Fuzzy Set) ซึ่งถูกพัฒนาโดย Zadeh แนวคิดนี้ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายสาขา โดยเฉพาะในด้านคอมพิวเตอร์และวิศวกรรม

ค่าความเป็นสมาชิกนี้ถูกกำหนดโดยฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) หรือ ฟังก์ชันฟัซซี (Fuzzy Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่กำหนดค่าความเป็นสมาชิกให้กับแต่ละองค์ประกอบในช่วงระหว่าง 0 และ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับตรรกศาสตร์แบบดั้งเดิม ซึ่งค่าของข้อเท็จจริงมีเพียง จริง (True) หรือ เท็จ (False) เท่านั้น ฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซีช่วยให้สามารถจำแนกค่าต่าง ๆ ได้แบบเป็นขั้นตอน (Gradual Classification) ซึ่งช่วยให้ระบบสามารถตัดสินใจได้แม้ในสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนสูง



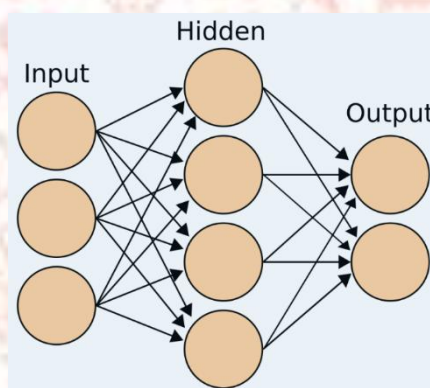
ภาพที่ 2-3 ภาพแสดงกราฟฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซีลอจิก

ที่มา : <https://databasecamp.de/en/data/fuzzy-logic-en>

2.2.2 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เป็นเทคโนโลยีที่ก้าวหน้ามากในวงการปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ทำให้คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลข้อมูลในลักษณะที่คล้ายกับการทำงานของสมองมนุษย์ โดยใช้โครงสร้างที่ประกอบด้วยโหนดหรือนิวรอนที่เชื่อมต่อกันในเลเยอร์ต่าง ๆ กระบวนการนี้เรียกว่าดีปเลิร์นนิง (Deep Learning) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของแมชชีนเลิร์นนิง (Machine Learning) ที่มีความซับซ้อนและมีศักยภาพสูงมาก

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม เวิร์คประกอบด้วยเลเยอร์อินพุต (Input Layer) เลเยอร์ซ่อน (Hidden Layer) และเลเยอร์เอาต์พุต (Output Layer) ข้อมูลจะถูกส่งผ่านจากเลเยอร์อินพุต ผ่านเลเยอร์ซ่อนต่าง ๆ ซึ่งแต่ละโหนดในเลเยอร์เหล่านี้จะทำการประมวลผลและปรับน้ำหนัก (Weight) ตามการเรียนรู้จากข้อมูลที่ได้รับ เมื่อข้อมูลผ่านมาถึงเลเยอร์เอาต์พุต ผลลัพธ์จะถูกสร้างขึ้นตามการประมวลผลทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-4 ภาพสถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network)

ที่มา : <https://www.novelbiz.co.th/neural-network/>

2.2.3 โครงข่ายประสาทฟัซซี่ (Fuzzy Neural Network)

โครงข่ายประสาทฟัซซี่ (Fuzzy Neural Network) หรือระบบนิวโร-ฟัซซี่ (Neuro-Fuzzy System) เป็นเครื่องเรียนรู้ที่ใช้เทคนิคการประมาณค่าจากโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อหาพารามิเตอร์ของระบบฟัซซี่ (เช่น เซตฟัซซี่ กฎฟัซซี่)

ทั้งโครงข่ายประสาทเทียมและระบบฟัซซี่มีคุณลักษณะบางประการที่สอดคล้องกัน โดยสามารถนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา เช่น การจำแนกรูปแบบ การถดถอย และการประมาณค่าความหนาแน่น ในกรณีที่ไม่มีการจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาที่กำหนด อย่างไรก็ตาม ทั้งสองแนวทางมีข้อดีและข้อจำกัดเฉพาะตัว ซึ่งสามารถลดข้อจำกัดดังกล่าวได้อย่างมีนัยสำคัญผ่านการผสมผสานแนวคิดของทั้งสองระบบโครงข่ายประสาทเทียมสามารถนำมาใช้ได้เมื่อปัญหานั้นสามารถแสดงออกได้ผ่านชุดข้อมูลตัวอย่างที่สังเกตได้จำนวนมาก ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้ในการฝึกโครงข่าย

ประสาทเทียมในลักษณะของ “กล่องดำ” (Black Box) ข้อนี้อาจเปรียบประการหนึ่งคือ ไม่จำเป็นต้องมีความรู้ล่วงหน้าเกี่ยวกับปัญหาที่กำลังพิจารณา อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญของโครงข่ายประสาทเทียมคือการสกัดกฎเกณฑ์ที่สามารถเข้าใจได้จากโครงสร้างภายในของโครงข่ายนั้นเป็นกระบวนการที่ไม่ตรงไปตรงมาในทางกลับกัน ระบบฟัซซี่อาศัยกฎเชิงภาษาศาสตร์เป็นพื้นฐานแทนที่จะใช้ตัวอย่างในการเรียนรู้ นอกจากนี้ ตัวแปรนำเข้าและส่งออกของระบบจะต้องถูกกำหนดในเชิงภาษาศาสตร์ หากความรู้ที่ใช้ในระบบมีความไม่สมบูรณ์ ผิดพลาด หรือขัดแย้งกัน ระบบฟัซซี่จำเป็นต้องได้รับการปรับแต่ง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากไม่มีแนวทางเชิงรูปแบบที่เป็นมาตรฐานสำหรับการปรับแต่งนี้ กระบวนการดังกล่าวจึงต้องดำเนินการในลักษณะเชิงประสบการณ์ (Heuristic Approach) ซึ่งมักใช้เวลานานและมีแนวโน้มที่จะเกิดข้อผิดพลาดสูง

ตารางที่ 2-1 การเปรียบเทียบระหว่างการควบคุมด้วยโครงข่ายประสาทเทียม และการควบคุมด้วยฟัซซี่

โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks)	ระบบฟัซซี่ (Fuzzy Systems)
ไม่จำเป็นต้องมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ไม่จำเป็นต้องมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
เรียนรู้จากศูนย์ (ไม่มีความรู้ล่วงหน้า)	จำเป็นต้องมีความรู้ล่วงหน้า (Apriori Knowledge)
มีอัลกอริทึมการเรียนรู้หลายรูปแบบ	ไม่สามารถเรียนรู้ได้เอง
มีพฤติกรรมแบบกล่องดำ (Black-box behavior)	สามารถตีความและใช้งานได้ง่าย

ลักษณะของโครงข่ายประสาทฟัซซี่

เมื่อเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมทั่วไป น้ำหนักของการเชื่อมต่อ การแพร่กระจาย และฟังก์ชันกระตุ้นของโครงข่ายประสาทฟัซซี่มีความแตกต่างกันมาก แม้ว่าจะมีแนวทางที่หลากหลายในการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทฟัซซี่ แต่โดยทั่วไปแล้วมีลักษณะเด่นที่สำคัญ ดังนี้

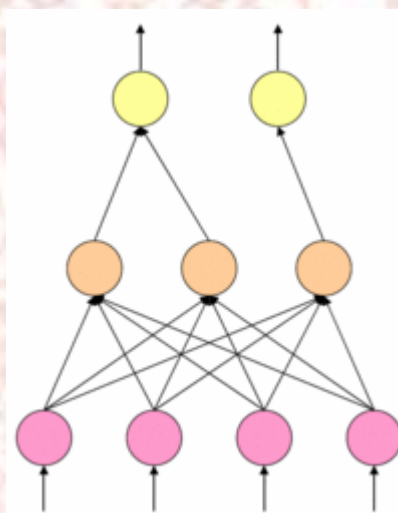
1) โครงข่ายประสาทฟัซซี่ที่มีพื้นฐานจากระบบฟัซซี่จะถูกฝึกโดยใช้วิธีการเรียนรู้ที่ขับเคลื่อนด้วยข้อมูล ซึ่งได้มาจากทฤษฎีโครงข่ายประสาทเทียม วิธีการเชิงประสบการณ์นี้จะพิจารณาเฉพาะข้อมูลในพื้นที่เฉพาะเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะจุดในระบบฟัซซี่พื้นฐาน

2) สามารถแสดงออกในรูปของกฎฟัซซี่ได้ตลอดกระบวนการเรียนรู้ ได้แก่ ก่อน ระหว่าง และหลังการเรียนรู้ ดังนั้น ระบบสามารถเริ่มต้นได้ทั้งในกรณีที่มีหรือไม่มีความรู้ล่วงหน้าเกี่ยวกับกฎฟัซซี่

3) กระบวนการเรียนรู้ถูกออกแบบมาให้คงไว้ซึ่งคุณสมบัติทางความหมายของระบบฟัซซี่พื้นฐาน

4) โครงข่ายประสาทฟัซซี่สามารถประมาณค่าฟังก์ชันที่ไม่ทราบค่าในมิติ n ได้ โดยมีข้อมูลการฝึกเป็นตัวแทนบางส่วนของฟังก์ชันดังกล่าว

โครงข่ายประสาทฟัซซี่สามารถนำเสนอในรูปแบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบฟีดฟอร์เวิร์ดสามชั้นพิเศษ ตามที่แสดงในภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 ภาพสถาปัตยกรรมของระบบนิวโร-ฟัซซี่

ที่มา : http://www.scholarpedia.org/article/Fuzzy_neural_network

2.3 กระบวนการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem Based Learning)

การเรียนรู้ที่ใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือ Problem-based Learning (PBL) เป็นแนวทางการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนเริ่มต้นจากการเผชิญกับปัญหา และพัฒนาทักษะในการค้นคว้าและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง โดยแนวคิดนี้มีรากฐานจากทฤษฎีการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์นิยม (Constructivism) ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ใหม่ผ่านสถานการณ์จริงและสภาพแวดล้อมที่ส่งเสริมการเรียนรู้ (Learning Context) เพื่อพัฒนาทักษะทางความคิดอย่างเป็นระบบ การวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางวิชาการควบคู่ไปกับการเรียนรู้จากสถานการณ์จริงผ่านแนวทางการใช้ปัญหาเป็นฐาน ซึ่งแนวคิดนี้มีรากฐานจากกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างความเข้าใจและพัฒนาทักษะในการแก้ไขปัญหาภายใต้แนวคิดของศาสตร์การสอน PBL ซึ่งเป็นหนึ่งในกลยุทธ์การเรียนรู้ที่ช่วยส่งเสริม

ให้ผู้เรียนมีโอกาสฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ ฝึกแก้ปัญหา และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์การคิดเชิงตรรกะและการสร้างสรรค์อาจทำให้เกิดข้อสงสัยเกี่ยวกับแนวทางการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการเรียนรู้ที่เน้นการแก้ปัญหา (Problem Solving Learning) ซึ่งแม้จะคล้ายกัน แต่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาผ่านกระบวนการสำรวจและค้นคว้า ขณะที่การเรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาจะให้ความสำคัญกับการใช้วิธีการที่ชัดเจนในการแก้ปัญหา

แนวคิดของการเรียนรู้

แนวคิดของการเรียนรู้ ที่นักจิตวิทยาทางการศึกษานำมาเป็นประเด็นในการถกเถียงกันมีอยู่ 2 กลุ่ม (ไพศาล สุวรรณน้อย, 2563) คือ

1) กลุ่มทฤษฎีการเรียนรู้เชิงพฤติกรรมนิยม (Behaviorist Learning Theory)

แนวคิดนี้มีพื้นฐานอยู่บนความเชื่อที่ว่าความรู้มีอยู่มากมายในโลก แต่การเรียนรู้จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งเร้าภายนอกและสามารถตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นเหล่านั้นได้อย่างเหมาะสม ทฤษฎีนี้เน้นว่าผู้เรียนจะได้รับความรู้ผ่านการตอบสนองที่เกิดจากกระบวนการกระตุ้นที่เป็นระบบ นักจิตวิทยาคนสำคัญที่เป็นผู้สนับสนุนแนวคิดนี้คือ บี.เอฟ. สกินเนอร์

2) กลุ่มทฤษฎีการเรียนรู้เชิงพุทธิปัญญานิยม (Cognitive Learning Theory)

แนวคิดนี้มีรากฐานมาจากหลักการที่ว่า กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นจากการปฏิสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างทางปัญญาของบุคคลกับสภาพแวดล้อมทางจิตวิทยาที่เขาประสบ ผู้เรียนจะสามารถเรียนรู้ได้เมื่อสามารถปรับเปลี่ยนแนวคิดภายในของตนเอง โดยอาจเป็นการรับข้อมูลใหม่เข้าสู่กระบวนการคิด หรือการปรับโครงสร้างความรู้เดิมให้สอดคล้องกับแนวคิดใหม่ที่ได้รับ

ฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget) เป็นนักจิตวิทยาที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ โดยเขามองว่าการเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดจากการสำรวจ ทดลอง และการปรับแนวคิดของผู้เรียนตามประสบการณ์ที่ได้รับ

รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน

รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบการใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือ PBL มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของกระบวนการเรียนรู้ (Student-Centered Learning) โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทหลักในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. การเรียนรู้แบบกลุ่มย่อย โดยแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ประมาณ 5-8 คน เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและทำงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ
3. ครูทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะและสนับสนุนการเรียนรู้ (Facilitator) แทนการสอนแบบถ่ายทอดความรู้โดยตรง โดยจะคอยให้คำแนะนำและกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์และค้นคว้าด้วยตนเอง

4. ใช้ปัญหาเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนสามารถวิเคราะห์และพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาได้
5. ปัญหาที่ถูกนำมาใช้ควรมีลักษณะคลุมเครือหรือไม่ชัดเจน เพื่อเปิดโอกาสให้สามารถใช้แนวทางแก้ไขได้หลายรูปแบบ และสามารถมีคำตอบที่แตกต่างกันตามแนวคิดของผู้เรียน
6. ผู้เรียนต้องค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมด้วยตนเอง (Self-Directed Learning) เพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหา กระบวนการนี้ช่วยพัฒนาทักษะการเรียนรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมความสามารถในการแสวงหาความรู้ และเสริมสร้างทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต
7. การประเมินผลเน้นบริบทของสถานการณ์จริง (Authentic Assessment) โดยพิจารณาทั้งกระบวนการเรียนรู้ (Learning Process) และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น (Learning Product) เพื่อสะท้อนถึงคุณภาพของการเรียนรู้และความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้น ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (Hmelo – Silver, 2004 และ นริชต์ ฝันเชียร, 2563) อันได้แก่

ขั้นที่ 1 กำหนดปัญหา

ผู้สอนสร้างสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นผู้เรียน โดยอาจเป็นการแนะนำแนวทาง ยกตัวอย่างสถานการณ์ หรือถามคำถามที่ให้คิดต่อ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา มีโอกาสเลือกเฟ้น และเสนอปัญหาที่หลากหลาย และสามารถแบ่งกลุ่มตามความสนใจ ซึ่งก่อนที่จะกำหนดปัญหานั้น ครูผู้สอน ควรทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนเสียก่อน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดปัญหา ซึ่งต้องเหมาะสมกับ ความรู้พื้นฐานที่ผู้เรียนมี

ขั้นที่ 2 ทำความเข้าใจกับปัญหา

ผู้สอนจะกระตุ้นผู้เรียนด้วยคำถามหรือการเสริมแรง เพื่อให้ผู้เรียนทำความเข้าใจกับปัญหาที่อยากรู้ โดยเน้นให้เกิดการระดมสมอง เพื่อหาแนวทางและวิธีการในการหาคำตอบ โดยมีครูผู้สอนคอยดูแลตรวจสอบ เพื่อให้เกิดความถูกต้อง

ขั้นที่ 3 ดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ผู้เรียนจะต้องดำเนินการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบร่วมกัน โดยมีการกำหนดกติกา วางเป้าหมายและดำเนินกิจกรรมตามระยะเวลาที่กำหนด โดยมีครูผู้สอนคอยให้คำชี้แนะและอำนวยความสะดวก

ขั้นที่ 4 สังเคราะห์ความรู้

ผู้เรียนแต่ละคนสังเคราะห์ความรู้ที่ได้จากการค้นคว้า โดยมีการนำเสนอกันภายในกลุ่มเพื่อ

ข้อสรุป ทบทวนและตรวจสอบความถูกต้อง โดยมีครูผู้สอนถามคำถามโดยกระตุ้นให้ผู้เรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเกิดความคิดรวบยอด

ขั้นที่ 5 สรุปและประเมินค่าของคำตอบ

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำข้อสรุปที่ได้มาสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ และเลือกวิธีที่จะนำเสนอสู่ภายนอก โดย ผ่านความเห็นชอบจากครูผู้สอนในการตรวจสอบความถูกต้อง และความเหมาะสม

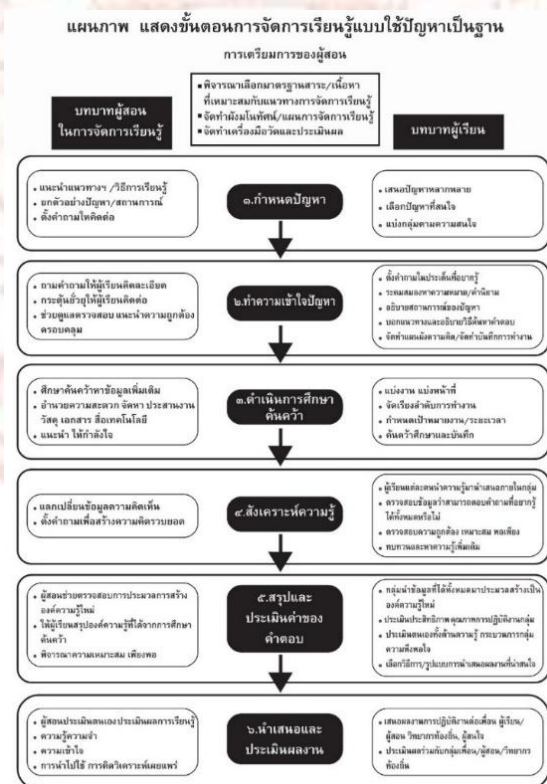
ขั้นที่ 6 นำเสนอและประเมินผลงาน

ผู้เรียนแต่ละกลุ่มนำองค์ความรู้ที่ได้รับไปนำเสนอผ่านวิธีการที่กำหนดไว้ เพื่อเผยแพร่แนวคิด และผลลัพธ์ของการเรียนรู้ต่อสาธารณะ ในขณะเดียวกัน ครูผู้สอนจะประเมินผลการเรียนรู้โดยอ้างอิงจากกระบวนการที่ผู้เรียนดำเนินงานในสถานการณ์จริง

สรุปขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (PBL)

การเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานมี 6 ขั้นตอนหลัก ได้แก่:

- 1) กำหนดปัญหา ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาและทำความเข้าใจ
- 2) ทำความเข้าใจกับปัญหา วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดแนวทางการศึกษา
- 3) ศึกษาค้นคว้า รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่าง ๆ
- 4) สังเคราะห์ความรู้ เชื่อมโยงข้อมูลที่ได้เพื่อพัฒนาแนวทางแก้ไข
- 5) สรุปและประเมินค่าตอบ ทบทวนและประเมินความถูกต้องของแนวทางแก้ปัญหา
- 6) นำเสนอและประเมินผลงาน ถ่ายทอดผลลัพธ์ของการเรียนรู้ พร้อมรับข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา



ภาพที่ 2-6 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน

2.4 แรงจูงใจ (Motivation)

แรงจูงใจ (Motivation) เป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ หากผู้เรียนขาดแรงจูงใจในการเรียน ย่อมส่งผลให้ขาดความเอาใจใส่ต่อการอ่านหนังสือหรือการฟังบรรยาย และอาจเลือกใช้เวลาไปกับกิจกรรมอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้แทน การขาดแรงจูงใจในการเรียนเป็นปัญหาสำคัญในระบบการศึกษาของประเทศไทยในทุกๆระดับ ดังจะเห็นได้จากสถานการณ์ในห้องเรียนทั่วไป เมื่อสิ้นสุดการบรรยายหรือการเรียนการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ผู้เรียนส่วนใหญ่มักไม่มีคำถามหรือข้อสงสัย ซึ่งแตกต่างจากผู้เรียนในประเทศตะวันตกที่มีความกระตือรือร้นในการอภิปรายและตั้งคำถามเพื่อแสวงหาความรู้เพิ่มเติม

2.4.1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแรงจูงใจในการเรียนรู้

ตามแนวคิดด้านจิตวิทยาการศึกษา แรงจูงใจในการเรียนรู้สามารถเกิดขึ้นได้จาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่

1. จุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ (Learning Goals)
2. ความเชื่อเกี่ยวกับความสามารถของตนเอง (Self-efficacy)
3. ความคาดหวังในผลลัพธ์ของการเรียน (Outcome Expectations)

การกำหนดจุดมุ่งหมายที่ชัดเจนเป็นปัจจัยสำคัญต่อแรงจูงใจในการเรียน โดยจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่

1) ความเฉพาะเจาะจงของจุดมุ่งหมาย

จุดมุ่งหมายที่มีความเฉพาะเจาะจงสามารถส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้ได้มากกว่าจุดมุ่งหมายที่เป็นนามธรรม ตัวอย่างเช่น การกำหนดเป้าหมายว่า "เมื่อสิ้นสุดบทเรียน ผู้เรียนจะสามารถผูกด้ายผ่าตัดด้วยมือข้างเดียวได้" ย่อมช่วยให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นมากกว่าการกำหนดเป้าหมายว่า "เมื่อสิ้นสุดบทเรียน ผู้เรียนจะเข้าใจหลักการพื้นฐานของการผูกด้ายผ่าตัด"

2) ระยะเวลาของจุดมุ่งหมาย

จุดมุ่งหมายที่สามารถบรรลุได้ในระยะเวลาอันสั้นมักช่วยส่งเสริมแรงจูงใจในการเรียนรู้มากกว่าจุดมุ่งหมายที่ต้องใช้ระยะเวลานานกว่าจะเห็นผล ตัวอย่างเช่น การกำหนดเป้าหมายว่า "เมื่อสิ้นสุดชั่วโมงเรียน ผู้เรียนจะสามารถวินิจฉัยผู้ป่วยที่มีอาการปวดท้องเฉียบพลันได้" อาจช่วยเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้มากกว่าการกำหนดเป้าหมายว่า "เมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียนจะเป็นศัลยแพทย์"

3) เกณฑ์การประเมินความสำเร็จ

การประเมินผลสำเร็จของการเรียนรู้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะหลัก ได้แก่

- 1.1) เป้าหมายเชิงผลสัมฤทธิ์ (Performance Goals) ซึ่งมุ่งเน้นการแสดงให้เห็นถึงความสามารถของตนเอง เช่น การทำคะแนนสอบให้สูง

- 1.2) เป้าหมายเชิงการเรียนรู้ (Learning Goals) ซึ่งมุ่งเน้นการพัฒนาความรู้และทักษะโดยไม่คำนึงถึงคะแนนสอบเป็นหลัก

2.4.2 ARCS Model

ARCS Model เป็นแบบจำลองทางจิตวิทยาการศึกษา ที่พัฒนาโดย John M. Keller ในปี ค.ศ. 1983 โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อ อธิบายและออกแบบกลยุทธ์ในการสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ แบบจำลองนี้มุ่งเน้นไปที่ วิธีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน และช่วยให้ผู้สอนสามารถออกแบบบทเรียนที่ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและมีแรงจูงใจในการเรียนอย่างต่อเนื่อง

1) องค์ประกอบของ ARCS Model

ARCS Model ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก ซึ่งเป็นปัจจัยที่ช่วยเสริมแรงจูงใจในการเรียนดังแสดงดังภาพที่ 2-7

1. Attention (A) – การดึงดูดความสนใจ
2. Relevance (R) – ความสัมพันธ์กับผู้เรียน
3. Confidence (C) – ความมั่นใจของผู้เรียน
4. Satisfaction (S) – ความพึงพอใจหลังการเรียนรู้



ภาพที่ 2-7 ภาพองค์ประกอบของ ARCS Model

แต่ละองค์ประกอบมีรายละเอียดดังนี้

1) การดึงดูดความสนใจ (Attention: A)

ผู้เรียนต้องมีความสนใจในบทเรียนก่อนจึงจะสามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ARCS Model เสนอ 3 วิธีหลักในการดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ได้แก่

- การเร้าความสนใจผ่านการรับรู้ (Perceptual Arousal) คือ ใช้สิ่งที่ไม่คาดคิด เช่น การตั้งคำถามที่ท้าทาย การใช้สื่อที่น่าสนใจ หรือการนำเสนอเนื้อหาในรูปแบบใหม่

- การเร้าความสนใจผ่านการกระตุ้นความสงสัยใคร่รู้ (Inquiry Arousal) คือ การกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดและตั้งคำถามเกี่ยวกับเนื้อหา เช่น การใช้ปัญหาเชิงสถานการณ์ (Problem-based Learning)
- การใช้ความหลากหลาย (Variability) คือ เปลี่ยนแปลงวิธีการนำเสนอเนื้อหา เช่น สลับไปมาระหว่างการบรรยาย วิดีโอ และกิจกรรมแบบโต้ตอบ

2) ความสัมพันธ์กับผู้เรียน (Relevance: R)

แรงจูงใจของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นหากพวกเขาเห็นว่า สิ่งที่เรียนมีความเกี่ยวข้องกับตนเอง และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ วิธีสร้างความสัมพันธ์นี้ ได้แก่

- การเชื่อมโยงกับเป้าหมายของผู้เรียน (Goal Orientation) คือ การเชื่อมโยงบทเรียนเข้ากับเป้าหมายของผู้เรียน เช่น อาชีพที่ต้องใช้ความรู้ดังกล่าว
- การตรงกับแรงจูงใจของผู้เรียน (Motive Matching) คือ การออกแบบกิจกรรมที่สอดคล้องกับแรงจูงใจของผู้เรียน เช่น ใช้เกมเพื่อสร้างความสนุกในการเรียน
- ความคุ้นเคย (Familiarity) คือ การใช้ตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่ผู้เรียนคุ้นเคย

3) ความมั่นใจของผู้เรียน (Confidence: C)

หากผู้เรียนรู้สึกว่าคุณสามารถทำได้ พวกเขาจะมีแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น วิธีสร้างความมั่นใจ ได้แก่

- ความชัดเจนของสิ่งที่ต้องเรียนรู้ (Learning Requirements) คือ การบอกให้ผู้เรียนทราบว่าเขาต้องทำอะไรบ้างเพื่อให้ประสบความสำเร็จ
- โอกาสประสบความสำเร็จ (Success Opportunities) คือ การให้โอกาสผู้เรียนในการประสบความสำเร็จผ่านแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ
- การควบคุมตนเอง (Personal Control) คือ การส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้สึกว่าคุณสามารถขึ้นอยู่กับความพยายามของตนเอง ไม่ใช่โชคหรือปัจจัยภายนอก

4) ความพึงพอใจหลังการเรียนรู้ (Satisfaction: S)

ผู้เรียนจะมีแรงจูงใจในการเรียนต่อไปหากพวกเขารู้สึก พึงพอใจและเห็นคุณค่าของสิ่งที่ได้เรียนรู้ วิธีสร้างความพึงพอใจ ได้แก่

- ความพึงพอใจจากภายใน (Intrinsic Reinforcement) คือ การสร้างสถานการณ์ที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกภูมิใจในความสำเร็จของตนเอง
- รางวัลภายนอก (Extrinsic Rewards) คือ การใช้รางวัลภายนอก เช่น คำชมเชย คะแนน หรือเกียรติบัตร เพื่อกระตุ้นแรงจูงใจ
- ความยุติธรรม (Equity) คือ การทำให้ผู้เรียนรู้สึกว่าคุณพยายามของพวกเขาได้รับการประเมินอย่างยุติธรรม

การนำ ARCS Model ไปใช้ในการเรียนการสอน

ARCS Model สามารถนำไปใช้ได้กับการเรียนรู้ทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็น การสอนแบบดั้งเดิม (Traditional Learning) การเรียนออนไลน์ (E-learning) หรือการใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Augmented Reality และ Virtual Reality) ตัวอย่างเช่น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ AR และแรงจูงใจของผู้เรียน ใช้แบบจำลอง ARCS เพื่อวัดว่า เทคโนโลยี AR สามารถช่วยเพิ่มแรงจูงใจของนักเรียนได้อย่างไร โดยการวิเคราะห์ 4 ปัจจัยของแรงจูงใจ ได้แก่ ความสนใจ (A) ความเกี่ยวข้อง (R) ความมั่นใจ (C) และความพึงพอใจ (S) ผ่านแบบสอบถามและการทดลองใช้ AR ในห้องเรียน

2.5 ทฤษฎีขั้นตอนการสร้างชุดการเรียนรู้

2.5.1 ความหมายของชุดการเรียนรู้

Kozberg and Tempel (1991) ได้กล่าวถึงความหมายของชุดการเรียนรู้ได้ว่า หมายถึง การจัดเครื่องมือในการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสภาพการเรียนรู้ในแต่ละเรื่องให้เหมาะสม และ ตรงกับสภาพความต้องการของผู้เรียน

Fonseca (1999) กล่าวถึงชุดการเรียนรู้ว่า เป็นส่วนหนึ่งของการจัดกิจกรรมการฝึกอบรมที่ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมได้รับการพัฒนาความคิด มีความชัดเจนในเป้าหมาย และทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

Pareek and Roa (1980) จำแนกชุดการเรียนรู้เป็น 2 ประเภท คือ ชุดการเรียนรู้ที่ศึกษาตนเอง (Self Learning Module) และชุดการเรียนรู้ที่สอน (Teaching Module)

จากการศึกษาความหมายของชุดฝึกอบรม ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ชุดการเรียนรู้เป็นเครื่องมือที่ประกอบด้วย หลักสูตร เนื้อหาสาระ วิธีการ สื่อ และการประเมินในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง หรือวิชาใดวิชาหนึ่ง ที่รวบรวมอย่างเป็นระบบ ในกระบวนการเรียนรู้

2.5.2 ขั้นตอนการสร้างชุดฝึกอบรม

Nadler (1982) ได้สร้างระบบการฝึกอบรม และการพัฒนา เรียกว่า (The Critical Events Model) โดยกำหนดให้มี 9 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดความจำเป็นของการฝึกอบรมขององค์กร
2. กำหนดงานเฉพาะที่ต้องปฏิบัติ
3. กำหนดความจำเป็นของผู้เข้ารับการฝึกอบรมในองค์กร
4. พิจารณาวัตถุประสงค์การฝึกอบรม
5. ร่างโครงสร้างหลักสูตร
6. เลือกเทคนิคในการฝึกอบรม
7. การดำเนินการฝึกอบรม
8. เลือกอุปกรณ์การฝึกอบรม

9. ประเมินผล ติดตามผลการฝึกอบรม และการป้อนกลับระบบการฝึกอบรม

ทวีป (2536) ได้สรุปรูปแบบการฝึกอบรมเรียกว่า Training Designed Evaluation Model ดังมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ

1. วิเคราะห์ความต้องการของหน่วยงาน เพื่อได้ทราบถึงปัญหา และความต้องการของกลุ่มเป้าหมายที่ชัดเจน
2. กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ชัดเจนก่อน
3. สร้างหลักสูตรแล้วกำหนดเนื้อหาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และความต้องการ
4. เลือกเทคนิควิธีการที่ใช้ในการฝึกอบรม เพื่อให้สอดคล้องกับหลักสูตร และเนื้อหา ที่มีอยู่ โดยหลักการแล้วต้องแปลงเนื้อหาให้เป็นกิจกรรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่รวดเร็วขึ้น
5. เตรียมการออกแบบ และจัดทำเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลโดยแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ
 - 5.1 ประเมินก่อนมีการฝึกอบรม เป็นการประเมินความรู้พื้นฐานทักษะเพื่อ เปรียบเทียบกับการประเมินที่ได้จากหลังการฝึกอบรมจบสิ้นลง
 - 5.2 ประเมินผลขณะฝึกอบรม สามารถแบ่งได้ 3 ส่วน
 - 5.2.1 ประเมินผลด้านการจัดการ
 - 5.2.2 ประเมินผลสัมฤทธิ์ในการฝึกอบรม
 - 5.2.3 ประเมินผลวิทยากรผู้ให้การฝึกอบรม ขั้นตอนดำเนินการฝึกอบรม
6. ขั้นตอนดำเนินการฝึกอบรม
7. การประเมินผล
8. ข้อมูลเพื่อการปรับปรุง

2.6 ทฤษฎีที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ

2.6.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอากาศยานไร้คนขับ

1) มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor)

มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน หรือ Brushless Motor ซึ่งมักเรียกย่อว่า BLDC (Brushless DC Motor) เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีการออกแบบและประสิทธิภาพการทำงานที่เหนือกว่ามอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (Brushed Motor) โดยหลักการทำงานของมอเตอร์แบบดั้งเดิมอาศัยการสัมผัสกันทางกลไกระหว่าง แปรงถ่าน (Brushes) และ คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดสเตเตอร์ แต่ในมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน ระบบดังกล่าวถูกแทนที่ด้วย ตัวควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Controller) ที่ช่วยกระจายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดสเตเตอร์โดยอัตโนมัติ



ภาพที่ 2-8 ภาพมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน

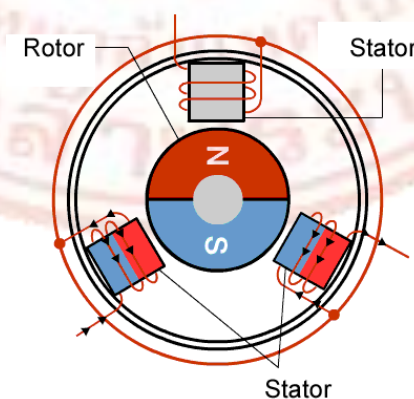
ที่มา : <https://www.t-drones.com/blog/brushless-motor.html>

โครงสร้างของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless Motor)

มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (BLDC) ประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ โรเตอร์ (Rotor) และ สเตเตอร์ (Stator) โดยแต่ละส่วนมีบทบาทสำคัญในการทำงานของมอเตอร์

1. โรเตอร์ (Rotor) ในมอเตอร์ BLDC โรเตอร์ประกอบด้วยแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) ซึ่งอาจมี สองขั้วหรือมากกว่าแม่เหล็กเหล่านี้เป็นแหล่งกำเนิดสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ แตกต่างจากมอเตอร์แบบมีแปรงถ่านที่ใช้ขดลวดพันบนโรเตอร์ BLDC Motor ไม่มีขดลวดบนโรเตอร์ และไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าโดยตรง ทำให้ไม่ต้องใช้แปรงถ่านเพื่อนำไฟฟ้าเข้าสู่โรเตอร์

2. สเตเตอร์ (Stator) สเตเตอร์ของมอเตอร์ BLDC ประกอบด้วยขดลวดจำนวนมาก ที่จัดเรียงอยู่รอบโรเตอร์ในรูปแบบเฉพาะ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งทำปฏิกิริยากับสนามแม่เหล็กของโรเตอร์ ทำให้เกิดการหมุน ขดลวดในสเตเตอร์สามารถถูกกระตุ้นตามลำดับเพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วของมอเตอร์

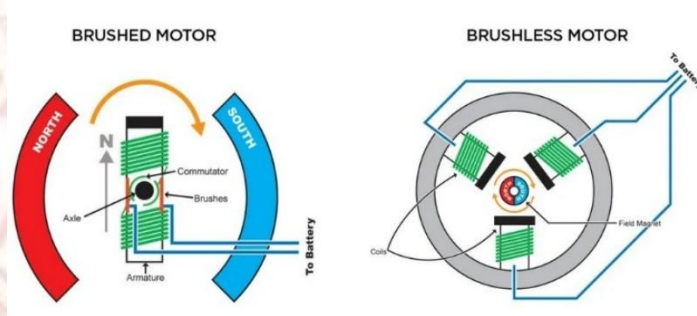


ภาพที่ 2-9 ภาพเปรียบเทียบโครงสร้างของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless Motor)

ที่มา : <https://www.t-drones.com/blog/brushless-motor.html>

ข้อดีของมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless Motors)

1. ประสิทธิภาพสูง (Efficiency) มอเตอร์ไร้แปรงถ่านมี ประสิทธิภาพสูงกว่า มอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน เนื่องจากไม่มีแรงเสียดทานและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (Voltage Drop) ที่เกิดขึ้นในมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน การลดแรงเสียดทานนี้ช่วยลดการเกิดความร้อนและลดการสูญเสียพลังงาน ทำให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ความทนทานและอายุการใช้งานยาวนาน (Durability) เนื่องจากมอเตอร์ไร้แปรงถ่านไม่มี แปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ ที่เสียดสีกัน จึงลดการสึกหรอของชิ้นส่วนทางกล ส่งผลให้อายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ลดความจำเป็นในการบำรุงรักษา ช่วยลดต้นทุนระยะยาวและลดเวลาหยุดซ่อมแซม
3. ประสิทธิภาพด้านสมรรถนะ (Performance) มอเตอร์ BLDC ให้ อัตราส่วนแรงบิดต่อความเร็ว (Torque vs Speed) ที่ดีกว่า และสามารถทำงานได้ในช่วงความเร็วที่กว้างขึ้น พร้อมทั้งสามารถควบคุมได้อย่างแม่นยำ การที่มอเตอร์สามารถทำงานที่ความเร็วสูงโดยไม่ลดทอนประสิทธิภาพและความทนทาน ทำให้เหมาะสำหรับ งานที่ต้องการสมรรถนะสูง
4. เสียงรบกวนต่ำและความน่าเชื่อถือสูง (Noise and Reliability) มอเตอร์ไร้แปรงถ่านทำงานได้ เงียบกว่า เพราะไม่มีการเกิดประกายไฟ (Arcing) หรือแรงเสียดทานจากแปรงถ่าน ทำให้ลดเสียงรบกวน เหมาะสำหรับ อุปกรณ์ที่ต้องการความเงียบ เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน นอกจากนี้ ยังมี ความน่าเชื่อถือสูง เนื่องจากไม่มีส่วนประกอบที่สึกหรอง่าย



ภาพที่ 2-10 ภาพเปรียบเทียบโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์แบบมีแปรงถ่าน (Brushed Motor) และมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless Motor)

ที่มา : <https://www.t-drones.com/blog/brushless-motor.html>

ความแตกต่างที่สำคัญนี้ไม่เพียงแต่เปลี่ยนแปลงหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและขยายขอบเขตการใช้งานของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านให้ครอบคลุมอุตสาหกรรมที่หลากหลาย

2) ตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Speed Controller: ESC)

ESC (Electronic Speed Controller) หรือ ตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์ โดยทั่วไป ESC จะควบคุม สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ตามสัญญาณอินพุตที่ได้รับ เพื่อปรับอัตราเร่งและการลดความเร็วของมอเตอร์ตามประเภทของมอเตอร์ ESC สามารถแบ่งออกเป็น ESC สำหรับมอเตอร์มีแปรงถ่าน (Brushed ESC) และ ESC สำหรับมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless ESC)

ESC ทำหน้าที่รับสัญญาณจาก Flight Controller เพื่อควบคุมการเริ่มต้นและหยุดทำงานของมอเตอร์ โดย ESC จะรับสัญญาณเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของทรานซิสเตอร์กำลัง ในวงจร อินเวอร์เตอร์บริดจ์ (Inverter Bridge) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการจ่ายไฟให้กับมอเตอร์



ภาพที่ 2-11 ภาพตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Speed Controller: ESC)

ที่มา : <https://www.t-drones.com/blog/what-is-a-drone-esc.html>

หน้าที่ของตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ (ESC)

ESC (Electronic Speed Controller) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่เชื่อมต่อและควบคุม ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโดรน เปรียบเสมือน สมอที่ควบคุมร่างกายหลัก โดย ESC มีหน้าที่สำคัญที่ขาดไม่ได้ ดังนี้

1. ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ESC ทำหน้าที่เหมือน ตัวปรับแรงดันไฟฟ้า (Voltage Regulator) ซึ่งสามารถแปลงพลังงานที่ได้รับเป็นแรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ ใช้ สัญญาณ PWM (Pulse

Width Modulation) ในการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการทำงานของโดรน

2. เปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ESC สำหรับมอเตอร์มีแปรงถ่าน (Brushed ESC) สามารถเปลี่ยนทิศทางของกระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุม ทิศทางการหมุนของมอเตอร์

3. แปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส ESC สำหรับมอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless ESC) ทำหน้าที่แปลง ไฟฟ้ากระแสตรง (DC) เป็นไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส (Three-phase AC) เพื่อส่งพลังงานให้มอเตอร์ ESC ควบคุมแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของมอเตอร์ ตามสัญญาณควบคุมจากตัวควบคุมการบิน (Flight Controller) เพื่อปรับรอบการหมุนของมอเตอร์ให้เหมาะสม

4. ปรับสมดุลระหว่างแบตเตอรี่และมอเตอร์ ESC ทำหน้าที่เป็นตัวกลางระหว่างแบตเตอรี่และมอเตอร์ เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ส่งไปยังมอเตอร์ ป้องกัน กระแสไฟสูงผิดปกติ ที่อาจทำให้มอเตอร์ทำงานผิดปกติหรือเกิดอันตรายระหว่างบิน

3) ใบพัดโดรน (Drone Propellers)

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicles: UAV) อาศัยการทำงานของชุดใบพัดหมุนเพื่อสร้างแรงยก แรงขับ และความสามารถในการควบคุมทิศทางเพื่อให้สามารถบินได้ ใบพัดจึงเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณสมบัติการบินและความปลอดภัยของโดรน โดยเฉพาะในโดรนสำหรับถ่ายภาพและวิดีโอ ซึ่งการออกแบบและโครงสร้างของใบพัดมีผลต่อความสามารถในการบรรทุก ความแม่นยำของการลอยตัว ความมั่นคงเมื่อต้องเผชิญลมแรง และการควบคุมขณะบิน

ใบพัดของโดรนต้องมีน้ำหนักเบาแต่ยังคงความทนทานเพียงพอเพื่อรองรับแรงกระแทกจากการหมุนที่ความเร็วรอบสูง โดยเฉพาะในกรณีของโดรนแข่งหรือโดรนที่ต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ประสิทธิภาพของใบพัดมีผลต่ออัตราเร่ง ความเร็วสูงสุด และความคล่องตัวโดยรวม การตอบสนองของใบพัดที่ดีทำให้โดรนสามารถเปลี่ยนทิศทางหรือเร่งความเร็วได้อย่างแม่นยำและรวดเร็ว ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบินในระดับสูง

การเลือกใช้ใบพัดที่เหมาะสมกับโดรนต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น ขนาดของใบพัดที่มีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ วัสดุที่ใช้ผลิตใบพัดซึ่งมีตั้งแต่พลาสติกที่มีความเปราะบางไปจนถึงวัสดุคอมโพสิตที่มีความแข็งแรงสูง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงมุมใบพัดและเส้นผ่านศูนย์กลางที่ส่งผลต่อแรงยกและประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์



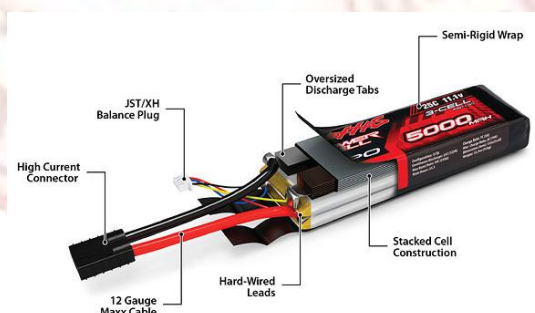
ภาพที่ 2-12 ใบพัดโดรน (Drone Propellers)

ที่มา : <https://robocraze.com/blogs/post/all-about-drone-propellers>

4) แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (LiPo)

แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (LiPo) เป็นแบตเตอรี่ชนิดหนึ่งที่ปัจจุบันถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค และได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างมากในอุตสาหกรรมวิทยุบังคับ (Radio Control) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ปัจจุบัน LiPo เป็นตัวเลือกหลักสำหรับผู้ที่ต้องการ ระยะเวลาการใช้งานที่ยาวนาน (Long Run Time) และพลังงานสูง (High Power)

แบตเตอรี่ประกอบด้วยแผ่นกั้นโพลิเมอร์ที่มีอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งช่วยให้ไอออนลิเทียมเคลื่อนที่ระหว่างขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่ หรือที่เรียกว่าขั้วบวกและขั้วลบ แผ่นกั้นนี้ยังทำหน้าที่แยกขั้วไฟฟ้าออกจากกัน และสามารถใช้เพื่อหยุดการทำงานของแบตเตอรี่หากมีความร้อนสูงเกินไป เช่น ในระหว่างการชาร์จหรือการคายประจุ เมื่อแผ่นกั้นถูกออกแบบให้มีฟังก์ชันหยุดการทำงาน ประกอบด้วยชั้นโพลิเอทิลีนอย่างน้อยหนึ่งชั้นและชั้นโพลิโพรพิลีนอย่างน้อยหนึ่งชั้น ชั้นโพลิเอทิลีนจะหยุดการไหลของกระแสเมื่ออุณหภูมิสูงเกินเกณฑ์ที่กำหนด



ภาพที่ 2-13 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (LiPo)

ที่มา : <https://microtoniclifestyle.blogspot.com/2017/04/10-lipo.html>

5) เซ็นเซอร์ Time-of-Flight (ToF)

เซ็นเซอร์ Time-of-Flight (ToF) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการวัดเวลาที่แสงใช้ในการเดินทางไปยังวัตถุและสะท้อนกลับมา เพื่อคำนวณระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์กับวัตถุ กล้องที่ติดตั้งเซ็นเซอร์ ToF จะปล่อยแสงที่มีการปรับความถี่ เช่น เลเซอร์หรือ LED ไปยังวัตถุ จากนั้นเซ็นเซอร์จะจับแสงที่สะท้อนกลับมาและวัดความล่าช้า (ΔT) ระหว่างการปล่อยแสงและการรับแสงสะท้อน ความล่าช้านี้แปรผันตรงกับระยะทางระหว่างกล้องกับวัตถุ

โดยสามารถคำนวณระยะทาง (d) ได้จากสูตร

$$d = (c \times \Delta T) / 2$$

โดยที่ c คือความเร็วของแสง

ส่วนประกอบหลักของระบบกล้อง ToF ประกอบด้วย

1. เซ็นเซอร์และโมดูลเซ็นเซอร์ ทำหน้าที่รับแสงที่สะท้อนจากวัตถุและแปลงเป็นข้อมูลระยะทาง ความละเอียดของเซ็นเซอร์มีผลต่อคุณภาพของแผนที่ ความลึกที่สร้างขึ้น โมดูลเซ็นเซอร์ยังประกอบด้วยเลนส์ที่มีรูรับแสงขนาดใหญ่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรับแสง และฟิลเตอร์แบบแถบผ่านที่ออกแบบมาให้ผ่านแสงที่มีความยาวคลื่นเฉพาะ เช่น 850nm หรือ 940nm เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเลเซอร์ชนิด VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser)
2. แหล่งกำเนิดแสง ใช้เลเซอร์ VCSEL หรือ LED ที่ปล่อยแสงอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ที่ความยาวคลื่น 850nm หรือ 940nm VCSEL มักมาพร้อมกับดีฟิวเซอร์ที่กระจายแสงให้ครอบคลุมมุมมองของเลนส์ โมดูลนี้ยังมีไดรเวอร์เลเซอร์ที่ควบคุมรูปแบบพัลส์ของแสง
3. โปรเซสเซอร์ความลึก ทำหน้าที่แปลงข้อมูลพิกเซลดิบที่มีข้อมูลเฟสจากเซ็นเซอร์ภาพเป็นข้อมูลระยะทาง นอกจากนี้ยังช่วยกรองสัญญาณรบกวนและให้ภาพอินฟราเรด 2 มิติที่สามารถใช้ในแอปพลิเคชันอื่น ๆ



ภาพที่ 2-14 เซ็นเซอร์ Time-of-Flight

6) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 เป็นชุดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ System-on-Chip (SoC) ที่มีต้นทุนต่ำและใช้พลังงานต่ำ โดยมีไวไฟ (Wi-Fi) และบลูทูธ (Bluetooth) แบบดูอัลโหมดในตัว ทำให้สามารถใช้งานในการเชื่อมต่อไร้สายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซีรีส์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ใช้หน่วยประมวลผล Tensilica Xtensa LX6 ทั้งในรูปแบบดูอัลคอร์ (Dual-Core) และซิงเกิลคอร์ (Single-Core) หรืออาจใช้ Xtensa LX7 ดูอัลคอร์ และ RISC-V ซิงเกิลคอร์ ขึ้นอยู่กับรุ่นของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 มีองค์ประกอบภายในที่สำคัญ เช่น สวิตช์เสาอากาศในตัว (Built-in Antenna Switches) RF Balun Power Amplifier Low-Noise Receive Amplifier ฟิลเตอร์ และโมดูลจัดการพลังงาน คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ ESP32 เป็นทางเลือกที่ได้รับความนิยมสำหรับการพัฒนาอุปกรณ์ ไอโอที

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สามารถพบได้ทั้งในรูปแบบบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์เฉพาะทาง และ บอร์ดพัฒนา (Development Boards) ซึ่งมาพร้อมกับ GPIO Pins (General Pin Input/Output) และคอนเนคเตอร์หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและโมเดลของบอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ถูกพัฒนาโดย Espressif Systems ซึ่งเป็นบริษัทเทคโนโลยีจากประเทศจีนที่ตั้งอยู่ในเซี่ยงไฮ้ และผลิตโดย TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) โดยใช้กระบวนการผลิต 40 นาโนเมตร ESP32 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่พัฒนาต่อยอดมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 ซึ่งได้รับความนิยมในโครงการไอโอที และระบบอัตโนมัติต่าง ๆ เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และรองรับการเชื่อมต่อไร้สายที่ครอบคลุมมากกว่าเดิม



ภาพที่ 2-15 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

ที่มา : <https://www.electronicwings.com/esp32/introduction-to-esp32>

7) เฟรม (FRAME)

เฟรมเป็นชิ้นงานโครงสร้าง ส่วนใหญ่จะทำมาจากการบอไนไฟเบอร์ แต่ก็มีการใช้พลาสติกอะคริลิกเข้ามาเป็นส่วนประกอบด้วย แต่ที่นิยมใช้กันคือโดรนที่ทำมาจากการบอไนไฟเบอร์ ซึ่งมีความแข็งแรงทนทานมากกว่าวัสดุชิ้นอื่นๆ และสำคัญที่สุดคือการบอไนไฟเบอร์มีน้ำหนักเบา

รูปแบบโดรนนั้นจะมีสองส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนที่เพนขาและส่วนที่เพนลำตัว โดยส่วนขาจะเป็นส่วนที่ยื่นออกไปนอกลำตัวเพื่อใช้ติดตั้งใบพัดมอเตอร์ ส่วนลำตัวจะเป็นจุดที่เก็บอุปกรณ์ชิ้นส่วนสำคัญต่างๆ เอาไว้ภายในไม่ให้เกิดการกระทบได้ง่าย ไม่ว่าจะเป็นกล่องบอร์ดควบคุมและอื่นๆที่อยู่ภายในลำตัวโดรนโดยจะเป็นโครงอยู่ด้านใน



ภาพที่ 2-16 เฟรม (FRAME)

ที่มา : <https://hitechxyz.in/products/zmr250mm-carbon-fiber-quadcopter-fpv-drone-frame>

2.6.2 ซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรม

1) โปรแกรม Arduino IDE

Arduino เป็นชื่อเรียกของแพลตฟอร์มการเขียนโปรแกรมลง ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino IDE) ที่เราสามารถสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ จากการออกแบบได้ตามความคิด แล้วสร้างออกมาเป็นชิ้นงานที่ใช้ได้จริง โดยไม่จำเป็นต้องมีความรู้เรื่องการต่อวงจรที่ซับซ้อน การเขียนโปรแกรมที่เข้าใจง่ายด้วยภาษา C และ C++ มีโค้ดตัวอย่างให้ศึกษาจำนวนมาก บอร์ดทดลองราคาไม่แพง มีให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม มีเซนเซอร์โมดูล และอุปกรณ์เสริมจำนวนมาก แพลตฟอร์มเป็นแบบโอเพนซอร์ส สามารถใช้งานได้ฟรี ด้วยความง่ายครบถ้วนนี้ จึงทำให้มีผู้ใช้งานทั่วโลก และมีการพัฒนาให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2-17 โปรแกรม Arduino IDE

2) โปรแกรม MATLAB

MATLAB เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการ เขียนโปรแกรมและการคำนวณเชิงตัวเลข (Numeric Computing Platform) ที่ใช้ในงานด้านวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) การประมวลผลสัญญาณและภาพ (Signal and Image Processing) ระบบควบคุม (Control Systems) การสื่อสารไร้สาย (Wireless Communications) และหุ่นยนต์ (Robotics)

MATLAB ประกอบด้วย ภาษาการเขียนโปรแกรม (Programming Language) แอปพลิเคชันเชิงโต้ตอบ (Interactive Apps) ไลบรารีเฉพาะทาง (Specialized Libraries) และเครื่องมือสำหรับสร้างโค้ดฝังตัวอัตโนมัติ (Embedded Code Generation Tools)

MATLAB ยังเป็น พื้นฐานของ Simulink ซึ่งเป็น สภาพแวดล้อมแบบไดอะแกรมบล็อก (Block Diagram Environment) สำหรับการจำลองระบบที่ซับซ้อนที่เกี่ยวข้องกับหลายสาขาวิชา

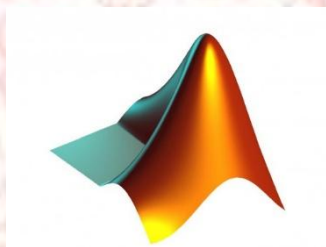
การใช้งาน MATLAB

MATLAB และ Simulink ถูกใช้เป็นเครื่องมือพื้นฐานสำหรับการสร้างแบบจำลอง (Modeling) และการจำลองระบบ (Simulation) ในงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับ วิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ ซึ่งครอบคลุมอุตสาหกรรมและแอปพลิเคชันต่าง ๆ เช่น

- ยานยนต์ (Automotive) พัฒนารถยนต์อัตโนมัติและยานพาหนะที่เชื่อมต่อ (Autonomous and Connected Vehicles)
- อวกาศและการบิน (Aerospace) ระบบควบคุมเครื่องบินและยานอวกาศ (Electric Aircraft Spacecraft)
- พลังงาน (Energy) เครื่องผลิตพลังงานหมุนเวียน ระบบจัดการพลังงาน และระบบกักเก็บพลังงาน
- อุปกรณ์การแพทย์ (Medical Devices) อุปกรณ์ทางการแพทย์อัจฉริยะ (Smart Medical Devices)

- การสื่อสาร (Communications) อุปกรณ์ที่ใช้มาตรฐานการสื่อสาร เช่น อุปกรณ์พกพาและเครือข่ายไร้สาย
- อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics) การออกแบบเซมิคอนดักเตอร์และวงจรไฟฟ้า
- ระบบอัตโนมัติและเครื่องจักรอุตสาหกรรม (Industrial Automation and Machinery) การพัฒนาเครื่องจักรและระบบควบคุมอัตโนมัติ
- วิทยาศาสตร์โลกและมหาสมุทร (Earth and Ocean Sciences) งานวิจัยด้านภูมิศาสตร์และสมุทรศาสตร์

MATLAB และ Simulink ช่วยให้สามารถออกแบบ พัฒนา และดำเนินงานกับระบบทางวิศวกรรมที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เป็นเครื่องมือที่สำคัญในวงการอุตสาหกรรมและการวิจัยทางวิทยาศาสตร์



ภาพที่ 2-18 โปรแกรม MATLAB

3) Neuro-Fuzzy Designer

Neuro-Fuzzy Designer เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการออกแบบ ฝึก และทดสอบ Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) โดยใช้ข้อมูลการฝึกแบบอินพุต/เอาต์พุต

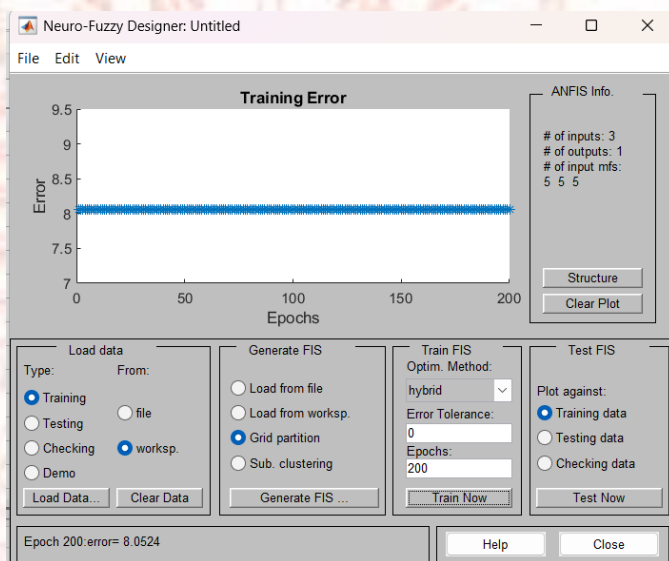
ฟังก์ชันการทำงานของ Neuro-Fuzzy Designer

1. ปรับแต่งพารามิเตอร์ของฟังก์ชันสมาชิก สำหรับระบบอนุมานฟัซซี่แบบ Sugeno (Sugeno-type Fuzzy Inference System)
2. สร้างโครงสร้างเริ่มต้นของระบบอนุมานฟัซซี่ โดยอัตโนมัติจากข้อมูลการฝึก
3. แก้ไขโครงสร้างระบบอนุมานก่อนทำการปรับแต่ง เพื่อให้เหมาะสมกับรูปแบบข้อมูล
4. ป้องกันปัญหาการเรียนรู้ที่มากเกินไป (Overfitting) โดยใช้ข้อมูลตรวจสอบ (Checking Data) นอกเหนือจากข้อมูลฝึก
5. ทดสอบความสามารถในการจำแนกของระบบที่ปรับแต่งแล้ว โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบ (Testing Data)

6. ส่งออกระบบฟัซซี่ที่ได้รับการปรับแต่งไปยัง MATLAB Workspace เพื่อใช้งานต่อหรือบันทึกเป็นโมเดลสำหรับการประยุกต์ใช้

ประโยชน์ของ Neuro-Fuzzy Designer

1. ช่วยให้ผู้ใช้สามารถสร้าง ระบบฟัซซี่ที่เรียนรู้ได้จากข้อมูล (Adaptive Fuzzy System) โดยไม่ต้องกำหนดกฎฟัซซี่เอง
2. สามารถรวมความสามารถของโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) และฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) เพื่อให้ได้โมเดลที่มีความยืดหยุ่นและสามารถเรียนรู้จากข้อมูล
3. มีเครื่องมือสำหรับการ ปรับค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันสมาชิกอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ



ภาพที่ 2-19 Neuro-Fuzzy Designer

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.7.1 Veyna et al. (2021) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Quadcopters Testing Platform for Educational Environments ซึ่งมุ่งเน้นการออกแบบและสร้างแพลตฟอร์มทดสอบการควบคุม Quadcopter สำหรับการศึกษา โดยแพลตฟอร์มนี้ใช้โครงสร้างแบบสามองศาอิสระ (3-DoF Gyroscopic Structure) เพื่อจำกัดการเคลื่อนที่ของโดรนและเพิ่มความปลอดภัยในการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบควบคุมที่สามารถใช้ในการเรียนการสอนผ่าน MATLAB/Simulink โดยแบ่งการทดลองออกเป็นสองกลุ่ม ได้แก่ 1. กลุ่มที่ใช้ PID Controller ซึ่งเหมาะสำหรับนักศึกษาที่มีพื้นฐานด้านทฤษฎีควบคุมเบื้องต้น 2. กลุ่มที่ใช้ State Feedback Controller ซึ่งเน้นการเรียนรู้เชิงลึกและการออกแบบระบบควบคุมที่ซับซ้อนขึ้น

ผลการทดลองพบว่า แพลตฟอร์มนี้ช่วยให้นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการควบคุมโดรนได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ศึกษาระบบควบคุมขั้นสูง เช่น LQR Sliding Mode Control (SMC) และ Fuzzy Logic Control เพื่อให้เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน

2.7.2 Guan et al. (2021) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง First Class for Students Majoring in Automation: Algorithm and Practice Based on Self-leveling Quadrotor โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาความสนใจในการเรียนรู้และเสริมสร้างทักษะการปฏิบัติทางวิศวกรรมให้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ในสาขาควบคุมอัตโนมัติผ่านการสร้าง Quadrotor ที่สามารถรักษาระดับได้เอง (Self-Leveling Quadrotor)

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่ การคำนวณท่าทาง (Attitude Calculation) โดยใช้ MPU-6050 และการควบคุมด้วย PID Control Algorithm ซึ่งถูกนำมาใช้ในกระบวนการเรียนการสอนผ่านแพลตฟอร์ม Arduino Uno นักศึกษาจะได้เรียนรู้ การปรับค่าพารามิเตอร์ PID การปรับแต่งเซ็นเซอร์ไจโรสโคป และการสร้างระบบรักษาระดับของโดรน โดยมีการอธิบายพื้นฐานของ Complementary Filtering เพื่อรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ไจโรสโคปและแอกเซลเลอโรมิเตอร์

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า วิธีการเรียนการสอนนี้สามารถกระตุ้นความสนใจของนักศึกษา และช่วยให้พวกเขาพัฒนาทักษะด้านระบบควบคุมและการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ ยังช่วยให้เกิดแนวคิดในการออกแบบระบบที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในโครงการที่ซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต

2.7.3 Joshi et al. (2020) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Learning Analytics Framework for Measuring Students' Performance and Teachers' Involvement through Problem-Based Learning in Engineering Education ซึ่งศึกษาการใช้ Learning Analytics (LA) ร่วมกับ Problem-Based Learning (PBL) เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ของนักศึกษาและความเกี่ยวข้องของอาจารย์ในกระบวนการเรียนการสอน

งานวิจัยนี้นำเสนอ กรอบแนวคิดสำหรับวิเคราะห์การเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลจากแพลตฟอร์ม Moodle เพื่อติดตามพฤติกรรมของนักศึกษา เช่น เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่ม และการแสดงความคิดเห็น นอกจากนี้ยังใช้ Pre-assessment และ Post-assessment เพื่อตรวจสอบผลกระทบของ PBL ที่มีต่อ ทักษะการแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการทำงานร่วมกันของนักศึกษา

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า PBL ที่รวมกับ Learning Analytics ช่วยให้ได้สามารถปรับปรุงหลักสูตรการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้อาจารย์สามารถ ปรับรูปแบบการสอนได้ตามความต้องการของนักศึกษา โดยข้อมูลจาก Learning Analytics ช่วยให้ได้สามารถ

ระบุจุดแข็งและจุดอ่อนของนักศึกษาได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ นักศึกษายังรายงานว่าการใช้ PBL ส่งเสริมให้พวกเขามีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้มากขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม

2.7.4 Peksa and Mamchur (2024) ได้นำเสนอบทความ A Review on the State of the Art in Copter Drones and Flight Control Systems ซึ่งเป็นการสำรวจเทคโนโลยีล่าสุดเกี่ยวกับ โดรนแบบหลายใบพัด (Multirotor Drones) และระบบควบคุมการบิน

งานวิจัยนี้ได้กล่าวถึง ประเภทของโดรน การออกแบบทางกายภาพ แอปพลิเคชันหลัก และความก้าวหน้าในระบบควบคุมการบิน โดยเน้นไปที่ Quadcopters Hexacopters และ Octocopters ซึ่งเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมสูงสุดในงานวิจัยและการใช้งานพลเรือน

ในแง่ของ ระบบควบคุมการบิน บทความนี้ได้เปรียบเทียบเทคนิคการควบคุมที่สำคัญ เช่น

1. PID Controller ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษาเสถียรภาพของโดรน
2. Model Predictive Control (MPC) ที่ช่วยให้การควบคุมสามารถคาดการณ์พฤติกรรมของระบบได้
3. Neural Network-Based Control และ Swarm Intelligence Algorithms สำหรับโดรนที่ต้องการการควบคุมอัตโนมัติที่ซับซ้อน

นอกจากนี้ งานวิจัยยังกล่าวถึง ข้อจำกัดในปัจจุบัน เช่น อายุการใช้งานของแบตเตอรี่ การควบคุมในสภาพอากาศที่ไม่แน่นอน และข้อกำหนดทางกฎหมาย รวมถึงทิศทางการวิจัยในอนาคตที่เน้น AI-based Flight Control Edge Computing และ Enhanced Collision Avoidance Systems

ผลการศึกษานี้ย้ำว่า การพัฒนาระบบควบคุมโดรนให้มีความแม่นยำและปลอดภัยยิ่งขึ้นเป็นหัวใจสำคัญของการนำโดรนไปใช้งานในระดับอุตสาหกรรม ไม่ว่าจะเป็น การเกษตร การเฝ้าระวัง การสำรวจทางอุตสาหกรรม และการค้นหาและกู้ภัย

2.7.5 Yusof et al. (2025) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Development of an Educational Kit Using CAD Software for Simple Machine Learning ซึ่งมีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาการเรียนรู้เชิงทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องกลพื้นฐาน (Simple Machines) โดยพัฒนาชุดอุปกรณ์การเรียนรู้ (Educational Kit) ที่ช่วยให้นักศึกษาสามารถเข้าใจหลักการทำงานของคาน (Levers) เฟือง (Gears) และรอก (Pulleys) ผ่านการออกแบบและจำลองด้วย ซอฟต์แวร์ CAD

งานวิจัยนี้ใช้ Double Diamond Design Process Model ซึ่งเป็นแนวทางที่ช่วยในการพัฒนาชุดอุปกรณ์เป็นไปอย่างเป็นระบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การค้นคว้า (Discover Phase) ศึกษาความต้องการของผู้ใช้ผ่านแบบสอบถามในกลุ่มนักเรียนและครู เพื่อกำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมของชุดอุปกรณ์

2. การกำหนดปัญหา (Define Phase) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อกำหนดแนวทางในการออกแบบชุดอุปกรณ์
3. การพัฒนาแนวคิด (Develop Phase) ออกแบบชิ้นส่วนของชุดอุปกรณ์โดยใช้ซอฟต์แวร์ Autodesk Fusion 360 และเลือกแนวคิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด
4. การส่งมอบและทดสอบ (Deliver Phase) สร้างต้นแบบและทดสอบการใช้งานร่วมกับกลุ่มนักเรียนเพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์

ผลการศึกษาพบว่า ชุดอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นช่วยเสริมสร้างการเรียนรู้เชิงปฏิบัติและกระตุ้นความสนใจของนักศึกษา โดยมีการทดสอบความสามารถด้าน การเรียนรู้กลไกพื้นฐาน (Basic Mechanics Learning) ซึ่งให้ผลตอบรับในเชิงบวก



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Designs) เพื่อการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน โดยใช้ลักษณะแบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อน-หลังการทดลอง (One-Group Pretest-Posttest Design) มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

3.1 การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

3.1.1 การออกแบบชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ

3.1.2 การออกแบบและสร้างวงจรควบคุม

3.1.3 การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงาน

3.1.4 การทดสอบการทำงาน

3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบปัญหาเป็นฐาน

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

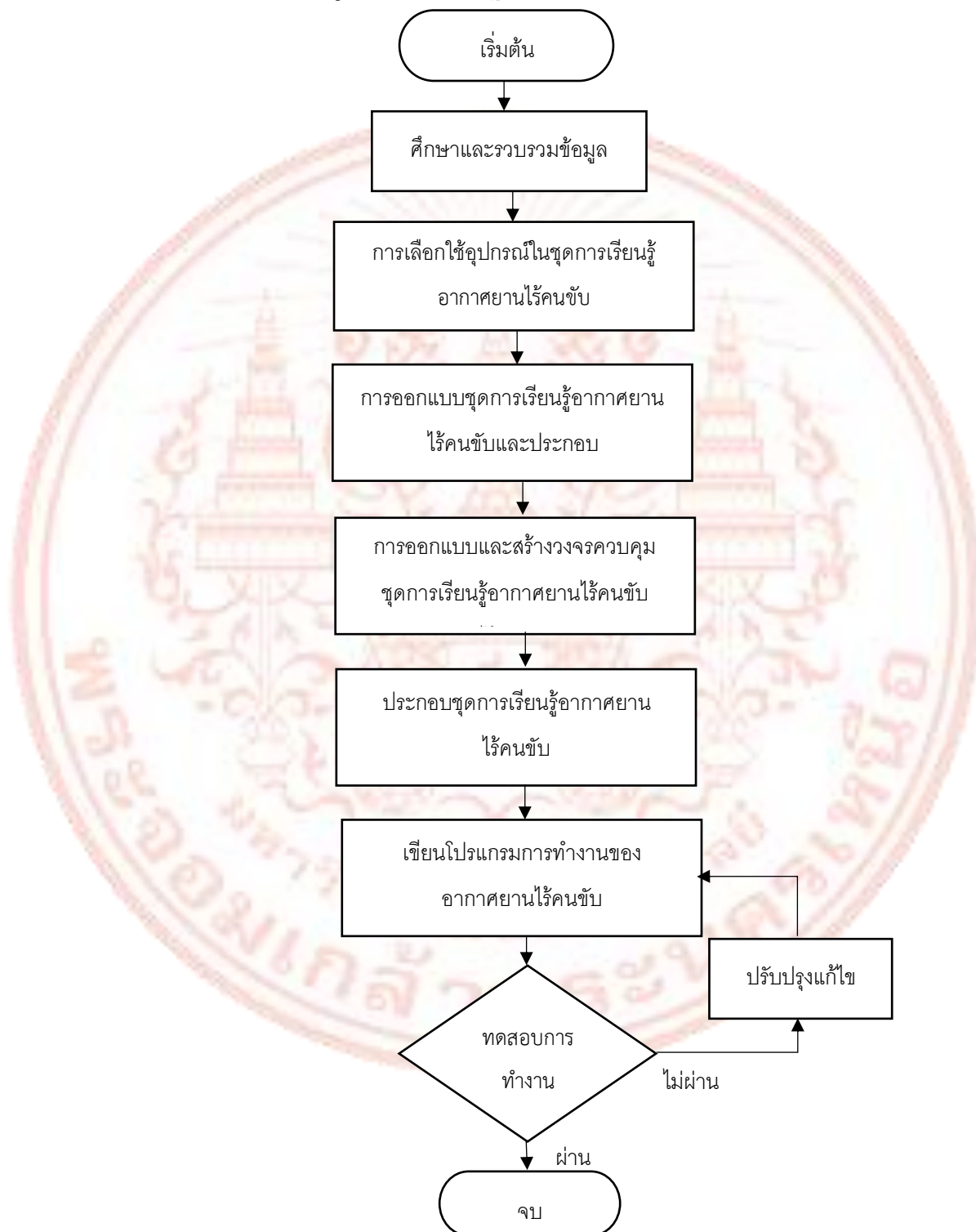
3.3.1 การสร้างแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความเข้าใจของผู้เรียน

3.3.2 การสร้างแบบประเมินผลการมีส่วนร่วมของผู้อบรม

3.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.5 การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่
ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน



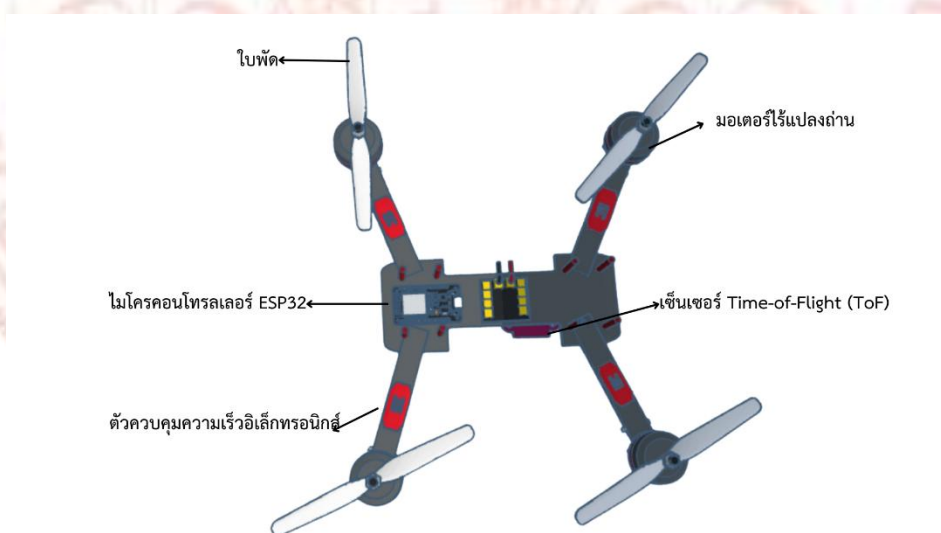
ภาพที่ 3-1 แผนภาพการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

ภาพที่ 3-1 แสดงแผนภาพที่อธิบายกระบวนการการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ โดยใช้ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ในขั้นตอนแรกของกระบวนการนี้ ทำการเลือกใช้อุปกรณ์ในชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ จากนั้น ทำการการออกแบบชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับและประกอบโครงสร้าง เพื่อทดสอบความแข็งแรงทางโครงสร้าง หลังจากนั้น ประกอบชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับและเขียนโปรแกรมการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ ในกระบวนการสุดท้ายจึงทดสอบการทำงาน ในกระบวนการทำวิจัยนี้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาช่วยแนะนำทุกขั้นตอนก่อนที่จะไปขั้นตอนถัดไป เพื่อให้มั่นใจว่าทุกอย่างถูกต้องและพร้อมดำเนินการไปขั้นตอนต่อไป

3.1.1 การออกแบบชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ

โครงสร้างของโดรนใช้เฟรม (Frame) ขนาดแนวทแยง 220 มม. กว้าง 175 มม. ยาว 130 มม. ตัวเฟรมมาจากคาร์บอนไฟเบอร์ เนื่องด้วยเป็นโครงสร้างน้ำหนักเบา มอเตอร์ไร้แปรงถ่านใช้ขนาด 2300KV และใช้ ESC 30A ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไร้แปรงถ่านขนาด 2300 KV และใช้ใบพัดเบอร์ 5045

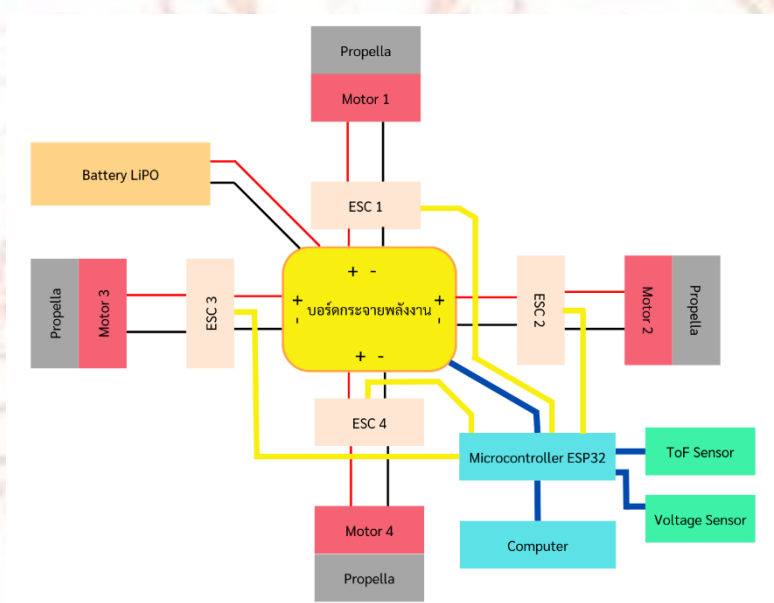
ส่วนเซ็นเซอร์ใช้เซ็นเซอร์ Time-of-Flight (ToF) ที่ด้านข้างของโดรนเพื่อวัดระยะทางในการบินของโดรน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการบิน ขึ้น-ลง ของโดรน ดังแสดงไว้ดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 แผนภาพการออกแบบชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ

3.1.2 การออกแบบและสร้างวงจรควบคุม

โดรนควอดคอปเตอร์ (Quadcopter) เป็นอากาศยานไร้คนขับที่ใช้มอเตอร์ 4 ตัวเป็นหลักในการสร้างแรงยกและควบคุมการเคลื่อนที่ โดยต้องอาศัยระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพเพื่อรักษาสมดุลและเสถียรภาพในการบิน วงจรควบคุมของโดรนมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ แบตเตอรี่ LiPo บอร์ดกระจายพลังงาน (Power Distribution Board) ESC (Electronic Speed Controller) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และบัสเสลมอเตอร์พร้อมใบพัด ซึ่งทำงานร่วมกันเพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานของโดรนได้อย่างแม่นยำ ดังรูป 3-3



ภาพที่ 3-3 ภาพแสดงการออกแบบและสร้างวงจรควบคุม

โดยมีส่วนประกอบและรายละเอียดดังนี้

1) แหล่งพลังงานและการกระจายพลังงาน

ระบบขับเคลื่อนของโดรนจำเป็นต้องใช้พลังงานจาก แบตเตอรี่ LiPo (Lithium Polymer) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่สามารถให้กระแสไฟฟ้าสูงเพื่อรองรับการทำงานของมอเตอร์ที่ต้องใช้กำลังมาก ในวงจรนี้ แบตเตอรี่ LiPo ถูกเชื่อมต่อเข้ากับ บอร์ดกระจายพลังงาน (Power Distribution Board - PDB) ซึ่งทำหน้าที่แจกจ่ายแรงดันไฟฟ้าไปยัง ESC แต่ละตัว เพื่อให้สามารถควบคุมมอเตอร์แต่ละตัวได้อย่างอิสระ บอร์ดกระจายพลังงานจะช่วยให้วงจรมีการจัดการพลังงานที่เป็นระเบียบและลดความซับซ้อนในการเดินสายไฟ ทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยลดปัญหาสัญญาณรบกวนและแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เสถียร

2) ตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Speed Controller)

ESC (Electronic Speed Controller) เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการควบคุมรอบหมุนของมอเตอร์แต่ละตัว โดยจะรับสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้พลังงานจาก PDB เพื่อส่งกระแสไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ให้ทำงานตามที่กำหนด

ในภาพนี้มี ESC จำนวน 4 ตัว คือ ESC 1 ESC 2 ESC 3 และ ESC 4 ที่เชื่อมต่อเข้ากับมอเตอร์แต่ละตัว ESC ทำหน้าที่แปลงสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ที่ได้รับจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเป็นแรงดันและกระแสที่เหมาะสมสำหรับมอเตอร์ เพื่อให้สามารถควบคุมรอบหมุนได้อย่างแม่นยำ การควบคุม ESC อย่างถูกต้องจะส่งผลต่อการทรงตัวและเสถียรภาพของโดรนโดยตรง

3) บัสเลสมอเตอร์และใบพัด

ระบบขับเคลื่อนของโดรนในภาพนี้ใช้ มอเตอร์ไร้แปรงถ่าน (Brushless Motor) จำนวน 4 ตัว ที่เชื่อมต่อกับ ESC แต่ละตัว มอเตอร์เหล่านี้ทำงานร่วมกับ ใบพัด (Propeller) เพื่อสร้างแรงยกให้กับโดรน

ในวงจรนี้ มอเตอร์ทั้ง 4 ตัวได้รับสัญญาณจาก ESC เพื่อให้สามารถควบคุมทิศทางการหมุนของใบพัดได้อย่างแม่นยำ ส่งผลให้สามารถควบคุมทิศทางการบินได้โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์แต่ละตัวให้สมดุลกัน

4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32

ระบบควบคุมหลักใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 จำนวน 1 ตัว ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการประมวลผลสูง และรองรับการสื่อสารแบบไร้สาย (ไวไฟและบลูทูธ) ESP32 ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่างๆ เช่น เซ็นเซอร์ ToF (Time of Flight) และส่งสัญญาณ PWM ไปควบคุม ESC เพื่อปรับรอบหมุนของมอเตอร์

5) เซ็นเซอร์ ToF (Time-of-Flight)

ในภาพนี้ ระบบมีการใช้ เซ็นเซอร์ ToF (Time-of-Flight) ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดระยะทางด้วยแสงเลเซอร์หรืออินฟราเรด โดยใช้หลักการส่งแสงไปยังวัตถุและวัดเวลาที่แสงสะท้อนกลับมา เพื่อคำนวณระยะทางการบินขึ้นของโดรน

3.1.3 การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงาน

การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานของโดรนเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ โปรแกรมที่พัฒนาในระบบนี้เน้นการควบคุมการบินของโดรน โดยอาศัยค่าพารามิเตอร์สำคัญ เช่น ค่า Error ของระบบ (ค่าความผิดพลาดระหว่างค่าเซต

พอยต์และค่าที่วัดได้) ระยะทาง (Distance) แรงดันแบตเตอรี่ (Battery Voltage) เพื่อนำไปวิเคราะห์ และปรับปรุงการควบคุมการบินให้มีเสถียรภาพมากขึ้น กระบวนการเขียนโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1) เขียนโปรแกรมบังคับการบินแบบทั่วไป

ในขั้นตอนแรก จะต้องพัฒนาโปรแกรมที่สามารถควบคุมการบินของโดรน ในรูปแบบพื้นฐานโดยใช้ ESP32 เป็นตัวประมวลผลหลัก โปรแกรมนี้จะส่งค่าพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) ไปควบคุม ESC (Electronic Speed Controller) เพื่อกำหนดความเร็วรอบของมอเตอร์แต่ละตัว

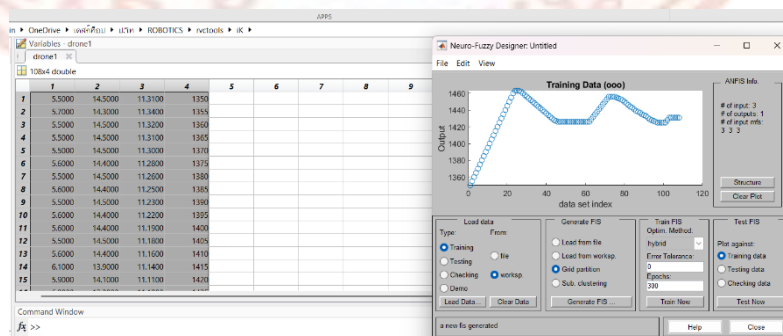
ค่าที่อ่านจากเซ็นเซอร์และระบบประกอบด้วย:

- **Error ของระบบ** คือ ค่าความผิดพลาดระหว่างค่าเซตพอยต์และค่าที่วัดได้
- **Distance** คือ ค่าระยะทางจากเซ็นเซอร์ ToF ที่ใช้ตรวจวัดระยะของโดรนจากพื้น
- **Battery Voltage** คือ ค่าแรงดันแบตเตอรี่ที่ใช้เพื่อตรวจสอบสถานะพลังงานของระบบ

ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกอ่านและบันทึกเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์พฤติกรรมของโดรน โดยเฉพาะค่าของ Input และ Output PWM ที่ส่งไปยังมอเตอร์ เพื่อดูว่าส่งผลต่อการบินอย่างไร จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการฝึกปัญญาประดิษฐ์ต่อไป

2) การฝึกปัญญาประดิษฐ์โดยใช้ Neural Fuzzy Designer

หลังจากได้ค่าพารามิเตอร์จากการทดลองในขั้นตอนแรก จะนำค่าของ Input (Error Distance Battery Voltage) และ Output (PWM ที่ส่งไปยังมอเตอร์) ไปสร้าง Membership Function โดยใช้ Neural Fuzzy Designer ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับออกแบบระบบควบคุมแบบ Fuzzy Logic ที่สามารถเรียนรู้และปรับค่าได้อัตโนมัติผ่านโครงข่ายประสาทเทียม โดยกำหนด Membership Function แบบ 3 3 3 ดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-4 ภาพการฝึกปัญญาประดิษฐ์โดยใช้ Neural Fuzzy Designer

กระบวนการสร้างระบบควบคุมแบบ Neuro-Fuzzy

1) นิยาม Input และ Output ของระบบ

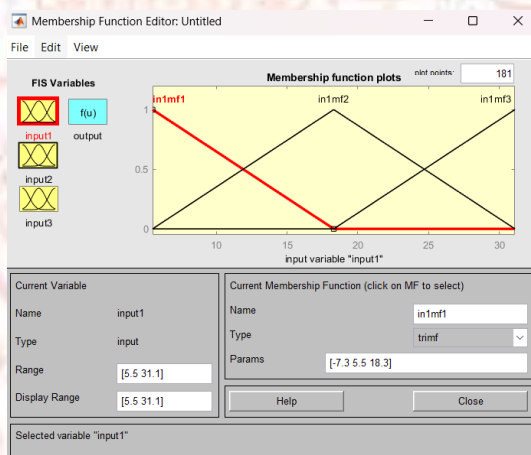
- Input: Error Distance Battery Voltage
- Output: PWM เพื่อควบคุม ESC

2) กำหนด Membership Function

- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อกำหนดระดับของค่าต่างๆ เช่น
 - ค่า Error อาจแบ่งเป็น มาก ปานกลาง และน้อย
 - ระยะห่างอาจแบ่งเป็น ใกล้ ปานกลาง และไกล
 - แรงดันแบตเตอรี่อาจแบ่งเป็น สูง ปานกลาง และต่ำ
 - PWM อาจแบ่งเป็น ต่ำ ปานกลาง และสูง

3) ฝึกระบบด้วยข้อมูลที่เก็บได้

- ใช้ข้อมูลจากการทดลองเพื่อฝึกระบบ Neuro-Fuzzy ให้เรียนรู้พฤติกรรมของโดรน
- ระบบจะปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อให้การควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 3-5 ภาพการฝึกระบบด้วยข้อมูลที่เก็บได้

4) ทดสอบและปรับค่าเพิ่มเติม

- ทดสอบการควบคุมที่ได้จาก Neuro-Fuzzy เพื่อดูว่ามีข้อผิดพลาดหรือจุดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่
- ปรับค่าของ Membership Function และพารามิเตอร์ต่างๆ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

3. การควบคุมอากาศยานไร้คนขับด้วยปัญญาประดิษฐ์

หลังจากทำการฝึก Neuro-Fuzzy Model เพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของโดรนในสถานการณ์ต่างๆ แล้ว จะได้กฎที่สามารถนำไปเขียนเป็น สมการเส้นตรง เพื่อกำหนดเงื่อนไขการทำงานของโดรนในแต่ละช่วงค่าของอินพุต ข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างสมการประกอบด้วย

- 1) Error คือ ค่าความผิดพลาดระหว่างค่าเซตพอยต์และค่าที่วัดได้
- 2) Distance คือ ระยะทาง
- 3) Battery Voltage แรงดันแบตเตอรี่

สมการเหล่านี้ถูกคำนวณจากข้อมูลที่ได้จากการฝึก โดยใช้สูตรสมการเส้นตรงในรูปแบบ

$$Y = Mx + C$$

โดยที่

$$M = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \text{ค่าความชัน (Slope)}$$

C = คือค่าคงที่ (Intercept)

Calculate Fuzzy Input 1 (Distance)									
Membership	x1	y1	x2	y2	y2-y1	x2-x1	y2-y1/x2-x1	m*x1	(Result*-1)+y1
in1mf1	5.5	1	18.3	0	-1	12.8	-0.078125	-0.4296875	1.4296875
in1mf2_1	5.5	0	18.3	1	1	12.8	0.078125	0.4296875	-0.4296875
in1mf2_2	18.3	1	31.1	0	-1	12.8	-0.078125	-1.4296875	2.4296875
in1mf3	31.1	0	43.9	1	1	12.8	0.078125	2.4296875	-2.4296875

Calculate Fuzzy Input 1 (Error)									
Membership	x1	y1	x2	y2	y2-y1	x2-x1	y2-y1/x2-x1	m*x1	(Result*-1)+y1
in1mf1	-11.1	1	1.7	0	-1	12.8	-0.078125	0.8671875	0.1328125
in1mf2_1	-11.1	0	1.7	1	1	12.8	0.078125	-0.8671875	0.8671875
in1mf2_2	1.7	1	14.5	0	-1	12.8	-0.078125	-0.1328125	1.1328125
in1mf3	14.5	0	27.3	1	1	12.8	0.078125	1.1328125	-1.1328125

Calculate Fuzzy Input 1 (Batt Volt)									
Membership	x1	y1	x2	y2	y2-y1	x2-x1	y2-y1/x2-x1	m*x1	(Result*-1)+y1
in1mf1	10.8	1	11.05	0	-1	0.25	-4	-43.2	44.2
in1mf2_1	10.8	0	11.08	1	1	0.28	3.571428571	38.57142857	-38.57142857
in1mf2_2	11.08	1	11.34	0	-1	0.26	-3.846153846	-42.61538462	43.61538462
in1mf3	11.35	0	11.61	1	1	0.26	3.846153846	43.65384615	-43.65384615

Input 1 (Distance) สมการที่ได้				ช่วง
Y =	M	(x) +	C	
Y =	-0.078125	(x) +	1.4296875	5.50 <= x <= 18.30
Y =	0.078125	(x) +	-0.4296875	5.50 <= x <= 18.30
Y =	-0.078125	(x) +	2.4296875	18.30 <= x <= 31.10
Y =	0.078125	(x) +	-2.4296875	31.10 <= x <= 43.90

Input 1 (Error) สมการที่ได้				ช่วง
Y =	M	(x) +	C	
Y =	-0.078125	(x) +	0.1328125	-11.10 <= x <= 1.70
Y =	0.078125	(x) +	0.8671875	-11.10 <= x <= 1.70
Y =	-0.078125	(x) +	1.1328125	1.70 <= x <= 14.50
Y =	0.078125	(x) +	-1.1328125	14.50 <= x <= 27.30

Input 1 (Battvolt) สมการที่ได้				ช่วง
Y =	M	(x) +	C	
Y =	-4	(x) +	44.2	10.80 <= x <= 11.05
Y =	3.571428571	(x) +	-38.57142857	10.80 <= x <= 11.08
Y =	-3.846153846	(x) +	43.61538462	11.08 <= x <= 11.34
Y =	3.846153846	(x) +	-43.65384615	11.35 <= x <= 11.61

ภาพที่ 3-6 ภาพการคำนวณหาค่าของสมการเส้นตรง

สมการเส้นตรงที่ได้จากการฝึกระบบ Neuro-Fuzzy นี้สามารถนำไปใช้เป็นเงื่อนไขการทำงานของโดรน โดยสามารถนำไปเขียนเป็นเงื่อนไขในโค้ดของโปรแกรม Arduino IDE ได้ดังภาพ

```

if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1450;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1425;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1400;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1380;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1350;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1320;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1290;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1260;
else if (distance_cm >= 5.5 && distance_cm <= 18.3 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1230;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1470;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1440;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1410;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1380;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1350;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1320;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1290;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1260;
else if (distance_cm > 18.3 && distance_cm <= 31.0 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1230;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1490;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1460;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error >= -11.1 && error < -1.7 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1430;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1380;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1350;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error >= -1.7 && error < 1.7 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1320;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage >= 8.8 && battVoltage <= 10.05) currentPWM = 1290;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage > 10.05 && battVoltage <= 11.34) currentPWM = 1260;
else if (distance_cm > 31.0 && distance_cm <= 43.9 && error > 1.7 && error < 27.3 && battVoltage > 11.34 && battVoltage <= 12.61) currentPWM = 1230;

```

ภาพที่ 3-7 ภาพเงื่อนไขในโค้ดของโปรแกรม Arduino IDE

ผู้วิจัยนำวงจรและโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ นำมาทดสอบการทำงาน ซึ่งพบข้อผิดพลาดบางจุดควรแก้ไข และปรับปรุงวงจรจนทำงานได้ตามต้องการ

3.1.4 ทดสอบการทำงาน

หลังจากพัฒนาและปรับปรุงระบบควบคุมของโดรนโดยใช้ Neuro-Fuzzy Model และแปลงกฎที่ได้เป็น สมการเส้นตรง เพื่อใช้กำหนดเงื่อนไขการทำงานของโดรน ขั้นตอนถัดไป คือ การทดสอบการทำงาน เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบและตรวจสอบว่าการควบคุมเป็นไปตามที่คาดหวังหรือไม่ การทดสอบนี้มุ่งเน้นไปที่ 2 ด้านหลัก ได้แก่

1) การควบคุมเสถียรภาพของโดรน (Stability Control)

เป้าหมายของการทดสอบนี้คือการตรวจสอบว่า ระบบควบคุมสามารถรักษาสถิตและเสถียรภาพของโดรนได้ดีเพียงใด โดยใช้ ค่าระยะทาง (Distance) ค่าความผิดพลาด (Error) และ แรงดันแบตเตอรี่ (Battery Voltage) เป็นปัจจัยหลักในการควบคุม โดยทดสอบการบินของโดรนในระดับความสูงคงที่ (Hovering Test) ที่ระยะเซตพอยต์ เช่น 50 ซม. หรือ 70 ซม. และตรวจสอบว่าค่า PWM ที่ถูกส่งไปยังมอเตอร์สามารถรักษาระดับความสูงของโดรนได้อย่างเสถียรหรือไม่

2) การตอบสนองของระบบต่อค่าพารามิเตอร์อินพุต (Response Test)

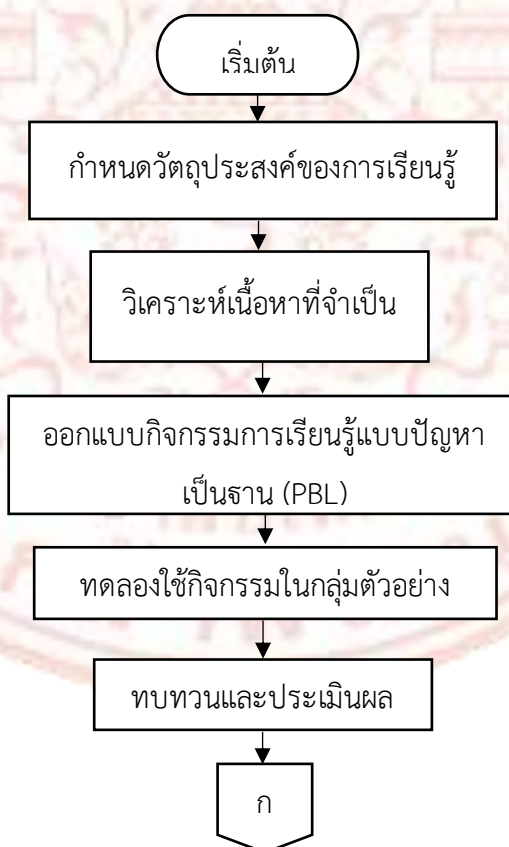
ทดสอบว่าระบบสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของ ระยะทาง (Distance) ค่าความผิดพลาด (Error) และแรงดันแบตเตอรี่ (Battery Voltage) โดยปรับค่า Setpoint และดูว่าระบบสามารถตอบสนองได้อย่างถูกต้องหรือไม่



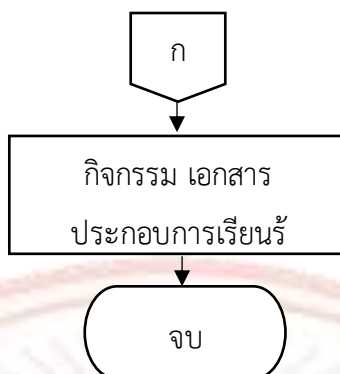
ภาพที่ 3-8 การทดสอบการทำงานของโดรน

3.2 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานของชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญหาประติษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ได้ออกแบบโดยมุ่งเน้น ความเข้าใจหลักการบินขึ้น-ลงของโดรน ดังภาพที่ 3-4



ภาพที่ 3-9 แผนภาพการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน



ภาพที่ 3-9 (ต่อ)

3.2.1 กำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้

การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้สอนต้องการให้ผู้เรียนบรรลุผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ผลลัพธ์การเรียนรู้ รายวิชาวิชาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ

30105-2017 วิชาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	
ผลลัพธ์การเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้
การควบคุมการนำเครื่องขึ้น (Take off) การบิน การนำเครื่อง ลง (Landing)	3.1 เข้าใจหลักการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ
	3.2 สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของ อากาศยานไร้คนขับ
	3.3 อภิปรายและให้เหตุผลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุม การ บินขึ้น-ลง ของอากาศยานไร้คนขับ ได้อย่างถูกต้อง

3.2.2 วิเคราะห์เนื้อหาที่จำเป็น

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหาที่จำเป็นในการจัดการเรียนรู้ของกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานของชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ โดยมีเนื้อหาดังนี้

- 1) หลักการพื้นฐานของการบิน UAV
- 2) ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของ UAV
- 3) ปัญหาการบินขึ้น-ลงของ UAV และแนวทางแก้ไข

3.2.3 ทบทวนและประเมินผล

สร้างข้อสอบก่อนเรียน และหลังเรียนทางผู้วิจัยได้ออกแบบจากการนำจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ได้จากตารางกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับผลลัพธ์การเรียนรู้ของวิชาเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ ทั้ง 3 เรื่อง ได้แก่ 1.เข้าใจหลักการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ 2.สามารถ

วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของ อากาศยานไร้คนขับ 3.อธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับ แนวทางการควบคุม การบินขึ้น-ลง ของอากาศยานไร้คนขับ หลังจากจัดทำเอกสารแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านประเมินด้านความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน

3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

3.3.1 การสร้างแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความเข้าใจของผู้เรียน

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้เป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องมือหรือวิธีการต่าง ๆ เพื่อวัดระดับความรู้และความเข้าใจที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนรู้หรือการฝึกฝนต่าง ๆ ในหลักสูตร หรือกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน มีวิธีการดำเนินสร้างแบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกโดยใช้ข้อสอบลักษณะเป็นแบบเลือกตอบสองระดับ (Two-tier Multiple-choice Questions) จำนวน 10 ข้อ ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 2567 รายวิชาอากาศยานไร้คนขับ จุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
2. กำหนดผลลัพธ์การเรียนรู้ และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตาม สมรรถนะรายวิชาอากาศยานไร้คนขับ ศึกษาหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 2567
3. ศึกษาหนังสือเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสร้างแบบปรนัย และการออกแบบกิจกรรม
4. สร้างแบบทดสอบให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมจำนวน 10 ข้อ และกิจกรรมการเรียนรู้ โดยได้จากการวิเคราะห์ตาราง Test Blueprint (รายละเอียดดังภาคผนวก ค)
5. นำข้อสอบที่สร้างขึ้นมาให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา การตั้งข้อคำถาม ถึงความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of item objective congruence : IOC) คุณภาพของแบบทดสอบก่อนเรียน-หลังเรียน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ ไม่ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยข้อสอบที่ถูกคัดเลือกจากผู้เชี่ยวชาญนำมาใช้ต้องมีค่าความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องของการใช้กิจกรรม ข้อคำถาม

ตัวเล็อกกับวัตถุประสงคการเรียนรู ค่ำความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่ำง 0.65-1.00 (รายละเอียดดั่งภาคผนวก ค)

6. คัดเล็อกข้อที่ผ่ำงการประเมินไปจัดทำเป็นแบบทดสอบปรนัย แล้วนำมำทดลองใช้กับนักเรียนก่อนการอบรมเพื่อทดสอบความรู้เดิม จ่ำนวน 24 คน

7. หลังจ่ำงนำแบบทดสอบที่ผ่ำงการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ และนำไปทดสอบก่อนเรียนกับนักเรียนแล้ว จ่ำนั้นนำแบบทดสอบจ่ำนวน 10 ข้อ ทำการหาค่ำความเชื่่อมั่น (Reliability) โดยการทำสอบค่ำสมประสิทธิ์ความเชื่่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20)) (รายละเอียดดั่งภาคผนวก ค)

8. แบบทดสอบก่อน – หลังเรียน เป็นข้อสอบคู่ขนำน ประกอบด้วยข้อสอบสองส่วนที่มีโจทย์คล้ายกันหรือเกี่ยวข้องกัน ผู้เรียนเรียนทำการวิเคราะห์และแก้ปัญหำสองส่วนนั้น

3.3.2 การพัฒนาแบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียน

การประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนเป็นกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดและประเมินระดับแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อำกาศยำนไร้คนขับโดยใช้ปัญญำประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่โดยแรงจูงใจเป็นกลไกที่ขับเคลื่อนให้บุคคลมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ ดำเนินกิจกรรมทางการศึกษา และมุ่งมั่นสู่ความสำเร็จ โดยใช้แบบประเมินที่พัฒนาโดย Deepti Prit Kaur (2020) (รายละเอียดดั่งภาคผนวก ก)

3.4 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหำเป็นฐำนร่วมกับชุดการเรียนรู้อำกาศยำนไร้คนขับโดยใช้ปัญญำประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ โดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการจัดกิจกรรมดั่งนี้

3.4.1 ประเภทของแผนการวิจัย

ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Designs) ด้วยวิธีการแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียว วัดผลก่อน และหลังการทดลอง (One Group Pretest Posttest Design)

$$O_1 \times O_2$$

โดย X	หมายถึง	การทดลอง
O_1	หมายถึง	การวัดผลก่อนการทดลอง
O_2	หมายถึง	การวัดผลหลังการทดลอง

3.4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

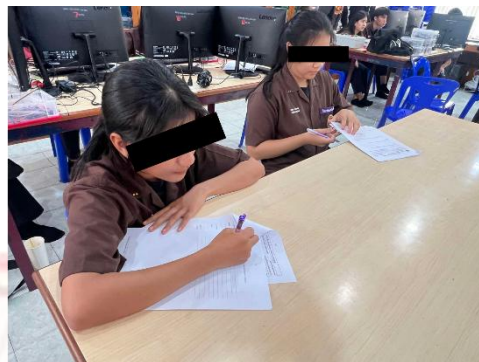
ผู้วิจัยดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ 4 ขั้นตอน คือ 1.กำหนดปัญหา 2.ศึกษาแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 3.การทดลอง 4.การอภิปรายและสรุปผล สรุปขั้นตอนไว้ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรม	รายละเอียดการจัดกิจกรรม
1. กำหนดปัญหา	ก่อนเริ่มดำเนินกิจกรรมผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความรู้ของผู้เรียนก่อนการอบรมโดยใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นและแบ่งผู้เรียนออกเป็นกลุ่ม จากนั้นผู้สอนนำเสนอ สถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับการบินขึ้น-ลงของโดรน เช่น 1."โดรนสามารถบินขึ้นและลงจอดได้อย่างไร?" 2."Neuro-Fuzzy และ PID Controller ควบคุมการขึ้น-ลงของโดรนแตกต่างกันอย่างไร?" 3. "ปัจจัยอะไรที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลง เช่น ความสูง ความเร็วใบพัด หรือการตอบสนองของมอเตอร์?"
2. ศึกษาแนวคิดพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	ให้ผู้เรียนศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างความเข้าใจพื้นฐานก่อนทำการทดลอง เช่น 1.หลักการใช้เซ็นเซอร์วัดระยะ (ToF200) เพื่อควบคุมระดับความสูงของโดรน 2. การทำงานของมอเตอร์ ใบพัดและตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ (ESC) 3. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับของใบพัดกับน้ำหนักของโดรน 4. ระบบควบคุม Neuro-Fuzzy และ PID Controller ในการควบคุมการบิน
3. การทดลองและแก้ปัญหา	ให้ผู้เรียนลงมือทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้และสังเกตผลและบันทึกผลการทดลอง โดย 1. ทดลองติดตั้งใบพัดสำหรับการบินของโดรน 2. ให้ผู้เรียนทดลอง บินขึ้นและลงจอดโดยใช้ระบบควบคุม PID Controller 3. ให้ผู้เรียนทดลอง บินขึ้นและลงจอดโดยใช้ระบบควบคุม Neuro-Fuzzy 3.วิเคราะห์ผลลัพธ์ของแต่ละหัวข้อ
4. การอภิปรายและสรุปผล	ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการทดลองของกลุ่มและอภิปรายเกี่ยวกับสิ่งที่ค้นพบ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 3-10 ภาพการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐานร่วมกับชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับ

3.5 การวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยเพื่อการศึกษาทักษะการเขียนโค้ดและการมีส่วนร่วมในกิจกรรม ระหว่างสอนด้วยชุดฝึกอบรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ได้ดังนี้

3.5.1 ความสอดคล้องระหว่างคำถามกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างคำถามกับจุดประสงค์ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (IOC) โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3-1)$$

โดย IOC หมายถึง ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนน

N หมายถึง แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.5.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ใช้หาคะแนนเชิงคุณภาพ ดังนี้

สูตรการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean หรือ $\bar{X}$) ใช้สูตรในการคำนวณ (รัตติกาล, 2560) ดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (3-2)$$

โดย $\bar{X}$ หมายถึง ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ หมายถึง ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

N หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

สูตรการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D. : Standard deviation) ใช้
สูตรในการคำนวณดังนี้

$$S.D. = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}} \quad (3-3)$$

โดย S.D. หมายถึง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X^2 หมายถึง ผลรวมยกกำลังด้วยสอง

$(\sum X)^2$ หมายถึง คะแนนรวมแล้วยกกำลังสอง

n หมายถึง จำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่ม

3.5.3 การประเมินผลการเรียนรู้ ผู้วิจัยใช้การทดสอบทางสถิติแบบนอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) โดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากลักษณะข้อมูลที่ได้ไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ จึงเหมาะสมกับการใช้สถิติดังกล่าวเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลแบบจับคู่ (paired data) โดยสามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

$$Z = \frac{W - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \quad (3-4)$$

โดย Z หมายถึง ค่าคะแนนมาตรฐาน

n หมายถึง จำนวนคู่ที่ไม่ใช่ศูนย์

W หมายถึง ค่าที่น้อยที่สุดระหว่าง T^+ และ T^-

3.5.4 การทดสอบความเชื่อมั่น (Reliability) ในการประเมินค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ ผู้วิจัยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 หรือ KR-20) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณค่าความเชื่อมั่นสำหรับแบบทดสอบที่มีคำตอบแบบถูกหรือผิดเท่านั้น โดยใช้สูตรที่อ้างอิงจากวิทยุญา (2531: 118 - 124) ดังนี้

$$r_t = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] \quad (3-5)$$

โดย r_t หมายถึง ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 p หมายถึง สัดส่วนของผู้ตอบถูก
 q หมายถึง สัดส่วนของผู้ที่ตอบผิด (ซึ่งคำนวณจาก $1-p$ - p)
 n หมายถึง จำนวนข้อของแบบทดสอบ (ควรมีอย่างน้อย 20 ข้อ)
 S_t^2 หมายถึง ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวม



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) ด้วยวิธีการแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียว วัดผลก่อน และหลังการทดลอง (One Group Pretest Posttest Design) มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้คือ 1) เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ 2) เพื่อศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ 3) เพื่อศึกษาแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จำนวน 24 คน

4.1 ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

4.1.1 ผลการสร้างชุดการเรียนรู้

4.1.2 ผลการตอบสนองของการควบคุม

4.2 ผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

4.3 ผลการประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

4.1 ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

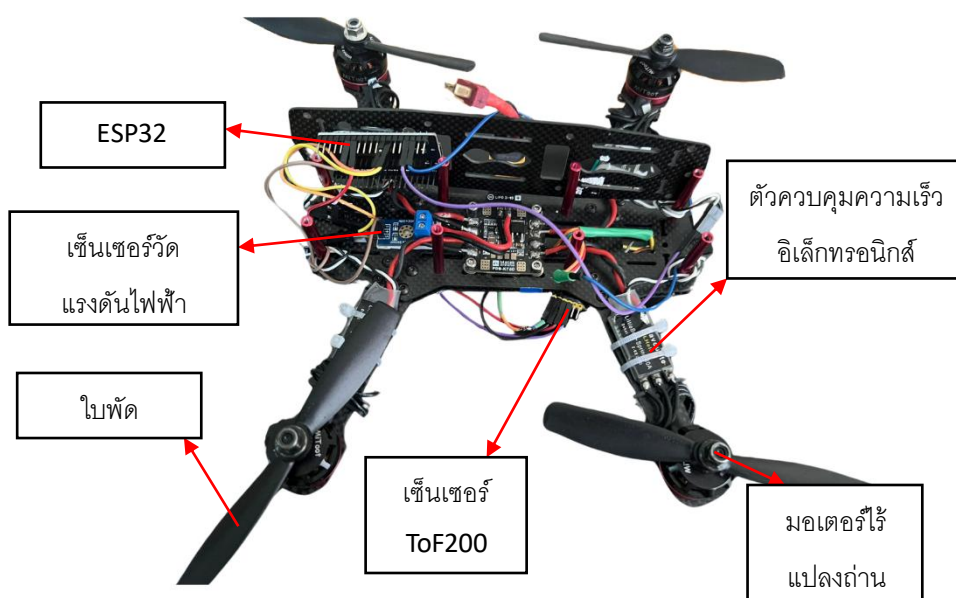
4.1.1 ผลการสร้างชุดการเรียนรู้

ผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ถูกออกแบบให้เป็นเครื่องมือช่วยในการเรียนรู้ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน โดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถศึกษาและทำความเข้าใจหลักการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับ และการทำงานของระบบควบคุมเสถียรภาพที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์

ชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นระบบจำลองการควบคุมการบินที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมที่แตกต่างกัน เช่น Neuro-Fuzzy Controller และ PID Controller



ภาพที่ 4-1 ภาพรวมของชุดการเรียนรู้



ภาพที่ 4-2 ส่วนประกอบของตัวโดรน

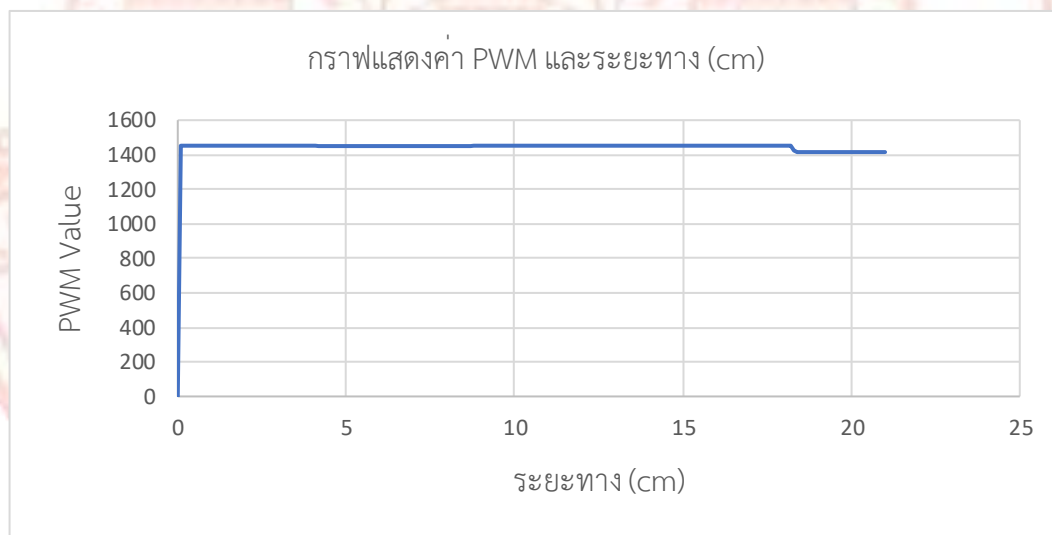
ภาพที่ 4-1 แสดงผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้ดำเนินการโดยออกแบบ ระบบควบคุมการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับ ผ่าน ESP32 ซึ่งทำหน้าที่ประมวลผลและส่งสัญญาณควบคุมมอเตอร์ให้สามารถรักษาสมดุลและระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับ นอกจากนี้ ยังมีการใช้เซ็นเซอร์วัดระยะทาง ToF200 เพื่อช่วยปรับระดับการบินให้คงที่ โดยมีรายละเอียดของชุดการเรียนรู้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ตารางคุณลักษณะของชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

รายการ	รายละเอียด
ระยะเวลาการบิน (Flight Time)	บินได้ต่อเนื่อง 8-10 นาที
ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง)	17.5 X 13 X 5 เซนติเมตร
น้ำหนักรวมของโดรน (Weight)	360 กรัม

4.1.2 ผลการตอบสนองของการควบคุม

ในด้านผลการตอบสนองของการควบคุม ทดลองโดยการรักษาระยะห่างจากพื้นให้ใกล้เคียงกับค่าที่กำหนด (Setpoint) ที่ 20 เซนติเมตร โดยมีการควบคุมด้วยค่า PWM ที่ปรับอัตโนมัติตามค่าระยะทางที่วัดได้จากเซนเซอร์ ค่าความผิดพลาดระหว่างค่าเซตพอยต์และค่าที่วัดได้ และค่าแรงดันแบตเตอรี่ของโดรนด้วยระบบ Neuro-Fuzzy พบว่า ระบบสามารถรักษาระยะทางให้อยู่ในช่วง 18.9 – 21.0 เซนติเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ ± 1 เซนติเมตร จากค่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ แสดงดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 ผลการตอบสนองของการควบคุม

จากภาพที่ 4-3 พบว่า พฤติกรรมของระบบควบคุมในช่วงเริ่มต้นการทำงาน โดรนได้ปรับเพิ่มค่า PWM อย่างรวดเร็วในระยะต้น ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการในการสร้างแรงยกเพื่อให้โดรนสามารถลอยตัวขึ้นจากพื้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อระยะทางเริ่มเข้าใกล้ค่าที่ตั้งไว้ (Setpoint) ระบบจึงมีการปรับลดค่า PWM ลงเล็กน้อย เพื่อชะลอความเร็วของการลอยตัว และควบคุมให้โดรนรักษาระดับความสูงให้อยู่ในช่วงของ Setpoint

4.2 ผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

ผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้
ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน ผู้วิจัยใช้กลุ่ม
ตัวอย่างจำนวน 24 คน เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ที่ได้เกิดจากการประเมินผลคะแนนก่อนเรียน-หลังเรียน
ของผู้เรียนด้วยข้อสอบลักษณะเป็นแบบเลือกตอบสองระดับ (Two-tier Multiple-choice
Questions) จำนวน 10 ข้อ โดยผู้สอนเป็นผู้ประเมินคะแนนผู้เรียน ผลการศึกษาความเข้าใจของ
ผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้โดยใช้ Wilcoxon Signed-Rank Test ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ผลได้ดัง
ตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน

การทดสอบ	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	Z	P
ก่อนเรียน	24	10	2.25	0.896	-4.354	.000
หลังเรียน	24	10	6.71	1.197		

จากตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีของวิลคอกซัน เพื่อเปรียบเทียบ
คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจำนวน 24 คน พบว่า คะแนนหลังเรียน (Post-test)
มีค่าสูงกว่าคะแนนก่อนเรียน (Pre-test) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า Z เท่ากับ -4.354
และ p-value เท่ากับ .000 ($p < .001$) แสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีพัฒนาการทางด้านความเข้าใจ
หลังจากเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่
ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

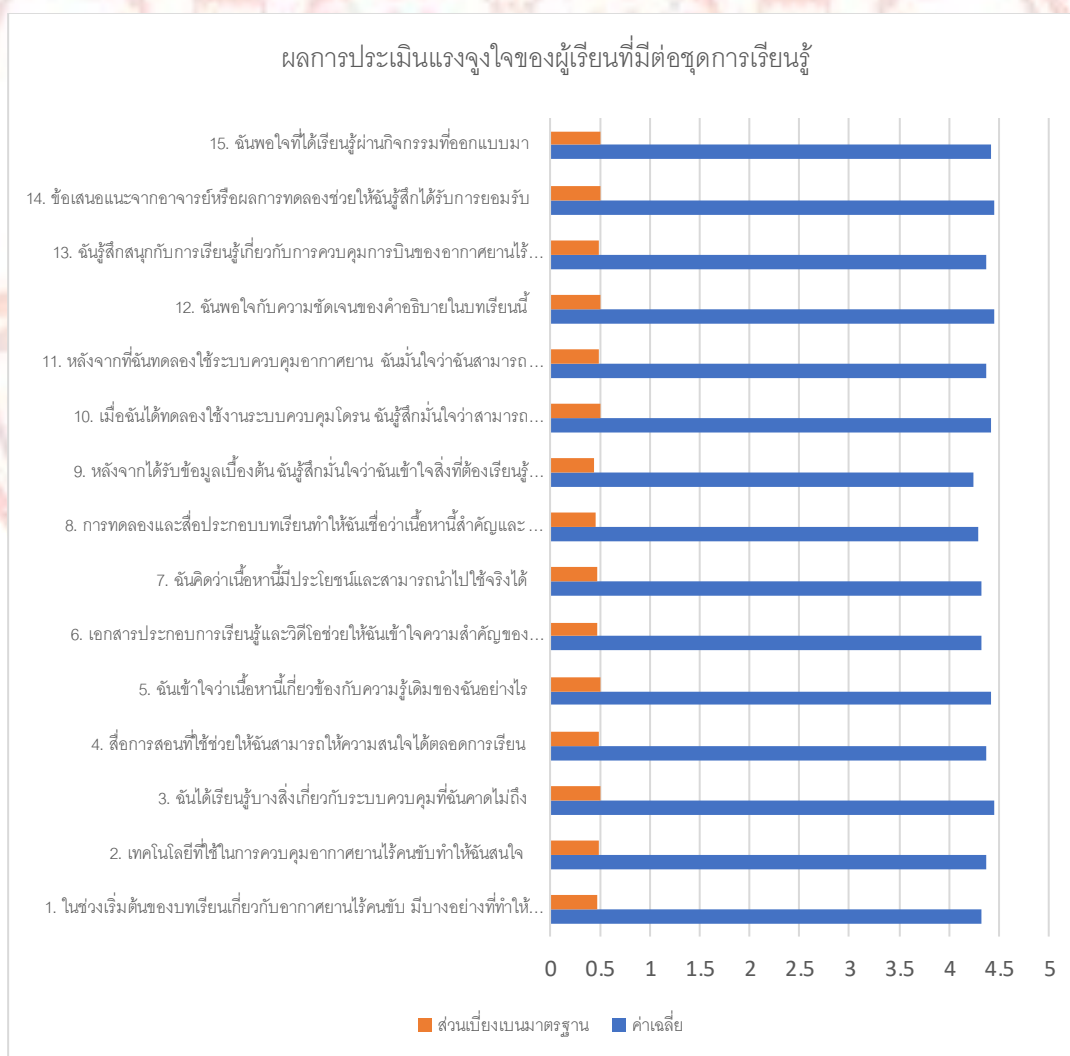
4.3 ผลประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

ผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียน ทั้งนี้รูปแบบการประเมินผู้วิจัยใช้รูปแบบการประเมิน
แรงจูงใจแบบ ARCS (Deepti Prit Kaur, 2019) โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่
Attention (ความสนใจ) Relevance (ความสัมพันธ์กับผู้เรียน) Confidence (ความเชื่อมั่นในตนเอง)
และ Satisfaction (ความพึงพอใจ) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้
อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้
ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

คำถามในการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
A (Attention) - ความสนใจ			
1. ในช่วงเริ่มต้นของบทเรียนเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ มีบางอย่างที่ทำให้ฉันสนใจ	4.33	0.48	มาก
2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมอากาศยานไร้คนขับทำให้ฉันสนใจ	4.38	0.49	มาก
3. ฉันได้เรียนรู้บางสิ่งเกี่ยวกับระบบควบคุมที่ฉันคาดไม่ถึง	4.46	0.51	มาก
4. สื่อการสอนที่ใช้ช่วยให้ฉันสามารถให้ความสนใจได้ตลอดการเรียน	4.38	0.49	มาก
รวม	4.39	0.49	มาก
R (Relevance) - ความสัมพันธ์กับผู้เรียน			
5. ฉันเข้าใจว่าเนื้อหาเกี่ยวข้องกับความรู้เดิมของฉันอย่างไร	4.42	0.50	มาก
6. เอกสารประกอบการเรียนรู้และวิดีโอช่วยให้ฉันเข้าใจความสำคัญของเนื้อหา	4.33	0.48	มาก
7. ฉันคิดว่าเนื้อหามีประโยชน์และสามารถนำไปใช้จริงได้	4.33	0.48	มาก
8. การทดลองและสื่อประกอบบทเรียนทำให้ฉันเชื่อว่าเนื้อหาสำคัญและควรค่าแก่การเรียนรู้	4.29	0.46	มาก
รวม	4.34	0.48	มาก
C (Confidence) - ความเชื่อมั่น			
9. หลังจากได้รับข้อมูลเบื้องต้น ฉันรู้สึกมั่นใจว่าฉันเข้าใจสิ่งที่ต้องเรียนรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมการบินของโดรน	4.25	0.44	มาก
10. เมื่อฉันได้ทดลองใช้งานระบบควบคุมโดรน ฉันรู้สึกมั่นใจว่าฉันสามารถเรียนรู้ได้	4.42	0.50	มาก
11. หลังจากที่ได้ทดลองใช้ระบบควบคุมอากาศยาน ฉันมั่นใจว่าฉันสามารถทำข้อสอบได้	4.38	0.49	มาก
รวม	4.35	0.48	มาก

คำถามในการประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
S (Satisfaction) - ความพึงพอใจ			
12. ฉันพอใจกับความชัดเจนของคำอธิบายในบทเรียนนี้	4.46	0.51	มาก
13. ฉันรู้สึกสนุกกับการเรียนรู้เกี่ยวกับการควบคุมการบินของอากาศยานไร้คนขับ	4.38	0.49	มาก
14. ข้อเสนอแนะจากอาจารย์หรือผลการทดลองช่วยให้ฉันรู้สึกได้รับการยอมรับ	4.46	0.51	มาก
15. ฉันพอใจที่ได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่ออกแบบมา	4.42	0.50	มาก
รวม	4.43	0.49	มาก



ภาพที่ 4-4 ผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้

จากตารางที่ 4-3 จากผลการประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนโดยใช้โมเดล ARCS ตามตารางพบว่าผู้เรียนมีแรงจูงใจในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของแต่ละองค์ประกอบอยู่ในช่วง 4.34 – 4.43 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เรียนได้ในระดับมาก ในส่วนของ Attention (ความสนใจ) ได้ค่าเฉลี่ยรวม 4.39 S.D. = 0.49 ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนให้ความสนใจกับเนื้อหาการเรียนรู้เกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ ด้าน Relevance (ความสัมพันธ์กับผู้เรียน) ได้ค่าเฉลี่ยรวม 4.34 S.D. = 0.48 ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้เดิมและเห็นว่ามีค่าสำคัญใน ด้าน Confidence (ความเชื่อมั่นในตนเอง) มีค่าเฉลี่ยรวม 4.35 S.D. = 0.48 ซึ่งแสดงว่าการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เรียน สุดท้าย Satisfaction (ความพึงพอใจ) ได้ค่าเฉลี่ยรวมสูงสุดที่ 4.43 S.D. = 0.49 ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน เป็นการวิจัยแบบแผนการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Design) ด้วยวิธีการแบบแผนการทดลองกลุ่มเดียว วัดผลก่อน และหลังการทดลอง (One Group Pretest Posttest Design) มีวัตถุประสงค์ของ การวิจัยในครั้งนี้คือ 1) เพื่อพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ 2) เพื่อศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ 3) เพื่อศึกษาแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ใช้กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท จำนวน 24 คน คัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง มีข้อสรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน สรุปการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

จากผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับที่พัฒนาขึ้นสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยชุดการเรียนรู้ดังกล่าวถูกออกแบบให้สามารถสาธิตกระบวนการควบคุมการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับผ่านบอร์ด ESP32 พร้อมระบบประมวลผลแบบ Neuro-Fuzzy และ PID เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมที่แตกต่างกันได้ โดยตัวโดรนสามารถรักษาระดับความสูงให้ใกล้เคียงค่าที่ตั้งไว้ (Setpoint) ได้อย่างเสถียร และมีความคลาดเคลื่อนเพียง ± 1 เซนติเมตร

5.1.2 สรุปผลการศึกษาความเข้าใจของผู้เรียนหลังจากใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

จากผลการศึกษาพบว่า ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ระบบควบคุมด้วยปัญญาประดิษฐ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากที่ได้เรียนรู้ผ่านชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น โดยผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียน 24 คน ด้วยข้อสอบลักษณะเป็นแบบเลือกตอบสองระดับ (Two-tier Multiple-choice Questions) จำนวน

10 ข้อ แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นจาก 2.25 เป็น 6.71 และผลการวิเคราะห์ด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Ranks Test พบว่า $Z = -4.354$ และ $p\text{-value} = .000$ ($p < .001$) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความเข้าใจของผู้เรียนดีขึ้นอย่างชัดเจนหลังจากได้รับการเรียนรู้ผ่านชุดการเรียนรู้ดังกล่าว

5.1.3 สรุปผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

ผลประเมินการแรงจูงใจของผู้เรียน ทั้งนี้รูปแบบการประเมินผู้วิจัยใช้รูปแบบการประเมินแรงจูงใจแบบ ARCS (Deepti Prit Kaur, 2019) โดยแบ่งออกเป็น 4 องค์ประกอบหลัก ได้แก่ Attention (ความสนใจ) Relevance (ความสัมพันธ์กับผู้เรียน) Confidence (ความเชื่อมั่นในตนเอง) และ Satisfaction (ความพึงพอใจ) ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญหาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ โดยได้มีการแสดงผลของค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามรายการ พบว่าผู้เรียนมีแรงจูงใจในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมของแต่ละองค์ประกอบอยู่ในช่วง 4.34 – 4.43 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้สามารถกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เรียนได้ดี ในส่วนของ Attention (ความสนใจ) ได้ค่าเฉลี่ยรวม 4.39 (S.D. = 0.49) ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนให้ความสนใจกับเนื้อหาการเรียนรู้เกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ โดยเฉพาะคำถามเกี่ยวกับ "การเรียนรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมที่คาดไม่ถึง" ได้รับคะแนนสูงสุดที่ 4.46 แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้มีองค์ประกอบที่ดึงดูดความสนใจของผู้เรียน องค์ประกอบ Relevance (ความสัมพันธ์กับผู้เรียน) ได้ค่าเฉลี่ยรวม 4.34 (S.D. = 0.48) ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหา กับความรู้เดิมและเห็นว่ามีค่าสำคัญ โดยคำถามที่เกี่ยวกับ "ความเข้าใจว่าหัวข้อนี้เกี่ยวข้องกับความรู้เดิมของตนเอง" ได้รับคะแนนสูงสุดที่ 4.42 ในด้าน Confidence (ความเชื่อมั่นในตนเอง) มีค่าเฉลี่ยรวม 4.35 (S.D. = 0.48) โดยคำถามที่ได้รับคะแนนสูงสุด 4.42 คือ "เมื่อฉันได้ทดลองใช้งานระบบควบคุมโดรน ฉันรู้สึกมั่นใจว่าสามารถเรียนรู้ได้" ซึ่งแสดงว่าการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองช่วยเพิ่มความมั่นใจให้กับผู้เรียน สุดท้าย Satisfaction (ความพึงพอใจ) ได้ค่าเฉลี่ยรวมสูงสุดที่ 4.43 (S.D. = 0.49) ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้โดยคำถามเกี่ยวกับ "ฉันพอใจกับความชัดเจนของคำอธิบายในบทเรียนนี้" และ "ข้อเสนอแนะจากอาจารย์ช่วยให้ฉันรู้สึกได้รับการยอมรับ" ได้คะแนนสูงสุด 4.46

โดยสรุป ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่าแผนการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถกระตุ้นแรงจูงใจของผู้เรียนในทุกองค์ประกอบของโมเดล ARCS ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในด้าน ความพึงพอใจและความสนใจ อย่างไรก็ตาม อาจพิจารณาปรับปรุงเพิ่มเติมเพื่อส่งเสริม ความมั่นใจของผู้เรียนให้มากขึ้น ผ่านการฝึกปฏิบัติและการให้คำแนะนำเฉพาะบุคคล

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการควบคุมการบินขึ้น-ลงผ่านระบบ ESP32 และเซ็นเซอร์วัดระยะ ToF200 โดยผลการวิจัยในด้าน การพัฒนาชุดการเรียนรู้ พบว่า ชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้จัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการออกแบบระบบควบคุมการบินขึ้น-ลงผ่านบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ร่วมกับเซ็นเซอร์วัดระยะ ToF200 และระบบควบคุมเสถียรภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์ (Neuro-Fuzzy Controller) ซึ่งช่วยให้โดรนสามารถลอยตัวและรักษาระดับความสูงใกล้เคียงค่าที่ตั้งไว้ได้อย่างแม่นยำ (± 1 ซม.) นอกจากนี้ ยังเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบควบคุมต่าง ๆ เช่น PID Controller และ Neuro-Fuzzy ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในงานอุตสาหกรรมยุคใหม่ นอกจากนี้ การวิเคราะห์ผลด้วยสถิติ Wilcoxon Signed Rank Test พบว่าผู้เรียนมีความเข้าใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลการทดสอบก่อนและหลังเรียนด้วยแบบสอบถามแบบเลือกตอบสองระดับ (Two-Tier Questions) แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงขึ้นจาก 2.25 เป็น 6.71 และผลวิเคราะห์ด้วย Wilcoxon Signed Ranks Test ได้ค่า $Z = -4.354$ และ $p\text{-value} = .000$ ($p < .001$) ในส่วนของแรงจูงใจในการเรียนรู้ พบว่า ผู้เรียนมีระดับแรงจูงใจสูงในทุกองค์ประกอบของโมเดล ARCS โดยองค์ประกอบที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ Satisfaction (ความพึงพอใจ) มีค่าเฉลี่ย 4.43 S.D. = 0.49 ซึ่งสะท้อนว่าผู้เรียนรู้สึกพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนรู้ที่ออกแบบมา องค์ประกอบ Attention (ความสนใจ) และ Confidence (ความเชื่อมั่น) ได้ค่าเฉลี่ย 4.39 และ 4.35 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการออกแบบกิจกรรมที่มีการทดลองจริงช่วยเพิ่มความสนใจและความมั่นใจในการเรียนรู้ ส่วน Relevance (ความสัมพันธ์กับผู้เรียน) ได้ค่าเฉลี่ย 4.34 ซึ่งแสดงว่าผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับความรู้เดิมได้ดี ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่าการเรียนรู้ที่ออกแบบมาให้มีลักษณะใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงช่วยเพิ่มแรงจูงใจและการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่า ชุดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการควบคุมอากาศยานไร้คนขับได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ อย่างไรก็ตาม ยังมีประเด็นที่สามารถพัฒนาเพิ่มเติม เช่น การเพิ่มกิจกรรมที่ช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับการปรับแต่งพารามิเตอร์ของระบบควบคุมเพื่อให้ผู้เรียนสามารถปรับปรุงการทำงานของอากาศยานไร้คนขับได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.3 ข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการวิจัย

5.3.1 ข้อเสนอแนะ

5.3.1.1 ควรเพิ่มเนื้อหาเกี่ยวกับ การควบคุมการเคลื่อนที่ในหลายมิติ เช่น การเคลื่อนที่แนวราบ (XY-Axis) การหมุนรอบตัวเอง (Yaw Rotation) และการเคลื่อนที่ในแนวทแยง เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการควบคุมอากาศยานไร้คนขับอย่างครบถ้วนมากขึ้น

5.3.1.2 ควรเพิ่มแบบฝึกหัดที่ให้ผู้เรียนได้ทดลองปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบควบคุมในสถานการณ์ที่หลากหลาย เช่น การรักษาระดับความสูงในสภาพแวดล้อมที่มีลมแรง หรือการลงจอดในพื้นที่จำกัด

5.3.1.3 ควรออกแบบระบบที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถ ทดสอบและปรับแต่งระบบควบคุมได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การใช้ซอฟต์แวร์จำลองร่วมกับฮาร์ดแวร์จริง เพื่อให้สามารถฝึกฝนการควบคุมอากาศยานไร้คนขับได้โดยไม่จำกัดเฉพาะการทดลองภาคสนาม

5.3.1.4 ควรเน้นกระบวนการการเรียนรู้เชิงปฏิบัติ อาจเสริมสร้างประสบการณ์การเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

5.3.1.5 ควรพัฒนา ภารกิจจำลอง ที่ให้ผู้เรียนออกแบบเส้นทางบินและปรับแต่งระบบควบคุมเพื่อให้เหมาะสมกับเป้าหมายที่กำหนด

5.3.1.6 หากต้องการลดความคลาดเคลื่อนของการบิน อาจทำได้โดยการเพิ่มฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของระบบ

5.3.2 ข้อจำกัด

5.3.2.1 งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการควบคุม การบินขึ้น-ลงในแนวตั้ง (Z-Axis) เท่านั้น โดยไม่ได้ศึกษาการควบคุมในแนวราบหรือการเคลื่อนที่แบบซับซ้อน ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนยังไม่สามารถเข้าใจระบบควบคุมอากาศยานไร้คนขับได้อย่างครบถ้วน

5.3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ESP32 และเซ็นเซอร์วัดระยะ (ToF200) มีข้อจำกัดด้านความแม่นยำเมื่อใช้ในสภาพแวดล้อมที่มีแสงหรือสัญญาณรบกวนสูง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ทิตินา แคมมณี. (2550). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักมาตรฐานการอาชีวศึกษาและวิชาชีพ. (2562). หลักเกณฑ์และแนวปฏิบัติการจัดการอาชีวศึกษา
ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพและระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี.

NovelBiz. (2022). Neural network: Introduction and applications. NovelBiz.

<https://www.novelbiz.co.th/neural-network/>

ใจอ่อน, ข., & บางโท, ข. (2565). การใช้แนวทางการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อส่งเสริม
ความสามารถในการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาครูสำหรับศตวรรษที่ 21.
วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 24(1), 99-109.

ไพศาล สุวรรณน้อย. (2558). การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning: PBL).
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บัญชา ธรรมบุตร, คชา ประณีตพลกรัง, พระมหาอรรณพษ์ อตถญาโณ และบัญชา เกียรติจรุงพันธ์.
(2562). การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning)
ในวิชาคุณธรรมจริยธรรมสำหรับครู. วารสารครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.

ปรียากร สุภาพ. (2558). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหา
เป็นฐาน เรื่อง กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารการศึกษา,
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

ฉัตรทราวดี บุญถนอม. (n.d.). การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน Problem-based Learning.
มหาวิทยาลัยสวนดุสิต Suan Dusit University. <https://nakhonnayok.dusit.ac.th/wp-content/uploads/2024/09/บทความ.pdf>

Microtronic Lifestyle. (2017). 10 ข้อที่ควรรู้เกี่ยวกับแบตเตอรี่ Li-Po. Microtronic Lifestyle.
สืบค้นเมื่อ February 27, 2025, from <https://microtroniclifestyle.blogspot.com/2017/04/10-lipo.html>

ทินกร เขียวรี. (2561). การควบคุมความสูงระดับเพดานบินโดยใช้ตัวควบคุมแบบปรับตัวเองได้
ร่วมกับตัวสังเกตการณ์สำหรับเครื่องบิน 4 ใบพัดขนาดเล็ก. วารสารวิชาการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ, 6(2), 148-156.



ภาษาอังกฤษ

- Joshi, A., Desai, P., Tewari, P. (2020). Learning Analytics framework for measuring students' performance and teachers' involvement through problem based learning in engineering education. *Procedia Computer Science*, 172, pp. 954–959.
- Syahrizal, S., Yasmi, F., Mary, T. (2024). AI-Enhanced Teaching Materials for Education: A Shift Towards Digitalization. *International Journal of Religion*, 5(1), pp. 203–217.
- Chookaew, S., Rajjaidee, P., Khanthinthara, W., Howimanporn, S., Sootkaneung, W. (2022). Learning Factory: A Proposed Framework for Engineering Learning Ecology by Automated Manufacturing System Kits. 30th International Conference on Computers in Education Conference, ICCE 2022 - Proceedings, 2, pp. 352–357.
- Veyna, U., Garcia-Nieto, S., Simarro, R., Salcedo, J.V. (2022). Quadcopters testing platform for educational environments. *Sensors*, 21(12), 4134.
- Peksa, J., Mamchur, D. (2024). A Review on the State of the Art in Copter Drones and Flight Control Systems. *Sensors*, 24(11), 3349.
- Al-Haddad, L.A., Jaber, A.A., Giernacki, W., Tawafik, M.A., Humaidi, A.J. (2024). Quadcopter Unmanned Aerial Vehicle Structural Design Using an Integrated Approach of Topology Optimization and Additive Manufacturing. *Designs*, 8(3), 58.
- Tangtrongpairas, O., Howimanporn, S., Pratumswan, P., Seemuang, Y., Chookaew, S. (2022). Implementation of Smart Manufacturing System Learning Kit: Study of Engineering Teachers' Performance and Engagement. 30th International Conference on Computers in Education Conference, ICCE 2022 - Proceedings, 2, pp. 358–365

Berman, E.T., Hamidah, I., Mulyanti, B., Setiawan, A. (2021). Low cost and portable laboratory kit for teaching and learning of air conditioning process in vocational education. *Journal of Technical Education and Training*, 13(3), pp. 133–145.

Yusof, N., Pauzi, W.N.A.W.M., Norzaman, N.Z.A., ...Mohamad, S.A., Ito, T. (2024). Development of an Educational Kit Using CAD Software for Simple Machine Learning. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 44(2), pp. 11–24.

Niewint-Gori, J. (2023). A snapshot of the evolving landscape of artificial intelligence in education. *CEUR Workshop Proceedings*, 3486, pp. 455–460.

Kaur, D.P., Mantri, A., Horan, B. (2020). Enhancing Student Motivation with use of Augmented Reality for Interactive Learning in Engineering Education. *Procedia Computer Science*, 172, pp. 881–885.

Niklas Lang. (n.d.). Fuzzy logic - Explanation & examples. Database Camp.

Form <https://databasecamp.de/en/data/fuzzy-logic-en>

T-Drones. (2024). Brushless motor: Understanding its function in drone propulsion. T-Drones. Retrieved February 27, 2025, from <https://www.t-drones.com/blog/brushless-motor.html>

ElectronicWings. (n.d.). Introduction to ESP32. ElectronicWings. Retrieved February 27, 2025, from <https://www.electronicwings.com/esp32/introduction-to-esp32>

Prabu Kumar. (2023). What is a time-of-flight sensor? What are the key components of a time-of-flight camera? e-con Systems. Retrieved February 27, 2025, from <https://www.e-consystems.com/blog/camera/technology/what-is-a-time-of-flight-sensor-what-are-the-key-components-of-a-time-of-flight-camera/>

MathWorks. (n.d.). What is MATLAB? MathWorks. Retrieved February 27, 2025, from <https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>

MathWorks. (n.d.). Neuro-Fuzzy Designer app. MathWorks. Retrieved February 27, 2025, from <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/neurofuzzydesigner-app.html>



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านเนื้อหา
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรมเรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
- แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านความรู้ (ก่อนเรียนและหลังเรียน)
- แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินผลด้านเนื้อหา

ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

1. นายธนุศักดิ์ อรุณไพร

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
 สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

2. นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
 สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

3. นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการพิเศษ (คศ.3)
 สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

4. นายกิตติชัย แซ่ตั้ง

ตำแหน่ง : ครูชำนาญการ (คศ.2)
 สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

5. นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์

ตำแหน่ง : ครูระดับปฏิบัติการ (คศ.1)
 สังกัด : สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
 สถานที่ทำงาน : วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

หนังสือขอเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา



ที่ อว 7104.1/74

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

ด้วยนายคมกริช กาญจนสมบัติ รหัสประจำตัว 66-020178-5808-4 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวิชานาโย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายอนุศักดิ์ อรุณไพโร ดำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 094-446-2447 (นายคมกริช กาญจนสมบัติ)

ภาพที่ ก-1 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายอนุศักดิ์ อรุณไพโร เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/75

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

ด้วยนายคมกริช กาญจนสมบัติ รหัสประจำตัว 66-020178-5808-4 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวิชฌาณิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 094-446-2447 (นายคมกริช กาญจนสมบัติ)

ภาพที่ ก-2 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายประเสริฐศักดิ์ ศิริภาพ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/78

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ด้วยนายคมกริช กาญจนสมบัติ รหัสประจำตัว 66-020178-5808-4 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวิชานาโย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207

ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 094-446-2447 (นายคมกริช กาญจนสมบัติ)

ภาพที่ ก-3 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายเกรียงศักดิ์ เทียมทิพาบุญกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/76

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

ด้วยนายคมกริช กาญจนสมบัติ รหัสประจำตัว 66-020178-5808-4 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวัณานาย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง ตำแหน่งครูชำนาญการ แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ และเมคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ สุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 094-446-2447 (นายคมกริช กาญจนสมบัติ)

ภาพที่ ก-4 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายกิตติชัย แซ่ตั้ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.1/77

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชากรราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

10 มกราคม 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

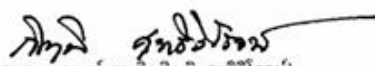
ด้วยนายคมกริช กาญจนสมบัติ รหัสประจำตัว 66-020178-5808-4 เป็นนักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ได้ทำสารนิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ศิลาวิชานาโย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ ตำแหน่งครู แผนกเมคคาทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง เป็นผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รวมถึงประเมินผลด้านเนื้อหา และด้านสื่อการเรียนการสอนของสารนิพนธ์ดังกล่าว เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ให้ความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ


(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติคุณ คุตธีโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทรศัพท์ 02-555-2000 ต่อ 3207
ผู้จัดทำสารนิพนธ์ 094-446-2447 (นายคมกริช กาญจนสมบัติ)

ภาพที่ ก-5 หนังสือขอความอนุเคราะห์ นายสิโรตม์ ประพันธ์พจน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญ



แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรม
เรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการ
เคลื่อนที่ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

คำชี้แจง แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

- ด้านที่ 1 การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์
 ด้านที่ 2 การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน
 ด้านที่ 3 ด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมประกอบ
 แผนการจัดการเรียนรู้
 ด้านที่ 4 การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม

ตอนที่ 2

ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อความเหมาะสมเกี่ยวกับรายการประเมินว่ามี
 ความเหมาะสมเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ตารางตามค่าระดับความเห็นดังนี้

- | | | |
|---|---------|---------------------------|
| 5 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับมากที่สุด |
| 4 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับมาก |
| 3 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับปานกลาง |
| 2 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับน้อย |
| 1 | หมายถึง | เห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด |

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ



แบบประเมินความเหมาะสมของรูปแบบการจัดกิจกรรม
เรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่
ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

.....
ตอนที่ 1 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านที่ 1 ด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์					
1. ความสอดคล้องของชุดฝึกอบรมกับวัตถุประสงค์					
2. การจัดลำดับความสำคัญของชุดฝึกอบรม					
3. ชุดฝึกอบรมมีลักษณะที่เข้าใจง่าย ก่อให้เกิดแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
4. ความสะดวกในการใช้ชุดฝึกอบรม					
5. ความน่าสนใจของชุดฝึกอบรม					
6. ความปลอดภัยในขณะที่ทำการฝึกอบรม					
7. ความสะดวกในการบำรุงรักษา					
8. ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์					
9. ความชัดเจนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเห็น					
10. ชุดฝึกอบรมมีความปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติงาน					
11. ความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับระดับของผู้เรียน					
12. ชุดฝึกอบรมมีความคงทนแข็งแรง ทนทาน และปลอดภัย					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านที่ 2 ด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน					
ด้านเนื้อหา					
1. ความสมบูรณ์ของเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน					
2. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
3. ความถูกต้องของเนื้อหา					
4. ความเหมาะสมของลำดับขั้นตอนในการนำเสนอเนื้อหา					
5. ปริมาณของเนื้อหา					
ด้านรูปภาพ ตัวอักษร สี และภาษา					
6. ความเหมาะสมของภาพในเอกสารประกอบการสอน					
7. ขนาดของภาพในเอกสารประกอบการสอน					
8. ความน่าสนใจของภาพเอกสารประกอบการสอน					
9. ความถูกต้องและความชัดเจนของภาษาที่ใช้					
10. ความเหมาะสมของรูปแบบเอกสารประกอบการสอน					
ด้านที่ 3 ด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมประกอบแผนการจัดการเรียนรู้					
1. การแนะนำระบบควบคุมการบิน สื่อที่ใช้ : ESP32 มอเตอร์ ใบพัด ESC เซ็นเซอร์วัดระยะ (ToF200) PID Controller Neuro-Fuzzy เรื่อง : ผู้เรียนทำความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับ ESP32 มอเตอร์ ใบพัด ESC และเซ็นเซอร์วัดระยะ (ToF200) พร้อมคำอธิบายหลักการทำงานของระบบควบคุมการบิน ขึ้น-ลง					
2. การทดลองควบคุมการบินขึ้น-ลง สื่อที่ใช้ : นำเสนอโดยใช้พาวเวอร์พอยต์ ชุดควบคุมโดรน เรื่อง : ทดลองบินขึ้นและลง การติดตั้งใบพัด วิเคราะห์ผลการควบคุมของโดรนเมื่อใช้วิธีการควบคุมที่แตกต่างกัน					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
3. การปรับปรุงระบบควบคุม สื่อที่ใช้ : นำเสนอโดยใช้พาวเวอร์พอยต์ ชุดควบคุมโครน เรื่อง การปรับพารามิเตอร์ของระบบ PID และ Neuro-Fuzzy และสังเกตความเสถียรของโครนขณะบินขึ้นและลง					
4. การประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุม สื่อที่ใช้ : ชุดควบคุมโครน เรื่อง : วิเคราะห์ ข้อดี-ข้อเสีย ของระบบควบคุมแต่ละแบบ และเสนอแนวทางในการปรับปรุง					
ด้านที่ 4 ด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม					
ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสมกับเนื้อหา					
ความเหมาะสมของกระบวนการดำเนินการ					
รูปแบบการอบรมมีความทันสมัยเหมาะกับสภาพปัจจุบัน					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

ลงชื่อ.....

()

ผู้เชี่ยวชาญ



แบบประเมินความตรง (IOC) ของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนรู้

(ก่อนเรียนและหลังเรียน)

เรื่อง การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่ ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน

คำชี้แจง : แบบประเมินความตรง (IOC) ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางด้านการเรียนรู้ เรื่อง การควบคุมการบินขึ้นและลงของอากาศยานไร้คนขับ โดยผู้เชี่ยวชาญ จัดทำเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยขอความ

กรุณาท่านผู้เชี่ยวชาญได้แสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแบบวัด ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อความไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่มีระดับความเห็นของท่านว่าข้อความมีความสอดคล้องหรือถูกต้องเพียงใด

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัด	ข้อความคำถาม	เฉลี่ย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
คำชี้แจง : จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว							
เข้าใจหลักการ ทำงานของอากาศยานไร้คนขับ	เข้าใจ	1.1 องค์ประกอบหลักที่ใช้ในการควบคุมอากาศยานไร้คนขับ (UAV) คือข้อใด ก. ตัวถัง ใบพัด แบตเตอรี่ ข. ตัวควบคุมการบิน ESC มอเตอร์ เซ็นเซอร์ ค. สายไฟ รีโมท สวิตช์	ข.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ง. กล้อง จอภาพ ซอฟต์แวร์ 1.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ช่วยเพิ่มระยะการบินของโดรน ข. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ช่วยลดการใช้พลังงานของโดรน ค. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้เป็นส่วนที่ใช้สร้างแรงขับและควบคุมทิศทางการบิน ง. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ช่วยให้โดรนบินได้เร็วขึ้น	ค.				
เข้าใจ หลักการ ทำงานของ อากาศยานไร้ คนขับ	เข้าใจ	2.1 ใบพัดของโดรนมีบทบาทสำคัญอย่างไรในการสร้างแรงขับ ก. สร้างแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ข. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแรงยกเพื่อให้โดรนลอยขึ้น ค. ทำหน้าที่ลดแรงต้านของอากาศในขณะบิน ง. ใช้ควบคุมการสื่อสารระหว่างโดรนกับรีโมท	ข.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		2.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะใบพัดทำให้โดรนหมุนรอบตัวเองแทนที่จะบินขึ้น ข. เพราะใบพัดทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์ช่วยควบคุมทิศทาง ค. เพราะใบพัดช่วยให้โดรนรักษาสมดุลได้ดีขึ้น ง. เพราะใบพัดช่วยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานจลน์ผ่านแรงขับ	ง.				
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับ	เข้าใจ	3.1 ปัจจัยของใบพัดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบินของอากาศยานไร้คนขับคืออะไร ก. จำนวนใบพัดที่ติดตั้งในมอเตอร์ ข. ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านตัวโดรน ค. ขนาดและความยาวของใบพัด ง. สีของใบพัด	ค.				
		3.2 เหตุผลที่เลือกตอบตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะใบพัดขนาดใหญ่สร้างแรงยกได้มากขึ้น	ก.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ข. เพราะใบพัดขนาดเล็กทำให้โดรนบินได้เร็วขึ้นเสมอ ค. เพราะใบพัดที่ยาวกว่ามีแรงขับมากกว่าทุกกรณี ง. เพราะขนาดใบพัดไม่มีผลต่อแรงยกของโดรน					
เข้าใจ หลักการ ทำงานของ อากาศยานไร้ คนขับ	เข้าใจ	4.1 ทำไมต้องใช้ Electronic Speed Controller (ESC) ในการควบคุมมอเตอร์ของโดรน ก. ESC ทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับแบตเตอรี่ ข. ESC เป็นตัวรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรล ค. ESC ใช้ปรับความเร็วของมอเตอร์เพื่อควบคุมการบิน ง. ESC ทำให้มอเตอร์ทำงานได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า	ค.				
		4.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะ ESC ใช้ปรับความเร็วของใบพัดให้ทำงานสอดคล้องกัน ข. เพราะ ESC ช่วยให้โดรนสามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีขึ้น	ก.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ค. เพราะ ESC ช่วยให้ แบตเตอรี่จ่ายพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ง. เพราะ ESC ทำหน้าที่แทน เซ็นเซอร์วัดระยะ					
สามารถ วิเคราะห์ ปัจจัยที่มีผล ต่อการบิน ขึ้น-ลงของ อากาศยานไว้ คนขับ	เข้าใจ	5.1 การเลือกใช้ใบพัด CW (Clockwise) และ CCW (Counter-Clockwise) ควรคำนึงถึงอะไร ก. การทำให้โดรนบินได้เร็วขึ้นเท่านั้น ข. การลดการใช้พลังงานของแบตเตอรี่ ค. การเพิ่มแรงขับให้โดรนบินสูงขึ้น ง. การทำให้แรงยกสมดุลและป้องกันการหมุนของตัวโดรน	ง.				
		5.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะใบพัดทุกตัวควรหมุนไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้เกิดแรงยกมากที่สุด ข. เพราะต้องมีการใช้ใบพัดที่หมุนสวนทางกันเพื่อลดแรงบิดและรักษาสมดุล ค. เพราะใบพัด CW และ CCW มีอัตราการใช้พลังงานต่างกัน	ค.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ง. เพราะใบพัด CW และ CCW ใช้เพื่อปรับแรงขับของโดรน	ข.				
อธิบายและให้เหตุผลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุม การบินขึ้น-ลง ของอากาศยานไร้คนขับ ได้อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	6.1 ถ้ามอเตอร์ของโดรนทำงานไม่เท่ากันทุกตัว จะส่งผลอย่างไร ก. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของโดรน ข. โดรนจะบินได้เร็วขึ้นกว่าปกติ ค. โดรนอาจจะหมุนหรือเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งโดยไม่ได้ตั้งใจ ง. โดรนจะลอยนิ่งในอากาศได้ดีกว่าเดิม	ค.				
		6.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะแรงขับของมอเตอร์แต่ละตัวไม่สมดุล ทำให้เกิดแรงบิดที่ไม่เท่ากัน ข. เพราะมอเตอร์ต้องหมุนเร็วขึ้นเพื่อชดเชยแรงขับที่ไม่สมดุล	ก.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
		ค. เพราะใบพัดของโตรนมี ขนาดใหญ่เกินไป ง. เพราะเซ็นเซอร์วัดระยะ ทำงานผิดพลาด					
อภิปรายและ ให้เหตุผล เกี่ยวกับแนว ทางการ ควบคุม การ บินขึ้น-ลง ของอากาศ ยานไร้คนขับ ได้อย่าง ถูกต้อง	เข้าใจ	7.1 ปัจจัยใดส่งผลต่อความเร็ว รอบของมอเตอร์ในอากาศ ยานไร้คนขับ ก. ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ ข. ค่า PWM ที่กำหนดในการ ควบคุมมอเตอร์ ค. วัสดุของตัวมอเตอร์ ง. สีของใบพัด	ข.				
		7.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อ ดังกล่าว ก. เพราะค่า PWM ทำหน้าที่ ควบคุมความเร็วรอบให้กับ มอเตอร์ ข. เพราะแบตเตอรี่เป็น ตัวกำหนดรอบมอเตอร์ โดยตรง ค. เพราะวัสดุของมอเตอร์มี ผลต่อความเร็วในการหมุน ง. เพราะใบพัดเป็นตัวกำหนด ความเร็วของมอเตอร์	ก.				

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับ	เข้าใจ	8.1 การใช้ใบพัดขนาดใหญ่เกินไปกับโดรนที่มีมอเตอร์กำลังต่ำจะส่งผลอย่างไร ก. มอเตอร์อาจร้อนเกินไปและทำงานหนัก ข. ทำให้โดรนบินได้เร็วขึ้น ค. ไม่มีผลใด ๆ ต่อการทำงานของโดรน ง. ลดการใช้พลังงานของแบตเตอรี่	ก.				
		8.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะใบพัดที่ใหญ่กว่าจะทำให้โดรนบินได้สูงขึ้นเสมอ ข. เพราะใบพัดที่ใหญ่ขึ้นต้องใช้แรงขับที่มากขึ้นจากมอเตอร์ ค. เพราะขนาดของใบพัดไม่มีผลต่อการทำงานของมอเตอร์ ง. เพราะใบพัดที่ใหญ่จะช่วยให้อายุการใช้งานได้นานขึ้น	ข.				
อภิปรายและให้เหตุผลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุม	เข้าใจ	9.1 ข้อใดเป็นข้อดีของการใช้ Neuro-Fuzzy Controller ในการควบคุมโดรน ก. ไม่ต้องใช้เซ็นเซอร์ใด ๆ เพิ่มเติม	ง.	+1	0	-1	

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
การบินขึ้น-ลง ของอากาศยาน ไว้คนขับ ได้อย่าง ถูกต้อง		ข. ทำให้โดรนบินเร็วขึ้นกว่า PID Controller ค. ลดพลังงานที่ใช้ของ มอเตอร์ลงได้มาก ง. สามารถปรับพฤติกรรมของ ระบบตามสถานการณ์โดย อัตโนมัติ					
		9.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือก ดังกล่าว ก. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller ใช้หลักการของ AI และระบบฟัซซี่ลอจิกใน การปรับค่าควบคุมโดย อัตโนมัติ ข. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller สามารถตัดสินใจ ได้เองโดยไม่ต้องใช้ข้อมูลจาก เซ็นเซอร์ ค. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller ลดภาระของ มอเตอร์ทำให้ใช้พลังงานได้ น้อยลง ง. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller สามารถเพิ่ม ประสิทธิภาพของ ESC ได้ โดยตรง	ก.				

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม	เฉลย	ความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
				+1	0	-1	
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับ	เข้าใจ	10.1 ถ้ามอเตอร์ของโดรนทำงานไม่เท่ากันทุกตัว จะส่งผลอย่างไร ก. โดรนจะบินได้เร็วขึ้นกว่าปกติ ข. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของโดรน ค. โดรนอาจจะหมุนหรือเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งโดยไม่ได้ตั้งใจ ง. โดรนจะลอยนิ่งในอากาศได้ดีกว่าเดิม	ค.				
		10.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะมอเตอร์ที่หมุนช้ากว่าจะพยายามเร่งรอบให้เท่ากับมอเตอร์ที่เหลือ ข. เพราะใบพัดของโดรนมีขนาดใหญ่เกินไป ค. เพราะเซ็นเซอร์วัดระยะทำงานผิดพลาด ง. เพราะแรงขับของมอเตอร์แต่ละตัวไม่สมดุล ทำให้เกิดแรงบิดที่ไม่เท่ากัน	ง.				

ลงชื่อ.....

()

ผู้เชี่ยวชาญ



แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้
ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่

คำชี้แจง แบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1

ด้านที่ 1 A (Attention) – ความสนใจ

ด้านที่ 2 R (Relevance) - ความสัมพันธ์กับผู้เรียน

ด้านที่ 3 C (Confidence) - ความเชื่อมั่น

ด้านที่ 4 S (Satisfaction) - ความพึงพอใจ

ตอนที่ 2

ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

การประเมิน

ตอนที่ 1 โปรดแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อความเหมาะสมเกี่ยวกับรายการประเมินว่ามี
ความเหมาะสมเพียงใด โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ตารางตามค่าระดับความเห็นดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยในระดับมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยในระดับมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยในระดับน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยในระดับน้อยที่สุด

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะ



**แบบประเมินแรงจูงใจของผู้เรียนหลังใช้ชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้
ปัญญาประดิษฐ์ควบคุมการเคลื่อนที่**

.....

ตอนที่ 1 คำชี้แจง กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างให้ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านที่ 1 : A (Attention) - ความสนใจ					
1. ในช่วงเริ่มต้นของบทเรียนเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ มีบางอย่างที่ทำให้ฉันสนใจ					
2. เทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมอากาศยานไร้คนขับทำให้ฉันสนใจ					
3. ฉันได้เรียนรู้บางสิ่งเกี่ยวกับระบบควบคุมที่ฉันคาดไม่ถึง					
4. สื่อการสอนที่ใช้ช่วยให้ฉันสามารถให้ความสนใจได้ตลอดการเรียน					
ด้านที่ 2 : R (Relevance) - ความสัมพันธ์กับผู้เรียน					
5. ฉันเข้าใจว่าเนื้อหาเกี่ยวข้องกับความรู้เดิมของฉันอย่างไร					
6. เอกสารประกอบการเรียนรู้และวิดีโอช่วยให้ฉันเข้าใจความสำคัญของเนื้อหา					
7. ฉันคิดว่าเนื้อหานี้มีประโยชน์และสามารถนำไปใช้จริงได้					
8. การทดลองและสื่อประกอบบทเรียนทำให้ฉันเชื่อว่าเนื้อหานี้สำคัญและควรค่าแก่การเรียนรู้					

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	5 มากที่สุด	4 มาก	3 ปานกลาง	2 น้อย	1 น้อยที่สุด
ด้านที่ 3 : C (Confidence) - ความเชื่อมั่น					
ด้านเนื้อหา					
9. หลังจากได้รับข้อมูลเบื้องต้น ฉันรู้สึกมั่นใจว่าฉันเข้าใจสิ่ง ที่ต้องเรียนรู้เกี่ยวกับระบบควบคุมการบินของโดรน					
10. เมื่อฉันได้ทดลองใช้งานระบบควบคุมโดรน ฉันรู้สึก มั่นใจว่าสามารถเรียนรู้ได้					
11. หลังจากที่ฉันทดลองใช้ระบบควบคุมอากาศยาน ฉัน มั่นใจว่าฉันสามารถทำข้อสอบได้					
ด้านที่ 4 : S (Satisfaction) - ความพึงพอใจ					
12. ฉันพอใจกับความชัดเจนของคำอธิบายในบทเรียนนี้					
13. ฉันรู้สึกสนุกกับการเรียนรู้เกี่ยวกับการควบคุมการบิน ของอากาศยานไร้คนขับ					
14. ข้อเสนอแนะจากอาจารย์หรือผลการทดลองช่วยให้ฉัน รู้สึกได้รับการยอมรับ					
15. ฉันพอใจที่ได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่ออกแบบมา					
12. ฉันพอใจกับความชัดเจนของคำอธิบายในบทเรียนนี้					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นหรือคำแนะนำเพิ่มเติม (ถ้ามี)

.....

.....

ภาคผนวก ข

- การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับ
- การออกแบบและสร้างวงจรควบคุมอากาศยานไร้คนขับ
- การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ

การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับ

ออกแบบภาพ 3 มิติของอากาศยานไร้คนขับ



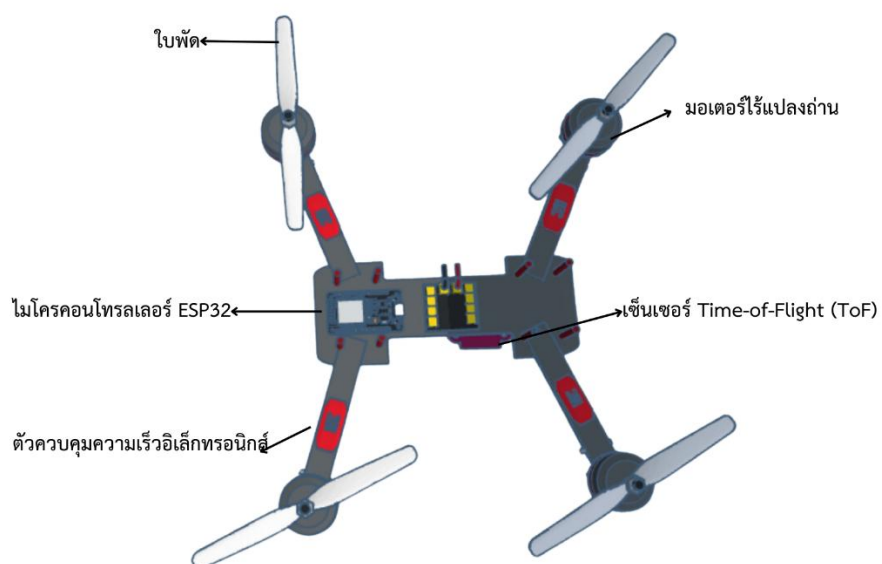
ภาพที่ ข-1 การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับด้านบน



ภาพที่ ข-2 การออกแบบโครงสร้างอากาศยานไร้คนขับด้านข้าง



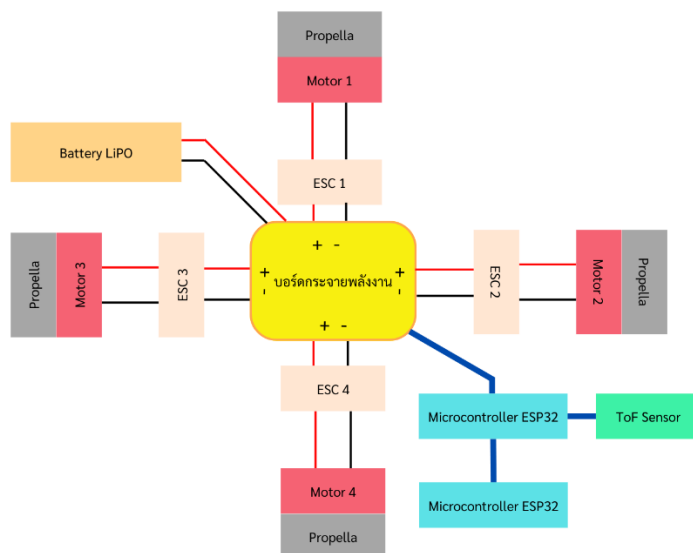
ภาพที่ ข-3 โมเดลอากาศยานไร้คนขับเสร็จสมบูรณ์



ภาพที่ ข-4 ส่วนประกอบของอากาศยานไร้คนขับ

การออกแบบและสร้างวงจรควบคุม

ออกแบบวงจรควบคุม



ภาพที่ ข-5 วงจรควบคุมอากาศยานไร้คนขับ

การเขียนโปรแกรมในส่วนการทำงาน

1. เขียนโปรแกรมทดสอบ ToF Sensor ของอากาศยานไร้คนขับ

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <VL53L0X.h>
3  VL53L0X sensor; // SCL 22 sca 21
4  #define NUM_SAMPLES 5 // จำนวนค่าที่ใช้คำนวณค่าเฉลี่ย
5  float distance_buffer[NUM_SAMPLES] = {0}; // เก็บค่าระยะทาง
6  int bufIndex = 0; // ตัวชี้ตำแหน่งของค่าใน buffer (เปลี่ยนชื่อจาก index)
7  void setup() {
8      Serial.begin(115200);
9      Wire.begin();
10     if (!sensor.init()) {
11         Serial.println("Failed to detect and initialize sensor!");
12         while (1);
13     }
14     // ตั้งค่าโหมด High Accuracy เพื่อให้ได้มีเสถียรภาพมากขึ้น
15     sensor.setMeasurementTimingBudget(200000);
16     Serial.println("VL53L0X Initialized Successfully!");
17 }
18 void loop() {
19     int distance_mm = sensor.readRangeSingleMillimeters(); // อ่านค่าเป็น mm
20     float distance_cm = distance_mm / 10.0; // แปลงเป็น cm
21     // บันทึกค่าลง Buffer
22     distance_buffer[bufIndex] = distance_cm;
23     bufIndex = (bufIndex + 1) % NUM_SAMPLES; // ไล่ bufIndex แทน index
24     // คำนวณค่าเฉลี่ย
25     float avg_distance = 0;
26     for (int i = 0; i < NUM_SAMPLES; i++) {
27         avg_distance += distance_buffer[i];
28     }
29     avg_distance /= NUM_SAMPLES;
30     // แสดงค่าระยะทางพร้อม Timestamp
31     Serial.print(millis() / 1000.0, 3); // แสดงเวลาที่ผ่านมาเป็นวินาที
32     Serial.print(" sec -> Distance (Avg): ");
33     Serial.print(avg_distance-7, 1); // แสดงค่าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
34     Serial.println(" cm");
35 }

```

ภาพที่ ข-6 การเขียนโปรแกรมทดสอบ ToF Sensor

2. การเขียนโปรแกรมทดสอบบัสเลสมอเตอร์และตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ โดยการคาลิเบรท (Calibrate) ค่า Pulse Width Modulation (PWM) ของบัสเลสมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <VL53L0X.h>
3  #define BATTERY_PIN 34 // พินอ่านแรงดันแบตเตอรี่ (ADC)
4  #define NUM_SAMPLES 5 // จำนวนค่าที่ใช้คำนวณค่าเฉลี่ย
5  #define SETPOINT 20.0 // ค่า Setpoint ระยะที่ต้องการ (cm)
6  #define ESC1_PIN 17
7  #define ESC2_PIN 18
8  #define ESC3_PIN 19
9  #define ESC4_PIN 23
10 #define ESC1_CHANNEL 0
11 #define ESC2_CHANNEL 1
12 #define ESC3_CHANNEL 2
13 #define ESC4_CHANNEL 3
14 #define PWM_MIN 1000 // ค่า PWM ต่ำสุด (us)
15 #define PWM_MAX 2000 // ค่า PWM สูงสุด (us)
16 #define PWM_HANGOVER 1500 // ค่า PWM คงที่หลังจากถึง Setpoint
17 int currentPWM = PWM_MIN; // ค่าปัจจุบันของ PWM
18 void setup() {
19     Serial.begin(115200);
20     Wire.begin();
21     sensor.setMeasurementTimingBudget(200000); // ตั้งค่าโหมด High Accuracy
22     Serial.println(" VL53L0X Initialized Successfully!");
23     ledcSetup(ESC1_CHANNEL, 50, 16);
24     ledcSetup(ESC2_CHANNEL, 50, 16);
25     ledcSetup(ESC3_CHANNEL, 50, 16);
26     ledcSetup(ESC4_CHANNEL, 50, 16);
27     ledcAttachPin(ESC1_PIN, ESC1_CHANNEL);
28     ledcAttachPin(ESC2_PIN, ESC2_CHANNEL);
29     ledcAttachPin(ESC3_PIN, ESC3_CHANNEL);
30     ledcAttachPin(ESC4_PIN, ESC4_CHANNEL);
31     delay(5000);
32     Serial.println("\n Calibrating ESC...");
33     sendPWM(PWM_MAX); // ส่งค่าสูงสุด 2000 us
34     delay(5000);
35 }

```

ภาพที่ ข-7 การเขียนโปรแกรมทดสอบบัสเลสมอเตอร์และตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์

```

35     sendPWM(PWM_MIN); // ส่งค่าต่ำสุด 1000 us
36     delay(7000);
37     Serial.println(" ESC Calibrated! Starting control...");
38 }
39 void loop() {
40     sendPWM(currentPWM);
41     Serial.println(currentPWM);
42 }
43 void sendPWM(int pwmValue) {
44     int dutyCycle = map(pwmValue, 1000, 2000, 3277, 6554); // แปลงเป็น 16-bit
45     ledcWrite(ESC1_CHANNEL, dutyCycle);
46     ledcWrite(ESC2_CHANNEL, dutyCycle);
47     ledcWrite(ESC3_CHANNEL, dutyCycle);
48     ledcWrite(ESC4_CHANNEL, dutyCycle);
49     Serial.print(pwmValue);
50 }

```

ภาพที่ ข-7 (ต่อ)

3. เขียนโปรแกรมอ่านค่าพารามิเตอร์ต่างๆของอากาศยานไร้คนขับ โดยบันทึกค่า Error (ค่าระยะความต่างระหว่าง Setpoint และค่าที่วัดได้จริงจาก Sensor) Distance (ค่าระยะทางที่วัดได้จาก ToF Sensor) Battery Voltage PWM

```

1  #include <Wire.h>
2  #include <VL53L0X.h>
3  #define BATTERY_PIN 34 // พินอ่านแรงดันแบตเตอรี่ (ADC)
4  #define NUM_SAMPLES 5 // จำนวนค่าที่ใช้คำนวณค่าเฉลี่ย
5  #define SETPOINT 20.0 // ค่า Setpoint ระยะที่ต้องการ (cm)
6  // พิน PWM สำหรับควบคุม ESC มอเตอร์ Brushless
7  #define ESC1_PIN 17
8  #define ESC2_PIN 18
9  #define ESC3_PIN 19
10 #define ESC4_PIN 23
11 // กำหนด PWM Channel สำหรับ ESC แต่ละตัว
12 #define ESC1_CHANNEL 0
13 #define ESC2_CHANNEL 1
14 #define ESC3_CHANNEL 2
15 #define ESC4_CHANNEL 3
16 // ค่า PWM สำหรับ ESC
17 #define PWM_MIN 1000 // ค่า PWM ต่ำสุด (us)
18 #define PWM_MAX 2000 // ค่า PWM สูงสุด (us)
19 #define PWM_HANGOVER 1500 // ค่า PWM คงที่หลังจากถึง Setpoint
20 int currentPWM = PWM_MIN; // ค่าปัจจุบันของ PWM
21 VL53L0X sensor; // ToF Sensor (SCL = GPIO 22, SDA = GPIO 21)
22 // ตัวแบ่งแรงดันสำหรับแบตเตอรี่ 3S (12.6V → ADC)
23 const float factor = 5.128; // อัตราการลดแรงดัน (Voltage Divider)
24 const float vCC = 3.3; // แรงดันอ้างอิงของ ESP32 (3.3V)
25 const float ADC_MAX = 4095.0; // ESP32 ADC ความละเอียด 12-bit
26 float distance_buffer[NUM_SAMPLES] = {0};
27 int bufIndex = 0;
28 bool reachedSetpoint = false; // ตรวจสอบว่าถึง Setpoint แล้วหรือยัง
29 void setup() {
30     Serial.begin(115200);
31     Wire.begin();
32     if (!sensor.init()) {
33         Serial.println(" Failed to detect VL53L0X sensor!");
34         while (1);

```

ภาพที่ ข-8 การเขียนโปรแกรมอ่านค่าพารามิเตอร์

```

36 sensor.setMeasurementTimingBudget(200000); // ตั้งค่าโหมด High Accuracy
37 Serial.println(" VL53L0X Initialized Successfully!");
38 // ตั้งค่า PWM สำหรับ ESC (แต่ละตัวใช้คนละ Channel)
39 ledcSetup(ESC1_CHANNEL, 50, 16);
40 ledcSetup(ESC2_CHANNEL, 50, 16);
41 ledcSetup(ESC3_CHANNEL, 50, 16);
42 ledcSetup(ESC4_CHANNEL, 50, 16);
43 // ผูก ESC แต่ละตัวกับ PWM Channel ที่แตกต่างกัน
44 ledcAttachPin(ESC1_PIN, ESC1_CHANNEL);
45 ledcAttachPin(ESC2_PIN, ESC2_CHANNEL);
46 ledcAttachPin(ESC3_PIN, ESC3_CHANNEL);
47 ledcAttachPin(ESC4_PIN, ESC4_CHANNEL);
48
49 // คาลิเบรต ESC
50 delay(5000);
51 Serial.println("\n Calibrating ESC...");
52 sendPWM(PWM_MAX); // ส่งค่าสูงสุด 2000 us
53 delay(5000);
54 sendPWM(PWM_MIN); // ส่งค่าต่ำสุด 1000 us
55 delay(7000);
56 Serial.println(" ESC Calibrated! Starting control...");
57
58 // แสดง Header ของ CSV บน Serial Monitor
59 Serial.println("Timestamp (s),Distance (cm),Battery Voltage (V),Error,PWM");
60 }
61
62 void loop() {
63     // อ่านค่าระยะทางจาก ToF Sensor
64     int distance_mm = sensor.readRangeSingleMillimeters();
65     float distance_cm = (distance_mm / 10.0) - 2.8;
66
67     // บันทึกค่าลง Buffer และคำนวณค่าเฉลี่ย
68     distance_buffer[bufIndex] = distance_cm;
69     bufIndex = (bufIndex + 1) % NUM_SAMPLES;

```

ภาพที่ ข-8(ต่อ)

```

70 float avg_distance = 0;
71 for (int i = 0; i < NUM_SAMPLES; i++) {
72     avg_distance += distance_buffer[i];
73 }
74 avg_distance /= NUM_SAMPLES;
75 // อ่านค่าแรงดันแบตเตอรี่
76 float voltageSensorVal = analogRead(BATTERY_PIN);
77 float vOut = (voltageSensorVal / ADC_MAX) * VCC;
78 float batteryVoltage = vOut * factor;
79 // คำนวณ Error
80 float error = SETPOINT - avg_distance;
81 // ควบคุม PWM จนกว่าจะถึง Setpoint
82 if (!reachedSetpoint) {
83     if (avg_distance < SETPOINT) {
84         currentPWM += 10; // ค่อยๆ เพิ่มค่า PWM
85         if (currentPWM > PWM_MAX) currentPWM = PWM_MAX; // จำกัดค่าสูงสุด
86     } else {
87         reachedSetpoint = true;
88         currentPWM = PWM_HANGOVER; // เมื่อถึง Setpoint ให้คงที่ที่ค่า PWM_HANGOVER
89         Serial.println(" Reached Setpoint! Holding PWM steady.");
90     }
91 }
92 // ส่งค่า PWM ไปยัง ESC ทั้ง 4 ตัว
93 sendPWM(currentPWM);
94 // แสดงข้อมูลใน Serial Monitor (CSV format)
95 Serial.print(millis() / 1000.0, 3); // แสดงเวลาเป็นวินาที
96 Serial.print(",");
97 Serial.print(avg_distance, 2);
98 Serial.print(",");
99 Serial.print(batteryVoltage, 2);
100 Serial.print(",");
101 Serial.print(error, 2);
102 Serial.print(",");

```

ภาพที่ ข-8(ต่อ)

```

105 // ตรวจสอบ Timeout ของเซนเซอร์
106 if (sensor.timeoutOccurred()) {
107     Serial.println("⚠ Warning: Sensor TIMEOUT!");
108 }
109
110 delay(50); // หน่วงเวลา 50ms
111 }
112
113 // ฟังก์ชันส่ง PWM ไปยัง ESC ทั้ง 4 ตัว
114 void sendPWM(int pwmValue) {
115     int dutyCycle = map(pwmValue, 1000, 2000, 3277, 6554); // แปลงเป็น 16-bit
116     ledcWrite(ESC1_CHANNEL, dutyCycle);
117     ledcWrite(ESC2_CHANNEL, dutyCycle);
118     ledcWrite(ESC3_CHANNEL, dutyCycle);
119     ledcWrite(ESC4_CHANNEL, dutyCycle);
120
121     // Debugging: ตรวจสอบว่า PWM ถูกส่งไปทุกตัว
122     Serial.print(" ➤ Sending PWM: ");
123     Serial.print(pwmValue);
124     Serial.println(" us to all ESCs");
125 }

```

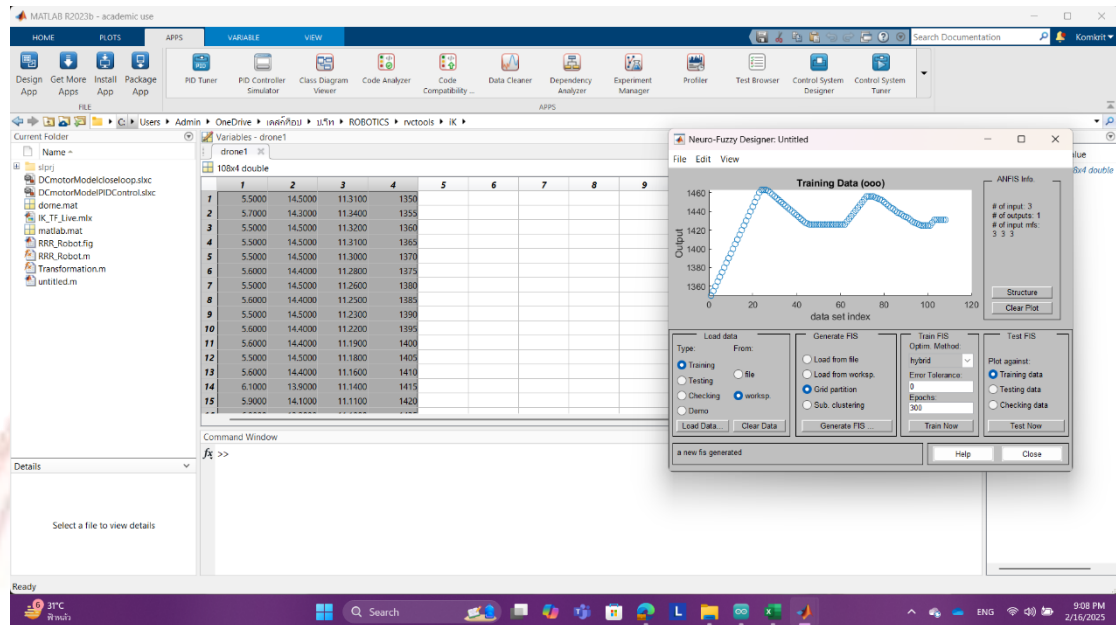
ภาพที่ ข-8(ต่อ)

4. บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในไฟล์ CSV

	A	B	C	D	E
1	Distance	Error	Bat Volt	PWM	
2	5.5	14.5	11.31	1350	
3	5.7	14.3	11.34	1355	
4	5.5	14.5	11.32	1360	
5	5.5	14.5	11.31	1365	
6	5.5	14.5	11.3	1370	
7	5.6	14.4	11.28	1375	
8	5.5	14.5	11.26	1380	
9	5.6	14.4	11.25	1385	
10	5.5	14.5	11.23	1390	
11	5.6	14.4	11.22	1395	
12	5.6	14.4	11.19	1400	
13	5.5	14.5	11.18	1405	
14	5.6	14.4	11.16	1410	
15	6.1	13.9	11.14	1415	
16	5.9	14.1	11.11	1420	
17	6.8	13.2	11.1	1425	
18	7.6	12.4	11.08	1430	
19	8.3	11.7	11.06	1435	
20	9.3	10.7	11.05	1440	
21	11.3	8.7	11.04	1445	
22	12.7	7.3	11.03	1450	
23	13.3	6.7	11.01	1455	
24	14.5	5.5	10.98	1460	
25	16.4	3.6	10.96	1463	
26	18.2	1.8	10.94	1463	
27	20.7	-0.7	10.92	1463	
28	23.8	-3.8	10.9	1462	

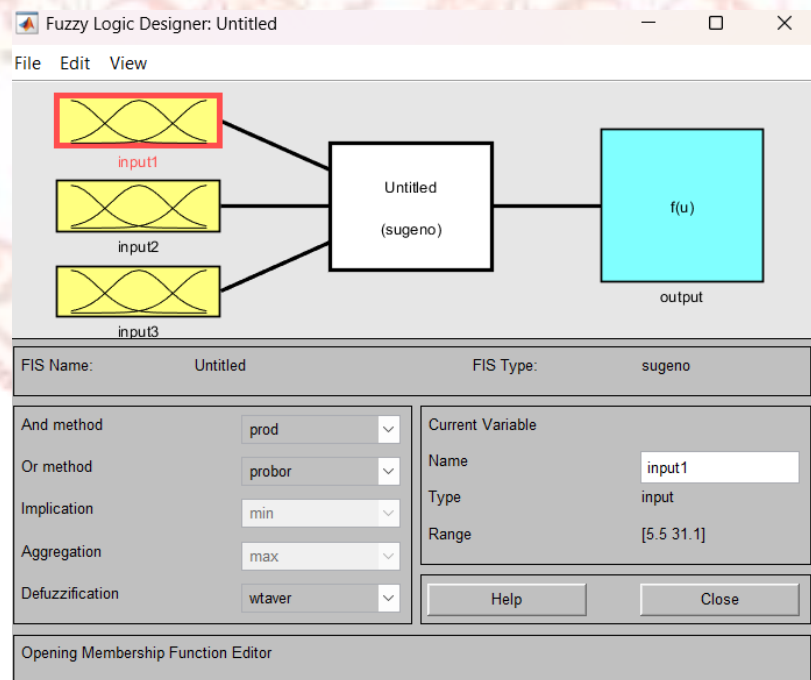
ภาพที่ ข-9 บันทึกค่าที่อ่านได้ลงในไฟล์ CSV

5. นำค่าที่บันทึกไปฝึกระบบ Neural Fuzzy Logic โดยใช้โปรแกรม MATLAB และ Neuro Fuzzy Designer โดยใช้ ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) แบบ 3 3 3 ฝึกจำนวน 300 ครั้ง



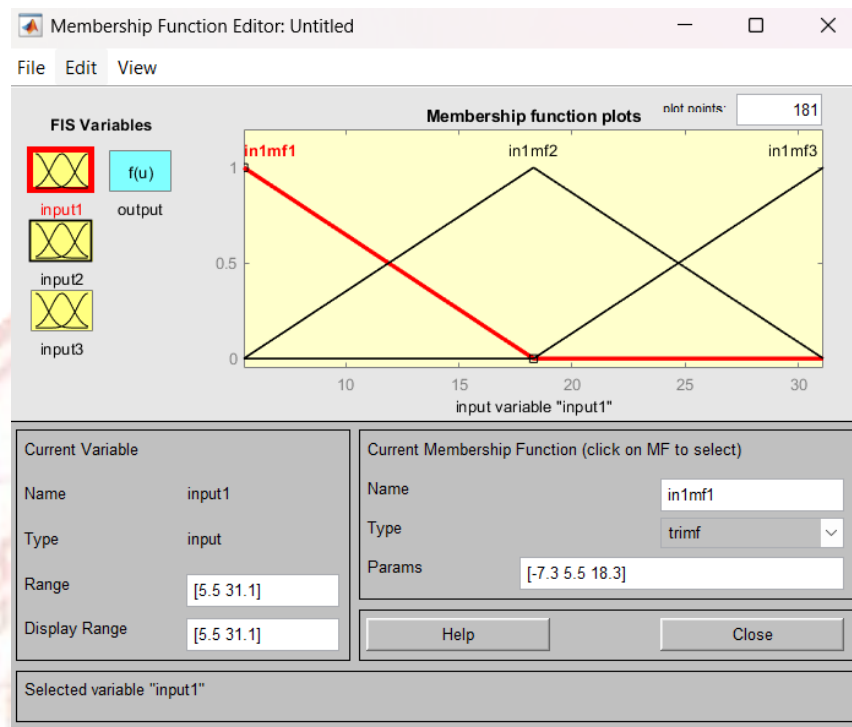
ภาพที่ ข-10 นำค่าที่บันทึกไปฝึกระบบ Neural Fuzzy Logic

6. เมื่อฝึกเสร็จ จะได้ผลลัพธ์ของฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ดังนี้



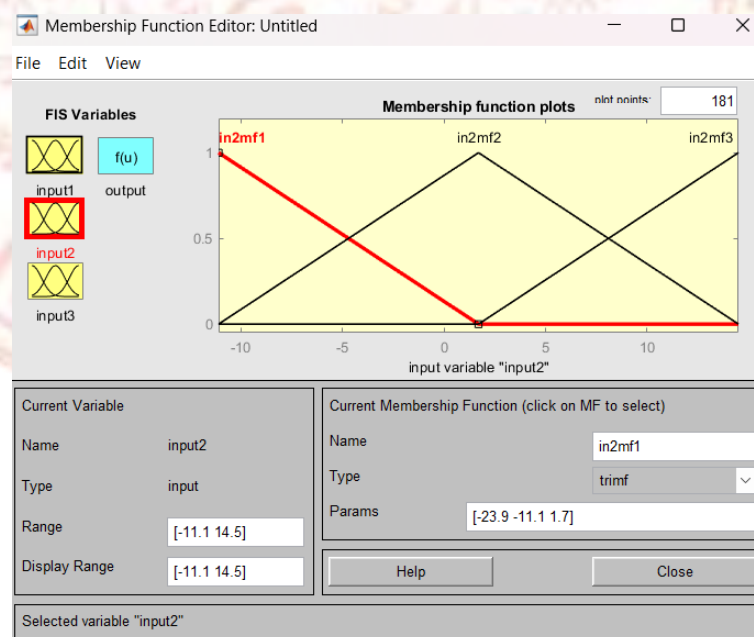
ภาพที่ ข-11 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function)

6.1) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า ระยะทาง (Distance)



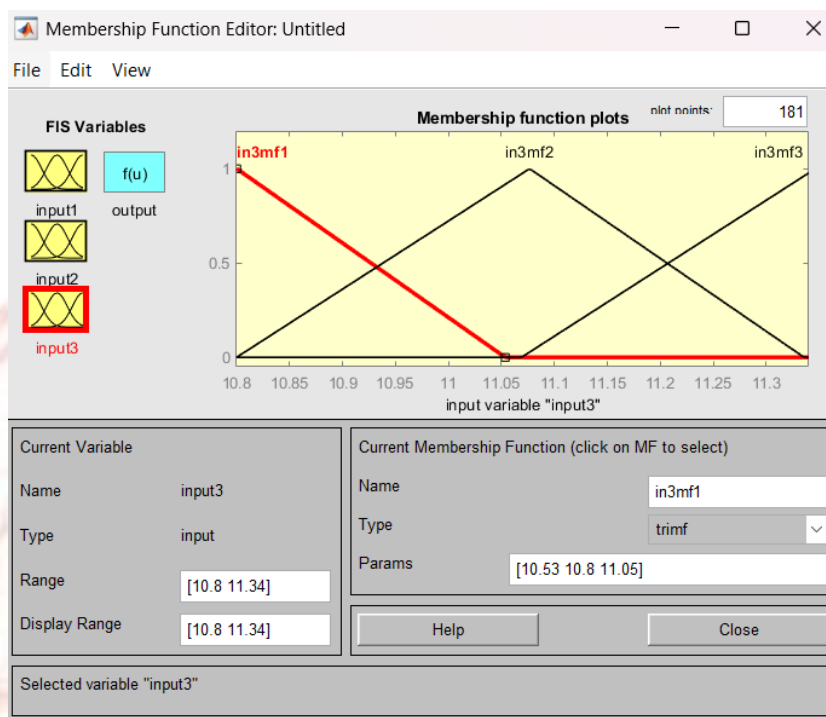
ภาพที่ ข-12 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า ระยะทาง (Distance)

6.2) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า Error (ค่าระยะความต่างระหว่าง Setpoint และค่าที่วัดได้จริงจาก Sensor)



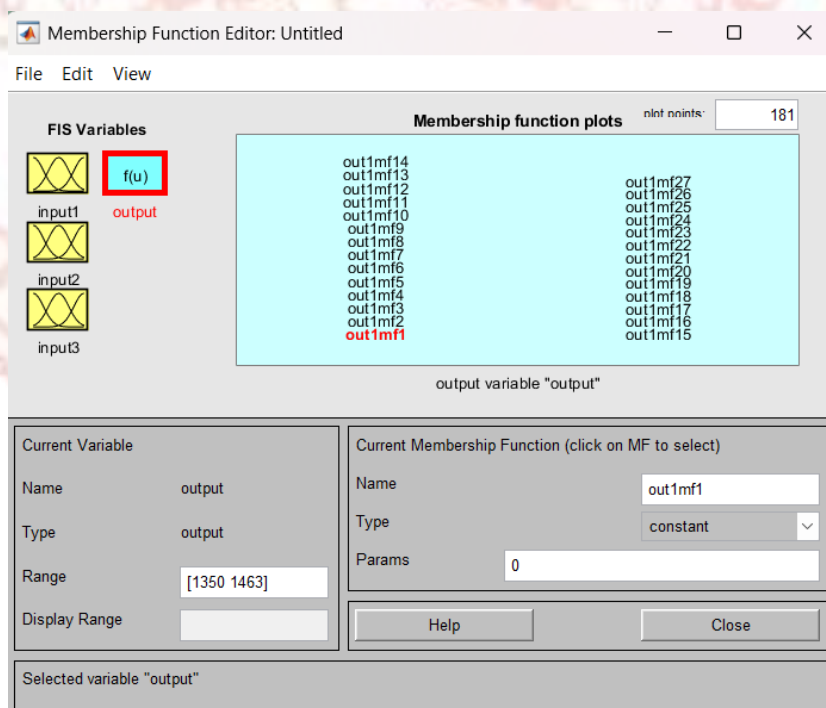
ภาพที่ ข-13 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า Error (ค่าระยะความต่างระหว่าง Setpoint และค่าที่วัดได้จริงจาก Sensor)

6.3) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า Battery Voltage



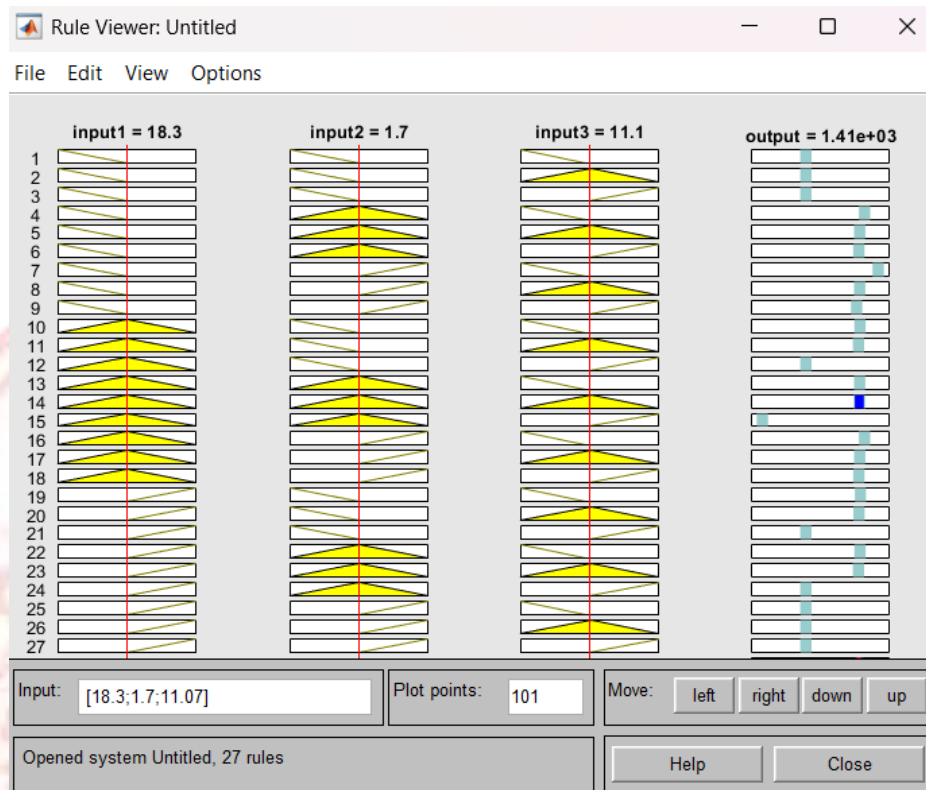
ภาพที่ ข-14 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า Battery Voltage

6.4) ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า PWM (OUTPUT)



ภาพที่ ข-15 ฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) ของค่า PWM (OUTPUT)

7. จะได้กฎ (Rule) ของ Neural Fuzzy Controller ดังนี้



ภาพที่ ข-16 กฎ (Rule) ของ Neural Fuzzy Controller

8. นำฟังก์ชันสมาชิก (Membership Function) มาเขียนกฎด้วยโปรแกรม Microsoft Excel โดยใช้สูตรการหา สมการเส้นตรง $Y=MX+C$

Calculate Fuzzy Input 1 (Distance)								
MemberShip	x1	y1	x2	y2	y2-y1	x2-x1	y2-y1/x2-x1	m*x1
in1mf1	5.5	1	18.3	0	-1	12.8	-0.078125	-0.4296875
in1mf2_1	5.5	0	18.3	1	1	12.8	0.078125	-0.4296875
in1mf2_2	18.3	1	31.1	0	-1	12.8	-0.078125	-1.4296875
in1mf3	31.1	0	43.9	1	1	12.8	0.078125	2.4296875

Input 1 (Distance) สมการที่ได้				ช่วง
Y =	M	(x) +	C	
Y =	-0.078125	(x) +	1.4296875	5.50 ≤ x ≤ 18.30
Y =	0.078125	(x) +	-0.4296875	5.50 ≤ x ≤ 18.30
Y =	-0.078125	(x) +	2.4296875	18.30 ≤ x ≤ 31.10
Y =	0.078125	(x) +	-2.4296875	31.10 ≤ x ≤ 43.90

Calculate Fuzzy Input 1 (Error)								
MemberShip	x1	y1	x2	y2	y2-y1	x2-x1	y2-y1/x2-x1	m*x1
in1mf1	-11.1	1	1.7	0	-1	12.8	-0.078125	0.8671875
in1mf2_1	-11.1	0	1.7	1	1	12.8	0.078125	-0.8671875
in1mf2_2	1.7	1	14.5	0	-1	12.8	-0.078125	-1.1328125
in1mf3	14.5	0	27.3	1	1	12.8	0.078125	1.1328125

Input 1 (Error) สมการที่ได้				ช่วง
Y =	M	(x) +	C	
Y =	-0.078125	(x) +	0.1328125	-11.10 ≤ x ≤ 1.70
Y =	0.078125	(x) +	0.8671875	-11.10 ≤ x ≤ 1.70
Y =	-0.078125	(x) +	1.1328125	1.70 ≤ x ≤ 14.50
Y =	0.078125	(x) +	-1.1328125	14.50 ≤ x ≤ 27.30

Calculate Fuzzy Input 1 (Batt Volt)								
MemberShip	x1	y1	x2	y2	y2-y1	x2-x1	y2-y1/x2-x1	m*x1
in1mf1	10.8	1	11.05	0	-1	0.25	-4	-43.2
in1mf2_1	10.8	0	11.08	1	1	0.28	3.571428571	38.57142857
in1mf2_2	11.08	1	11.34	0	-1	0.26	-3.846153846	-43.61538462
in1mf3	11.35	0	11.61	1	1	0.26	3.846153846	43.65384615

Input 1 (Battvolt) สมการที่ได้				ช่วง
Y =	M	(x) +	C	
Y =	-4	(x) +	44.2	10.80 ≤ x ≤ 11.05
Y =	3.571428571	(x) +	-38.57142857	10.80 ≤ x ≤ 11.08
Y =	-3.846153846	(x) +	43.61538462	11.08 ≤ x ≤ 11.34
Y =	3.846153846	(x) +	-43.65384615	11.35 ≤ x ≤ 11.61

ภาพที่ ข-17 เขียนกฎด้วยโปรแกรม Microsoft Excel

8. นำสมการที่ได้จากสูตรสมการเส้นตรง นำมาวิเคราะห์ความชัน (M) เพื่อดูอัตราการตอบสนองเพื่อใช้กฎ Fuzzy ในการตัดสินใจเปลี่ยนค่า PWM จากนั้นนำสมการที่ได้จากตาราง นำมาเขียนช่วงในโปรแกรม Arduino IDE

[illegible]

ภาพที่ ข-18 เขียนช่วงการตัดสินใจด้วย Arduino IDE

ภาคผนวก ค

- ตาราง Test Blueprint
- ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน
- ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน

ตารางที่ ค-1 แสดงตารางวิเคราะห์การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ Test Blueprint

รหัสวิชา 30105-2017 ชื่อวิชา เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ							
จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมความรู้						รวมข้อ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	สร้างสรรค์	
1. หลักการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ							
1. ศึกษาโครงสร้างของอากาศยานไร้คนขับและหน้าที่ของแต่ละส่วน	1	1					2
2. วิเคราะห์ระบบควบคุมการบินพื้นฐานของอากาศยานไร้คนขับ	2	2					4
2. ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของ อากาศยานไร้คนขับ							
3. ทดลองเปลี่ยนตำแหน่งใบพัด CW และ CCW และสังเกตผลต่อการยกตัว		4					4
4. ทดลองเปลี่ยนขนาดใบพัด CW และ CCW และสังเกตผลต่อการยกตัว		2					2
3. แนวทางการควบคุม การบินขึ้น-ลง ของอากาศยานไร้คนขับ							
5. นำเสนอแนวทางแก้ปัญหาเมื่ออากาศยานไร้คนขับมีการบินที่ไม่เสถียร		6					6
6. เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการใช้ PID Controller และ Neuro-Fuzzy ในการควบคุมการบิน		2					2
รวม	3	17					20
อันดับ	3	17					

**ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน**

**ตารางที่ ค-2 ผลการประเมินความตรงเชิงเนื้อหาของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
ระหว่างก่อนเรียน และหลังเรียน จากผู้เชี่ยวชาญ**

หัวข้อ	จุดประสงค์ การเรียนรู้	ข้อที่	ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	การแปลผล
			1	2	3	4	5		
หลักการ ทำงานของ อากาศยานไร้ คนขับ	1	1.1	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		1.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
	2	2.1	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		2.2	0	+1	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
		3.1	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		3.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
ปัจจัยที่มีผลต่อ การบินขึ้น-ลง ของ อากาศ ยานไร้คนขับ	3	4.1	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		4.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		5.1	0	+1	0	+1	+1	0.6	ใช้ได้
		5.2	0	+1	+1	0	+1	0.6	ใช้ได้
	4	6.1	+1	+1	+1	0	+1	0.8	ใช้ได้
		6.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
แนวทางการ ควบคุม การ บินขึ้น-ลง ของ อากาศยานไร้ คนขับ ได้อย่าง ถูกต้อง	5	7.1	+1	+1	+1	0	+1	0.8	ใช้ได้
		7.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		8.1	0	+1	+1	+1	+1	0.8	ใช้ได้
		8.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		9.1	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
		9.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้
	6	10.1	+1	+1	+1	0	+1	0.8	ใช้ได้
		10.2	+1	+1	+1	+1	+1	1	ใช้ได้

จากตารางที่ ค-2 ข้อสอบที่ผู้วิจัยออกยึดจากเนื้อหา 3 เรื่อง มีวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมรวมทั้งหมด 6 จุดประสงค์ รวมข้อสอบทั้งหมด 20 ข้อ ผู้วิจัยนำเสนอผู้เชี่ยวชาญประเมิน 5 ท่าน พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมากกว่าระดับ 0.60 ขึ้นไปทุกข้อ สามารถนำไปใช้ในการวัดความรู้ได้



ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ
คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))

ตารางที่ ค-3 ผลการหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของ
คูเดอร์-ริชาร์ดสัน 20 (Kuder-Richardson 20 (KR-20))

ข้อที่	ตัวแปร		
	p	q	S _t ²
1.1	0.18	0.82	12.15
1.2	0.18	0.82	
2.1	0.13	0.87	
2.2	0.13	0.87	
3.1	0.22	0.78	
3.2	0.18	0.82	
4.1	0.13	0.87	
4.2	0.18	0.82	
5.1	0.22	0.78	
5.2	0.18	0.82	
6.1	0.22	0.78	
6.2	0.22	0.78	
7.1	0.26	0.74	
7.2	0.26	0.74	
8.1	0.25	0.75	
8.2	0.25	0.75	
9.1	0.26	0.74	
9.2	0.26	0.74	
10.1	0.25	0.75	
10.2	0.27	0.73	
ความเชื่อมั่น			
$r_t = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right] = \frac{20}{20-1} \left[1 - \frac{3.30}{12.15} \right] = 0.77$			

จากตารางที่ ค-3 พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอยู่ที่ 0.77 ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับได้จะมีค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป (สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ เรื่อง การหาคุณภาพของแบบทดสอบ) แสดงว่าแบบทดสอบจำนวน 20 ข้อนี้อยู่ในเกณฑ์ที่สูง เป็นแบบทดสอบที่สามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการวิจัยได้



แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม
เข้าใจ หลักการ ทำงานของ อากาศยานไร้ คนขับ	เข้าใจ	1.1 องค์ประกอบหลักที่ใช้ในการควบคุมอากาศยานไร้คนขับ (UAV) คือข้อใด ก. ตัวถัง ใบพัด แบตเตอรี่ ข. ตัวควบคุมการบิน ESC มอเตอร์ เซ็นเซอร์ ค. สายไฟ รีโมท สวิตช์ ง. กล้อง จอภาพ ซอฟต์แวร์
		1.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ช่วยเพิ่มระยะการบินของโดรน ข. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ช่วยลดการใช้พลังงานของโดรน ค. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้เป็นส่วนที่ใช้สร้างแรงขับและควบคุมทิศทางการบิน ง. เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ช่วยให้โดรนบินได้เร็วขึ้น
เข้าใจ หลักการ ทำงานของ อากาศยานไร้ คนขับ	เข้าใจ	2.1 ใบพัดของโดรนมีบทบาทสำคัญอย่างไรในการสร้างแรงขับ ก. สร้างแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ ข. เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแรงยกเพื่อให้โดรนลอยขึ้น ค. ทำหน้าที่ลดแรงต้านของอากาศในขณะที่บิน ง. ใช้ควบคุมการสื่อสารระหว่างโดรนกับรีโมท
		2.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะใบพัดทำให้โดรนหมุนรอบตัวเองแทนที่จะบินขึ้น ข. เพราะใบพัดทำหน้าที่เป็นเซ็นเซอร์ช่วยควบคุมทิศทาง ค. เพราะใบพัดช่วยให้โดรนรักษาสถิตได้ดีขึ้น ง. เพราะใบพัดช่วยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานจลน์ผ่านแรงขับ

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไว้คนขับ	เข้าใจ	3.1 ปัจจัยของใบพัดที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบินของอากาศยานไว้คนขับคืออะไร ก. จำนวนใบพัดที่ติดตั้งในมอเตอร์ ข. ปริมาณอากาศที่ไหลผ่านตัวโรตอร์ ค. ขนาดและความยาวของใบพัด ง. สีของใบพัด 3.2 เหตุผลที่เลือกตอบตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะใบพัดขนาดใหญ่สร้างแรงยกได้มากขึ้น ข. เพราะใบพัดขนาดเล็กทำให้โรตอร์บินได้เร็วขึ้นเสมอ ค. เพราะใบพัดที่ยาวกว่ามีแรงขับมากกว่าทุกกรณี ง. เพราะขนาดใบพัดไม่มีผลต่อแรงยกของโรตอร์
เข้าใจหลักการทำงานของอากาศยานไว้คนขับ	เข้าใจ	4.1 ทำไมต้องใช้ Electronic Speed Controller (ESC) ในการควบคุมมอเตอร์ของโรตอร์ ก. ESC ทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้กับแบตเตอรี่ ข. ESC เป็นตัวรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรล ค. ESC ใช้ปรับความเร็วของมอเตอร์เพื่อควบคุมการบิน ง. ESC ทำให้มอเตอร์ทำงานได้โดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า 4.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะ ESC ใช้ปรับความเร็วของใบพัดให้ทำงานสอดคล้องกัน ข. เพราะ ESC ช่วยให้โรตอร์สามารถรับสัญญาณจากดาวเทียมได้ดีขึ้น ค. เพราะ ESC ช่วยให้แบตเตอรี่จ่ายพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ง. เพราะ ESC ทำหน้าที่แทนเซ็นเซอร์วัดระยะ
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของ	เข้าใจ	5.1 การเลือกใช้ใบพัด CW (Clockwise) และ CCW (Counter-Clockwise) ควรคำนึงถึงอะไร ก. การทำให้โรตอร์บินได้เร็วขึ้นเท่านั้น ข. การลดการใช้พลังงานของแบตเตอรี่ ค. การเพิ่มแรงขับให้โรตอร์บินสูงขึ้น ง. การทำให้แรงยกสมดุลและป้องกันการหมุนของตัวโรตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัด	ข้อความถาม
อากาศยานไร้คนขับ		5.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะใบพัดทุกตัวควรหมุนไปในทิศทางเดียวกันเพื่อให้เกิดแรงยกมากที่สุด ข. เพราะต้องมีการใช้ใบพัดที่หมุนสวนทางกันเพื่อลดแรงบิดและรักษาสมดุล ค. เพราะใบพัด cw และ ccw มีอัตราการใช้พลังงานต่างกัน ง. เพราะใบพัด cw และ ccw ใช้เพื่อปรับแรงขับของโรตอร์
อภิปรายและให้เหตุผลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุม การบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับได้อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	6.1 ถ้ามอเตอร์ของโรตอร์ทำงานไม่เท่ากันทุกตัว จะส่งผลอย่างไร ก. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของโรตอร์ ข. โรตอร์จะบินได้เร็วขึ้นกว่าปกติ ค. โรตอร์อาจจะหมุนหรือเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งโดยไม่ได้ตั้งใจ ง. โรตอร์จะลอยนิ่งในอากาศได้ดีกว่าเดิม
		6.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะแรงขับของมอเตอร์แต่ละตัวไม่สมดุล ทำให้เกิดแรงบิดที่ไม่เท่ากัน ข. เพราะมอเตอร์ต้องหมุนเร็วขึ้นเพื่อชดเชยแรงขับที่ไม่สมดุล ค. เพราะใบพัดของโรตอร์มีขนาดใหญ่เกินไป ง. เพราะเซ็นเซอร์วัดระยะทำงานผิดพลาด
อภิปรายและให้เหตุผลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุม การบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับได้อย่างถูกต้อง	เข้าใจ	7.1 ปัจจัยใดส่งผลต่อความเร็วรอบของมอเตอร์ในอากาศยานไร้คนขับ ก. ขนาดของแบตเตอรี่ที่ใช้ ข. ค่า PWM ที่กำหนดในการควบคุมมอเตอร์ ค. วัสดุของตัวมอเตอร์ ง. สีของใบพัด

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม
		7.2 เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าว ก. เพราะค่า PWM ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบให้กับมอเตอร์ ข. เพราะแบตเตอรี่เป็นตัวกำหนดรอบมอเตอร์โดยตรง ค. เพราะวัสดุของมอเตอร์มีผลต่อความเร็วในการหมุน ง. เพราะใบพัดเป็นตัวกำหนดความเร็วของมอเตอร์
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไร้คนขับ	เข้าใจ	8.1 การใช้ใบพัดขนาดใหญ่เกินไปกับมอเตอร์กำลังต่ำจะส่งผลอย่างไร ก. มอเตอร์อาจร้อนเกินไปและทำงานหนัก ข. ทำให้โดรนบินได้เร็วขึ้น ค. ไม่มีผลใด ๆ ต่อการทำงานของโดรน ง. ลดการใช้พลังงานของแบตเตอรี่
		8.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะใบพัดที่ใหญ่กว่าจะทำให้โดรนบินได้สูงขึ้นเสมอ ข. เพราะใบพัดที่ใหญ่ขึ้นต้องใช้แรงขับที่มากขึ้นจากมอเตอร์ ค. เพราะขนาดของใบพัดไม่มีผลต่อการทำงานของมอเตอร์ ง. เพราะใบพัดที่ใหญ่จะช่วยให้แบตเตอรี่ใช้งานได้นานขึ้น
อภิปรายและให้เหตุผลเกี่ยวกับแนวทางการควบคุม	เข้าใจ	9.1 ข้อใดเป็นข้อดีของการใช้ Neuro-Fuzzy Controller ในการควบคุมโดรน ก. ไม่ต้องใช้เซ็นเซอร์ใด ๆ เพิ่มเติม ข. ทำให้โดรนบินเร็วขึ้นกว่า PID Controller ค. ลดพลังงานที่ใช้ของมอเตอร์ลงได้มาก ง. สามารถปรับพฤติกรรมของระบบตามสถานการณ์โดยอัตโนมัติ
		9.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller ใช้หลักการของ AI และระบบฟัซซีลอจิกในการปรับค่าควบคุมโดยอัตโนมัติ ข. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller สามารถตัดสินใจได้เองโดยไม่ต้องใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์

จุดประสงค์ การเรียนรู้	การวัด	ข้อคำถาม
		ค. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller ลดภาระของมอเตอร์ทำให้ใช้พลังงานได้น้อยลง ง. เพราะ Neuro-Fuzzy Controller สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของ ESC ได้โดยตรง
สามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการบินขึ้น-ลงของอากาศยานไว้คนขับ	เข้าใจ	10.1 ถ้ามอเตอร์ของโดรนทำงานไม่เท่ากันทุกตัว จะส่งผลอย่างไร ก. โดรนจะบินได้เร็วขึ้นกว่าปกติ ข. ไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของโดรน ค. โดรนอาจจะหมุนหรือเอียงไปด้านใดด้านหนึ่งโดยไม่ได้ตั้งใจ ง. โดรนจะลอยนิ่งในอากาศได้ดีกว่าเดิม
		10.2 เหตุผลที่เลือกตัวเลือกดังกล่าว ก. เพราะมอเตอร์ที่หมุนช้ากว่าจะพยายามเร่งรอบให้เท่ากับมอเตอร์ที่เหลือ ข. เพราะใบพัดของโดรนมีขนาดใหญ่เกินไป ค. เพราะเซ็นเซอร์วัดระยะทำงานผิดพลาด ง. เพราะแรงขับของมอเตอร์แต่ละตัวไม่สมดุล ทำให้เกิดแรงบิดที่ไม่เท่ากัน

ภาคผนวก ง

- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทอาร์ตแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวมโดยผู้เชี่ยวชาญ
- เอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน
- ภาพกิจกรรมการเรียนรู้

การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ง-1 การประเมินด้านความเหมาะสมของสื่อการสอนประเภทฮาร์ดแวร์

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					X̄	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ด้านเนื้อหา								
1.ความสอดคล้องของชุดฝึกอบรมกับวัตถุประสงค์	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
2.การจัดลำดับความสำคัญของชุดฝึกอบรม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
รวม						4.70	0.48	มากที่สุด
ด้านการใช้งาน								
3.ชุดฝึกอบรมเข้าใจง่ายและสร้างแรงจูงใจ	4	5	4	4	5	4.40	0.55	มาก
4.ใช้งานง่ายไม่ซับซ้อน	3	3	4	3	4	3.40	0.55	ปานกลาง
5.ชุดฝึกอบรมมีความน่าสนใจ	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
6.ความปลอดภัยในการใช้งาน	3	4	4	3	3	3.40	0.55	ปานกลาง
7.ง่ายต่อการบำรุงรักษา	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
รวม						4.40	0.79	มาก
ด้านคุณลักษณะของสื่อ								
8.ความเหมาะสมของการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
9.ความชัดเจนของอุปกรณ์ที่ต้องการให้ผู้เรียนเห็น	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
10.ชุดฝึกอบรมมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติงาน	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
11.ความเหมาะสมของเทคโนโลยีกับระดับของผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
12.ชุดฝึกอบรมมีความคงทนแข็งแรงทนทาน และปลอดภัย	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
รวม						4.44	0.50	มาก

การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน

โดยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ ง-2 การประเมินด้านความเหมาะสมของเอกสารประกอบการเรียนการสอน

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					X̄	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
ด้านเนื้อหา								
1. เนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนครบถ้วน	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2. เนื้อหา มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
3. เนื้อหาถูกต้องครบถ้วน	4	5	5	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4. การลำดับขั้นตอนในการนำเสนอมีความเหมาะสม	5	4	4	5	4	4.40	0.55	มาก
5. ปริมาณของเนื้อหาเพียงพอและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	5	4	4	4	4	4.20	0.45	มาก
รวม						4.44	0.50	มาก
ด้านรูปภาพ ตัวอักษร สี และภาษา								
6. ภาพประกอบที่ใช้ในเอกสารการสอนมีความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7. ขนาดของภาพในเอกสารประกอบการเรียนการสอนมีขนาดเหมาะสม	5	4	5	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
8. รูปภาพและองค์ประกอบในเอกสารประกอบการเรียนการสอนมีความน่าสนใจ	4	4	5	4	4	4.20	0.45	มาก
9. การใช้ภาษามีความถูกต้องตามหลักไวยากรณ์	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
10. รูปเล่มของเอกสารประกอบการสอนมีโครงสร้างและรูปแบบที่เหมาะสม	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก
รวม						4.52	0.50	มากที่สุด

**การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และสื่อประกอบแผนการ
จัดการเรียนรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ**

ตารางที่ ง-3 การประเมินด้านความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และสื่อประกอบแผนการ
จัดการเรียนรู้

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					X	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. การแนะนำระบบควบคุมการ บิน สื่อที่ใช้ : ESP32 มอเตอร์ ใบพัด ESC เซ็นเซอร์วัดระยะ (ToF200) PID Controller Neuro-Fuzzy เรื่อง : ผู้เรียนทำความเข้าใจ พื้นฐานเกี่ยวกับ ESP32 มอเตอร์ ใบพัด ESC และเซ็นเซอร์วัดระยะ (ToF200) พร้อมคำอธิบาย หลักการทำงานของระบบควบคุม การบินขึ้น-ลง	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
2. การทดลองควบคุมการบินขึ้น- ลง สื่อที่ใช้ : นำเสนอโดยใช้พาว เวิร์พอยต์ ชุดควบคุมโดรน เรื่อง : ทดลองบินขึ้นและลง การติดตั้งใบพัด วิเคราะห์ผลการ ควบคุมของโดรนเมื่อใช้วิธีการ ควบคุมที่แตกต่างกัน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	มาก

ตารางที่ ง-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
3. การปรับปรุงระบบควบคุม สื่อที่ใช้ : นำเสนอโดยใช้พาวเวอร์พอยต์ ชุดควบคุมโดรน เรื่อง การปรับพารามิเตอร์ของระบบ PID และ Neuro-Fuzzy และสังเกตความเสถียรของโดรนขณะบินขึ้นและลง	4	4	3	4	3	3.60	0.55	ปานกลาง
4. การประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุม สื่อที่ใช้ : ชุดควบคุมโดรน เรื่อง : วิเคราะห์ ข้อดี-ข้อเสียของระบบควบคุมแต่ละแบบ และเสนอแนวทางในการปรับปรุง	5	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
รวม						4.15	0.52	มาก

การวิเคราะห์การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวมโดยผู้เชี่ยวชาญ
 ตารางที่ ง-4 การประเมินด้านความเหมาะสมของกระบวนการในภาพรวม

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
	1	2	3	4	5			
1. ระยะเวลาในการอบรมมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2. ความเหมาะสมของกระบวนการดำเนินการ	5	4	4	4	4	4.20	0.45	มาก
3. รูปแบบการอบรมมีความทันสมัยเหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
รวม						4.33	0.48	มาก

เอกสารประกอบการจัดการเรียนการสอน

แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ

รหัสวิชา 30105-2017

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 1

หลักการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ

อากาศยานไร้คนขับ (UAV) หรือที่เรียกกันว่าโดรน เป็นอุปกรณ์บินที่สามารถเคลื่อนที่ได้โดยไม่ต้องมีนักบินควบคุมโดยตรงบนตัวเครื่อง ใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติหรือรีโมทคอนโทรลในการบังคับทิศทาง โดย UAVs มีการใช้งานในหลากหลายสาขา เช่น การสำรวจทางภูมิศาสตร์ การถ่ายภาพทางอากาศ การขนส่ง และการใช้งานด้านความมั่นคง



ภาพที่ 1 อากาศยานไร้คนขับ

1. องค์ประกอบหลักของอากาศยานไร้คนขับ

UAVs ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักที่ทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมการบินและการทำงานของอุปกรณ์เสริม โดยสามารถแบ่งออกเป็นส่วนสำคัญดังนี้

- 1.1) โครงสร้างหลักของอากาศยานไร้คนขับ (Frame) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักของโดรนและรองรับอุปกรณ์ทุกส่วน



ภาพที่ 2 โครงสร้างหลักของอากาศยานไร้คนขับ (Frame)

- 1.2) มอเตอร์ (Brushless DC Motors) : มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่านใช้สำหรับขับเคลื่อนใบพัด

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ

รหัสวิชา 30105-2017

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 2



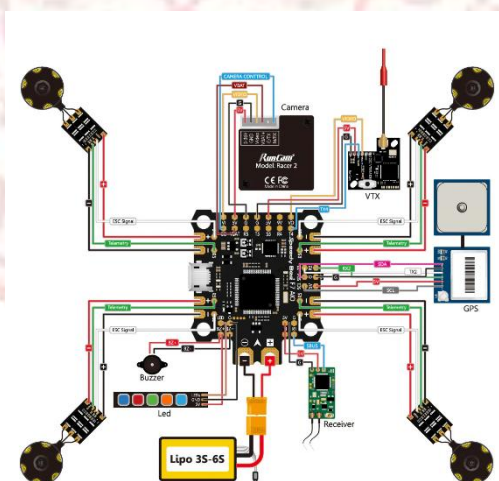
ภาพที่ 2 ภาพมอเตอร์ไร้แรงถ่วง

1.3) ใบพัด (Propellers) : สร้างแรงยกและแรงบิดเพื่อควบคุมทิศทาง

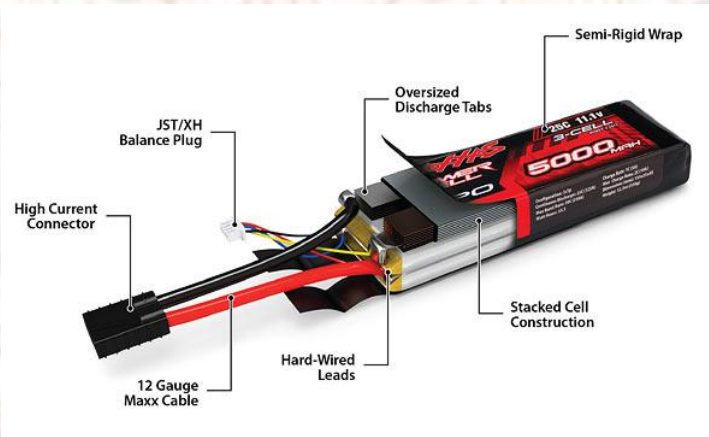


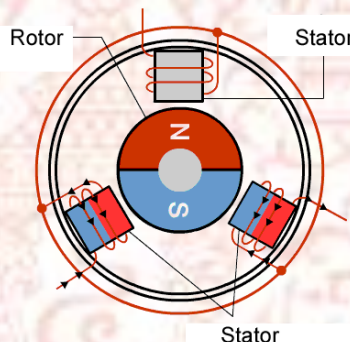
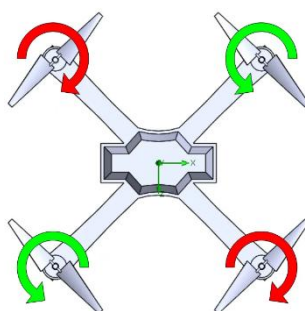
ภาพที่ 3 ใบพัดโดรน (Drone Propellers)

1.4) ตัวควบคุมการบิน (Flight Controller) : ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือหน่วยประมวลผลเพื่อควบคุมเสถียรภาพของการบิน



ภาพที่ 4 ตัวควบคุมการบิน (Flight Controller)

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท		
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017	ใบเนื้อหา
		หน้าที่ 3
1.5) เซ็นเซอร์ (Sensors) : รวมถึง IMU (Inertial Measurement Unit) ToF และ Barometer สำหรับการควบคุมและการนำทาง		
		
ภาพที่ 5 ToF Sensor		
1.6) ระบบพลังงาน (Power System) แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (Li-Po) เป็นแหล่งพลังงานหลักของ UAV มีอัตราการจ่ายพลังงานสูงเพื่อรองรับการทำงานของมอเตอร์และระบบควบคุม		
		
ภาพที่ 6 แบตเตอรี่ลิเทียมโพลิเมอร์ (Li-Po)		
2. ระบบควบคุมการบินพื้นฐาน (Flight Control System)		
2.1) โหมดควบคุมการบินพื้นฐาน		
• Manual Mode: ผู้ควบคุมสั่งงานโดยตรงผ่านรีโมทคอนโทรล • Altitude Hold Mode: ระบบช่วยรักษาระดับความสูงโดยใช้เซ็นเซอร์วัดระยะ • Stabilize Mode: ระบบช่วยรักษาสถิตขณะบิน • Auto Mode: ใช้ GPS และ AI ควบคุมการบินแบบอัตโนมัติ		

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท		
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017	ใบเนื้อหา
		หน้าที่ 4
2.2) การทำงานของ Flight Controller - ประมวลผลสัญญาณจาก Gyroscope และ Accelerometer เพื่อรักษาสมดุลของโดรน - ควบคุม ESC เพื่อปรับความเร็วของมอเตอร์แต่ละตัวให้เหมาะสม 3. ระบบควบคุมการบินพื้นฐาน (Flight Control System) มอเตอร์และใบพัดทำหน้าที่สร้างแรงขับให้ UAV สามารถบินขึ้นและเคลื่อนที่ได้ 3.1) มอเตอร์ (Motor) ส่วนใหญ่ใช้มอเตอร์ Brushless (BLDC) เพราะมีประสิทธิภาพสูงและทนทาน แรงดันไฟฟ้าและค่าความเร็วรอบมอเตอร์ (KV Rating) มีผลต่อความเร็วของใบพัด ควบคุมโดย ESC (Electronic Speed Controller)  ภาพที่ 7 โครงสร้างของบัสเลสมอเตอร์ 3.2) มอเตอร์ (Motor) ใบพัดหมุนเพื่อสร้างแรงยกและแรงขับ มีทั้งใบพัดหมุนตามเข็มนาฬิกา (CW) และทวนเข็มนาฬิกา (CCW) เพื่อรักษาสมดุลของการบิน  ภาพที่ 8 การหมุนของใบพัดและมอเตอร์ของโดรน		

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท		
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017	ใบเนื้อหา
		หน้าที่ 5

4. บทบาทของ ESC (Electronic Speed Controller) ในการควบคุมมอเตอร์

ESC (Electronic Speed Controller) หรือ ตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่ใช้ในการปรับความเร็วของมอเตอร์โดยทั่วไป ESC จะควบคุม สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ตามสัญญาณอินพุตที่ได้รับ เพื่อปรับอัตราเร่งและการลดความเร็วของมอเตอร์ตามประเภทของมอเตอร์

4.1) หน้าที่หลักของ ESC.

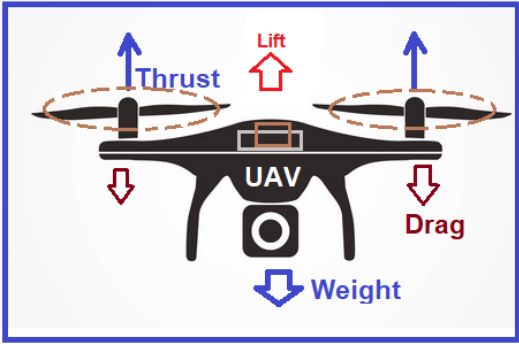
- ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ผ่านสัญญาณ PWM
- แปลงกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปยังมอเตอร์
- ปรับแรงบิดของมอเตอร์เพื่อรักษาสมดุลของการบิน

ภาพที่ 9 ESC (Electronic Speed Controller)

4.2) วิธีการทำงานของ ESC

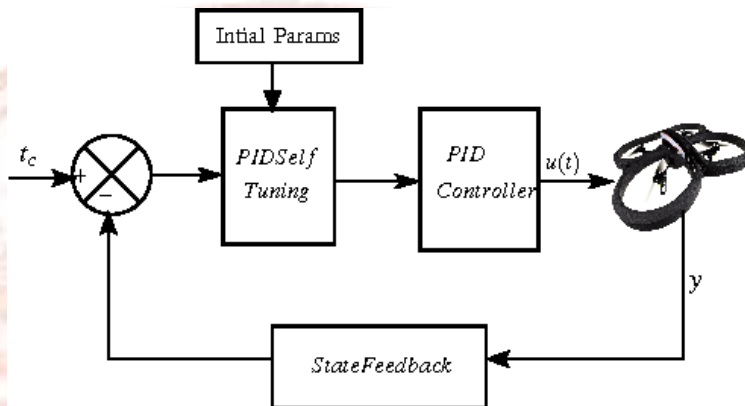
- Flight Controller ส่งสัญญาณ PWM ไปยัง ESC
- ESC ปรับแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับความเร็วที่ต้องการ
- ESC ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้สัมพันธ์กับใบพัด CW และ CCW

ภาพที่ 10 การต่อ ESC เข้ากับบัสเลสมอเตอร์

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท		
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017	ใบเนื้อหา
		หน้าที่ 6
5. ผลกระทบของแรงขับ (Thrust) และแรงยก (Lift) ต่อการขึ้น-ลงของ UAV		
5.1) แรงขับ (Thrust)		
แรงขับเกิดจากการหมุนของ ใบพัดที่ทำงานร่วมกับมอเตอร์ ซึ่งเป็นแรงที่ใช้ในการพา UAV บินขึ้นหรือเคลื่อนที่ไปข้างหน้า		
ขนาดของแรงขับขึ้นอยู่กับ		
• ขนาดและรอบของมอเตอร์ (KV Rating) • องศาการหมุนของใบพัด (Pitch Angle) • ปริมาณอากาศที่ถูกผลักออกจากใบพัด • หากแรงขับไม่สมดุล UAV อาจเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง หรือหมุนรอบตัวเอง		
		
ภาพที่ 11 ผลกระทบของ แรงขับ (Thrust) ที่มีต่อโดรน		
5.2) แรงยก (Lift)		
แรงยกเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอากาศผ่าน ใบพัด CW และ CCW		
ปริมาณแรงยกขึ้นอยู่กับ		
• ความเร็วรอบของใบพัด • ขนาดและวัสดุของใบพัด • แรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อ UAV • หากแรงยกมากกว่าน้ำหนักของ UAV → UAV บินขึ้น • หากแรงยกลดลงต่อน้ำหนักของ UAV → UAV ลดระดับหรือลงจอด • หากแรงยกไม่สมดุล → UAV เอียงหรือล้มเหลวในการรักษาระดับการบิน		

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท		
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017	ใบเนื้อหา
		หน้าที่ 7
6. บทบาทของใบพัด CW และ CCW ในการรักษาสมดุลของการบิน		
ใบพัดของ UAV มี 2 ประเภทหลักคือ CW (Clockwise) และ CCW (Counter-Clockwise) โดยต้องวางสลับกันเป็นคู่เพื่อป้องกัน แรงบิดที่ทำให้ UAV หมุนรอบตัวเอง		
6.1) การทำงานของใบพัด CW และ CCW		
• ใบพัด CW หมุนตามเข็มนาฬิกา • ใบพัด CCW หมุนทวนเข็มนาฬิกา • หาก UAV มี 4 ใบพัด (Quadcopter) → จะต้องติดตั้งใบพัด CW และ CCW สลับตำแหน่งกัน • หากติดตั้งใบพัดผิดทิศทาง → UAV อาจหมุนรอบตัวเองหรือสูญเสียสมดุล		
6.2) ผลกระทบต่อการบิน		
แรงยกเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอากาศผ่าน ใบพัด CW และ CCW		
• หากใบพัด CW และ CCW ทำงานสมดุล → UAV บินขึ้นได้ตรงและเสถียร • หากแรงขับของใบพัด CW หรือ CCW มากกว่ากัน → UAV จะเอียงไปด้านใดด้านหนึ่ง • หากใบพัดตัวใดตัวหนึ่งหยุดทำงาน → UAV จะสูญเสียการทรงตัวและตกลงมา		
7. PID Controller		
PID Controller เป็นอัลกอริธึมควบคุมที่ใช้ปรับค่ามอเตอร์เพื่อให้ UAV รักษาสมดุลและควบคุมการเคลื่อนที่ ได้อย่างแม่นยำ		
7.1) PID Controller คืออะไร?		
• P (Proportional) – ควบคุมตามค่าผิดพลาดระหว่างค่าที่ต้องการกับค่าปัจจุบัน • I (Integral) – แก้ไขความผิดพลาดสะสมเพื่อให้ UAV คงที่ • D (Derivative) – ลดการสั่นไหวและช่วยให้ UAV ปรับตัวเร็วขึ้น		

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท		
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017	ใบเนื้อหา
		หน้าที่ 8



ภาพที่ 12 การใช้ PID Controller ควบคุมโดรน

7.2) ผลกระทบของ PID ต่อ UAV

- PID ช่วยให้ UAV สามารถรักษาระดับการบินขึ้น-ลงได้อย่างเสถียร
- หากตั้งค่า PID สูงเกินไป → UAV อาจสั่นหรือมีการตอบสนองเร็วเกินไป
- หากตั้งค่า PID ต่ำเกินไป → UAV อาจเคลื่อนที่ช้าและไม่สามารถปรับตัวได้เร็ว
- PID Controller ใช้ร่วมกับเซ็นเซอร์ Gyroscope และ Accelerometer เพื่อให้ UAV ปรับสมดุลอัตโนมัติ

8. การใช้ Neuro-Fuzzy Controller เพื่อปรับค่าควบคุมแบบอัจฉริยะ

Neuro-Fuzzy Controller เป็นระบบควบคุมที่สามารถเรียนรู้และปรับค่าควบคุมได้เองตามสถานการณ์ ซึ่งเป็นการผสมผสานระหว่าง Fuzzy Logic และ Neural Network

8.1) หลักการทำงานของ Neuro-Fuzzy Controller

- Fuzzy Logic → ใช้หลักการตัดสินใจแบบอ่อน (Soft Decision) แทนที่จะใช้ค่าแน่นอน (Crisp Value)
- Neural Network → ใช้การเรียนรู้จากข้อมูลเพื่อปรับค่าควบคุมให้เหมาะสม
- ใช้ข้อมูลจากเซ็นเซอร์ Gyroscope Accelerometer และ ToF Sensor เพื่อปรับค่าควบคุมมอเตอร์โดยอัตโนมัติ

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท

วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ

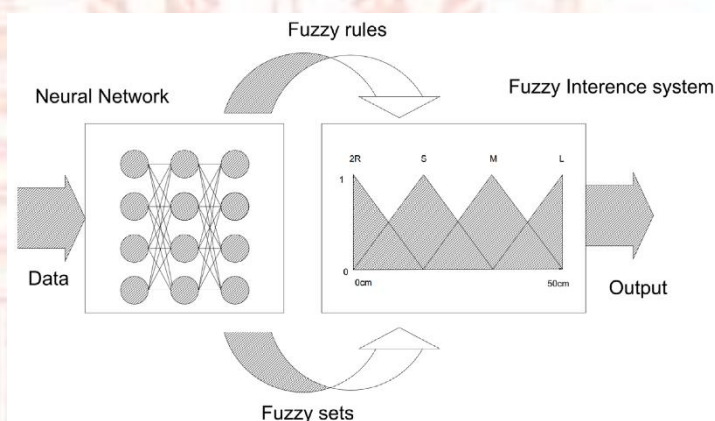
รหัสวิชา 30105-2017

ใบเนื้อหา

หน้าที่ 7

8.2) ข้อดีของ Neuro-Fuzzy Controller

- ปรับตัวได้ดีขึ้นในสภาวะที่เปลี่ยนแปลง เช่น แรงลม หรือการรบกวนจากสภาพอากาศ
- ลดข้อผิดพลาดจากการตั้งค่า PID ด้วยมือ
- หากตั้งค่า PID ต่ำเกินไป → UAV อาจเคลื่อนที่ช้าและไม่สามารถปรับตัวได้เร็ว
- ช่วยให้ UAV สามารถ บินขึ้น-ลงได้อย่างราบรื่น และปรับตัวได้อย่างชาญฉลาด



ภาพที่ 13 ระบบ Neuro-Fuzzy Controller

9. เปรียบเทียบ PID Controller กับ Neuro-Fuzzy

ปัจจัย	PID Controller	Neuro-Fuzzy
การตอบสนอง	เร็ว แต่ต้องตั้งค่าแม่นยำ	สามารถเรียนรู้และปรับค่าเองได้
เสถียรภาพ	ควบคุมเสถียร แต่ต้องจูนค่าเอง	ปรับสมดุลได้อัตโนมัติ
ความสามารถในการปรับตัว	ไม่สามารถเรียนรู้เองได้	เรียนรู้จากสถานการณ์และปรับค่าเอง
การใช้งาน	ใช้กันอย่างแพร่หลาย	ใช้สำหรับ UAV ขั้นสูง

แผนวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท																															
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ	รหัสวิชา 30105-2017																														
ใบงาน																															
หน้าที่ 2																															
กิจกรรมที่ 2: ทดลองเปลี่ยนตำแหน่งใบพัด CW และ CCW และสังเกตผลต่อการทรงตัว คำชี้แจง : 1. ทดลองติดตั้งใบพัด CW และ CCW สลับตำแหน่งกัน และสังเกตผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น 2. จดบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง																															
ตารางที่ 1 : การติดตั้งใบพัดในตำแหน่งต่างๆ <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">ใบพัดที่ 1</th> <th style="padding: 5px;">ใบพัดที่ 2</th> <th style="padding: 5px;">ใบพัดที่ 3</th> <th style="padding: 5px;">ใบพัดที่ 4</th> <th style="padding: 5px;">พฤติกรรมของ UAV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;">CCW</td> <td style="padding: 5px;">CW</td> <td style="padding: 5px;"></td> </tr> </tbody> </table> สรุปผลการทดลอง คำถามหลังการทดลอง 1. เมื่อเปลี่ยนตำแหน่งใบพัด CW และ CCW UAV มีพฤติกรรมการบินอย่างไร? 2. การติดตั้งใบพัดผิดตำแหน่งมีผลต่อแรงขับของ UAV อย่างไร? 		ใบพัดที่ 1	ใบพัดที่ 2	ใบพัดที่ 3	ใบพัดที่ 4	พฤติกรรมของ UAV	CW	CW	CW	CW		CW	CW	CCW	CCW		CW	CCW	CW	CCW		CCW	CCW	CCW	CCW		CCW	CW	CCW	CW	
ใบพัดที่ 1	ใบพัดที่ 2	ใบพัดที่ 3	ใบพัดที่ 4	พฤติกรรมของ UAV																											
CW	CW	CW	CW																												
CW	CW	CCW	CCW																												
CW	CCW	CW	CCW																												
CCW	CCW	CCW	CCW																												
CCW	CW	CCW	CW																												

แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท																					
วิชา : เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ รหัสวิชา 30105-2017	ใบงาน หน้าที่ 3																				
กิจกรรมที่ 3 : ทดสอบการเปลี่ยนค่า PID และสังเกตผลต่อความเสถียรของการบินขึ้น-ลง คำชี้แจง : 1. ทดลองปรับค่าต่าง ๆ ของ PID และสังเกตพฤติกรรมของ UAV ขณะบินขึ้น-ลง 2. จดบันทึกและวิเคราะห์ผลการทดลอง																					
ตารางที่ 2 : ทดลองปรับค่าต่าง ๆ ของ PID และสังเกตพฤติกรรมของ UAV <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">P</th> <th style="width: 20%;">I</th> <th style="width: 20%;">D</th> <th style="width: 40%;">พฤติกรรม ของ UAV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		P	I	D	พฤติกรรม ของ UAV																
P	I	D	พฤติกรรม ของ UAV																		
สรุปผลการทดลอง 																					
คำถามหลังการทดลอง 1. เมื่อเพิ่มค่า P สูงขึ้น UAV มีพฤติกรรมการบินอย่างไร? 2. ค่า I มีผลอย่างไรต่อความเสถียรของ UAV? 3. ค่า D มีบทบาทอย่างไรในการลดการสั่นของ UAV? 																					

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้



ภาพที่ ง-1 ขั้นตอนที่ 1 การอธิบายและแนะนำระบบควบคุมการบิน

ผู้สอนอธิบายการอธิบายและแนะนำระบบควบคุมการบิน และชี้ให้ผู้เรียนเข้าใจเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอากาศยานไร้คนขับ เพื่อให้การเรียนการสอนบรรลุตามวัตถุประสงค์



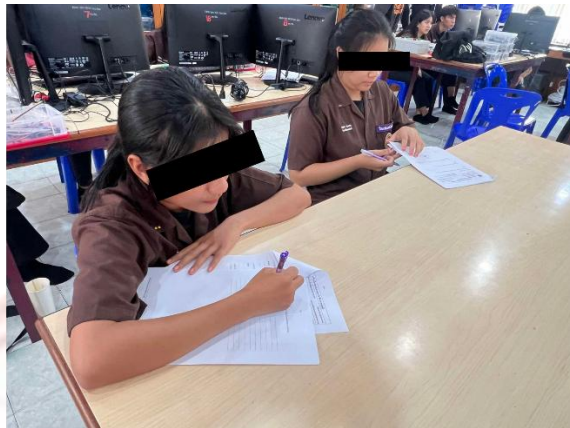
(ก)



(ข)

ภาพที่ ง-2 ขั้นตอนที่ 2 การทดลองควบคุมการบินขึ้น-ลง

ผู้สอนสาธิตวิธีการควบคุมอากาศยานไร้คนขับ เพื่อให้สามารถบินขึ้น-ลง โดยอธิบายหลักการทำงานของมอเตอร์และใบพัดที่ส่งผลต่อแรงขับ (Thrust) และแรงยก (Lift) รวมถึงการใช้ระบบควบคุมเพื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้สมดุล นอกจากนี้ ผู้สอนอธิบายถึงบทบาทของเซ็นเซอร์ ที่ช่วยรักษาเสถียรภาพของอากาศยาน และสาธิตการตั้งค่า PID Controller และ Neuro Fuzzy Controller เพื่อให้สามารถควบคุมการบินขึ้น-ลงได้อย่างราบรื่น



ภาพที่ ง-3 ขั้นตอนที่ 3 การปรับปรุงระบบควบคุม

ผู้เรียนทดลองโดยการติดตั้งใบพัดในรูปแบบต่างๆ จากนั้น ปรับระบบควบคุมโดย PID Controller และ Neuro-Fuzzy Controller พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองและ การประเมินประสิทธิภาพของระบบควบคุม



ภาพที่ ง-4 ขั้นตอนที่ 4 อภิปรายและสรุปผล

ผู้สอนเชื่อมโยงผลจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่ได้จากกิจกรรมกับเนื้อหารายวิชา สรุปประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา และเพิ่มเติมประเด็นที่ผู้เรียนยังไม่เข้าใจหรือยังเข้าใจไม่ครอบคลุม

ภาคผนวก จ

- นำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



นำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



(ก)



(ข)

ภาพที่ จ-1 นำเสนอผลงานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ AEIT 2025



ภาพที่ จ-2 เกียรติบัตรรับรองผลงานวิจัยในการนำเสนองานวิจัยในงานการประชุมวิชาการระดับชาติ

AEIT 2025

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายคมกริช กาญจนสมบัติ
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาชุดการเรียนรู้อากาศยานไร้คนขับโดยใช้ปัญญาประดิษฐ์ ควบคุมการเคลื่อนที่ร่วมกับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบปัญหาเป็นฐาน
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
ประวัติ	สำเร็จการศึกษา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า เอกวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อปีพุทธศักราช 2563
ประวัติการทำงาน	พ.ศ.2565 – ปัจจุบัน ครู คศ.1 แผนกวิชาช่างอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชัยนาท พ.ศ.2562 – 2563 : นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูใน สถานศึกษา แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี
อีเมล	komkrit.17247@gmail.com