ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

FLIGHT CONTROLLER PROGRAMMING TRAINING SET

FOR QUADROTOR HELICOPTER

เปี่ยมศักดิ์ นัยกุล

PIAMSAK NAIYAKUL

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2565

KMITL-2022-ED-M-232-012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLIGHT CONTROLLER PROGRAMMING TRAINING SET FOR QUADROTOR HELICOPTER

PIAMSAK NAIYAKUL

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION IN ELECTRONICS
SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2022

KMITL-2022-ED-M-232-012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2022

SCHOOL OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
นักศึกษา	นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล
รหัสประจำตัว	60603011
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2565
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กิติพงค์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผศ.ดร.พิชญ์สินี มะโน

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาคุณภาพ ประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ ใบงานการฝึกอบรมจำนวน 11 ใบงาน แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้าอบรมสถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการหาประสิทธิภาพ E_1/E_2

ผลการวิจัยพบว่าชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่พัฒนาขึ้น ด้านใบงานมีคุณภาพในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ มีคุณภาพในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) มีประสิทธิภาพ 84.56/82.96 เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 และความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.64) โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ซึ่งสามารถนำผลการวิจัยไปใช้ฝึกอบรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Flight Controller Programming Training Set for Quadrotor Helicopter
Student	Mr Piamsak Naiyakul
Student ID.	60603011
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2022
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kitipong Mano
Thesis Co-Advisor	Asst. Prof. Dr. Pitsini Mano

ABSTRACT

The purposes of this research ware to develop, detemine the quality and efficiency as well as the learner' s satisfaction toward flight controller programming training set for quadrotor helicopter. The sample consisted of fifteen first year engineering education students majoring in Electronics, Faculty of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang. The tools used in this study were a flight controller board and equipment, eleven experiment worksheets, quality assessment validated by the experts, an evaluative questionnaire on student satisfaction. The statistics utilized for data analysis were $\overline{X}$, S.D., and the efficiency of training set E_1/E_2.

The research results showed that the quality of worksheets aspect ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) and the flight controller board and equipment aspect ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) were at the great level. The efficiency of the flight controller programming training set for quadrotor helicopter or E_1/E_2 was 84.56/82.96, in accordance with the specified hypothesis 80/80. Learner satisfaction was at the most level ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.64).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงค์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญ์สินี มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจสอบ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในขั้นตอนสุดท้ายจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ นายปัญญา บุญรอด นายปวริศร์ ชัยโรจน์ศุภกุล อาจารย์ทรงพล นามคุณ อาจารย์พีรพงษ์ หงษ์โต และอาจารย์อานนท์ สิงห์จุ้ย ที่ได้กรุณาช่วยเหลือให้คำแนะนำและตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้ เพื่อปรับปรุงให้มีคุณภาพและมีความเหมาะสมต่อการวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณนำแบบทดสอบไปทดสอบกับกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัยและพัฒนาเครื่องบินไร้คนขับ บริษัท RV Connex จำนวน 6 คน และกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ จำนวน 4 คน รวมทั้งหมด 10 คน ที่ช่วยทำแบบทดสอบเพื่อหาความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ และขอขอบใจนักศึกษาปริญญาตรีชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 15 คน ที่ให้ความร่วมมือในการเป็นกลุ่มตัวอย่างให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในการวิจัยนี้ได้เป็นอย่างดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

เปี่ยมศักดิ์ นัยกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II
กิตติกรรมประกาศ..... III
สารบัญ..... IV
สารบัญตาราง..... VII
สารบัญภาพ..... VIII
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2
1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 3
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย..... 3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 4
1.6 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย..... 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 7
2.1 ความรู้เบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 7
2.2 ความรู้เบื้องต้นของบอร์ดควบคุมการบินสำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 17
2.3 การเขียนโปรแกรมด้วย Arduino IDE..... 29
2.4 การฝึกอบรม..... 39
2.5 การออกแบบสร้างชุดทดลอง..... 41
2.6 การประเมินสื่อการสอน..... 42
2.7 การหาประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน..... 46
2.8 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล..... 50
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 53

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย..... 57
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 57
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย..... 57
3.3 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล..... 74
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล.....76
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย..... 78

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....81
4.1 การประเมินคุณภาพด้านใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรม
บอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 81
4.2 การประเมินคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรม
การเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 82
4.3 การประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรม
บอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 84
4.4 การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรม
การเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 87
5.1 สรุปผลการวิจัย..... 87
5.2 อภิปรายผลการวิจัย..... 91
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 94

บรรณานุกรม..... 95

ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์จากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
และเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึง
ผู้ทรงคุณวุฒิ..... 99
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม ด้านบอร์ดควบคุมการบิน
และอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบิน
เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม ด้านบอร์ดควบคุมการบิน และอุปกรณ์..... 110
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 113
ภาคผนวก จ แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน..... 144
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินความพึงพอใจ..... 147
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 149
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 151
ภาคผนวก ฌ คู่มือการใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 167
ภาคผนวก ญ ภาพการใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 198

ประวัติผู้วิจัย..... 203

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

3.1 การวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม..... 59

4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้านใบงานจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 82

4.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์จากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ..... 83

4.3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 84

4.4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความพึงพอใจในด้านต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างมีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 85

ค.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการฝึกอบรม..... 111

ค.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์..... 112

ง.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 114

ง.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นที่ n = 10..... 138

ง.3 ค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความแปรปรวน..... 142

ช.1 คะแนนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)..... 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพ 8
2.2 ทิศทางการหมุนของใบพัด 9
2.3 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Throttle 9
2.4 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Roll 10
2.5 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Pitch 10
2.6 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Yaw 11
2.7 เฟรมรุ่น Martian II ขนาน 220 มม 11
2.8 บอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 12
2.9 การติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ 12
2.10 คันบังคับ 13
2.11 ชุดรับสัญญาณ (Receiver) 13
2.12 สัญญาณการควบคุมที่ออกจากชุดรับสัญญาณ ที่ใช้โหมด PWM 13
2.13 สัญญาณการควบคุมที่ออกจากชุดรับสัญญาณ ที่ใช้โหมด PPM 13
2.14 โมดูลบลูทูธ HC-05 (Master/Slave) 14
2.15 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์ 14
2.16 บอร์ดควบคุมไฟ 15
2.17 บอร์ดแปลงไฟเป็น 5V (DC-DC Step Down) 15
2.18 บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 1 ต่อ 1 15
2.19 บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 4 ใน 1 15
2.20 โปรโตคอลที่เป็น PWM หรือ Oneshot ในการสั่ง ESC ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ 16
2.21 โปรโตคอลที่เป็น Dshot ในการสั่ง ESC ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ 16
2.22 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน 16
2.23 ใบพัดแบบ 2 แฉก 17
2.24 ใบพัดแบบ 3 แฉก 17
2.25 ตัวอย่างบอร์ดควบคุมการบินที่มีขายทั่วไป 17
2.26 ขาของไอซี STM32F103RBT6 แบบแพ็คเกจ 48LQPF 18
2.27 ทิศทางของเซนเซอร์วัดความเร่ง และ เซนเซอร์ไจโร หรือ เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม 19
2.28 การเชื่อมต่อการสื่อสารอนุกรมแบบ I^2C 19
2.29 ค่าของเซนเซอร์วัดความเร่ง ทั้ง 3 แกนเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่ 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

2.30 ค่าของความเร็วเชิงมุม ที่หมุนรอบแกนต่างๆ 20
2.31 ค่าของข้อมูลที่ใช้ Smoothing Factor หรือ α ที่มีค่าต่างกัน 21
2.32 การหมุนรอบแกน X ของวัตถุสำหรับมุม Roll (ϕ) 22
2.33 การหมุนรอบแกน y' ของวัตถุสำหรับมุม Pitch (θ) 22
2.34 การหมุนรอบแกน z'' ของวัตถุสำหรับมุม Yaw (ψ) 23
2.35 การหมุนรอบแกน X ของวัตถุ จะได้สมการ $\omega_x = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ 24
2.36 ความผิดพลาดของการคำนวณมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม 25
2.37 ลำดับมุมของวัตถุกับค่าที่วัดได้ที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม 26
2.38 การประยุกต์ใช้งาน Complementary Filter 27
2.39 ผังการทำงานของระบบควบคุมพีไอดี 28
2.40 บอร์ด Arduino UNO 30
2.41 บอร์ด Arduino MEGA 30
2.42 โปรแกรม Arduino IDE 30
2.43 สัญญาณ PWM ความถี่ 500 Hz และคาบเวลาด้านสูง 1000 ไมโครวินาที 35
3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานการฝึกอบรม 61
3.2 บอร์ดควบคุมการบินต้นแบบ 63
3.3 การออกแบบบอร์ดควบคุมการบินให้ขนาดพอเหมาะกับเฟรมที่ใช้ 63
3.4 บอร์ดควบคุมการบินที่สมบูรณ์พร้อมติดตั้งกันสั่นสะเทือน 64
3.5 การประกอบบอร์ดควบคุมการบินกับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 64
3.6 แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 64
3.7 GUI สำหรับการตั้งค่าและแสดงท่าทางการบินของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 65
3.8 ขั้นตอนการสร้างบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ 66
3.9 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม 67
3.10 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ 70
3.11 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินการปฏิบัติงาน 72
3.12 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ 74
ฌ.1 บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ 169
ฌ.2 ส่วนประกอบเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 170
ฌ.3 รายละเอียดบอร์ดควบคุมการบิน 171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ฌ.4 รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาบอร์ดควบคุมการบิน 172
ฌ.5 ปุ่มบังคับของ Joy Stick 173
ฌ.6 เพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ 174
ฌ.7 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC) 174
ฌ.8 แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 175
ฌ.9 ตัวอย่างของโปรแกรม Arduino IDE 176
ฌ.10 โปรแกรม GUI_11-1 บนคอมพิวเตอร์ 176
ฌ.11 การใส่แบตเตอรี่ที่รีโมทควบคุม 178
ฌ.12 การเปิดรีโมทควบคุม 178
ฌ.13 การเข้าเมนูของ System Setup 179
ฌ.14 การเลือกโมเดล 179
ฌ.15 การตั้งชื่อโมเดล 180
ฌ.16 การเลือกชนิดของเครื่องบิน 180
ฌ.17 การตั้งค่า Output Mode เป็นแบบ PPM 181
ฌ.18 การตั้งค่า Servos Freq 181
ฌ.19 การตั้งโหมดการบังคับ 182
ฌ.20 การตั้งค่าเปิดการใช้งานสวิตช์ของตัวบังคับ 182
ฌ.21 การเข้าเมนูของ Functions Setup 183
ฌ.22 การตั้งค่า Aux Channels 183
ฌ.23 การปรับค่า End Point 184
ฌ.24 การปรับค่า Normal/Reverse ของสัญญาณที่ออกจาก Receiver 185
ฌ.25 การแสดงผลการบังคับที่จะถูกส่งไปที่ Receiver 185
ฌ.26 การตั้งค่า Failsafe 186
ฌ.27 การแสดงผลของหน้าจอเมื่อเข้าโหมด Rx Binding 187
ฌ.28 การเชื่อมขา GND กับขาสัญญาณบนช่อง B/VCC 187
ฌ.29 การแสดงสถานะของการจับคู่ที่สมบูรณ์ 188
ฌ.30 ตัวอย่างของโปรแกรม Arduino IDE 188
ฌ.31 แถบคำสั่ง File >> Preferences 189
ฌ.32 หน้าต่างของ Preferences 189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ฌ.33 แถบคำสั่งไปที่ Boards Manager..... 190
ฌ.34 หน้าต่างของ Boards Manager..... 190
ฌ.35 การติดตั้งไลบรารี STM32F1xx/GD32F1xx Boards เสร็จสิ้น..... 191
ฌ.36 วางโปรแกรมตัวอย่างลงไปที่ Arduino IDE..... 192
ฌ.37 วิธีการเลือกบอร์ด Generic STM32F103C Series..... 192
ฌ.38 การ Verify ของ Arduino IDE..... 193
ฌ.39 การต่อ ST-LINK V2 เข้ากับบอร์ด Flight Controller..... 194
ฌ.40 การ Upload ของ Arduino IDE..... 194
ฌ.41 การอัพโหลดลงบอร์ด Flight controller เสร็จสมบูรณ์..... 195
ฌ.42 การอัพโหลดลงบอร์ด Flight controller ไม่พบ ST-LINK..... 195
ฌ.43 แสดงผลการทำงานของบอร์ดควบคุมการบิน..... 195
ฌ.44 การยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในแนวแกน Roll..... 196
ฌ.45 การยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในแนวแกน Pitch..... 196
ฌ.46 การยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในแนวแกน Yaw..... 196
ฌ.47 การเก็บเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดลงในกล่อง..... 197
ฌ.48 การเก็บชุดฝึกอบรมลงในกล่อง..... 197
ญ.1 ใบงาน บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์..... 199
ญ.2 การบรรยายภาคทฤษฎี..... 199
ญ.3 บรรยากาศการประกอบและเขียนโปรแกรม..... 200
ญ.4 ผู้เข้ารับการอบรมปรับพารามิเตอร์พีไอดีแกน Roll..... 200
ญ.5 ผู้เข้ารับการอบรมปรับพารามิเตอร์พีไอดีแกน Pitch..... 201
ญ.6 ผู้เข้ารับการอบรมปรับพารามิเตอร์พีไอดีแกน Yaw..... 201
ญ.7 ผู้เข้ารับการอบรมทดลองบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด..... 202
ญ.8 ถ่ายภาพรวมผู้เข้ารับการอบรม..... 202

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโดรน (Drone) หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicles) เป็นเทคโนโลยีที่ผู้คนสนใจอย่างมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ทำหน้าที่ในการบังคับเครื่องบินแทนที่ของมนุษย์ หรือ เรียกว่าอากาศยานไร้คนขับ (กุลธิดา เด่นวิทยานันท์. 2559) อากาศยานไร้คนขับ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ 1) แบบปีกหมุน (Rotary Wing) มีแบบใบพัดเดียว (Single-Rotor) และแบบหลายใบพัด (Multi-Rotor) เคลื่อนตัวได้รวดเร็วและคล่องแคล่วเนื่องจากมีทั้งแบบ 4 6 และ 8 ใบพัด ไม่ต้องใช้ลานบินในการบิน 2) แบบปีกตรึง (Fixed Wing) ต้องมีลานบินในการนำเครื่องขึ้นบินและลงจอด ซึ่งประเภทนี้สามารถบินได้นานกว่าและเร็วกว่า เหมาะกับการใช้งานเพื่อสำรวจในพื้นที่กว้างใหญ่ สามารถบรรทุกของหนักได้ในระยะไกล และใช้พลังงานน้อย อากาศยานไร้คนขับถูกใช้ในวงการทหารและภารกิจสำหรับการป้องกันประเทศเป็นหลัก แต่ยุคปัจจุบัน โดรนกำลังเข้ามามีบทบาทต่อวงการธุรกิจหลายแขนง เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดเป็นประเภทที่นิยมอย่างกว้างขวางทั้งภาครัฐและเอกชน หรือแม้กระทั่งบุคคลทั่วไปตัวอย่างเช่น การใช้งานโดรนเพื่อบันทึกภาพจากมุมสูง การทำแผนที่ การใช้งานเพื่อสำรวจพื้นที่การเกษตรและชลประทาน การใช้งานเพื่อการสำรวจเรื่องส่งท่อก๊าซ การเอาไว้เก็บข้อมูลด้านสภาพอากาศ สภาพของการจราจร การลำเลียงขนส่งต่างๆ เป็นต้น (จุฬปรัชญ์ เพ็ชร์ช้าง. 2558 : 1)

มีงานวิจัยในด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เช่น งานวิจัยของ เสริมชัย ชัยเกษตรสิน (2560 : บทคัดย่อ) ได้มีการออกแบบอุปกรณ์เสริมสำหรับการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของเครื่องบินสี่ใบพัดขนาดเล็ก สุภาพร ปันคะปวง (2560 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาระบบลงจอดของอากาศยานสี่ใบพัดขนาดกลางให้สามารถลงจอดบนอากาศยานฐานรับส่งที่ลอยนิ่งเหนือพื้นด้วยการจับสีที่เป้าลงจอด และ ทรงพล มั่นจิตร(2558 : บทคัดย่อ) ได้เสนอการควบคุมระดับการบินและท่าทางการบินของอากาศยานสี่ใบพัดด้วยวิธีการทำให้เป็นเชิงเส้นแบบป้อนกลับ ที่มีการปรับปรุง อินพุตเสริมแบบใหม่ เป็นต้น ซึ่งเห็นได้ว่าเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมีแนวโน้มเติบโตขึ้นในอนาคต ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญในภาคส่วนนี้มากขึ้นเพื่อสร้างแอปพลิเคชันใหม่ๆ ในการออกแบบเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ต้องใช้ความรู้เกี่ยวข้องด้านเทคโนโลยีหลากหลายสาขาได้แก่ อิเล็กทรอนิกส์ กลศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ และ โทรคมนาคม เป็นต้น เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมีบอร์ดควบคุมการบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Flight Controller) เป็นหัวใจสำคัญในการประมวลผลและควบคุมเสถียรภาพการบิน บอร์ดควบคุมการบินประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ การพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยให้สามารถสร้างแอปพลิเคชันใหม่ๆ และขยายขอบเขตของงานได้หลากหลายมากขึ้น ดังนั้นความสามารถในการเขียนโปรแกรมหรือพัฒนาซอฟต์แวร์จึงเป็นที่ต้องการในยุคปัจจุบันและมีการสอนในระดับอุดมศึกษามากขึ้น (Cañas, J. M., et. al. 2020 : 1-2)

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดนั้นมีความยุ่งยากและซับซ้อนทั้งด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ในการพัฒนาใช้เวลามาก เนื่องจากต้องมีการวิเคราะห์และแก้ปัญหาต่างๆ จนถึงระดับล่าง โดยใช้ความรู้ความเข้าใจทางด้านการเขียนโปรแกรม ด้านอิเล็กทรอนิกส์ และด้านกลศาสตร์ เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้น เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดเป็นระบบที่ไม่เสถียร มีการควบคุมยุ่งยากซับซ้อนกว่าการควบคุมหุ่นยนต์ภาคพื้นดิน (Krajník, T., et al. 2011 : 2-3) ต้องใช้ทักษะการควบคุมสูง มีงานวิจัยของ สิทธิชัย อินทร์มั่ง (2558 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาชุดอบรมการสร้างและควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการให้ความรู้ความเข้าใจรวมทั้งการฝึกทักษะการปฏิบัติและสามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้ ซึ่งช่วยสร้างโอกาสการเรียนรู้แก่ผู้สนใจและเตรียมความรู้สำหรับผู้สนใจเข้าร่วมแข่งขันเกี่ยวกับการสร้างและควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ซึ่งผู้วิจัยต้องการเสริมงานวิจัยนี้ใน การพัฒนาเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้านการเขียนโปรแกรมและเข้าใจเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมากขึ้น

จากความสำคัญและปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เพื่อเพิ่มทักษะการพัฒนาและการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ให้ผู้เข้ารับการอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีคุณภาพอยู่ในระดับดี ($\overline{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

1.3.2 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

1.3.3 ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด อยู่ในระดับมาก ($\overline{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีกรอบแนวคิดดังนี้ คือ

1.4.1 การออกแบบและสร้างชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110-114) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยมีแนวทางในการออกแบบและสร้างตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลอง-สาธิตไปใช้ในการสอน
2. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ โดยกำหนดรายการหน้าที่ของอุปกรณ์
3. ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่
4. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์
5. สร้างต้นแบบและตรวจสอบ
6. เขียนแบบงาน
7. เตรียมเอกสารประกอบ

1.4.2 การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ได้แนวคิดมาจาก ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 6-19) โดยเกณฑ์ประสิทธิภาพหาได้จากการประเมินพฤติกรรมของนักศึกษา E_1 (Efficiency of Process) หรือประสิทธิภาพของกระบวนการ เทียบกับ E_2 (Efficiency of Product) หรือประสิทธิภาพผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของพรรณี ลีกิจวัฒนะ (2553) เกี่ยวกับการประเมินความพึงพอใจ ที่กล่าวว่าแบบประเมิน หมายถึง ชุดของข้อคำถามที่เป็นข้อความหรือบางครั้งใช้ภาพเป็นข้อคำถาม สำหรับให้ผู้ตอบ โดยการเขียน ซึ่งอาจเขียนตอบเป็นข้อความหรือเป็นเครื่องหมายตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจดังนี้

1. กำหนดหัวข้อแบบประเมินความพึงพอใจ
2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ
3. ตรวจสอบความถูกต้องของแบบประเมิน
4. ได้แบบประเมินความพึงพอใจ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 32 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากอาสาสมัครที่สนใจลงทะเบียนการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำนวน 15 คน

1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้มีตัวแปรที่จะศึกษาดังนี้

ตัวแปรต้น ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ตัวแปรตาม คือ คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

1.5.3 ขอบเขตเนื้อหา

เนื้อหาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประกอบด้วย

1. โครงสร้างของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
2. การควบคุมและโหมดการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
3. การเขียนโปรแกรมสั่งงานเอาต์พุตแบบดิจิทัล
4. การเขียนโปรแกรมสื่อสารผ่าน UART

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเขียนโปรแกรมการเขียน-อ่าน อีอีพร็อม
6. การเขียนโปรแกรมแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล
7. การเขียนโปรแกรมเอาต์พุตแบบ PWM เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์
8. การเขียนโปรแกรมอินพุตอินเตอร์รัพท์เพื่อที่จะอ่านค่าของสัญญาณรีโมทบังคับ
9. การเขียนโปรแกรมติดต่อเซนเซอร์และการประมวลผล
10. การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดและการปรับค่าพารามิเตอร์พีไอดี
11. การประยุกต์การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้วยโหมด ANGLE

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.6.1 ชุดฝึกอบรม หมายถึง ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ที่ประกอบด้วย ใบงานการฝึกอบรมจำนวน 11 ใบงาน บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

1.6.2 ใบงานการฝึกอบรม หมายถึง เอกสารที่ใช้ในการฝึกอบรมประกอบด้วย จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ทฤษฎีเบื้องต้น เครื่องมือที่ใช้ในการฝึกอบรม ขั้นตอนการปฏิบัติงาน คำถาม เพื่อนำไปใช้ร่วมกับบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ มีจำนวน 11 ใบงาน

1.6.3 บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ หมายถึง บอร์ดควบคุมการสำหรับบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เฟรมสำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด วิทยุบังคับ ตัวรับสัญญาณวิทยุ แบตเตอรี่ บอร์ดควบคุมไฟ บอร์ดควบคุมความเร็วของมอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน ใบพัด แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์ แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสำหรับการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมและการปรับค่าพีไอดี และโปรแกรมสำหรับการแสดงท่าทางการบินและปรับค่าพีไอดี

1.6.4 คุณภาพของชุดฝึกอบรม หมายถึง ผลที่ได้จากการประเมินคุณภาพของชุดฝึกอบรมของผู้ทรงคุณวุฒิ แบ่งออกเป็นสองด้าน คือ ด้านใบงานการฝึกอบรม และ ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

1.6.5 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่ผ่านการประเมินความเที่ยงตรงของเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อผู้เข้ารับการอบรมได้รับการฝึกอบรมสำเร็จจากชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6.6 แบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรม หมายถึง แบบทดสอบของแต่ละใบงานการฝึกอบรม เพื่อใช้ประเมินผู้เข้ารับการอบรมแต่ละใบงานการฝึกอบรม (ใบงานที่ 1-10)

1.6.7 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน หมายถึง แบบบันทึกผลการปฏิบัติงานและเกณฑ์การให้คะแนนระหว่างการฝึกอบรมแต่ละใบงานการฝึกอบรม เพื่อใช้ประเมินผลการปฏิบัติงานตามใบงานการฝึกอบรม

1.6.8 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม หมายถึง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมด้วยชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยมีประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่ต่ำกว่า 80/80 (E_1/ E_2)

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทดสอบระหว่างการฝึกอบรมร้อยละ 40 และผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานการฝึกอบรม (ใบงานที่ 1-10) รวมกัน ร้อยละ 60

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 40 และผลการปฏิบัติของใบงานที่ 11 ร้อยละ 60 (หลังจากอบรมใบงานที่ 1-10 เรียบร้อยแล้ว)

1.6.9 ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรม โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น มี 2 ด้าน คือ ด้านใบงานการฝึกอบรม และด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

1.6.10 ผู้ทรงคุณวุฒิ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมหรือควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดและมีวุฒิทางการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป หรือผู้ที่มีประสบการณ์ในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ หรือสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง มีประสบการณ์ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้ารายละเอียดข้อมูลจากเอกสาร บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปและเรียงลำดับความสำคัญ ดังนี้

2.1 ความรู้เบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

2.2 ความรู้เบื้องต้นของบอร์ดควบคุมการบินสำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

2.3 การเขียนโปรแกรมด้วย Aruino IDE

2.4 การฝึกอบรม

2.5 การออกแบบสร้างชุดทดลอง

2.6 การประเมินสื่อการสอน

2.7 การหาประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

2.8 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้เบื้องต้นของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้มีการพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพและความเสถียรอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแต่ก่อนนั้นส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ทางด้านการทหาร เช่น ทำการสอดแนม ทำการสำรวจพื้นที่เสี่ยงอันตราย และถ่ายภาพสำหรับการทำแผนที่ทางทหาร เป็นต้น โดยเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสามารถขึ้นลงในแนวดิ่งได้และสามารถลอยนิ่งๆ บนท้องฟ้าได้ ทำให้สามารถบินขึ้นหรือลงจอดได้บนพื้นที่ขนาดเล็กและจำกัดได้ ด้วยข้อดีเหล่านี้ ประชาชนเริ่มมีการนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ถ่ายภาพยนตร์ การสำรวจในพื้นที่ที่อันตรายสำหรับการกู้ภัย และ ใช้ในการเกษตรเพื่อพ่นยาหรืออาหารให้กับพืชผัก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.1 เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่นำมาใช้ในการถ่ายภาพ
ที่มา : (https://www.pexels.com/photo/quadcopter-flying-on-the-skey-1034812)

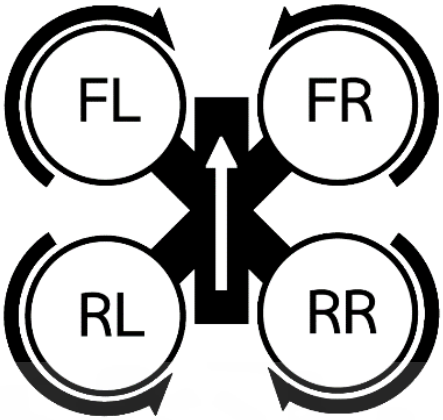
2.1.1 หลักการทำงานของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

นายสิทธิชัย อินทร์มั่ง (2558: 8-24) ได้มีการอธิบายหลักการทำงานของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดทำได้โดยการควบคุมความเร็วของใบพัดทั้งสี่ตัว ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดและแรงยกของแต่ละใบพัด จนเกิดท่าทางการบินในแบบต่างๆ ใบพัดทั้งสี่ตัวต้องทำงานสัมพันธ์กันทั้งทิศทางการหมุนและความเร็ว

1. ทิศทางการหมุนของใบพัด

- ใบพัดด้านหน้าข้างซ้าย (Front Left หรือ FL) จะมีทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise หรือ CW)
- ใบพัดด้านหน้าข้างขวา (Front Right หรือ FR) จะมีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counterclockwise หรือ CCW)
- ใบพัดด้านหลังข้างขวา (Rear Right หรือ RR) จะมีทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา
- ใบพัดด้านหลังข้างซ้าย (Rear Left หรือ RL) จะมีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 ทิศทางการหมุนของใบพัด

2. หลักการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

หลักการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสามารถแบ่งการควบคุมออกได้ 4 หลักดังนี้

2.1. การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (Throttle) ใบพัดทั้งสี่ตัว FL FR RL และ RR ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน

- ทำให้เครื่องบินต่ำลง ต้องลดความเร็วของใบพัด FL FR RL และ RR
- ทำให้เครื่องบินสูงขึ้น ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัด FL FR RL และ RR

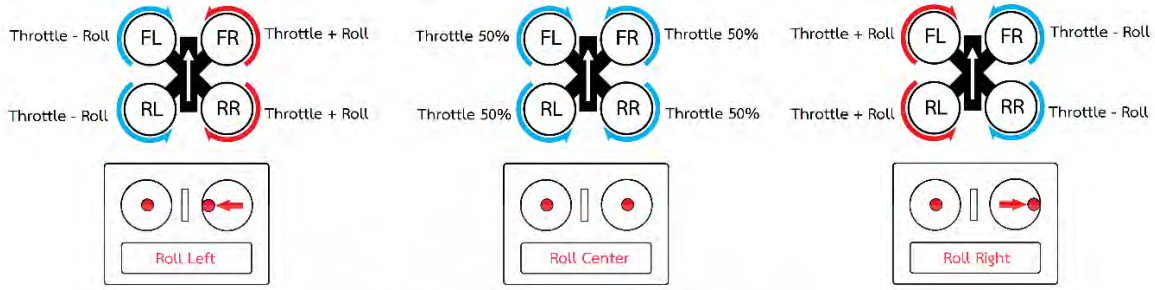
ภาพที่ 2.3 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Throttle

2.2. การเอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll) ใบพัดด้านซ้าย FL และ RL ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และใบพัดด้านขวา FR และ RR ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากันด้วยเช่นกัน

- ทำให้เครื่องเอียงซ้าย ต้องลดความเร็วของใบพัดด้านซ้าย FL และ RL และเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านขวา FR และ RR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำให้เครื่องเอียงขวา ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านซ้าย FL และ RL และลดความเร็วของใบพัดด้านขวา FR และ RR

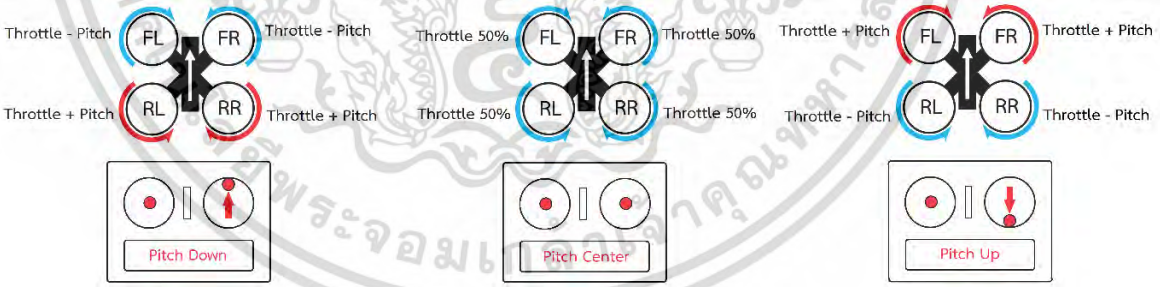


ภาพที่ 2.4 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Roll

2.3. การเอียงตัวหน้า-หลัง (Pitch) ใบพัดด้านหน้า FL และ FR ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และใบพัดด้านหลัง RL และ RR ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากันด้วยเช่นกัน

- ทำให้เครื่องเอียงหน้า ต้องลดความเร็วของใบพัดด้านหน้า FL และ FR และเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านหลัง RL และ RR

- ทำให้เครื่องเอียงหลัง ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านหน้า FL และ FR และลดความเร็วของใบพัดด้านหลัง RL และ RR



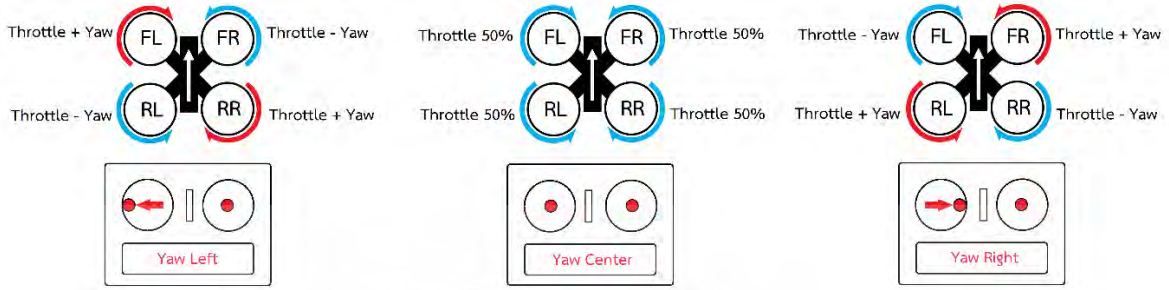
ภาพที่ 2.5 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Pitch

2.4. การหมุนซ้าย-ขวา (Yaw) ใบพัดในแนวทแยง FR และ RL ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และใบพัดในแนวทแยง FL และ RR ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากันด้วยเช่นกัน

- ทำให้เครื่องหมุนซ้าย ต้องลดความเร็วของใบพัดในแนวทแยง FR และ RL และเพิ่มความเร็วของใบพัดในแนวทแยง FL และ RR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ทำให้เครื่องหมุนขวา ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัดในแนวทแยง FR และ RL และลดความเร็วของใบพัดในแนวทแยง FL และ RR



ภาพที่ 2.6 ความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Yaw

2.1.2 โครงสร้างของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมีประกอบด้วย

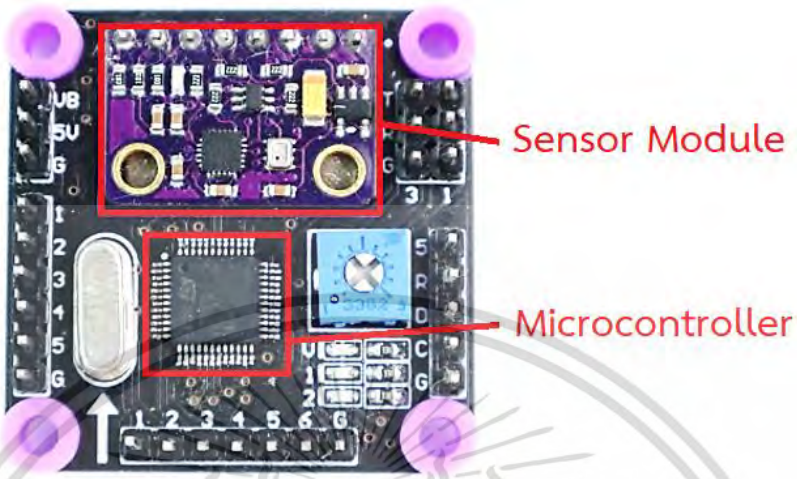
1. เฟรม (Frame) โครงสร้างเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด สามารถออกแบบได้หลายรูปแบบหลายขนาด นิยมทำมาจากคาร์บอนไฟเบอร์เพราะแข็งแรงและน้ำหนักเบากว่าวัสดุชิ้นอื่นๆ เพื่อให้สามารถรับแรงบิดและแรงสั่นสะเทือนที่มาจากมอเตอร์ได้ โดยส่วนตรงกลางสามารถใส่บอร์ดควบคุมการบิน และ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ส่วนขายื่นออกไปทั้งสี่มุมมีไว้เพื่อยึดมอเตอร์

ภาพที่ 2.7 เฟรมรุ่น Martian II ขนาน 220 มม.

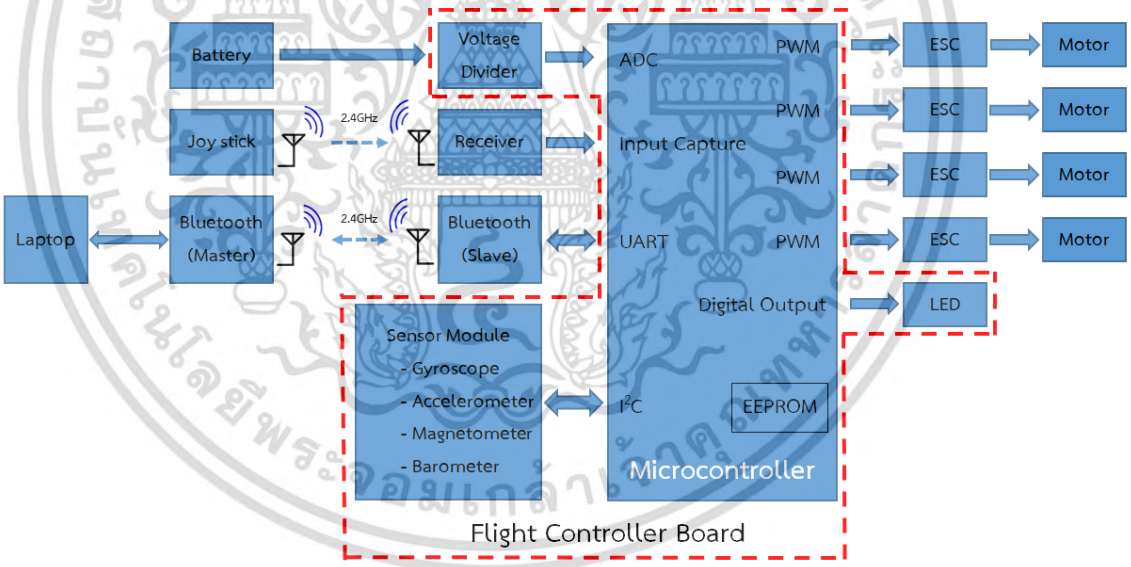
2. บอร์ดควบคุมการบิน เป็นหัวใจหลักในการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ซึ่งในบอร์ดนั้นจะมีเซนเซอร์อยู่หลายตัว เช่น เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) และ เซนเซอร์วัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetometer) และเซนเซอร์วัดความดันบรรยากาศ (Barometer) ซึ่ง บอร์ดควบคุมการบินจะรับค่าจากเซนเซอร์เหล่านี้ไปประมวล แล้วจะสั่งงานออกไปที่มอเตอร์และใบพัดเพื่อจะควบคุมเสถียรภาพในการบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้บอร์ดควบคุมการบินต้องรับสัญญาณควบคุมที่มาจากรีโมทคอนโทรลระยะไกล และส่งค่าท่าทางการบินต่างๆไป แสดงผลที่ภาคพื้นดิน (Ground Station) อีกด้วย



ภาพที่ 2.8 บอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด



ภาพที่ 2.9 การติดต่อสื่อสารระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ

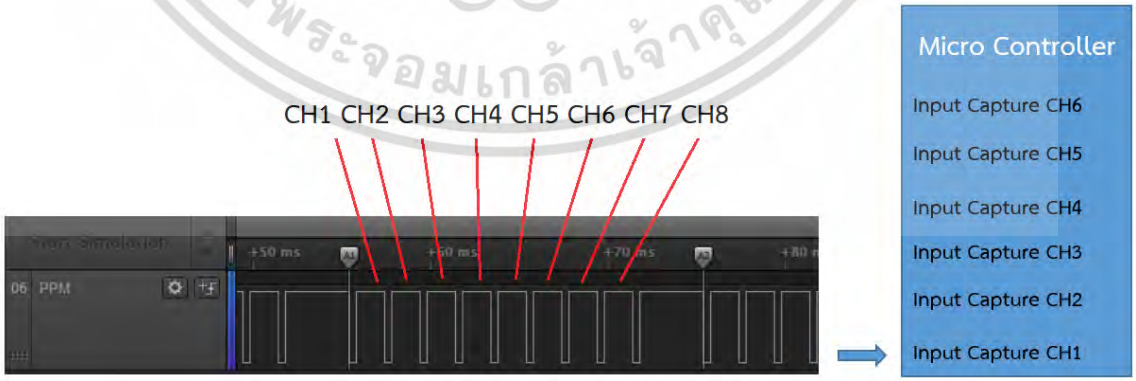
3. ชุดรับ-ส่งสัญญาณ (Signal Receive – Transmit System) จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) รับ-ส่งสัญญาณควบคุมการบินที่มาจากคันบังคับ (Joy Stick หรือ Radio) ซึ่งปุ่มควบคุมทิศทางและสวิทช์ควบคุมต่างๆ จะถูกเข้ารหัส (Encoder) จากนั้นจะถูกนำไปมอดดูเลชั่นกับสัญญาณวิทยุแล้วส่งออกไปหาภาครับสัญญาณแล้วถอดรหัส (Decoder) ซึ่งสามารถตั้งค่าของสัญญาณขาออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PWM (Pulse Width Modulation) หรือ PPM (Pulse Position Modulation) ได้ตามความเหมาะสม

ภาพที่ 2.10 คันบังคับ **ภาพที่ 2.11** ชุดรับสัญญาณ (Receiver)

ภาพที่ 2.12 สัญญาณการควบคุมที่ออกจากชุดรับสัญญาณที่ใช้โหมด PWM



ภาพที่ 2.13 สัญญาณการควบคุมที่ออกจากชุดรับสัญญาณที่ใช้โหมด PPM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2) รับ-ส่งข้อมูลการบิน (Data Telemetry) และคำสั่ง (Command) กับภาคพื้นดิน สามารถใช้เป็น Xbee Module หรือ Bluetooth เพื่อรับส่งแบบไร้สาย

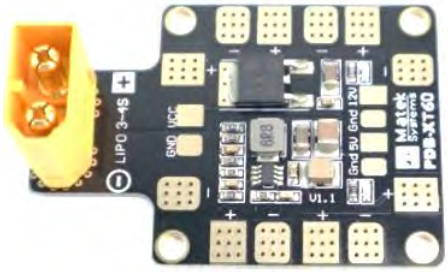
ภาพที่ 2.14 โมดูลบลูทูธ HC-05 (Master/Slave)

4. แบตเตอรี่ (Battery) เป็นพลังงานที่ใช้ไปเลี้ยงชุดอุปกรณ์อิเล็กทอร์นิกส์ต่างๆ และขับมอเตอร์ด้วย โดยทั่วไปจะใช้เป็นแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์ (Lithium Polymer) เพราะเป็นชนิดที่มีน้ำหนักเบาและสามารถจ่ายพลังงานได้สม่ำเสมอและยังสามารถจ่ายกระแสสูงชั่วขณะตอนที่มอเตอร์มีการกระชากได้

ภาพที่ 2.15 แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์

5. บอร์ดควบคุมไฟ (Power Distribution Board หรือ PDB) เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่มาจากแบตเตอรี่สูง ดังนั้น ต้องมีชุดลดแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสมกับชุดอุปกรณ์อิเล็กทอร์นิกส์ เช่น 3V 5V หรือ 12V เป็นต้น

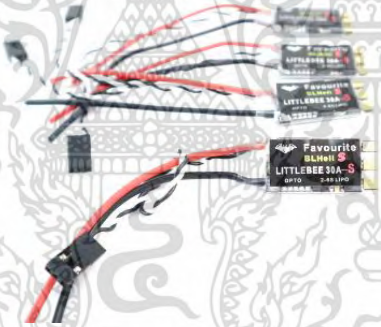
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.16 บอร์ดควบคุมไฟ

ภาพที่ 2.17 บอร์ดแปลงไฟเป็น 5V (DC-DC Step Down)

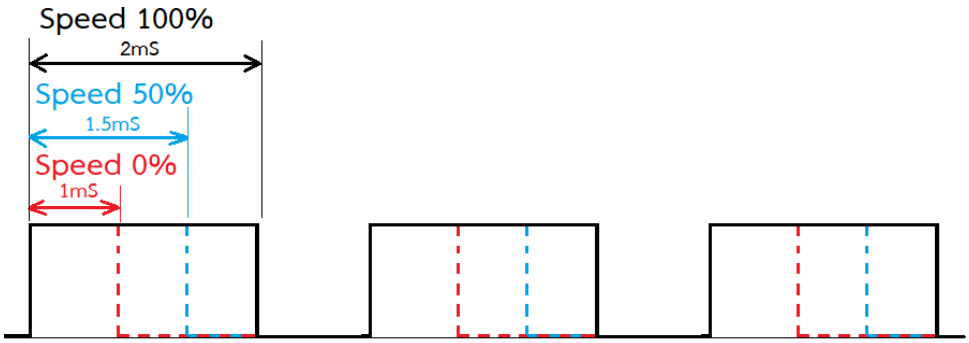
6. บอร์ดควบคุมความเร็ว (Electronic Speed Control หรือ ESC) ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ :ซึ่ง ESC จะรับคำสั่งจากบอร์ดควบคุมการบิน สามารถแบ่งโปรโตคอลได้เป็น 2 โหมดหลักๆ คือ 1) PWM หรือ Oneshot ซึ่งจะใช้ความกว้างของพัลส์ (Pulse Width หรือ PW) เป็นตัวปรับความเร็ว และ 2) Dshot (Digital Shot) ซึ่งจะเป็นการรับข้อมูลเป็นแบบอนุกรม ซึ่งจะมีความซับซ้อนกว่าแบบ PWM หรือ Oneshot



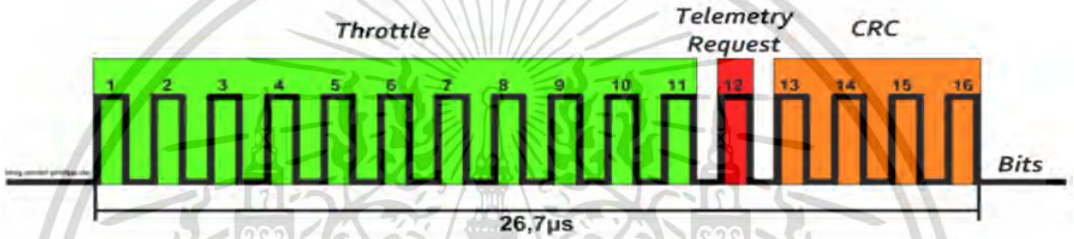
ภาพที่ 2.18 บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 1 ต่อ 1

ภาพที่ 2.19 บอร์ดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 4 ใน 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.20 โปรโตคอลที่เป็น PWM หรือ Oneshot ในการสั่ง ESC ควบคุมความเร็วของมอเตอร์



ภาพที่ 2.21 โปรโตคอลที่เป็น Dshot ในการสั่ง ESC ควบคุมความเร็วของมอเตอร์
ที่มา : (https://os.mbed.com/users/bwest32/notebook/dshot/)

7. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน (Brushless DC Motor หรือ BLDC Motor) มอเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวขับพลังของใบพัด ทำให้เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดเคลื่อนไปในทิศทางต่างๆ ได้ ซึ่งจะมีอยู่หลายขนาดและรอบความเร็วที่ต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ทั้งขนาดของเฟรม น้ำหนักทั้งลำ และลักษณะของใบพัดจะต้องมีความสัมพันธ์

ภาพที่ 2.22 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ใบพัด (Propeller) ใบพัดจะถูกติดตั้งอยู่กับมอเตอร์ เมื่อเกิดการหมุนจะทำให้เกิดแรงยกทำให้ตัวลำลอยขึ้นได้ ใบพัดที่นิยมนำมาติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จะมีส่วนผสมของพลาสติก ซึ่งจะมีหลายแบบ เช่น 2 แฉก 3 แฉก หรือ 4 แฉก เป็นต้น แล้วแต่ลักษณะการใช้งาน เพราะใบพัดจะส่งผลต่อการตอบสนองการควบคุมและการกินพลังงานที่แตกต่างกันด้วย

ภาพที่ 2.23 ใบพัดแบบ 2 แฉก

ภาพที่ 2.24 ใบพัดแบบ 3 แฉก

2.2 ความรู้เบื้องต้นของบอร์ดควบคุมการบินสำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล ARM แบบ 32 บิต ถูกนำมาพัฒนาและสร้างบอร์ดควบคุมการบิน อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงและทำงานด้วยความเร็วสูง ทำให้เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมีความเสถียรภาพในการรักษาสมดุลได้ดี

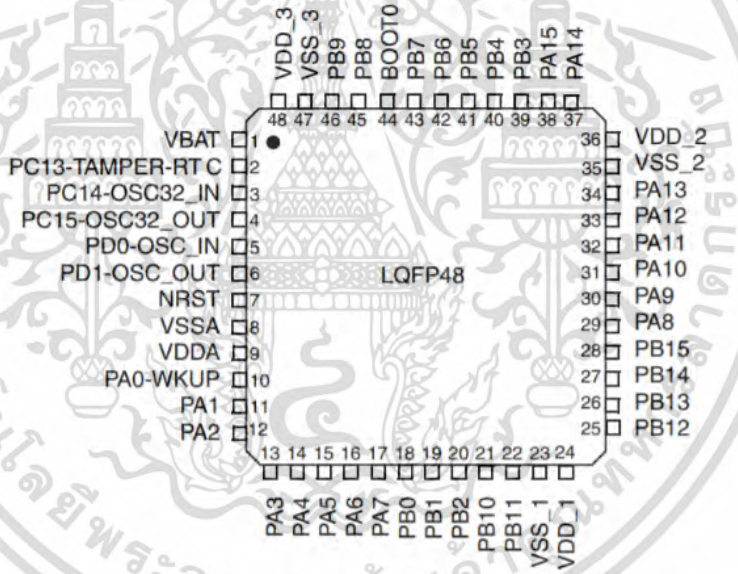
ภาพที่ 2.25 ตัวอย่างบอร์ดควบคุมการบินที่มีขายทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 เป็นไมโครคอนโทรเลอร์ในตระกูล ARM Cortex-M3 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ ขนาด 32-Bit ผลิตโดยบริษัท STMicroelectronics มีคุณสมบัติดังนี้

- เป็นโปรเซตเซอร์ ARM Cortex-M3 ขนาด 32 บิต ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 2.0 – 3.6 โวลต์
- ซีพียูทำงานที่ความเร็ว 72MHz
- หน่วยความจำแฟลช 128 กิโลไบต์ และ แรม 20 กิโลไบต์
- แพ็คเกจ 48LQPF
- GPIO จำนวน 37 พิน
- Timer แบบ 16 บิต (PWM, Input Capture) จำนวน 4 ชุด
- ADC แบบ 16 บิต จำนวน 10 ช่อง
- SPI จำนวน 2 ชุด I^2C จำนวน 2 ชุด USART จำนวน 3 ชุด USB จำนวน 1 ชุด
- CAN จำนวน 1 ชุด



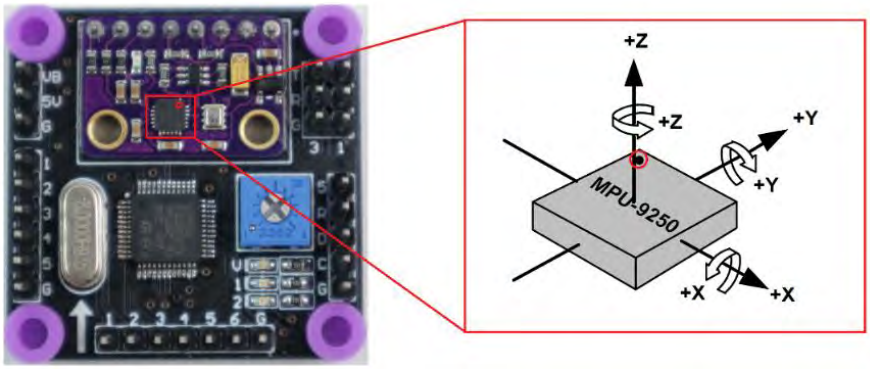
ภาพที่ 2.26 ขาของไอซี STM32F103RBT6 แบบแพ็คเกจ 48LQPF

ที่มา : (https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf)

2.2.2 หน่วยประมวลผลการเคลื่อนไหว (Motion Processing Unit)

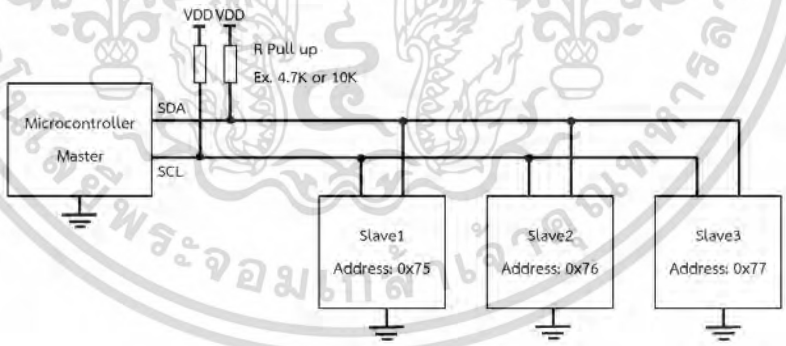
Motion Processing Unit คือหน่วยประมวลผลการเคลื่อนไหวซึ่งประกอบด้วย เซนเซอร์วัดความเร่ง เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม และ เซนเซอร์วัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก โดยติดต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่าน บัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.27 ทิศทางของเซนเซอร์วัดความเร่ง และ เซนเซอร์ไจโร หรือ เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม

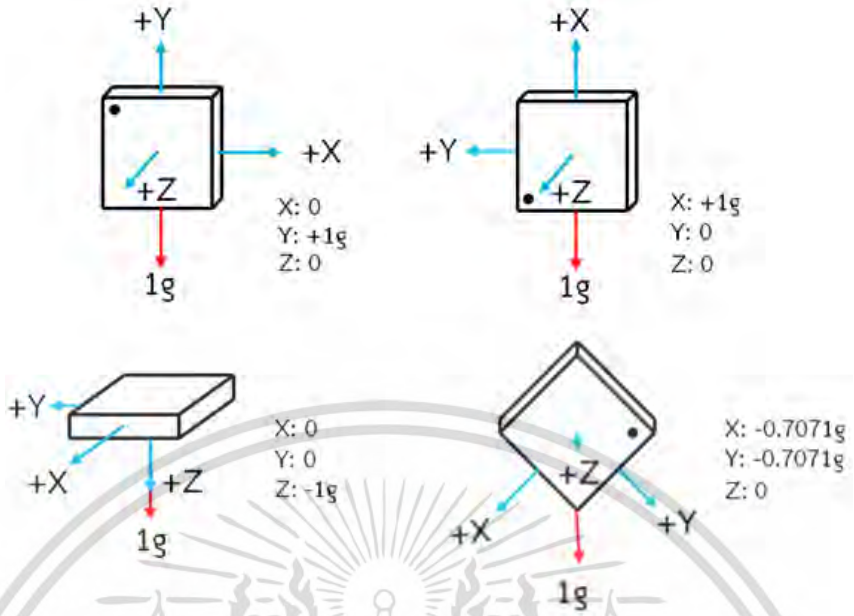
I^2C หรือ Inter-Integrated Circuit คือ รูปแบบการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนิยมใช้กับไมโครคอนโทรเลอร์ และอุปกรณ์เซนเซอร์ต่างๆ สามารถรับ-ส่งข้อมูลได้หลายอุปกรณ์ในบัสเดียวกัน ใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้นในการรับส่ง-ข้อมูล คือ SDA (Serial Data) คือ สายสัญญาณสำหรับรับ - ส่งข้อมูล และ SCL (Serial Clock) คือ สายสัญญาณนาฬิกา ใช้เป็นสำหรับควบคุมจังหวะการรับ-ส่งข้อมูล การเชื่อมต่อการสื่อสารอนุกรมแบบ I^2C ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) อุปกรณ์หลัก (Master Device) และ 2) อุปกรณ์ย่อย (Slave Device) ซึ่งตัวเป็น Master Device จะสามารถติดต่อ Slave Device ได้หลายตัวซึ่งแต่ละตัวจะต้องมี Address ไม่เหมือนกัน เพราะการติดต่อต้องอ้างอิง Address ของ Slave Device และสายสัญญาณทั้ง 2 เส้นต้องต่อตัวต้านทานแบบ Pull-up



ภาพที่ 2.28 การเชื่อมต่อการสื่อสารอนุกรมแบบ I^2C

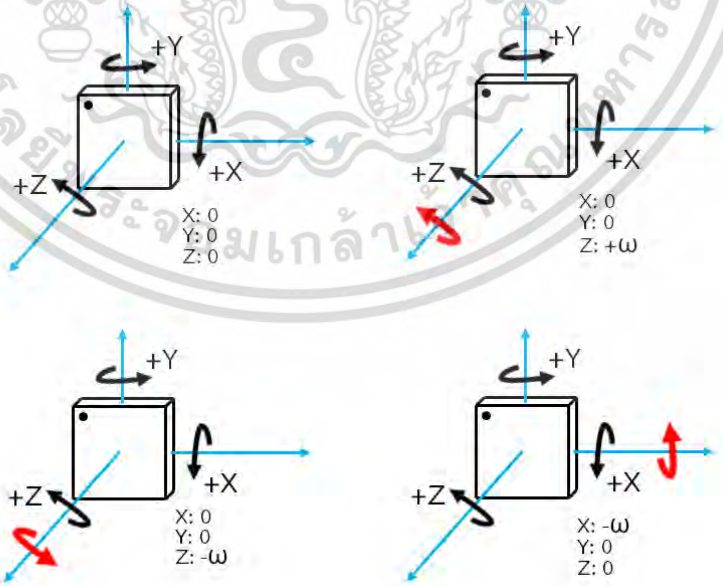
1. เซนเซอร์วัดความเร่ง เป็นเซนเซอร์วัดความเร่งที่เกิดในแนวแกน X Y และ Z ซึ่งเมื่อเซนเซอร์อยู่กับที่ (ไม่มีการเคลื่อนที่) จะเกิดความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Force) ซึ่งมีค่าประมาณ g = 9.81 m/s^2 หรือ 1 g เซ็นเซอร์ตัวนี้จะทำให้เราทราบว่ามีการเอียงของตัว IC กับความเร่งจากแรงโน้มถ่วงโลกด้วยมุมเท่าใด ถ้ามีการเคลื่อนที่จะทำให้ความเร่งจากตัวแปรอื่นมาทำให้คำนวณได้มุมที่ผิดเพี้ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.29 ค่าของเซนเซอร์วัดความเร่ง ทั้ง 3 แกนเมื่อไม่มีการเคลื่อนที่

2. เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม เป็นเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมรอบแกน X Y และZ โดยมีหน่วยเป็น องศา/วินาที (Degree/Second) ถ้าไม่มีการหมุนรอบแกน (วางนิ่งๆ) ค่าที่ออกจากเซนเซอร์มีค่าเท่ากับศูนย์



ภาพที่ 2.30 ค่าของความเร็วเชิงมุม ที่หมุนรอบแกนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตัวกรองข้อมูลความถี่ต่ำ (Digital Low-Pass Filter) ในการอ่านค่าจากเซนเซอร์นั้นจะมีสัญญาณรบกวนทำให้สัญญาณญาณที่ได้แกว่งไปมาทำให้ดูไม่เสถียรไม่เรียบเนียน ผู้ที่พัฒนาต้องทำฮาร์ดแวร์ (Hardware) ให้นิ่งและเสถียรมากที่สุดก่อน ถ้าค่ายังไม่นิ่งเท่าที่ควรผู้ที่พัฒนาสามารถใช้ซอฟต์แวร์ (Software) ทำให้หรือสัญญาณนิ่งและเรียบเนียนขึ้นด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ย หรือ ตัวกรองข้อมูลความถี่ต่ำ เป็นต้น ซึ่ง ตัวกรองข้อมูลความถี่ต่ำนิยมใช้มาก ซึ่งยอมให้ข้อมูลย่านความถี่ต่ำผ่านและลดทอนสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่าความถี่คัตออฟ

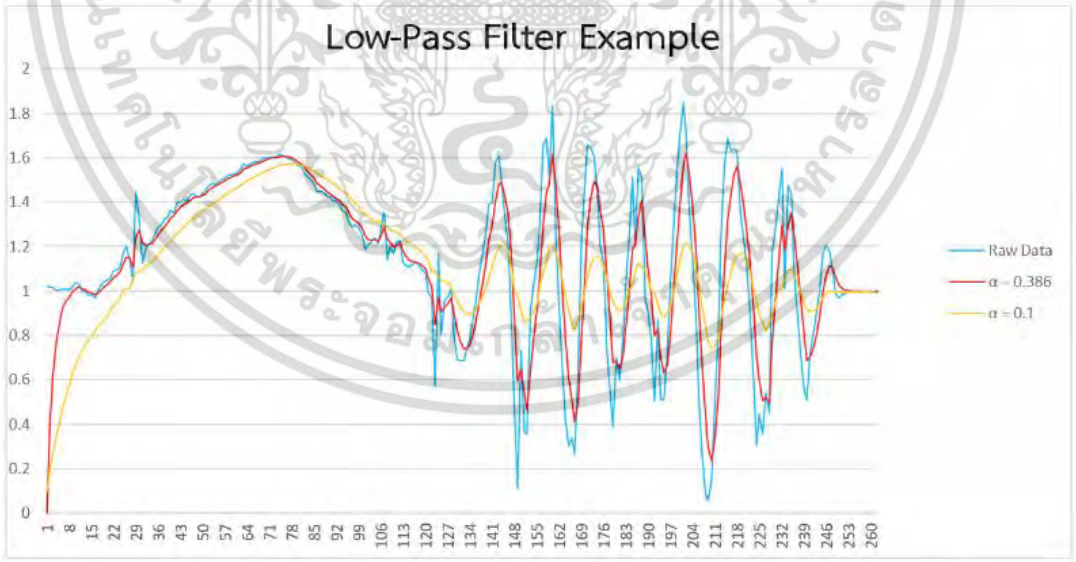
สมการ RC-Filter อย่างง่ายคือ

$$y_i = \alpha x_i + (1-\alpha) y_{i-1} \text{ โดยที่ } \alpha = \frac{\Delta T}{RC+\Delta T} \quad (2.1)$$

ซึ่ง Smoothing Factor หรือ α ซึ่งมีค่า $0 \leq \alpha \leq 1$

จาก $RC = \frac{1}{2\pi f_c}$ ดังนั้นจะหาค่า α ได้จาก

$$\alpha = \frac{2\pi \Delta T f_c}{2\pi \Delta T f_c + 1} \quad (2.2)$$



ภาพที่ 2.31 ค่าของข้อมูลที่ใช้ Smoothing Factor หรือ α ที่มีค่าต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวางตัวของวัตถุในระนาบ 3 มิติ (3D Orientation) จะอ้างอิงโดยการใช้มุมออยเลอร์ (Euler Angles) คือ มุมสมมุติใช้กำหนดการเปลี่ยนจากแกนอ้างอิงใดๆ เช่น แกนอ้างอิงตั้งต้น (Reference frame) เปลี่ยนไปเป็นแกนอ้างอิงของวัตถุ (Body Frame) เป็นต้น โดยการหมุนแกนอ้างอิงของวัตถุ ทั้ง 3 แกนตามลำดับ ซึ่งจะเกิดมุม Roll Pitch และ Yaw มุมที่เกิดจากลำดับของการหมุนแบ่งได้ 2 แบบ คือ Proper Euler Angles และ Tait–Bryan Angles

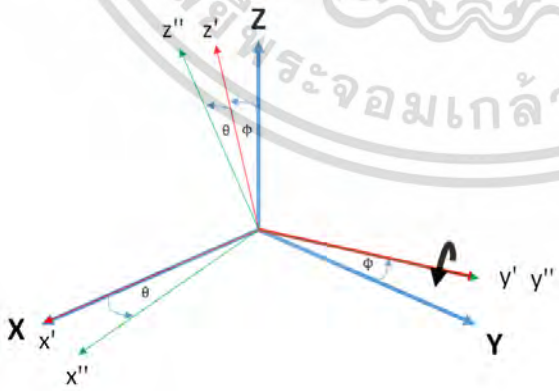
ลำดับการหมุนของ Proper Euler angles: ZXZ XYX YZY ZYZ XZX และ YXY

ลำดับการหมุนของ Tait-Bryan angles: XYZ YZX ZXY XZY ZYX และ YXZ

Krajník, T., et. al. (2016: 223–244) ได้มีการใช้เมทริกซ์ การหมุน เพื่อแปลงให้เป็นมุมออยเลอร์ Roll Pitch และ Yaw โดยเทียบกับความสัมพันธ์กับแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งจะได้จากการวัดของเซนเซอร์วัดความเร่ง ในตัวอย่างนี้จะเป็นการหมุน แบบ Tait-Bryan angles ซึ่งลำดับเป็น XYZ

$$R_X(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\phi & -\sin\phi \\ 0 & \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix}$$

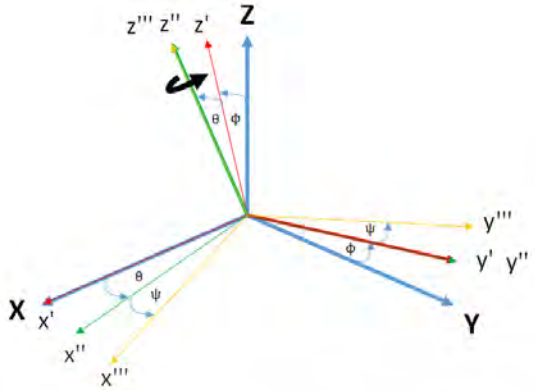
ภาพที่ 2.32 การหมุนรอบแกน X ของวัตถุสำหรับมุม Roll (ϕ)



$$R_Y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 2.33 การหมุนรอบแกน y’ ของวัตถุสำหรับมุม Pitch (θ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$R_Z(\psi) = \begin{bmatrix} cos\,\psi & -sin\,\psi & 0 \\ sin\,\psi & cos\,\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ภาพที่ 2.34 การหมุนรอบแกน z'' ของวัตถุสำหรับมุม Yaw (ψ)

จะได้เมทริกซ์การหมุนโดยหมุนมุม Roll (ϕ) Pitch (θ) และ Yaw (ψ) ตามลำดับ XYZ --> x'''y'''z'''

$$R_{RPY} = R_X(\phi)R_Y(\theta)R_Z(\psi)$$

$$R_{RPY} = \begin{bmatrix} cos\,\theta\,cos\,\psi & -cos\,\theta\,sin\,\psi & sin\,\theta \\ sin\,\phi\,sin\,\theta\,cos\,\psi + cos\,\phi\,sin\,\psi & cos\,\phi\,cos\,\psi - sin\,\phi\,sin\,\theta\,sin\,\psi & -sin\,\phi\,cos\,\theta \\ sin\,\phi\,sin\,\psi - cos\,\phi\,sin\,\theta\,cos\,\psi & cos\,\phi\,sin\,\theta\,sin\,\psi + sin\,\phi\,cos\,\psi & cos\,\phi\,cos\,\theta \end{bmatrix}$$

การประมาณค่ามุม Roll และ Pitch ด้วยค่าจากเซนเซอร์วัดความเร่งสามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Acc = \begin{bmatrix} Accx \\ Accy \\ Accz \end{bmatrix} = R_{RPY}(ar - g) \qquad (2.3)$$

กำหนดให้วัตถุเอียงบนระนาบ 3 มิติและไม่มีการเคลื่อนที่ $ar \approx 0$ และแรงโน้มถ่วงของโลกเกิดขึ้นที่แกน Z เท่ากับ –g จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} Accx \\ Accy \\ Accz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} cos\,\theta\,cos\,\psi & -cos\,\theta\,sin\,\psi & sin\,\theta \\ sin\,\phi\,sin\,\theta\,cos\,\psi + cos\,\phi\,sin\,\psi & cos\,\phi\,cos\,\psi - sin\,\phi\,sin\,\theta\,sin\,\psi & -sin\,\phi\,cos\,\theta \\ sin\,\phi\,sin\,\psi - cos\,\phi\,sin\,\theta\,cos\,\psi & cos\,\phi\,sin\,\theta\,sin\,\psi + sin\,\phi\,cos\,\psi & cos\,\phi\,cos\,\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ -g \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} Accx \\ Accy \\ Accz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -g\,sin\,\theta \\ g\,sin\,\phi\,cos\,\theta \\ -g\,cos\,\phi\,cos\,\theta \end{bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้มุม Roll และ Pitch ที่ประมาณค่าจากเซนเซอร์วัดความเร่ง

จาก $Accy = g\ sin\phi\ cos\theta$ และ $Accz = -g\ cos\phi\ cos\theta$

จะได้ว่า

$$Roll_{acc} = \phi_{acc} = tan^{-1}\left(\frac{-Accy}{Accz}\right) \text{ หรือ}$$

$$atan2(-Accy, Accz) \quad \textbf{(2.4)}$$

จาก $cos\theta = \sqrt{Accy^2 + Accz^2}$ และ $Accx = -g\ sin\theta$

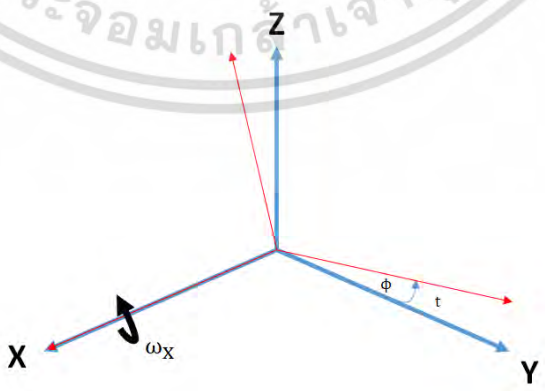
จะได้ว่า

$$Pitch_{acc} = \theta_{acc} = tan^{-1}\left(\frac{-Accx}{\sqrt{Accy^2 + Accz^2}}\right) \text{ หรือ}$$

$$atan2\left(-Accx, \sqrt{Accy^2 + Accz^2}\right) \quad \textbf{(2.5)}$$

ในการประมาณค่ามุมโดยใช้ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งมีสัญญาณรบกวนมากเนื่องจากเป็นเซนเซอร์วัดความเร่งจากการเคลื่อนที่ หรือ จากการสั่นสะเทือนที่มากกว่าแรงโน้มถ่วงโลกทำให้ได้มุมที่ผิดเพี้ยนบางช่วงเวลา

การประมาณค่ามุม Roll Pitch และ Yaw ด้วยค่าจากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม สามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังนี้



ภาพที่ 2.35 การหมุนรอบแกน X ของวัตถุ จะได้สมการ $\omega_x = \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

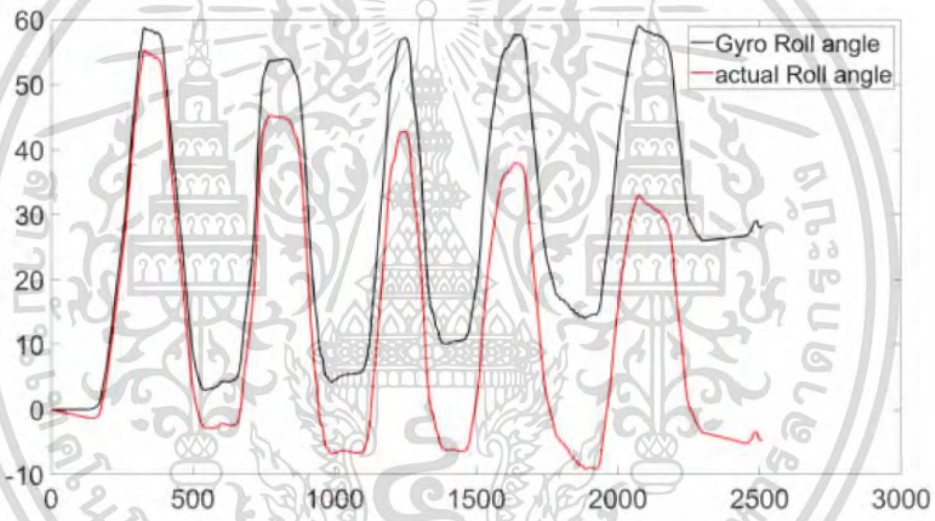
จะได้มุม Roll Pitch และ Yaw ที่ประมาณค่าจากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม

$$Roll_{gyro} = \phi_{gyro} => \phi_i = \phi_{i-1} + \omega_x\, dt \quad (2.6)$$

$$Pitch_{gyro} = \theta_{gyro} => \theta_i = \theta_{i-1} + \omega_y\, dt \quad (2.7)$$

$$Yaw_{gyro} = \psi_{gyro} => \psi_i = \psi_{i-1} + \omega_z\, dt \quad (2.8)$$

Albaghdadi, A.F. and Ali, A.A. (2019: 71-77) พบว่าการประมาณค่าของมุมโดยใช้เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม มาหาปริพันธ์ทำให้เกิดค่าความผิดพลาดจากการวัดสะสมไปเรื่อยๆ ทำให้วัตถุจริงกับค่าที่วัดออกมาไม่ตรงกัน

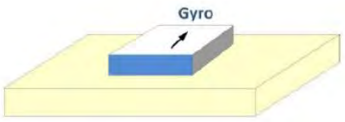


ภาพที่ 2.36 ความผิดพลาดของการคำนวนมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม
ที่มา : (Albaghdadi, A.F. and Ali, A.A. (2019:72))

และพบปัญหาว่าเมื่อมีการเอียงของวัตถุด้วยมุม Roll หรือ มุม Pitch จากนั้น ทำการหมุนแกน Yaw จะทำให้มุมที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนกับวัตถุจริงมากจาก ภาพที่ 2.36 เริ่มจาก
ภาพ (ก) เริ่มต้นที่ค่าเท่ากับ 0 ถัดมา ภาพ (ข) ทำการยก มุม Pitch เท่ากับ 45 องศาซึ่งค่าที่วัดออกมาก็ได้ 45 องศาเท่ากัน จากนั้นภาพ (ค) มีการหมุนวัตถุด้วยมุม Yaw เท่ากับ 90 ซึ่งวัตถุจริงจะเป็นมุม Pitch เท่ากับ 0 องศาและมุม Roll เท่ากับ 45 องศา แต่ค่าที่วัดออกมานั้นไม่ถูกต้องเพราะ มุม Pitch เท่ากับ 45 องศา และ มุม Roll เท่ากับ 0 องศา

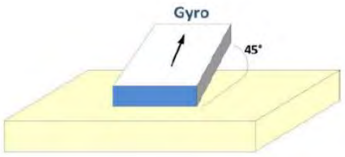
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุม Pitch จริง = 0
มุม Roll จริง = 0
มุม Yaw จริง = 0
มุม Pitch วัดได้ = 0
มุม Roll วัดได้ = 0
มุม Yaw วัดได้ = 0



(ก)

มุม Pitch จริง = 45
มุม Roll จริง = 0
มุม Yaw จริง = 0
มุม Pitch วัดได้ = 45
มุม Roll วัดได้ = 0
มุม Yaw วัดได้ = 0



(ข)

มุม Pitch จริง = 0
มุม Roll จริง = 45
มุม Yaw จริง = 90
มุม Pitch วัดได้ = 45
มุม Roll วัดได้ = 0
มุม Yaw วัดได้ = 90

(ค)

ภาพที่ 2.37 ลำดับมุมของวัตถุกับค่าที่วัดได้ที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม
ที่มา : (Albaghdadi, A.F. and Ali, A.A. (2019: 73))

ดังนั้น จึงได้มีการปรับปรุงสมการเพิ่มชดเชยมุม Roll และ Pitch ด้วยค่าจากมุม Yaw จะได้ว่า

$$Roll_{gyro} = \phi_{gyro} \Rightarrow \phi_i = (\phi_{i-1} + \omega_x \Delta t) + (\theta_{i-1} * \sin(\omega_z \Delta t)) \quad \textbf{(2.9)}$$

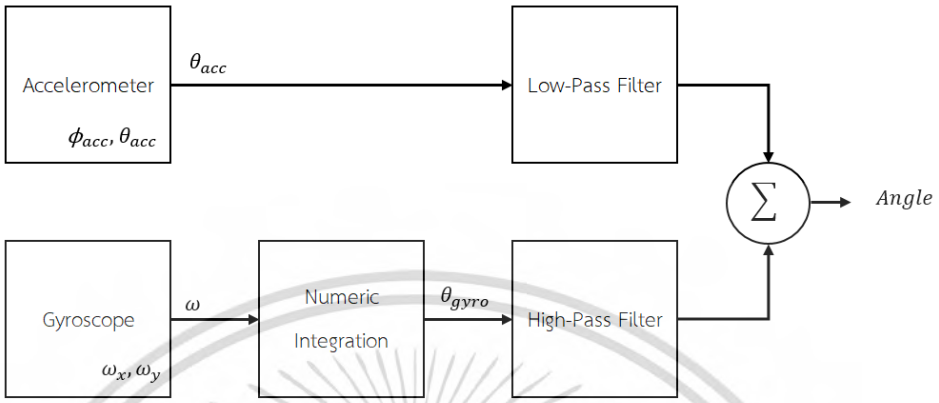
$$Pitch_{gyro} = \theta_{gyro} \Rightarrow \theta_i = (\theta_{i-1} + \omega_y \Delta t) - (\phi_{i-1} * \sin(\omega_z \Delta t)) \quad \textbf{(2.10)}$$

ในการประมาณค่ามุมโดยใช้ค่าที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม มาหาปริพันธ์ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีคาบเวลา เพื่อใช้ในการประมวลผล คือ Δt ซึ่งจะค่าความผิดพลาดแต่ละครั้งของการประมวลผลจะถูกสะสมด้วยเช่นกัน ทำให้วัตถุจริงกับผลที่วัดได้มีค่าที่ไม่ตรงกัน แต่ค่าที่ได้นี้ไม่มีผลกับแรงโน้มถ่วงโลก

5. Complementary Filter ซึ่ง Albaghdadi, A.F. and Ali, A.A. (2019: 71-77) ได้มีการใช้ Complementary filter เพื่อประมาณค่ามุมเอียงของวัตถุโดยการนำค่าจาก 2 เซนเซอร์ คือ เซนเซอร์วัดความเร่ง และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม การประมาณมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร่งจะผ่าน Low-Pass Filter เพื่อตัดสัญญาณรวบกวนในย่านความถี่สูง ที่มาจากการเคลื่อนที่และการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ การประมาณมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมจะผ่าน High-Pass Filter ทำให้ประมาณผลมุมได้เร็วต่อการตอบสนองและการประมาณมุมที่ได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์วัดความเร่ง ที่ผ่าน Low-Pass Filter จะชดเชยค่าผิดพลาดสะสมของมุมที่มาจากการประมาณมุมที่ได้จากเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม



ภาพที่ 2.38 การประยุกต์ใช้งาน Complementary Filter

จะได้มุม Roll และ Pitch จาก Complementary Filter

$$Roll = \phi => \phi_i = (\alpha)\,(\phi_{i-1} + \omega_x\,\Delta t) + (1-\alpha)\phi_{acc} \quad (2.11)$$

$$Pitch = \theta => \theta_i = (\alpha)\,(\theta_{i-1} + \omega_y\,\Delta t) + (1-\alpha)\theta_{acc} \quad (2.12)$$

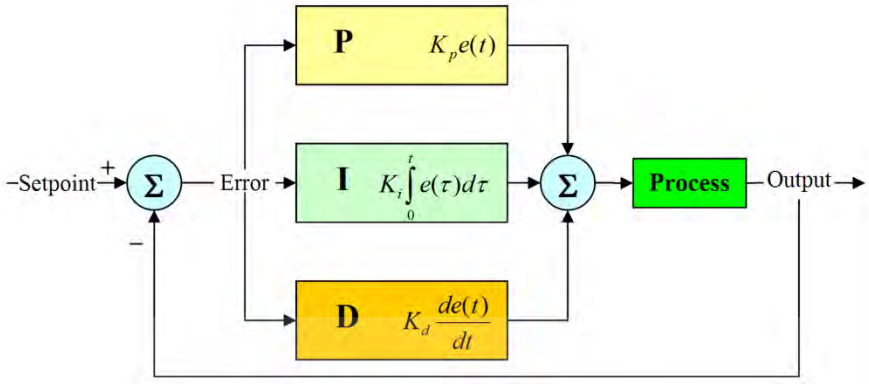
ความสัมพันธ์ของ α และ ระยะเวลาของสัญญาณ (Time Constant) สำหรับตัวกรองความถี่ทั้ง Low/High-Pass Filter จะได้ว่า

$$\tau = \frac{\alpha \cdot \Delta t}{1-\alpha} \quad (2.13)$$

Δt คือ คาบของการประมวลผล

6. ระบบควบคุมพีไอดี (PID Controller) คือระบบควบคุมแบบสัดส่วน-ปริพันธ์-อนุพันธ์ เป็นระบบควบคุมแบบป้อนกลับที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ตัวควบคุมจะทำการประมวลโดยใช้ค่าความแตกต่างที่มาจากตัวแปรในกระบวนการและค่าที่ต้องการควบคุม ซึ่งตัวควบคุมจะพยายามลดค่าผิดพลาดให้เหลือน้อยที่สุดด้วยการปรับค่าสัญญาณขาเข้าของกระบวนการ ค่าตัวแปรของ พีไอดี ที่ใช้จะปรับเปลี่ยนตามธรรมชาติของระบบ (กัปตัน เตียวตระกูล, 2556 : 52) ดังแสดงในภาพที่ 2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.39 ผังการทำงานของระบบควบคุมพีไอดี
ที่มา : (กัปตัน เตียวตระกูล, 2556)

การควบคุมแบบพีไอดีนั้นเกิดจากผลรวมของสัดส่วนทั้ง 3 เทอม คือ

$$\boldsymbol{MV(t) = P_{out} + I_{out} + D_{out}} \quad (2.14)$$

พจน์สัดส่วน (Proportional) เป็นส่วนของอัตราการขยายของค่าความผิดพลาด

$$\boldsymbol{P_{out} = K_p e(t)} \quad (2.15)$$

พจน์ปริพันธ์ (Integral) เป็นส่วนของอัตราขยายของความผิดพลาดสะสม

$$\boldsymbol{I_{out} = K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau} \quad (2.16)$$

พจน์อนุพันธ์ (Derivative) เป็นส่วนของอัตราขยายของความแตกต่างระหว่างความผิดพลาดปัจจุบันและความผิดพลาดก่อนหน้า

$$\boldsymbol{D_{out} = K_d \frac{d}{dt} e(t)} \quad (2.17)$$

เทอม สัดส่วน ปริพันธ์และอนุพันธ์ จะนำมารวมกันเป็นสัญญาณขาออกของการควบคุมแบบพีไอดี กำหนดให้ $\boldsymbol{u(t)}$ เป็นสัญญาณขาออก จะได้สมการ พีไอดี ดังนี้

$$\boldsymbol{u(t) = MV(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau)\, d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)} \quad (2.18)$$

7. เทคนิคการปรับค่า พีไอดี สำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ปัทมา ชูกลิ่น (2557: 62-63) ได้มีการปรับตั้งค่า K_p K_i และ K_d โดยใช้หลักการสังเกตพฤติกรรมการตอบสนองของอากาศยาน ปรับเพื่อให้การทรงตัวมีความเสถียรภาพ หากค่าเกนไม่เหมาะสม น้อยเกินไปจะไหลไปไหลมา และถ้ามากเกินไปจะเกิดการกระเพื่อมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1. การปรับค่า K_p K_i และ K_d ของแกน Roll และ Pitch

- เมื่อทำการบิน ถ้าหาก K_p มีค่าต่าเกินไป แกน Pitch และ Roll จะขยับขึ้นลงช้า หรือไม่ถึงจุด Setpoint ในทางตรงกันข้าม ถ้าหาก K_p สูงเกินไป แกน Pitch และ Roll จะเกิดการสั่น (อาการสะบัดขึ้นลง)

- เมื่อปรับ K_p จน Hovering นิ่งแล้ว ทดสอบโยก Stick บังคับ Roll หรือ Pitch แล้วหยุด ถ้ามีอาการกระเพื่อมเมื่อหยุด แสดงว่า K_d มีค่าสูงเกินไป แต่ถ้ามีอาการหยุดช้าหรือเลยตำแหน่งไปแสดงว่า K_d มีค่าต่าเกินไป

- การปรับ K_i เมื่อไม่มีการบังครับ Stick ของแกน Roll และ Pitch ถ้าอาการของตัวเครื่องมีการไม่ค้างท่าทางเดิมหรือเกิดการไหลแสดงว่า K_i มีค่าต่ำหรือมากไป ดังนั้นถ้า K_i เหมาะสมเครื่องจะท่าทางเดิม

7.2. การปรับค่า K_p K_i และ K_d ของแกน Yaw

- ถ้า K_p ต่ำเกินไปจะมีอาการหมุนในแนวแกน YAW ถ้า K_p สูงเกินไปจะมีอาการสะบัด ตอบสนองช้า

- การปรับ K_i ที่เหมาะสมจะช่วยให้ตัวลำค้างท่าทางเดิม ถ้าสูงเกินไปอาจจะมีอาการไหลเช่นเดียวกัน

2.3 การเขียนโปรแกรมด้วย ARDUINO IDE

“Arduino เป็นแพลตฟอร์มต้นแบบด้านอิเล็กทรอนิกส์แบบโอเพ่นซอร์ส ซึ่งใช้ฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ที่ยืดหยุ่นและใช้งานง่าย มีไว้สำหรับศิลปิน นักออกแบบ งานอดิเรกและทุกคนที่สนใจในการสร้างวัตถุเชิงโต้ตอบหรือสภาพแวดล้อม” (ประภาส สุวรรณเพรช. 2560: 14)

โครงการ Arduino มีผู้ร่วมก่อตั้ง 5 คน ได้แก่ Massimo Banzi, David Cuartielles, David Mellis, Tom Igoe, และ Gianluca Martino โดยเริ่มโครงการมาตั้งแต่ช่วงปี 2005 ซึ่งคำว่า Arduino แปลว่า เพื่อนแท้ (Strong friend หรือ Brave friend) ในภาษาอิตาลี ผู้ก่อตั้งมีความประสงค์ให้อุปกรณ์ที่ทำนั้นมีราคาถูกเมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลอื่น ๆ เพื่อให้ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ง่าย แพลตฟอร์ม Arduino ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

2.3.1 ฮาร์ตแวร์ เป็นบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นชิ้นส่วนหลัก ประกอบร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะเรียกชุดอิเล็กทรอนิกส์นี้ว่า “บอร์ด Arduino” โดยบอร์ด Arduino มีหลายรุ่นให้เลือกใช้ตามความเหมาะสมของงาน โดยในแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันในเรื่องของขนาดของบอร์ด หรือสเปค เช่น จำนวนของขารับส่งสัญญาณ แรงดันไฟที่ใช้ ประสิทธิภาพของ MCU เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.40 บอร์ด Arduino UNO

ที่มา : (https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3)

ภาพที่ 2.41 บอร์ด Arduino MEGA

ที่มา : (https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3)

2.3.2 ซอฟต์แวร์ ภาษาที่ใช้เขียนโค้ดควบคุมบอร์ด Arduino เป็นภาษาที่มีไวยากรณ์แบบเดียวกับภาษา C/C++ ซึ่งจะใช้โปรแกรม Arduino IDE โปรแกรมนี้เป็นเครื่องมือสำหรับเขียนโค้ดโปรแกรม การคอมไพล์โปรแกรม (การแปลงไฟล์ภาษาซีให้เป็นภาษาเครื่อง) และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด

ภาพที่ 2.42 โปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิทัล เป็นการเขียนโปรแกรมการใช้งานขาของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบดิจิทัล ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

pinMode(mode) เป็นการกำหนดให้ขาของไมโครคอนโทรเลอร์เป็นโหมดอินพุตหรือโหมดเอาต์พุต ซึ่ง mode นั้นสามารถเป็น INPUT OUTPUT และ INPUT_PULLUP

digitalRead(pin) เป็นการอ่านค่าดิจิทัลที่ขาของไมโครคอนโทรเลอร์เมื่อขาของไมโครคอนโทรเลอร์นั้นถูกกำหนดเป็นโหมดอินพุต โดยที่ pin เป็นขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น PA4 PA5 และ PB1 เป็นต้น

digitalWrite(pin,output) เป็นการสั่งค่าดิจิทัลออกไปที่ขาไมโครคอนโทรลเลอร์เมื่อขาของไมโครคอนโทรเลอร์นั้นถูกกำหนดเป็นโหมดเอาต์พุต โดยที่ pin เป็นขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น PA4 PA5 และ PB1 เป็นต้น และ output เป็น HIGH หรือ LOW

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันอินพุตและเอาต์พุตแบบดิจิทัล

****

```
int val = 0;
void setup() {
  pinMode(PC13, OUTPUT);  // กำหนดขา PC13 ให้เป็นเอาต์พุต
  pinMode(PB1, INPUT);    // กำหนดขา PB1 ให้เป็นอินพุต
}
void loop() {
  val = digitalRead(PB1);   // อ่านค่าดิจิทัลที่ขา PB1 เก็บไว้ที่ตัวแปร val
  digitalWrite(PC13, val);  // สั่งค่าดิจิทัลออกไปที่ขา PC13 ด้วยค่าของตัวแปร val
}
```

****

2. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารด้วยการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม เป็นรูปแบบการส่งประเภทหนึ่งที่นิยมใช้ติดต่อระหว่างอุปกรณ์ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

Serial.begin(speed, config) เป็นการกำหนดให้ขาของไมโครคอนโทรเลอร์ทำงานในโหมด UART ซึ่งจะใช้ขา 2 ขาคือ Rx และ Tx ในการรับส่งข้อมูล ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น ถัดมา speed เป็นส่วนที่ใช้กำหนด baud rate เช่น 4800 9600 19200 38400 57600 115200 และ 230400 เป็นต้น ส่วนสุดท้าย config เป็นส่วนของการกำหนด Data Bits Parity และ Stop Bits เช่น SERIAL_8N1 SERIAL_8E1 และ SERIAL_8O1 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

if (Serial) ใช้ตรวจสอบว่าพอร์ตอนุกรมพร้อมใช้งาน ซึ่งจะมีการคืนค่าเป็น TRUE แต่ถ้าพอร์ตอนุกรมไม่พร้อมใช้งานจะคืนค่าเป็น FALSE ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น

Serial.available() ใช้ตรวจสอบว่าจำนวนไบต์ที่เข้ามาสำหรับการอ่านจากพอร์ตอนุกรมซึ่งจะถูกเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น

Serial.read() เป็นการอ่านค่าข้อมูลตัวแรกที่เข้ามาที่พอร์ตอนุกรมที่ถูกเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์ ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น

Serial.readBytes(buffer, length) เป็นการอ่านค่าข้อมูลที่เข้ามาที่พอร์ตอนุกรมที่ถูกเก็บอยู่ในบัฟเฟอร์แล้วเก็บลงตัวแปร buffer ประเภทอาเรย์ที่เป็นไบต์ และ length คือจำนวนไบต์ที่ต้องการอ่าน ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น

Serial.print(val, format) เป็นการส่งข้อมูลออกไปที่ขา Tx เป็นแบบแอสกีซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น val ข้อมูลที่ต้องการส่งและ format คือรูปแบบของข้อมูล เช่น BIN OCT DEC HEX และในส่วนนี้สามารถกำหนดเป็นจำนวนเลขของจุดทศนิยมกรณีที่ val เป็นตัวแปรเลขทศนิยม เป็นต้น ถ้าต้องการส่งข้อมูลเป็นตัวหนังสือไม่ต้องใส่ format เช่น Serial.print(‘S’) และ Serial.print(“Hello World”) เป็นต้น

Serial.println(val, format) เป็นการส่งข้อมูลเป็นเช่นเดียวกับ Serial.print(val, format) เพียงแต่มีตัวสุดท้ายเพิ่มเข้ามาคือ “\r\n”

Serial.write(val) เป็นการส่งข้อมูลออกไปที่ขา Tx ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น val ข้อมูลที่ต้องการส่งซึ่งมีขนาด 1 ไบต์

Serial.write(buffer, length) เป็นการส่งข้อมูลออกไปที่ขา Tx ซึ่ง Serial เป็นการกำหนดขาว่าใช้ขาของ Serial1 Serial2 หรือ Serial3 เป็นต้น buffer เป็นข้อมูลเป็นอาเรย์ที่เป็นไบต์ และ length เป็นจำนวนไบต์ที่ต้องการส่งจากอาเรย์ buffer

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารด้วยการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

****

```
int incomingByte = 0; // สำหรับเก็บค่าจำนวน 1 ไบต์ที่เข้ามา

void setup() {
  Serial1.begin(9600,SERIAL_8N1); // กำหนดพอร์ตอนุกรมที่มีความเร็ว 9600 bps
                                  ข้อมูลแบบ 8 บิต Parity เป็น None และ Stop Bits เป็น 1 บิต
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void loop() {
  if (Serial1.available() > 0) {      // เข้าทำงานเมื่อมีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ตอนุกรม
    incomingByte = Serial1.read(); // อ่านค่าไบต์แรกที่เข้ามาที่พอร์ตอนุกรม
    Serial1.print("I received: "); // ส่งค่าไปพอร์ตอนุกรมเป็นแอสกี้ "I received: "
    Serial1.println(incomingByte, DEC); // ส่งค่าไปพอร์ตอนุกรมเป็นแอสกี้รูปแบบเลขฐานสิบ
  }
**********************************************************************************************
```

3. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการอ่าน-เขียนข้อมูลลงอีอีพร็อม สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น ประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

EEPROM.read(address) เป็นค่าอ่านค่า 1 ไบต์จากอีอีพร็อมโดยที่ address คือตำแหน่งของอีอีพร็อมที่ต้องการอ่านข้อมูล

EEPROM.write(address, value) เป็นการเขียนค่า 1 ไบต์ลงในอีอีพร็อมโดยที่ address คือตำแหน่งของอีอีพร็อมที่ต้องการเขียนข้อมูล และ value คือค่าที่ต้องการเขียนขนาด 1 ไบต์

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการติดต่อสื่อสารด้วยการรับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

```
**********************************************************************************************
#include <EEPROM.h>

int read_value = 0; // สำหรับเก็บค่าที่อ่านจากอีอีพร็อม

void setup() {
  Serial1.begin(9600,SERIAL_8N1); // กำหนดพอร์ตอนุกรมที่มีความเร็ว 9600 bps
                                  ข้อมูลแบบ 8 บิต Parity เป็น None และ Stop Bits เป็น 1 บิต
  EEPROM.write(0, 125);  // เขียนค่า 125 ลงที่อีอีพร็อมที่ตำแหน่ง 0
}
void loop() {
  read_value = EEPROM.read(0);  // อ่านค่าอีอีพร็อมที่ตำแหน่ง 0
  Serial1.println(read_value, DEC); // ส่งค่าไปพอร์ตอนุกรมเป็นแอสกี้รูปแบบเลขฐานสิบ
}
**********************************************************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล เป็นการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาแอนะลอก โดยตัวสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลมีความละเอียดแตกต่างกันออกไป เช่น 8 10 และ 12 บิต เป็นต้นประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

analogRead(pin) เป็นการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่ขาแอนะลอกโดยเลือก pin ที่ต้องการใช้ในการวัด เช่น PA1 PA2 หรือ PA3 เป็นต้น

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล

```
**********************************************************************************************
int adc_value = 0; // สำหรับเก็บค่าที่แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล

void setup() {
  Serial1.begin(9600,SERIAL_8N1); // กำหนดพอร์ตอนุกรมที่มีความเร็ว 9600 bps
                                  ข้อมูลแบบ 8 บิต Parity เป็น None และ Stop Bits เป็น 1 บิต
}
void loop() {
  adc_value = analogRead(PA1);  // แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลที่ขา PA1
  Serial1.println(adc_value, DEC); // ส่งค่าไปพอร์ตอนุกรมเป็นแอสกี้รูปแบบเลขฐานสิบ
}
**********************************************************************************************
```

5. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันเอาต์พุตแบบ PWM สัญญาณ PWM เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กัน มากในงานควบคุม เช่นการ ควบคุมความเร็วมอเตอร์ แสงสว่างของแอลอีดี ตำแหน่งของเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น ประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

pinMode(pin,PWM) เป็นการกำหนดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นโหมด PWM โดยมี pin เป็นการกำหนดขาว่าใช้พอร์ต PA6 PA7 หรือ PB1 เป็นต้น

Timer.setPrescaleFactor(PSC) เป็นการกำหนดปรีสเกลเลอร์ของไทม์เมอร์ซึ่ง Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ขึ้นกับว่า ขาที่ต้องการใช้งาน PWM เป็นไทม์เมอร์ใด และ PSC คือค่าปรีสเกลเลอร์ที่ต้องการ

Timer.setOverflow(ARR) เป็นการตั้งค่ารีจิสเตอร์ ARR (Auto-reload register) ของไทม์เมอร์ซึ่ง Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งาน PWM เป็นไทม์เมอร์ใด และ ARR คือ ค่าที่ต้องใส่ลงรีจิสเตอร์ ARR ในการสร้างสัญญาณ PWM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

pwmWrite(pin,CCR) เป็นการตั้งค่ารีจิสเตอร์ CCR (Capture/Compare register) ซึ่ง pin เป็นการกำหนดขาว่าใช้พอร์ต PA6 PA7 หรือ PB1 เป็นต้น และ CCR คือ ค่าที่ต้องใส่ลงรีจิสเตอร์ CCR ในการสร้างสัญญาณ PWM ของพอร์ตนั้น

ยกตัวอย่างการสร้างสัญญาณ PWM ที่มีความถี่ 500Hz และเวลาของขอบบนคือ 1000 ไมโครวินาที โดยตัวนับ (CNT) จะเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 ไมโครวินาที และ ความถี่ของระบบคือ 72 เมกะเฮิรตซ์ปรากฏดังภาพที่ 2.43

ภาพที่ 2.43 สัญญาณ PWM ความถี่ 500 Hz และคาบเวลาด้านสูง 1000 ไมโครวินาที

5.1. หาปรีสเกลเลอร์ของไทม์เมอร์

$$PSC = F_{CLK} \times CNT_{period} = (72 \times 10^{6}) \times (1 \times 10^{-6}) = 72$$

จะได้ปรีสเกลเลอร์ของไทม์เมอร์ คือ 72

5.2. หาค่า Overflow ของไทม์เมอร์

$$ARR = \frac{F_{CLK}}{PSC \times f} - 1 = \frac{72 \times 10^{6}}{72 \times 500} - 1 = 1999$$

จะได้ค่า Overflow ของไทม์เมอร์คือ 1999

5.3. หาค่า CCR ของไทม์เมอร์ที่สั่งงานสัญญาณทำให้ขอบบนมีเวลา 1000 ไมโครวินาที

$$CCR = \frac{T_{High} \times F_{CLK}}{PSC} = \frac{(1 \times 10^{-3}) \times (72 \times 10^{6})}{72} = 1000$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ค่า CCR ของไทม์เมอร์ที่สำหรับสัญญาณขอบบนมีเวลา 1000 ไมโครวินาที คือ 1000

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันการสร้างสัญญาณ PWM ที่มีความถี่ 500Hz และเวลาของขอบบนคือ 1000 ไมโครวินาที

```
**********************************************************************************************
void setup() {
  pinMode(PA6,PWM); // กำหนดขา PA6 เป็นโหมด PWM ซึ่งใช้ Timer3
  Timer3.setPrescaleFactor(72); // กำหนดปรีสเกลเลอร์ของ Timer3 เท่ากับ 72
  Timer3.setOverflow(1999); //กำหนดค่ารีจิสเตอร์ ARR ของ Timer3 เท่ากับ 1999
  pwmWrite(PA6,1000); //กำหนดค่ารีจิสเตอร์ CCR ของขา PA6
}
void loop() {

}
**********************************************************************************************
```

6. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์ประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

Timer.setMode(timer_ch, TIMER_INPUT_CAPTURE) เป็นการกำหนดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานในโหมดอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์ซึ่ง Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ส่วน timer_ch สามารถเป็น TIMER_CH1 TIMER_CH2 TIMER_CH3 และ TIMER_CH4 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใดและอยู่ที่ช่องที่ใด

Timer.setPrescaleFactor(PSC) เป็นการกำหนดปรีสเกลเลอร์ของไทม์เมอร์ซึ่ง Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใด และ PSC คือค่าปรีสเกลเลอร์ที่ต้องการ

Timer.setOverflow(ARR) เป็นการตั้งค่ารีจิสเตอร์ ARR (Auto-Reload Register) ของไทม์เมอร์ซึ่ง Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใด และ ARR คือ ค่าที่ต้องใส่ลงรีจิสเตอร์ ARR ในการรีเซ็ตตัวนับเวลาโดยอัตโนมัติ

Timer.attachComparexInterrupt(ISR_function) เป็นการกำหนดฟังก์ชันที่ต้องการทำการประมวลผลเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์ ซึ่ง Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใด และ ISR_function คือ ชื่อฟังก์ชันที่ต้องการไปทำงานเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์

Timer.getCompare(timer_ch) เป็นการอ่านค่าที่รีจิสเตอร์ CCR โดย Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ส่วน timer_ch สามารถเป็น TIMER_CH1 TIMER_CH2 TIMER_CH3 และ TIMER_CH4 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใดและอยู่ที่ช่องที่ใด

Timer.setCount(CNT) เป็นการเขียนค่าลงรีจิสเตอร์ CNT โดย Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใดและ CNT คือ ค่าของตัวนับ (Counter)

Timer.getCount() เป็นการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ CNT โดย Timer สามารถเป็น Timer1 Timer2 หรือ Timer3 ขึ้นกับว่าขาที่ต้องการใช้งานอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เป็นไทม์เมอร์ใด

TIMERX_BASE->CCER &= ~TIMER_CCER_CCXP เป็นการกำหนดอินเตอร์รัพท์เมื่อเกิดขอบขาขึ้นของสัญญาณ (Rising edge)

TIMERX_BASE->CCER |= TIMER_CCER_CCXP เป็นการกำหนดอินเตอร์รัพท์เมื่อเกิดขอบขาลงของสัญญาณ (Falling edge)

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์เพื่ออ่านคาบเวลาทุกของขาขึ้นของสัญญาณ PWM

```
**********************************************************************************************
int period = 0; // กำหนดตัวแปรสำหรับเก็บคาบเวลาของสัญญาณ
int pre_cnt = 0; // กำหนดตัวแปรสำหรับเก็บค่าเวลาก่อน
int post_cnt = 0; // กำหนดตัวแปรสำหรับเก็บค่าเวลาหลัง

void setup() {
  Timer2.setMode(TIMER_CH1, TIMER_INPUT_CAPTURE); // กำหนดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นโหมดอินพุตแบบอินเตอร์รัพท์ที่ ช่อง 1 ของ Timer2
  Timer2.setPrescaleFactor(72); // กำหนดปรีสเกลเลอร์ของ Timer2 เท่ากับ 72
  Timer2.setOverflow(65536); //กำหนดค่ารีจิสเตอร์ ARR ทำการรีเซ็ตเมื่อเท่ากับ ARR (สูงสุด)
  TIMER2_BASE->CCER &= ~TIMER_CCER_CC1P; // กำหนดอินเตอร์รัพท์เมื่อเกิดขอบขาขึ้น
  Timer2.attachCompare1Interrupt(handler_tim2_ch1); // กำหนด handler_tim2_ch1 เป็นฟังก์ชันที่ต้องเข้าไปประมวลผลเมื่อเกิดอินเตอร์รัพท์
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void handler_tim2_ch1(void)
{
  post_cnt = Timer2.getCompare(TIMER_CH1); // เป็นการอ่านค่าที่ได้จากการ Capture
  period = post_cnt - pre_cnt; // ทำการคำนวณคาบเวลาของ PWM
  pre_cnt = post_cnt; // อัพเดทค่าของตัวนับตั้งต้น
}
void loop() {
  // สามารถปริ้นค่า period ในการตรวจสอบความถูกต้อง
}
```

****

7. การเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันหน่วงเวลา ในการหน่วงเวลานั้นสามารถใช้เพื่อให้โปรแกรมทำตามจังหวะเวลาที่ต้องการได้ ประกอบด้วยฟังก์ชันดังนี้

delayMicroseconds(us) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการหน่วงเวลาโดยที่ us คือ ค่าเวลาในหน่วยไมโครวินาที

delay(ms) เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการหน่วงเวลาโดยที่ ms คือ ค่าเวลาในหน่วยมิลลิวินาที

ตัวอย่างการเขียนโปรแกรมด้วยฟังก์ชันหน่วงเวลา

****

```
void setup() {
  pinMode(PC13, OUTPUT);   // กำหนดขา PC13 เป็นโหมดเอาต์พุต
}

void loop() {
  digitalWrite(PC13, HIGH); // กำหนดขา PC13 ส่งค่าสูง
  delay(1000);              //  หน่วงเวลา 1 วินาที
  digitalWrite(PC13, LOW);  // กำหนดขา PC13 ส่งค่าต่ำ
  delay(1000);              // หน่วงเวลา 1 วินาที
}
```

****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การฝึกอบรม

การฝึกอบรม การฝึกอบรมเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญในการพัฒนาคุณภาพองค์การโดยเน้นการพัฒนาทรัพยากรบุคคลให้เกิดความรู้และประสบการณ์ เพื่อให้เกิดความรู้และอยู่ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นกิจกรรมในการฝึกอบรมจึงเป็นหน้าที่สำคัญที่ทุกคน ทุกฝ่ายต้องเรียนรู้และมีส่วนร่วม อีกทั้งเห็นความสำคัญ ซึ่งผลที่เกิดแก่องค์การ คือ บุคลากรและองค์การมีคุณภาพ

2.4.1 ความหมายของการฝึกอบรม

ความหมายของการฝึกอบรมมีหลายความหมาย ดังนี้

การฝึกอบรม หมายถึง “กระบวนการต่างๆ ที่ใช้เพื่อช่วยให้ข้าราชการมีความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่จำเป็นในการปฏิบัติงาน ในหน้าที่ และเพื่อให้เกิดความร่วมมือกันระหว่างข้าราชการในการปฏิบัติงานร่วมกันในองค์การ” เมื่อมองการฝึกอบรมในฐานะที่เป็นแนวทางในการพัฒนาข้าราชการตามนโยบายของรัฐหากเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการปฏิบัติงานหรือเพิ่มขีดความสามารถในการจัดรูปขององค์การ

การฝึกอบรม หมายถึง “การถ่ายทอดความรู้เพื่อเพิ่มพูนทักษะ ความชำนาญ ความสามารถและทัศนคติในทางที่ถูกต้อง เพื่อช่วยให้การปฏิบัติงานและภาระหน้าที่ต่างๆ ในปัจจุบันและอนาคตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น”

การฝึกอบรม หมายถึง “กระบวนการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอย่างมีระบบ เพื่อให้บุคคลมีความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถที่จำเป็น และมีทัศนคติที่ดีสำหรับการปฏิบัติงานอย่างใด อย่างหนึ่งของหน่วยงานหรือองค์การนั้น”

การฝึกอบรม หมายถึง “กระบวนการในอันที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ความเข้าใจ ทัศนคติ และความชำนาญ ในเรื่องหนึ่งเรื่องใด และเปลี่ยนพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้จะเห็นได้ว่าความหมายของการฝึกอบรมมีมากมาย ขึ้นอยู่กับว่าจะพิจารณาจากแนวคิด (Approach) ใดที่เกี่ยวกับการฝึกอบรม

กล่าวโดยสรุปความหมายของการฝึกอบรม คือ กระบวนการที่ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเรียนรู้ในรูปแบบหนึ่ง เพื่อเพิ่มพูนหรือพัฒนาสมรรถภาพในด้านต่างๆตลอดจนการปรับปรุงพฤติกรรม อันนำมาซึ่งการแสดงออกที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2.4.2 วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมนั้นหากจะพูดว่ามีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาองค์การเป็นสิ่งถูกต้อง หากได้พิจารณาในรายละเอียดสามารถแบ่งได้เป็นลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

1. เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบุคลากรซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการจัดให้มีการฝึกอบรมโดยทั่วๆ ไป

2. เพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต เช่น การเปลี่ยนแปลงวิธีปฏิบัติงานหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีในการผลิตต่าง ๆ หรือการฝึกอบรมเพื่อให้เรียนรู้เกี่ยวกับเครื่องจักร เครื่องมือ หรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ ขององค์การ

3. ต้องการเพิ่มขีดความสามารถของบุคลากรที่มีอยู่ให้เข้าสู่ระดับมาตรฐานหรือระดับ ที่พึงประสงค์เพื่อให้มีความรู้ทันกับเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว

4. เตรียมการรับมือกับการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงขึ้น เพื่อนำความรู้ต่าง ๆ มาเตรียมพร้อมพัฒนาตนเอง พัฒนาองค์การ หรืออาจจะสรุปวัตถุประสงค์ในด้านต่าง ๆ ดังนี้

4.1. การเพิ่มปริมาณผลผลิต

4.2. การพัฒนาคุณภาพของผลผลิต

4.3. การลดต้นทุนของงาน

4.4. ลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุอันจะส่งผลต่อการลดต้นทุนที่เกี่ยวข้อง

4.5. การลดอัตราการหมุนเวียนและการขาดงานของบุคลากร

2.2.3 ประโยชน์ของการฝึกอบรม

1. บุคลากรหรือกลุ่มบุคลากรสามารถพัฒนาขีดความสามารถของตนเองเนื่องจากได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการทำงานให้ประสบผลสำเร็จ หรือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน

2. การได้ปรึกษาหารือกันในส่วนของผู้เกี่ยวข้องในองค์การ เช่น ผู้เข้ารับการฝึกอบรม หัวหน้างาน ผู้บังคับบัญชา ผู้บริหารระดับสูงขององค์การ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องทุกระดับ ร่วมกัน หาแนวทางในการแก้ปัญหาและการปรับปรุงการทำงาน

3. ผู้เข้าร่วมการฝึกอบรมได้ยกระดับความรู้และทักษะให้เกิดการปรับทัศนคติ

4. ช่วยลดระยะเวลาในการเรียนรู้งาน

5. ช่วยลดภาระหน้าที่ของหัวหน้างาน

6. ช่วยกระตุ้นบุคลากรให้ปฏิบัติงานเพื่อความก้าวหน้าของตน

2.2.4 ประเภทการฝึกอบรม

การฝึกอบรมเป็นกิจกรรมที่องค์การมอบหมายให้หน่วยงานหรือกลุ่มบุคลากรรับผิดชอบดำเนินการ อาทิ เช่น

1. การจัดฝึกอบรมเองภายในองค์การ (In House Training) การจัดฝึกอบรมภายในองค์การเป็นการจัดฝึกอบรมให้บุคลากรภายในองค์การได้เข้าอบรมพร้อม ๆ กัน ครั้งละ จำนวนมาก (Class Room Training) โดยการดำเนินการตามขั้นตอน เพื่อพัฒนาบุคลากร

2. การส่งบุคลากรไปอบรมภายนอกองค์การ

3. การจัดประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) การจัดประชุมเชิงปฏิบัติการมักเป็น การยกปัญหาที่มีอยู่มาให้ศึกษาหรือทดลองปฏิบัติ และอาจใช้เป็นแนวปฏิบัติหลังการประชุมฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ดูงาน ดูงานเป็นการไปขอฟังคำบรรยายสรุปถึงลักษณะการจัดระบบงาน และวิธีการปฏิบัติงานจริงของหน่วยงานอื่นๆ ที่สนใจศึกษา ณ ที่ตั้งของหน่วยงานนั้น

5. การฝึกอบรมในขณะปฏิบัติงานจริง การฝึกอบรมในขณะปฏิบัติงานจริงหรือที่เรียกว่าการฝึกอบรมในที่ทำการปกติ (On the Job Training) ได้แก่

5.1. การเสนอแนะหรือการให้คำปรึกษา (Coaching/Counseling) หมายถึง การที่ผู้บังคับบัญชาควบคุมดูแลให้บุคลากรลงมือปฏิบัติงานจริง โดยให้คำปรึกษาแนะนำอย่างใกล้ชิด การเสนอแนะนี้อาจหมายความรวมถึง การเป็นพี่เลี้ยง ซึ่งไม่จำเป็นจะสอนเฉพาะเรื่องงานเท่านั้น อาจรวมทั้งเรื่องเกี่ยวกับบุคคล หรือการวางตัวในองค์การด้วยก็ได้

5.2. การสอนงานหรือนิเทศงาน หมายถึง การที่ผู้บังคับบัญชาสอนงานให้แก่ผู้ปฏิบัติงานในสังกัด โดยเน้นถึงการแบ่งงานออกเป็นขั้นตอน และการที่ผู้บังคับบัญชาจะต้องสาธิตหรือแสดงวิธีการปฏิบัติงานให้เข้าใจก่อน แล้วจึงควบคุมดูแลให้ปฏิบัติงานตามอย่างถูกต้อง

2.5 การออกแบบสร้างชุดทดลอง

วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 110 - 114) มีการอธิบายแนวทางขั้นตอนในการสร้างชุดฝึกทดลอง ซึ่งโดยทั่วไปสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ การออกแบบตามแบบนิยม (Conventional Design) และแบบระเบียบวิธี (Methodical Design) ซึ่งทั้ง 2 แบบนี้มีความแตกต่าง คือ แนวทางแรกเป็นการออกแบบในลักษณะที่ปฏิบัติต่อๆ กันมาไม่มีรูปแบบ มีการดำเนินงานที่เป็นแบบแผนที่แน่นอน แต่จะออกแบบกันตามความรู้ความเชี่ยวชาญแห่งตน ซึ่งต่าง จากแนวทางที่สอง ที่จะต้องใช้วิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ คือมีขั้นตอนงานที่เด่นชัด การออกแบบสร้างสื่อการเรียนการสอนประเภทอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิต มีขั้นการออกแบบดังนี้

ขั้นตอนงานที่ 1 กำหนดจุดประสงค์ในการนำอุปกรณ์ทดลองหรือสาธิตไปใช้ในการสอน

จุดประสงค์การเรียนรู้นั้นเป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งการดำเนินงานพัฒนาออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต ต้องกำหนดจุดประสงค์และคุณลักษณะของอุปกรณ์สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนเพื่อให้การออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต นั้นเกิดความเป็นจริงและสำเร็จผลตามเป้าหมาย จะต้องศึกษาถึงสภาพการณ์ในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลทางด้านวิชาการในเรื่องนั้น หรือถ้าหากเรื่องนั้นได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมาแล้วโดยผู้อื่น ผู้นำอุปกรณ์ทดลองไปใช้ต้องศึกษารายละเอียดต่างๆ และนำมาเขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์ ต้องตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนอีกครั้ง จนกระทั่งได้ผลว่าเกิดความสอดคล้องครอบคลุมตามเป้าหมาย

ขั้นตอนงานที่ 2 กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์

จากคำบรรยายคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่กำหนดขึ้นในขั้นตอนงานที่ 1 นำวิเคราะห์เพื่อค้นหาค่าพื้นฐาน (Basic Term) ซึ่งค่าพื้นฐานต่างๆ ที่ได้จะทำให้ทราบรายการหน้าที่ ของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำหนดตัวรายการหน้าที่เป็นกลางทั่วๆไป ไม่ระบุเฉพาะเจาะจงว่า ต้องใช้ชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์แบบใด รูปร่างอย่างไร เพราะจะดำเนินการในขั้นตอนงานที่ 3

ขั้นตอนงานที่ 3 ศึกษาพิจารณาปัจจัยที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามรายการหน้าที่

ในขั้นตอนนี้เป็นการคิดค้นสิ่งที่จะทำให้อุปกรณ์ สามารถทำงานได้ตามรายการหน้าที่ ที่กำหนด ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ วัสดุ (Materials) พลังงาน (Energy) และสัญญาณ (Signal) สิ่งที่ต้องกำหนดอาจจะเป็นคำเขียนสั้นๆ หรือภาพสเก็ตซ์ง่ายๆ เพื่อจะใช้เป็นชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์ และจะต้องพยายามเขียนกำหนดให้มากที่สุด ให้ศึกษาพิจารณาในเรื่องลักษณะรูปทรงแบบต่างๆ และลักษณะของการเคลื่อนไหวของส่วนประกอบนั้นๆ ความยากง่ายในการผลิตและค่าใช่จ่าย

ขั้นตอนงานที่ 4 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบของอุปกรณ์

ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายสำคัญ ซึ่งเป็นการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจากทางเลือกต่างๆ มีการวิเคราะห์และการตัดสินใจเลือกโดยใช้เกณฑ์กำหนด ได้แก่ เรื่องประสิทธิภาพในการทำงาน ขนาด รูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น

ขั้นตอนงานที่ 5 สร้างต้นแบบและตรวจสอบ

เมื่อเลือกชิ้นส่วนแล้ว จะต้องนำมาสเก็ตซ์เป็นภาพประกอบต้นแบบโดยคร่าวๆ หรือภาพประกอบอย่างง่ายก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างเป็นต้นแบบ ในขั้นตอนนี้ต้องมีการทดลองกลไกหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบความสำเร็จ อุปกรณ์ต้นแบบจะต้องทำการตรวจสอบทางด้านเทคนิคค้นหาข้อมูลให้ตรอบคลุมครบถ้วน เพื่อทำให้มั่นใจว่าอุปกรณ์นั้นมีคุณลักษณะตรงตามความต้องการ

ขั้นตอนงานที่ 6 เขียนแบบงาน

ในการเขียนแบบงานนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เป็นข้อมูลที่ใช้ประโยชน์ในการผลิตครั้งต่อไป ดังนั้นแบบงานของอุปกรณ์จะต้องมีแบบแยกชิ้นจนเป็นชิ้นเดียวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ (เช่น ขนาด พิกัดความเผื่อ วัสดุ เป็นต้น)

ขั้นตอนงานที่ 7 การเตรียมเอกสารประกอบ

อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปแล้ว จะต้องจัดเตรียมเอกสารประกอบ และคู่มือใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้อง ปลอดภัยและสอดคล้องตามจุดประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น

2.6 การประเมินสื่อการสอน

การออกแบบสร้างสื่อการสอนได้แนวคิดจาก วัลลภ จันทร์ตระกูล (2543 : 135-140) ให้มีความเหมาะสมในด้านต่างๆ เช่น มีคุณลักษณะเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค (Technical Points of View) ด้านการเรียนการสอน (Pedagogical Points of View) และด้านการพาณิชย์หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้า (Economical Points of View) สามารถแยกคุณลักษณะด้านต่างๆ ออกเป็นส่วนต่างๆได้โดย การประเมินสื่อการสอนนั้น สามารถแบบออกเป็นข้อย่อยได้ดังนี้

2.6.1 วัตถุประสงค์ในการประเมินสื่อการสอน

การประเมินสื่อการสอนมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อรวบรวมข้อมูลข้อดีและข้อเสีย ในด้านต่างๆ ของสื่อการสอน

2. นำข้อมูลที่ได้จากการประเมิน ไปแก้ไขพัฒนาปรับปรุงสื่อการสอนนั้น เพื่อให้ได้สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ

3. วางแผนเพื่อใช้ในการพัฒนาสื่อการสอนเพิ่มเติม ให้เกิดความสมบูรณ์ และปิดช่องโหว่ในการเรียนการสอนตามหัวข้อที่จะนำไปใช้

2.6.2 ประเด็นในการประเมิน

ในการประเมินสื่อการสอนซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นย่อยๆ ได้ดังนี้

1. ประเด็นด้านเทคนิค มีประเด็นด้านต่างๆ ดังนี้

1.1. ขนาดสื่อ
- ไม่ใหญ่ ไม่เล็ก มีขนาดเหมาะสม สอดคล้องกับมาตรฐาน
- สะดวกต่อการเก็บรักษา
- ไม่ใช้เนื้อที่มากเกินไป

1.2. น้ำหนัก
- มีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้าย นำไปใช้สอน ได้สะดวก
- ไม่ต้องใช้อุปกรณ์ขนย้าย ผู้สอนนำไปได้ด้วยตนเอง

1.3. ชิ้นส่วนประกอบ
- ทำหน้าที่ได้ถูกต้องแม่นยำ
- นอกจากทำหน้าที่หลัก สามารถทำหน้าที่รอง
- มีรูปร่างง่ายต่อการผลิต
- เป็นมาตรฐาน หาอะไหล่ง่าย
- มีจำนวนชิ้นไม่มาก
- การเคลื่อนที่ ขอชิ้นส่วน มั่นคง
- รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน
- มีอายุการใช้งานเหมาะสม
- มีความเรียบร้อยสวยงาม

1.4. ชนิดวัสดุ
- มีคุณสมบัติเหมาะสมกับประเภทสื่อ
- เป็นวัสดุหาง่าย
- คุณสมบัติวัสดุ มีความแข็งแรงคงทน
- ราคาไม่แพง
- ทนต่อความร้อน ฝุ่น ความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ และตัวสื่อ

1.5. การดูแลรักษา - ง่ายต่อการดูแลรักษา และซ่อมบำรุง
- มีระบบการจัดเก็บ การจัดจำแนก
- มีถุง ซอง กล่อง ในการจัดเก็บ
- มีระบบการเบิก ยืม ที่มีประสิทธิภาพ
- ไม่สิ้นเปลือง ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

1.6. กระบวนการผลิต - ผลิตง่าย ใช้เครื่องมือง่ายๆ
- มีระบบแบบงาน ระบบมาตรฐานวัสดุ (หมายเลขวัสดุ)
- ผลิตออกมาเรียบร้อยสวยงาม
- สอดคล้องตามหลักการสอน สามารถใช้สอนกับวิธีการต่างๆ
- นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้
- ชิ้นงานออกมา มีขนาด คุณภาพผิวงาน มีความละเอียดสูง
- สามารถเป็นต้นแบบในการผลิตเชิงพาณิชย์

1.7. มาตรฐาน - สอดคล้องกับมาตรฐานในหน่วยงาน
- มีความเป็นสากล
- มี Format

1.8. ความปลอดภัย - มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และต่อสื่อ

2. ประเด็นทางด้านการเรียนการสอนจะเกี่ยวข้องกับผู้สอน ผู้เรียน และตัวสื่อเอง ดังนี้

2.1. ต่อผู้สอน - ใช้ง่าย
- ใช้เวลาในการสอนน้อย
- ไม่มีความจำเป็นต้องฝึกอบรมด้านการใช้
- สอดคล้อง ตามรายการวัตถุประสงค์ และเนื้อหาวิชา
- มีคู่มือการสอน สำหรับครู

2.2. ต่อผู้เรียน - เข้าใจง่าย
- สอดคล้องกับพื้นฐานความรู้ และประสบการณ์
- ผู้เรียนเกิดความเร้าใจ น่าสนใจ อยากเรียน
- กระตุ้นให้ค้นคว้า และประสบการณ์
- เกิดความคิดสร้างสรรค์
- สามารถนำไปประยุกต์แก้ปัญหา
- ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียน
- มีคู่มือผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3. ต่อสื่อการสอน

- เป็นสื่อการสอนที่มีความสำคัญต่อเนื้อหานั้นๆ และควรมีอย่างยิ่ง
- มีความสำคัญต่อการเรียนรู้
- มีเนื้อหาสาระที่ทันสมัย ตามวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- สามารถนำไปใช้สอนในหัวเรื่องอื่นได้ด้วย
- ให้เนื้อหาสาระชัดเจน ในตัว ไม่ต้องอธิบายเพิ่มเติมมาก
- ใช้เวลาในการประกอบน้อย
- ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นประกอบช่วย
- มีคู่มือคำแนะนำในการใช้ การดูแลรักษา
- ต้องมีซอฟต์แวร์ประกอบ
- ตัวอักษร สีสัน ฟอร์ม Format ชัดเจน

2.6.3 เกณฑ์ในการประเมินสื่อการเรียนการสอน

เมื่อกำหนดประเด็นต่างๆ ที่จะใช้ในการประเมินสื่อแล้ว ต้องกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งมีสิ่งที่ควรพิจารณาดังนี้

1. เกณฑ์ที่กำหนดจะเน้นคุณลักษณะไปด้านใด เช่น ด้านเทคนิค ด้านการเรียนการสอน หรือด้านพาณิชย์ หรือจะให้น้ำหนักเท่ากันทั้ง 3 ด้าน เป็นต้น

2. ในแต่ละประเด็นอาจจะประเมินโดยการทำเป็น รายการตรวจสอบ (Check List) ว่าใช่/ไม่ใช่ มี/ไม่มี มีคำตอบให้เลือก สองทางเลือก และ อีกลักษณะหนึ่งเป็นการให้ความคิดเห็นว่าคุณลักษณะด้านนั้นๆ ดีมาก ดี พอใช้ ใช้ไม่ได้ เป็นต้น

3. จากผลการประเมินในข้อ 2 นำมาประมวลผล โดยใช้หลักการทางสถิติ เป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ ในแต่ประเด็น หรือลักษณะภาพรวม

การประเมินจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากจากนั้นค่าที่ได้ควรมีความเชื่อมั่นเที่ยงตรง มีเป้าหมาย มีความชัดเจน น่าเชื่อถือ สามารถคำนวณและปฏิบัติ หน่วยงานหรือ ทีมงานจะต้องกำหนดเกณฑ์เพื่อจะประเมินสื่อการสอนได้ผลสำเร็จตามเป้าหมาย

2.6.4 องค์ประกอบในการประเมินสื่อ

เมื่อกำหนดเกณฑ์แล้ว ควรคำนึงถึงองค์ประกอบในการประเมินสื่อได้แก่

1. เครื่องมือ เป็นเอกสารหรืออุปกรณ์ที่สามารถบันทึกแสดงข้อมูลที่จะได้จากการประเมินสื่อว่าอยู่ในระดับใด ควรมีการทดลองใช้ วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ค่าความเที่ยงตรง มีการพัฒนาปรับปรุงเครื่องมือให้เหมาะสม

2. วิธีการ การประเมินทำได้โดยการกำหนดประเด็นต่างๆ แล้วให้คะแนนในประเด็นนั้นๆ วิธีการประเมินโดยใช้ความรู้สึกอาจขาดความเชื่อถือ มีคำแนะนำขั้นตอนในการประเมิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เกณฑ์ กำหนดระดับค่าคะแนนว่าระดับใดที่จะยอมรับได้ ขึ้นกับเป้าหมายว่าต้องการเน้นด้านใด หน่วยงานเอกชนอาจมุ่งทางการค้า หน่วยงานการศึกษาอาจมุ่งด้านการเรียนการสอน

4. ผู้ประเมิน ทำหน้าที่ใช้เครื่องมือประเมิน อาจเป็นบุคคลภายในและภายนอกหน่วยงาน เป็นผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์และมีจำนวนเหมาะสม มาจากหลายๆ ฝ่ายเช่น ฝ่ายตลาด ฝ่ายผลิต มีความเข้าใจในวิธีประเมิน

5. ผู้สอน ผู้ที่ทำหน้าที่สอนโดยใช้สื่อการสอนนั้น ก็เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับประเด็นการประเมิน ที่ผู้ประเมินมีข้อมูลเกี่ยวกับผู้สอนอย่างไร

6. ผู้เรียน ผู้ประเมินหรือแบบประเมินมีประเด็นที่เกี่ยวข้องกับผู้เรียนอย่างไร คาดการณ์ว่าผู้เรียนจะมีพื้นฐาน มีความรู้ ประสบการณ์เพียงใด และต้องการคาดหวังต่อผู้เรียนอย่างไร

7. เนื้อหาวิชา เป็นสาขาวิชาใดมีรายการ วัตถุประสงค์ของบทเรียนอย่างไร

8. ประเภทของสื่อ สื่อมีความแตกต่างกันหลายประเภท เช่น เอกสารสิ่งพิมพ์ แผ่นใส แผ่นภาพ อุปกรณ์ทดลองสาธิต แผ่นดิสก์ ซีดี เป็นต้น ประเด็นการประเมินก็จะแตกต่างกัน

2.7 การหาประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดทดลอง ตามกรอบแนวคิดของ ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556: 6-19) ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพ คือ การนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพก่อนนำไปใช้จริง เพื่อดูตรวจสอบว่าสื่อหรือชุดการสอนที่ได้สร้างขึ้นมานั้นทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์หรือไม่ และผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด

2.7.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

1. ความหมายของประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงานเพื่อให้งานมีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ โดยกำหนดเป็นอัตราส่วนหรือร้อยละระหว่างปัจจัยนำเข้ากระบวนการและผลลัพธ์ (Ratio Between Input, Process and Output) ประสิทธิภาพเน้นการดำเนินการ ที่ถูกต้องหรือกระทำสิ่งใดๆ อย่างถูกวิธี (Doing the thing Right)

2. ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพ

สำหรับการผลิตสื่อและชุดการสอน การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอน คือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try Out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial Run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อตามขั้นตอนที่กำหนดใน 3 ประเด็น คือ การทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้น การช่วยให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการเรียนและทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ ประเมิน สุดท้ายได้ดี และการทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจนำผลที่ได้มาปรับปรุงแก้ไขก่อน ที่จะผลิตออกมาเผยแพร่เป็นจำนวนมาก

2.1. การทดสอบประสิทธิภาพใช้ เบื้องต้น เป็นการนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นเป็นต้นแบบ (Prototype) แล้วไปทดสอบประสิทธิภาพใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในแต่ละระบบ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนให้เท่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้และปรับปรุงจนถึงเกณฑ์

2.2. การทดสอบประสิทธิภาพ สอนจริง หมายถึง การนำสื่อหรือชุดการสอนที่ได้ทดสอบประสิทธิภาพใช้และปรับปรุงจนได้คุณภาพ ถึงเกณฑ์แล้วของแต่ละหน่วย ทุกหน่วยในแต่ละวิชาไปสอนจริงในชั้นเรียนหรือในสถานการณ์การเรียนที่แท้จริงในช่วงเวลาหนึ่ง อาทิ 1 ภาคการศึกษา เป็น อย่างน้อยเพื่อตรวจสอบคุณภาพเป็นครั้งสุดท้ายก่อนนำไปเผยแพร่และผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

การทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองขั้นตอน จะต้องผ่านการวิจัยเชิงวิจัยและพัฒนา (Research and Development-R&D) โดยต้องดำเนินการวิจัยในขั้นทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นและอาจทดสอบประสิทธิภาพซ้ำในขั้นทดสอบประสิทธิภาพใช้จริง

2.7.2 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ

1. ความหมายของเกณฑ์ (Criterion) เกณฑ์เป็นขีดกำหนดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดหรือพฤติกรรมใดมีคุณภาพหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียว เพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้จะตั้งเกณฑ์การทดสอบประสิทธิภาพไว้ต่างกันไม่ได้ ดังนั้นหากการทดสอบคุณภาพของสิ่งใดหรือ พฤติกรรมใดได้ผลสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 หรืออนุโลมให้มีความคลาดเคลื่อน ต่ำหรือสูงกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้เกิน 2.5 ก็ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น แต่หากได้ค่าต่ำกว่าค่า ประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและนำไปทดสอบประสิทธิภาพใช้หลายครั้งในภาคสนามจนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด

2. ความหมายของเกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นระดับที่ผลิตสื่อหรือชุดการสอนจะพึงพอใจว่า หากสื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว สื่อหรือชุดการสอนนั้นก็มีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียนและคุ้มแก่การลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_1 = Efficiency of Process (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E_2 = Efficiency of Product (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม ได้แก่ การทำโครงการ หรือทำรายงานเป็นกลุ่มและรายงานบุคคล ได้แก่งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

4. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal Behavior) คือประเมินผลลัพธ์(Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียนและการสอบไล่ ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอน จะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหมายว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผล การประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

2.7.3 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ กระทำได้ 2 วิธี คือ โดยใช้สูตร

สูตรที่ 1

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{X}}{A} \times 100 \qquad (2.19)$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบฝึกหัดปฏิบัติกิจกรรมหรืองานที่ทำระหว่างเรียน ทั้งที่เป็นกิจกรรมในห้องเรียน นอกห้องเรียนหรือออนไลน์

A คือ คะแนนเต็มของแบบฝึกปฏิบัติทุกชิ้นรวมกัน

N คือ จำนวนผู้เรียน

สูตรที่ 2

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \quad \text{หรือ} \quad \frac{\bar{F}}{B} \times 100 \qquad (2.20)$$

เมื่อ E_2 คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B คือ คะแนนเต็มของการประเมินสุดท้ายของแต่ละหน่วยประกอบด้วยผลการสอบหลังเรียนและคะแนนประเมินงานสุดท้าย

N คือ จำนวนผู้เรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 การตีความหมายการคำนวณ

หลังจากคำนวณหาค่า E_1 และ E_2 ผู้หาประสิทธิภาพต้องตีความหมายของผลลัพธ์โดยความคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์ให้ มีความคลาดเคลื่อนหรือความแปรปรวนของผลลัพธ์ ได้ไม่เกิน .05 (ร้อยละ 5) จากช่วงต่ำไปสูงเท่ากับ ±2.5 นั่นให้ผลลัพธ์ของค่า E_1 หรือ E_2 ที่ถือว่า เป็นไป ตามเกณฑ์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ไม่เกิน 2.5% และ สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ไม่เกิน 2.5%

หากคะแนน E_1 หรือ E_2 ห่างกันเกิน 5% แสดงว่ากิจกรรมที่ให้นักเรียนทำกับการสอบหลังเรียน ไม่สมดุลกัน เช่น ค่า E_1 มากกว่า E_2 แสดงว่า งานที่ มอบหมายอาจจะง่ายกว่า การสอบ หรือหากค่า E_2 มากกว่าค่า E_1 แสดงว่าการสอบง่ายกว่าหรือไม่สมดุล กับงานที่มอบหมายให้ทำจำเป็นที่จะต้องปรับแก้

หากสื่อหรือชุดการสอนได้รับการออกแบบ และพัฒนาอย่างดีมีคุณภาพ ค่า E_1 หรือ E_2 ที่คำนวณ ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพ จะต้องใกล้เคียงกันและห่างกันไม่เกิน 5% ซึ่งเป็น

ตัวชี้ที่จะยืนยันได้ว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับ ขั้นหรือไม่ก่อนที่จะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่งต้องประกันได้ว่านักเรียนมีความรู้จริง ไม่ใช่ทำกิจกรรมหรือทำสอบได้เพราะการเดา

2.7.5 การเลือกนักเรียนมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน

นักเรียนที่ผู้สอนจะเลือกมาทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน ควรเป็นตัวแทนของนักเรียนที่เราจะนำสื่อหรือชุดการสอนนั้นไปใช้ ดังนั้นจึงควรพิจารณาประเด็นต่อไปนี้

1. สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ แบบเดี่ยว (1 : 1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ครู 1 คน ต่อเด็ก 1-3 คน ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนเสียก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กปานกลาง และนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่ง อย่างไรก็ตามหากเวลา ไม่อำนวยและสภาพการณ์ไม่เหมาะสม ก็ให้ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนหรือเด็กปานกลาง โดยไม่ต้องทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กเก่งก็ได้แต่การ ทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กทั้งสามระดับจะเป็นการสะท้อนธรรมชาติการเรียนที่แท้จริง ที่เด็กเก่ง กลาง อ่อนจะได้ช่วยเหลือกัน เพราะเด็กอ่อนบางคนอาจจะเก่งในเรื่องที่เด็กเก่งทำไม่ได้

2. สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพ แบบกลุ่ม (1 : 10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ครู 1 คนทดสอบประสิทธิภาพกับเด็ก 6–12 คน โดยให้มีผู้เรียนคละกันทั้งเด็กเก่ง ปานกลาง เด็กอ่อน ห้ามทดสอบประสิทธิภาพกับเด็กอ่อนล้วน หรือเด็กเก่งล้วน ขณะทำการทดสอบประสิทธิภาพ ผู้สอนจะต้องจับเวลาด้วยว่ากิจกรรมแต่ละกลุ่มใช้เวลาเท่าไร ทั้งนี้เพื่อให้ทุกกลุ่มกิจกรรมใช้เวลาใกล้เคียงกัน

3. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1 : 100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ครู 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียนทั้งชั้น (ปกติให้ใช้กับผู้เรียน 30 คน แต่ในสถานศึกษาขนาดเล็กอนุโลมให้ใช้กับผู้เรียน 15 คนขึ้นไป) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้วให้ประเมินการเรียนจากกระบวนการคือกิจกรรมหรือภาระกิจและงานที่มอบหมายให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำมาหาประสิทธิภาพ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม สามารถแบ่งออกได้ 3 แบบคือ1) ค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้ปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำ จนกว่าจะถึงเกณฑ์จะหยุดปรับปรุงแล้วสรุปว่า ชุดการสอนไม่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้หรือ จะลดเกณฑ์ลงเพราะ “ถอดใจ” หรือยอมแพ้ไม่ได้ 2) หากสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกิน +2.5 ก็ยอมรับ ว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ ที่ตั้งไว้ 3) ค่าที่ได้สูงกว่าเกณฑ์เกิน +2.5 ให้ ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกหนึ่งขั้น เช่น ตั้งไว้80/80 ก็ให้ ปรับขึ้นเป็น 85/85 หรือ 90/90 ตามค่าประสิทธิภาพ ที่ทดสอบประสิทธิภาพได้

2.8 การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผล

ในการหาคุณภาพของเครื่องมือวัดผลได้แนวคิดมาจากพิชิต ฤทธิ์จรูญ (2551: 135-160) เครื่องมือวัดผลเป็นชุดของสิ่งเร้าที่ใช้วัดพฤติกรรม สิ่งของเพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรม หรือคุณลักษณะของสิ่งนั้นตามที่ผู้วัดต้องการ ในงานวิจัยนี้หาคุณภาพเครื่องมือโดยใช้วิธีดังนี้

2.8.1 ความเที่ยงตรง

ความเที่ยงตรงหรือความตรง (Validity) เป็นคุณสมบัติของเครื่องมือที่สามารถวัดได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการวัด ความเที่ยงตรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) หมายถึง คุณสมบัติของข้อคำถามที่สามารถวัดได้ตรงตามเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และเมื่อรวบรวมข้อคำถามทุกข้อเป็นเครื่องมือทั้งฉบับจะต้องวัดได้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดที่ต้องการวัดด้วย ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญที่สุดโดยเฉพาะแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ เพราะแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาต่ำนักเรียนไม่สามารถแสดงความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ได้ เพราะความรู้หรือพฤติกรรมที่เขามีอยู่ไม่ได้ถูกวัดข้อสอบวัดในสิ่งที่ครูไม่ได้สอน หรือครูสอนแต่ไม่ได้วัด ผลที่ตามมาคือผู้สอบตอบข้อสอบไม่ถูกเป็นส่วนใหญ่ส่งผลให้คะแนนที่ได้จาการวัดครั้งนั้นๆ ขาดความเชื่อถือ วัดในสิ่งที่ต้องการจะวัดจริงๆ ไม่ได้ และผลการประเมินครั้งนั้นๆ ก็ขาดความเชื่อถือตามไปด้วยมีวิธีการตรวจสอบดังนี้

1. การตรวจสอบว่าข้อคำถามในแบบทดสอบมีความเป็นตัวแทนของเนื้อหาหรือครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการจะวัดหรือไม่ และตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาที่แบ่งเป็นหมวดหรือหน่วยย่อยๆ โดยทั่วไปจะพิจารณาจากน้ำหนักของพฤติกรรมที่จะวัดกับจำนวนข้อคำถามในพฤติกรรมนั้นซึ่งดูจากตารางวิเคราะห์หลักสูตร

2. ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาที่วัดกับจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัด โดยให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาว่าข้อคำถามวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการจะวัดหรือไม่ วิธีนี้เป็นการหาค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of Item – Objective Congruence หรือ IOC) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญไม่น้อยกว่า 3 คน เป็นผู้พิจารณาให้คะแนนแต่ละข้อดังนี้

-1	เมื่อแน่ใจว่า	ข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์
0	เมื่อไม่แน่ใจว่า	ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์
+1	เมื่อแน่ใจว่า	ข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำคะแนนผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์โดยใช้สูตรของโรวิเนลลี และแฮมเบลตัน ดังนี้ (Rowinelli and Hambleton 1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ 2539 : 249)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad \textbf{(2.21)}$$

เมื่อ IOC แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

โดยใช้เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถามดังนี้

1. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5-1.00 คัดเลือกไว้ใช้ได้
2. ข้อคำถามที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.5 ควรพิจารณาปรับปรุงหรือตัดทิ้ง

2.8.2 ความยากง่าย

ความยากง่าย เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบนั้นก็ง่ายและถ้ามีคนตอบถูกน้อยข้อสอบนั้นก็ยาก ถ้ามีคนตอบถูกบ้างผิดบ้างหรือมีตอบถูกปานกลางข้อสอบข้อนั้นก็มีความยากปานกลาง ข้อสอบที่ดีควรมีความยากง่ายพอเหมาะควรมีคนตอบถูกไม่ต่ำกว่า 20 คนและไม่เกิน 80 คน จากผู้สอบ 100 คน ค่าความยากง่ายหาได้โดยการนำจำนวนคนที่ตอบถูกหารด้วยจำนวนคนที่ตอบทั้งหมด

การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม

การวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อแบบอิงกลุ่ม วิธีที่นิยมกันมากวิธีหนึ่ง คือ การใช้เทคนิค 27% ซึ่งมีวิธีวิเคราะห์ดังนี้

1. นำข้อสอบไปสอบ ตรวจให้คะแนนและเรียงกระดาษคำตอบตามลำดับจากคะแนนมากไปน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบ่งกระดาษคำตอบเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเรียกว่ากลุ่มสูง (P_H) โดยนับจากคะแนนสูงลงมาประมาณ 27% ของกระดาษคำตอบทั้งหมด และกลุ่มหลังเรียกว่ากลุ่มต่ำ (P_L) โดยนับจากคะแนนต่ำสุดขึ้นไปประมาณ 27% ของกระดาษคำตอบทั้งหมด

การใช้เทคนิค 27% สำหรับคัดเลือกกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำนี้ ใช้กรณีที่กลุ่มตัวอย่างหรือผู้สอบมีจำนวนมาก และคะแนนมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) แต่ถ้าคะแนนไม่มีการแจกแจงแบบปกติ ควรใช้เทคนิค 35%

3. หาจำนวนคนที่ตอบถูกของแต่ละข้อในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

4. หาค่าความยากง่าย (P) ของแต่ละข้อ โดยรวมจำนวนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง และกลุ่มต่ำแล้วหารด้วยจำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกัน

$$P = \frac{P_H + P_L}{2n} \qquad \textit{(2.22)}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากง่าย

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาความยากง่ายค่าความยากง่ายมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 โดยทั่วไปข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะควรมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$0.80 < P \leq 1.00$ แสดงว่า เป็นข้อสอบง่ายมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

$0.60 < P \leq 0.80$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างง่าย (ดี)

$0.40 < P \leq 0.60$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากง่ายปานกลาง (ดีมาก)

$0.20 < P \leq 0.40$ แสดงว่า เป็นข้อสอบค่อนข้างยาก (ดี)

$0.00 < P \leq 0.20$ แสดงว่า เป็นข้อสอบยากมาก ควรตัดทิ้งหรือปรับปรุง

2.8.3 อำนาจจำแนก

อำนาจจำแนก (Discrimination) เป็นคุณสมบัติของข้อสอบที่สามารถจำแนกผู้เรียนได้ตามความแตกต่างของบุคคลว่าใครเก่ง ปานกลาง อ่อน ใครรอบรู้-ไม่รอบรู้ โดยยึดหลักการว่าคนเก่งจะต้องตอบข้อสอบข้อนั้นถูก คนไม่เก่งจะต้องตอบผิด ข้อสอบที่ดีจะต้องแยกคนเก่งกับคนไม่เก่งออกจากกันได้ อำนาจจำแนกมีความสัมพันธ์กับความเที่ยงตรงเชิงสภาพในทางบวก กล่าวคือ ถ้าเครื่องมือใดมีอำนาจจำแนกสูง เครื่องมือนั้นก็มีความเที่ยงตรงเชิงสภาพสูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r = \frac{P_H - P_L}{n} \quad \textbf{(2.23)}$$

เมื่อ r แทน ค่าความจำแนก

P_H แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L แทน จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนกมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่ดีควรมีอำนาจจำแนกตั้ง 0.20 ขึ้นไป ส่วนค่าอื่น ๆ มีความหมายดังนี้

$0.40 < r \leq 1.00$ แสดงว่า จำแนกได้ดีเป็นข้อสอบที่ดี

$0.30 < r \leq 0.39$ แสดงว่า จำแนกได้เป็นข้อสอบที่ดีพอสมควรอาจต้องปรับปรุงบ้าง

$0.20 < r \leq 0.29$ แสดงว่า จำแนกพอใช้ได้ แต่ต้องปรับปรุง

$-1.00 < r \leq 0.19$ แสดงว่า ไม่สามารถจำแนกได้ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

ถ้า r มีค่าเป็นลบหรือน้อยกว่า 0 แสดงว่า ข้อสอบนั้นจำแนกกลับ แสดงว่าคนเก่งทำไม่ได้ คนอ่อนทำได้ ต้องปรับปรุงใหม่หรือตัดทิ้ง

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายกิตติ หอมลำดวน (2556: บทคัดย่อ) เป็นการวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างหาคุณภาพและประสิทธิภาพชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสายพานจำแนกสีและแขนกลจำแนกชนิดวัตถุ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสายพานจำแนกสีและแขนกลจำแนกชนิดวัตถุ ใบงาน แบบประเมินคุณภาพ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสายพานจำแนกสีและแขนกลจำแนกชนิดวัตถุ มีคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานอยู่ในระดับดีมีค่าเฉลี่ย 4.39 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16 และ ด้านชุดทดลองอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.46 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.61 และประสิทธิภาพของชุดทดลองเท่ากับ 80.21/81.46 ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าที่กำหนด คือ 80/80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิภาณ สำเนียง (2556: บทคัดย่อ) เป็นการวิจัยที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้าง หาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา เครื่องมือประกอบด้วย ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ใบงานการทดลอง แบบประเมินคุณภาพ แบบทดสอบ จากผลการวิจัยพบว่า ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ มีคุณภาพด้านเนื้อหาของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.55 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 ด้านชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.60 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.43 และประสิทธิภาพของชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ หรือ E_1/E_2 เท่ากับ 81.82/82.15 ซึ่งมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ซึ่งพบนักเรียนที่ไม่เคยเขียนโปรแกรมหรือไม่เคยใช้เครื่องมือในการพัฒนาการเขียนโปรแกรม ต้องได้รับการอธิบายเพิ่มเติมในส่วนการติดตั้งโปรแกรมและใช้งาน

นายสิทธิพันธ์ จันทร์งาม (2557: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง หาคุณภาพ และประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติการการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้า วิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า ประกอบด้วยชุดฝึกปฏิบัติการการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้า รายวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้าพร้อมใบงานการทดลองจานวน 6 ใบงาน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ พบว่า ชุดฝึกปฏิบัติการการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้า วิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้ามีคุณภาพด้านใบงานอยู่ในเกณฑ์ระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.11 ด้านชุดฝึกปฏิบัติการอยู่ในเกณฑ์ระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.32 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.11 และมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.04/82.27 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ 80/80 ซึ่งชุดฝึกที่ใช้ในการทดลองนั้นค่อนข้างมีราคาสูง และมีความอันตรายมาก ผู้สอนต้องอธิบายส่วนต่างๆ ของชุดฝึกอย่างละเอียด และต้องสอนแบบใกล้ชิดเพื่อสร้างความมั่นใจและความเชื่อมันและสาธิตต่อจริงก่อนที่จะให้นักศึกษาทดลองตามใบงาน

นายสมเกียรติ ใจดี (2558: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยโดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนา หาคุณภาพและประสิทธิภาพของชุดการเรียนรู้การพัฒนาแอปพลิเคชันวิชวล ซีชาร์ป เพื่อการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดการเรียนรู้การพัฒนาแอปพลิเคชันวิชวล ซีชาร์ป เพื่อการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์PIC18F4550 ใบงานการทดลอง แบบประเมินคุณภาพ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้การพัฒนาแอปพลิเคชันวิชวล ซีชาร์ป เพื่อการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 มีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง อยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.60ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.40 และด้านใบงานการทดลองอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.47 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 ประสิทธิภาพของชุดฝึกมีค่า E_1/E_2 เท่ากับ 80.67 / 81.26 ควรมีการติดตั้งโปรแกรม Visual C# และ CCS C Compiler สำหรับการทดลองการเขียนโปรแกรมล่วงหน้าและทดลองใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นายสมัคร อินทร์เลิศ (2558: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาเพื่อหาคุณภาพและประสิทธิภาพชุดฝึกอบรมการซ่อมเบื้องต้นเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบพกพา มีเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนชุดฝึกอบรม เสริมความรู้และทักษะให้กับนักศึกษาและผู้ที่สนใจในเรื่องการซ่อมเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์ ชุดฝึกอบรมประกอบด้วย สื่อมัลติมีเดียมี 5 หัวข้อเรื่อง คู่มือการซ่อมที่สอดคล้องกับสื่อมัลติมีเดียและคอมพิวเตอร์แบบพกพารุ่น Aspire 4720z แบบทดสอบท้ายบทเรียนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ และแบบประเมินคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหาสื่อประสมและด้านคุณภาพชุดฝึกอบรม อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.80 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.76 ค่าเฉลี่ย 4.06 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.63 ตามลำดับ และประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมนี้ เท่ากับ 83.01/83.83 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นการพัฒนาชุดฝึกแบบสื่อมัลติมีเดียเพื่อให้ง่ายต่อการสอนและการนำไปใช้ในอนาคตต่อไป

นายสิทธิชัย อินทร์มั่ง (2558: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เอกสารประกอบการอบรม ใบงานการปฏิบัติจำนวน 5 ใบงาน แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์การฝึกอบรม และแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติได้ เทคนิคการผลิตสื่อชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.37 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52 ด้านใบงานอยู่ระดับดี มีค่าเฉลี่ย 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.26 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดเท่ากับ 81.70/83.48 และความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด อยู่ในระดับพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ย 4.35 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ทางผู้ทำวิจัยชุดนี้แนะนำว่านำชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน เช่น การสอนไมโครคอนโทรลเลอร์ การสอบการเขียนโปรแกรม Arduino และ การสอนระบบควบคุมแบบพีไอดีเป็นต้น

นายจักรกริช แก้ววิจิตร (2560: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ 1) ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยการทดสอบค่า t-test และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดทดลองซึ่งผลวิจัยพบว่ามีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 85.40/87.28 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยชุดทอดลองนี้ พบว่าผลหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนโดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งมีการแนะนำว่าควรควบคุมและดูแลนักเรียนให้เป็นไปตามการสอนและเวลาที่กำหนดเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้เรียนขาดความสนใจในการใช้สื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าชุดฝึกอบรมที่ประกอบด้วยภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ช่วยให้ผู้เข้าฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ได้ ผู้เข้าฝึกอบรมสามารถทบทวนเอกสารการฝึกอบรมเพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจในการปฏิบัติได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตามชุดฝึกอบรมที่มีราคาสูงหรือค่อนข้างอันตรายจะส่งผลกระทำต่อการปฏิบัติงานของผู้เข้าฝึกอบรม ทำให้ไม่กล้าที่จะทำการทดลองด้วยความที่ไม่มั่นใจในตัวเอง (นายสิทธิพันธ์ จันทร์งาม, 2557: 55) ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดสร้างชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยเริ่มจากพื้นฐานของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด การฝึกบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดบนระบบจำลอง การเขียนโปรแกรมการปรับค่าพีไอดี และ สามารถบังคับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยที่ ชุดฝึกอบรมจะต้องมีความปลอดภัยและแข็งแรงและใบงานจะต้องมีทฤษฎี มีรายละเอียดการทดลองที่เพียงพอ เพื่อที่สร้างความมั่นใจให้กับผู้เข้าอบรมในระหว่างการปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีวัตถุประสงค์เพื่อหาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจ โดยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3.2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
3.5. การวิเคราะห์ข้อมูล
3.6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากร คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 32 คน

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากอาสาสมัครที่สนใจลงทะเบียนการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำนวน 15 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 ชุดฝึกอบรม

1. ใบงานการฝึกอบรม จำนวน 11 ใบงาน
2. บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 แบบประเมินคุณภาพ

1. ใบงานการฝึกอบรม
2. บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

3.2.3 แบบทดสอบ

1. แบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรม
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.2.4 แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.2.5 แบบประเมินความพึงพอใจ

3.3 การสร้างเครื่องมือวิจัย

ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 การวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับงานวิจัย

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย วารสาร สื่อออนไลน์และโปรแกรมเครื่องบินสี่ใบพัดแบบทั่วๆ ไปมีการพัฒนาอยู่มากมาย สำหรับงานวิจัยที่ทำชุดฝึกอบรมที่ผ่านมาพบว่า มีการใช้โอเพ่นซอร์ส (Open Source) จากนั้นทำการโปรแกรม ไปที่บอร์ดควบคุมการบินและตั้งค่าผ่าน GUI นอกจากนี้ยังพบว่ายังไม่มีการฝึกอบรมเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบิน ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกเนื้อหาโดยศึกษาจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและองค์ประกอบสำคัญของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ได้หัวข้อของเนื้อหาดังต่อไปนี้

1. โครงสร้างของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
2. การควบคุมและโหมดการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
3. การเขียนโปรแกรมสั่งงานเอาต์พุตแบบดิจิทัล
4. การเขียนโปรแกรมสื่อสารผ่าน UART
5. การเขียนโปรแกรมการเขียน-อ่าน อีอีพร็อม
6. การเขียนโปรแกรมแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล
7. การเขียนโปรแกรมเอาต์พุตแบบ PWM เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์
8. การเขียนโปรแกรมอินพุตอินเตอร์รัพท์เพื่อที่จะอ่านค่าของสัญญาณรีโมทบังคับ
9. การเขียนโปรแกรมติดต่อเซนเซอร์และการประมวลผล
10. การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดและการปรับค่าพารามิเตอร์พีไอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. การประยุกต์การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้วยโหมด ANGLE

3.3.2 การกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อนำไปสร้างชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดดังรายละเอียดตาม ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
1. โครงสร้างของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด	1. อธิบายส่วนประกอบของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้ 2. อธิบายการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์สำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้
2. การควบคุมและโหมดการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด	1. อธิบายหลักการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้ 2. อธิบายการทำงานแบบโหมด ACRO และ โหมด ANGLE ได้ 3. ใช้รีโมทคอนโทรลควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้ถูกต้อง
3. การเขียนโปรแกรมสั่งงานเอาต์พุตแบบดิจิทัล	1. เขียนโปรแกรมกำหนดความถี่การทำงานของแต่ละฟังก์ชันได้ 2. เขียนโปรแกรมสั่งงานเอาต์พุตแบบดิจิทัลได้
4. การเขียนโปรแกรมสื่อสารผ่าน UART	1. สร้างข้อมูลแพ็คเกจเพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารผ่าน Uart ได้ 2. เขียนโปรแกรมรับและส่งข้อมูลผ่าน Uart ได้
5. การเขียนโปรแกรมการอ่าน-เขียนข้อมูลสำหรับอีอีพร็อม	1. เขียนโปรแกรมการอ่าน-เขียนข้อมูลสำหรับอีอีพร็อมได้
6. การเขียนโปรแกรมแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล	1. อธิบายการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลได้ 2. เขียนโปรแกรมแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัลได้
7. การเขียนโปรแกรมเอาต์พุตแบบ PWM เพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์	1. เขียนโปรแกรม PWM ได้ 2. เขียนโปรแกรมควบคุมความเร็วของมอเตอร์ด้วยสัญญาณ PWM ได้
8. การเขียนโปรแกรมอินพุตอินเตอร์รัพท์เพื่อที่จะอ่านค่าของสัญญาณรีโมทบังคับ	1. ตั้งค่าตัวควบคุมเพื่อใช้ในการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้ 2. เขียนโปรแกรมรับสัญญาณจากตัวควบคุม ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

เนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
9. การเขียนโปรแกรมติดต่อเซนเซอร์และการประมวลผล	1. อธิบายการแสดงผลของเซนเซอร์วัดความเร่ง และเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมได้ 2. อธิบายโปรแกรมเพื่อทำให้ค่าที่ได้จากเซนเซอร์เรียบและนิ่งขึ้นด้วย Low-pass filter และ การเปลี่ยนค่า Smoothing factor 3. เขียนโปรแกรมการแสดงมุมเอียงของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้
10. การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดและการปรับค่าพารามิเตอร์พีไอดี	1. เขียนโปรแกรมควบคุมพีไอดีสำหรับเครื่องบินแบบสี่ใบพัดได้ 2. ปรับค่าพารามิเตอร์พีไอดีด้วยโหมด ACRO ได้
11. การประยุกต์การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้วยโหมด ANGLE	1. เขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด 2. เขียนโปรแกรมให้รองรับโหมด ACRO และ ANGLE ได้

3.3.3 การสร้างใบงานการฝึกอบรม

การสร้างใบงานการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างให้ตรงตามวัตถุประสงค์ และสอดคล้องกับบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัย ตำราเอกสารต่างๆ สื่อออนไลน์ และหลักการสร้างใบงานการฝึกอบรม

2. กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาใบงานการฝึกอบรม ที่สอดคล้องกับเนื้อหาที่ได้จากการวิเคราะห์เนื้อหาสำหรับงานวิจัย

3. ออกแบบและสร้างใบงานการฝึกอบรม

4. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. นำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม จำนวน 5 ท่าน ดังรายนามต่อไปนี้

5.1. นายปัญญา บุญรอด System Engineering Manager บริษัท RV Connex

5.2. นายปวริศร์ ชัยโรจน์ศุภกุล Application Engineer บริษัท Teradyne

5.3. อาจารย์ทรงพล นามคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

5.4. อาจารย์พีรพงษ์ หงษ์โต แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคชลบุรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

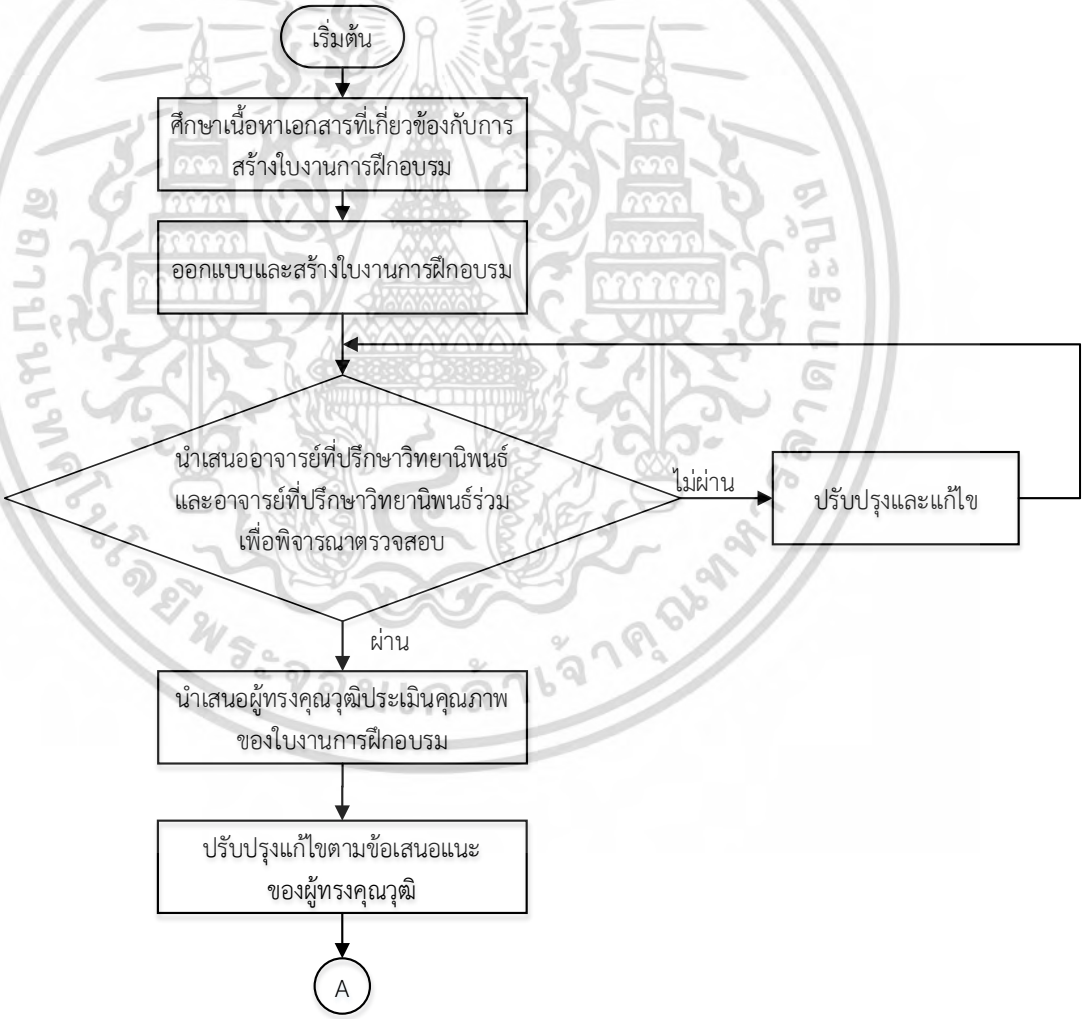
5.5. อาจารย์อานนท์ สิงห์จุ้ย แผนกวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

6. ปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะ

7. ทดลองใช้กับกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน ที่ซึ่งจากการสังเกตพบว่าใบงานบางใบงานมีขั้นตอนการปฏิบัติไม่ชัดเจน ทำให้ผู้เข้าอบรมปฏิบัติไม่ถูกต้องและเกิดคำถามระหว่างการปฏิบัติงาน ผู้วิจัยทำการบันทึกข้อบกพร่องต่างๆ และข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จากนั้นปรับปรุงแก้ไข

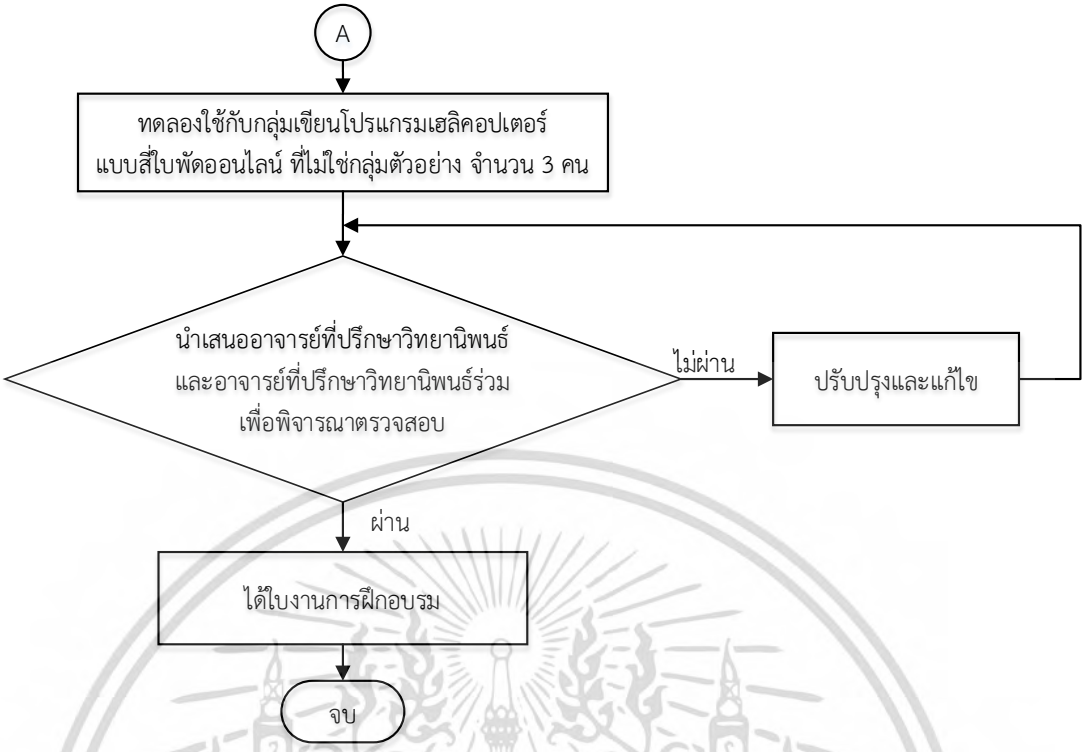
8. นำใบงานการฝึกอบรม เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

9. เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพและแก้ไขเรียบร้อย จากนั้นนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป โดยสรุปเป็นลำดับขั้นการสร้างใบงานการฝึกอบรมปรากฏตาม ภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างใบงานการฝึกอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 (ต่อ)

3.3.4 การสร้างบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

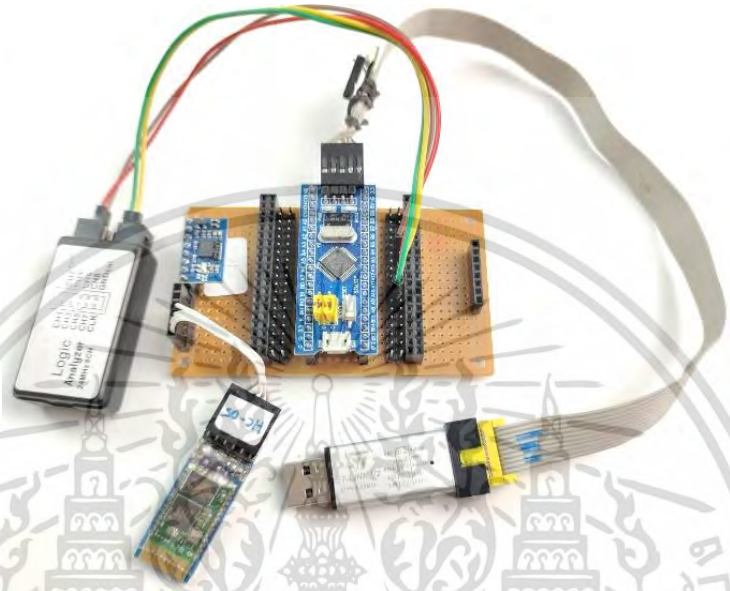
1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชา การออกแบบอุปกรณ์ทดลอง-สาธิต และการประเมินสื่อการสอน

2. กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ เลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมสอดคล้องกับใบงาน โดยพิจารณาจากการเลือกใช้อุปกรณ์อย่างประหยัด มีความคงทนและแข็งแรง และสามารถปรับและเปลี่ยนแปลงค่าอุปกรณ์ได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสั่งซื้ออุปกรณ์ต่างๆ เพื่อมาทดลองทำชุดฝึกอบรมต้นแบบ

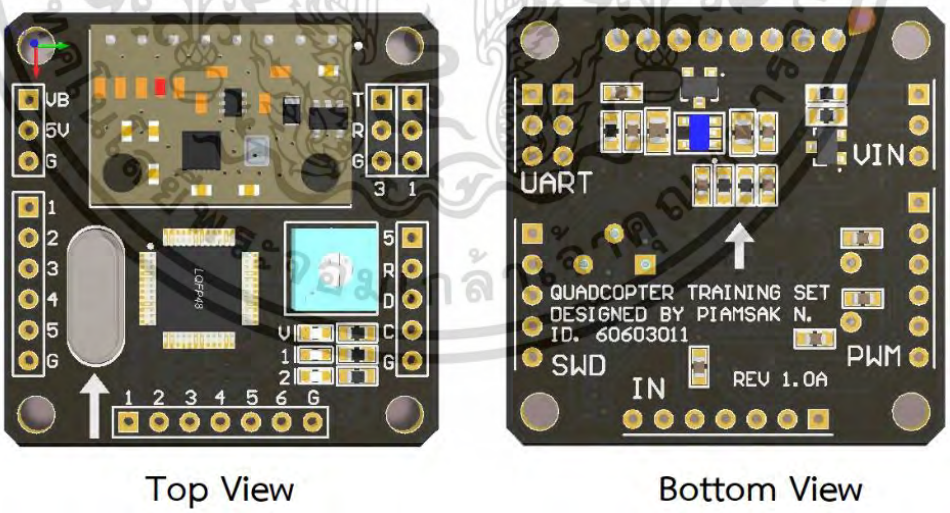
3. ผู้วิจัยได้ทำการประกอบบอร์ดควบคุมการบินต้นแบบ จากนั้นผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบการทำงานของบอร์ดควบคุมการบิน ได้แก่ การใช้เอาต์พุตแบบดิจิทัล การสื่อสารผ่าน UART การเขียน-อ่าน อีอีพร็อม การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล การใช้เอาต์พุตแบบ PWM การใช้อินพุตอินเตอร์รัพท์ การติดต่อเซนเซอร์แบบ I2C และการทำงานของเซนเซอร์ที่เลือกใช้ต้องทำงานได้ถูกต้อง เป็นต้น ปรากฏตามภาพที่ 3.2 เมื่อได้บอร์ดควบคุมการบินที่ทำงานถูกต้อง แล้วผู้วิจัยได้ออกแบบบอร์ดควบคุมการบินใหม่ โดยลดขนาดบอร์ดเล็กลง จัดกลุ่มของขาสัญญาณให้เป็นระเบียบเหมาะสำหรับการใช้งาน และ ติดตัวกันสั่นสะเทือนเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่มาจากมอเตอร์ด้วย ปรากฏตามภาพที่ 3.3 และ ภาพที่ 3.4 จากนั้นนำบอร์ดควบคุมการบินที่ได้นั้นมาทำการประกอบกับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ปรากฏตามภาพที่ 3.5 และพัฒนาแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เพื่อใช้ยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในการปรับค่าพีไอดี ทำให้ผู้เข้ารับการอบรมและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดฝึกอบรมมีความปลอดภัยไม่ก่อให้เกิดความเสียหาย ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์เพราะมีความแข็งแรงและน้ำหนักเบา ปรากฏตามภาพที่ 3.6 และ GUI เพื่อใช้ติดต่อกับบอร์ดควบคุมการบินเพื่อแสดงผลการทำงานและการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับบอร์ดควบคุมการบินปรากฏตามภาพที่ 3.7

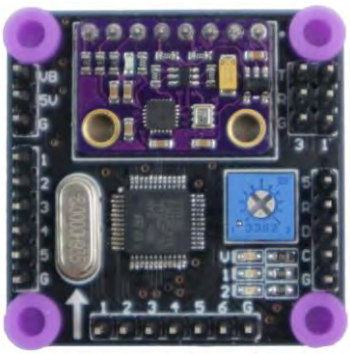


ภาพที่ 3.2 บอร์ดควบคุมการบินต้นแบบ



ภาพที่ 3.3 การออกแบบบอร์ดควบคุมการบินให้ขนาดพอเหมาะกับเฟรมที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

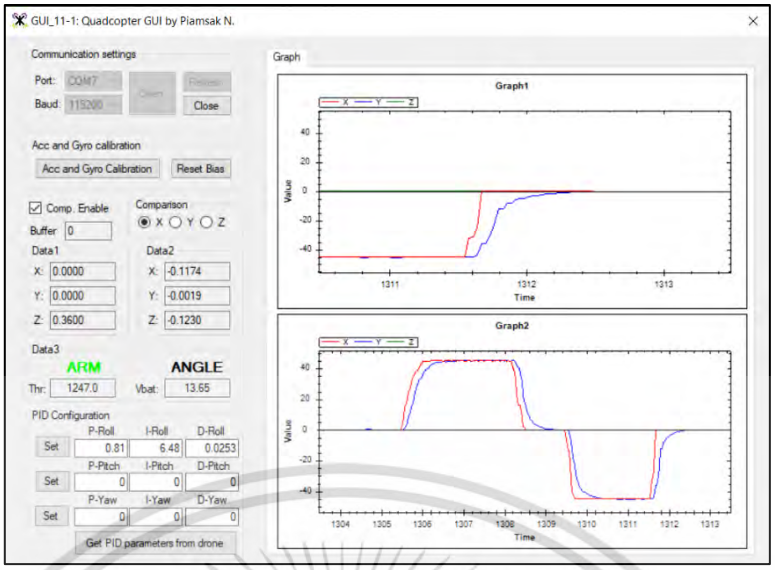


ภาพที่ 3.4 บอร์ดควบคุมการบินที่สมบูรณ์พร้อมติดตั้งกันสั่นสะเทือน

ภาพที่ 3.5 การประกอบบอร์ดควบคุมการบินกับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ภาพที่ 3.6 แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.7 GUI สำหรับการตั้งค่าและแสดงท่าทางการบินของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

4. ปรับแต่งและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของอุปกรณ์ เน้นให้มีความสะดวกและใช้งานได้ง่ายและคงทนแข็งแรง สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของใบงานการฝึกอบรม จากนั้นทำการเขียนแบบงานเพื่อใช้ในการซื้อและการผลิตชุดฝึกอบรม และจัดทำคู่มือการใช้งานของชุดฝึกอบรบ เพื่อให้ผู้ใช้นั้นมีความเข้าใจและความปลอดภัยในการใช้งาน

5. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

6. นำเสนอให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

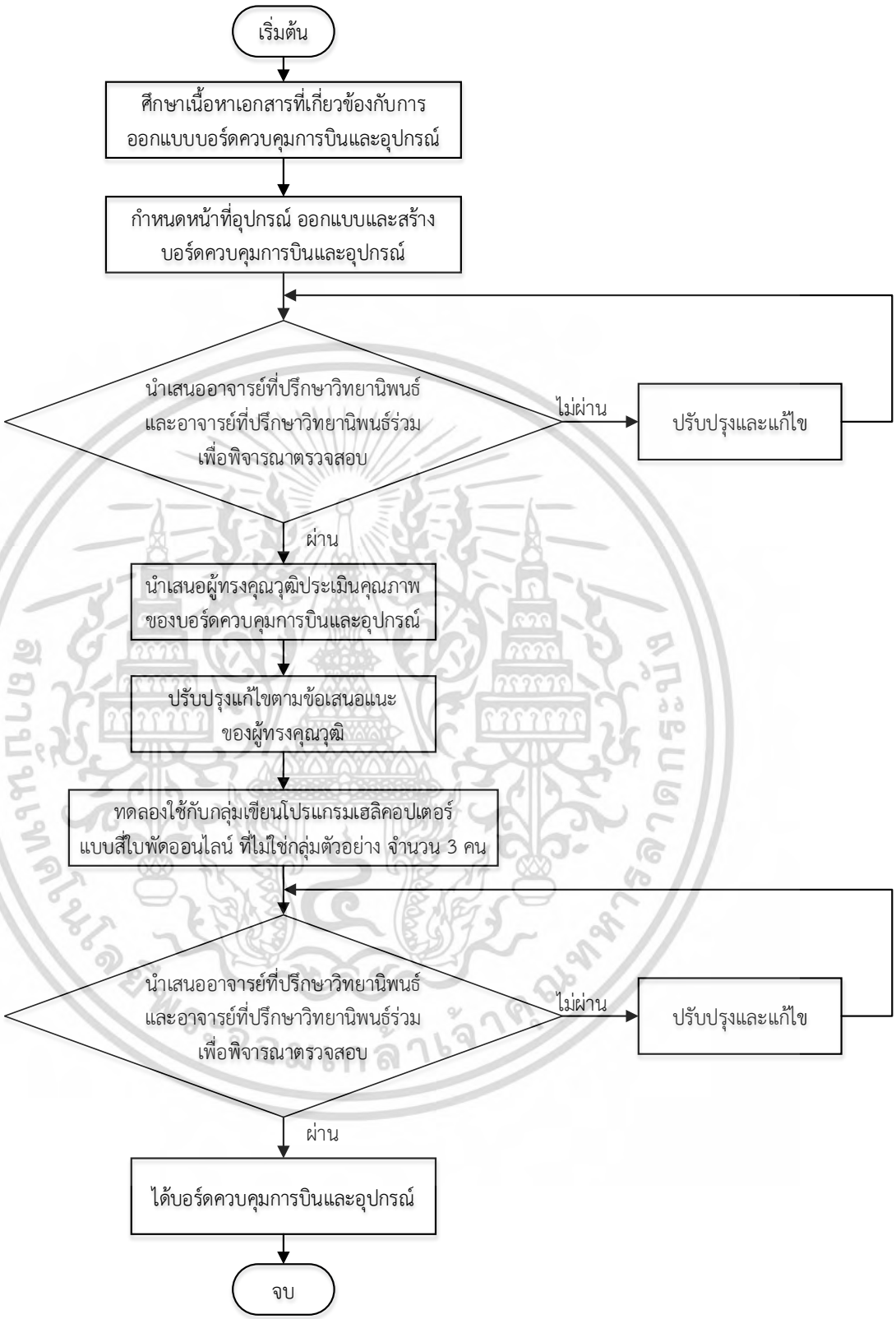
7. ปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้ทรงคุณวุฒิเสนอแนะ

8. ทดลองใช้กับทดลองใช้กับกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 3 คน เพื่อดูการทำงานของฮาร์ดแวร์ว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่ พบว่า GUI มีอาการค้างเนื่องจากการประมวลผลข้อมูลเยอะเกินไป จึงได้ทำการแก้ไขปรับอัตราการรีเฟรชให้ช้าลง และติดลาเบลบอกชื่อแต่ละขาสัญญาณที่คอนเน็คเตอร์เพื่อให้ผู้เข้าอบรมสามารถใช้งานได้สะดวกและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

9. นำบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและทำการแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

10. เมื่อผ่านการตรวจสอบคุณภาพและแก้ไขเรียบร้อย จากนั้นนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป โดยสรุปเป็นลำดับขั้นการสร้างบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ปรากฏตามภาพที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการสร้างบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม

การสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพ

2. สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพระดับดีมาก

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพดีระดับดี

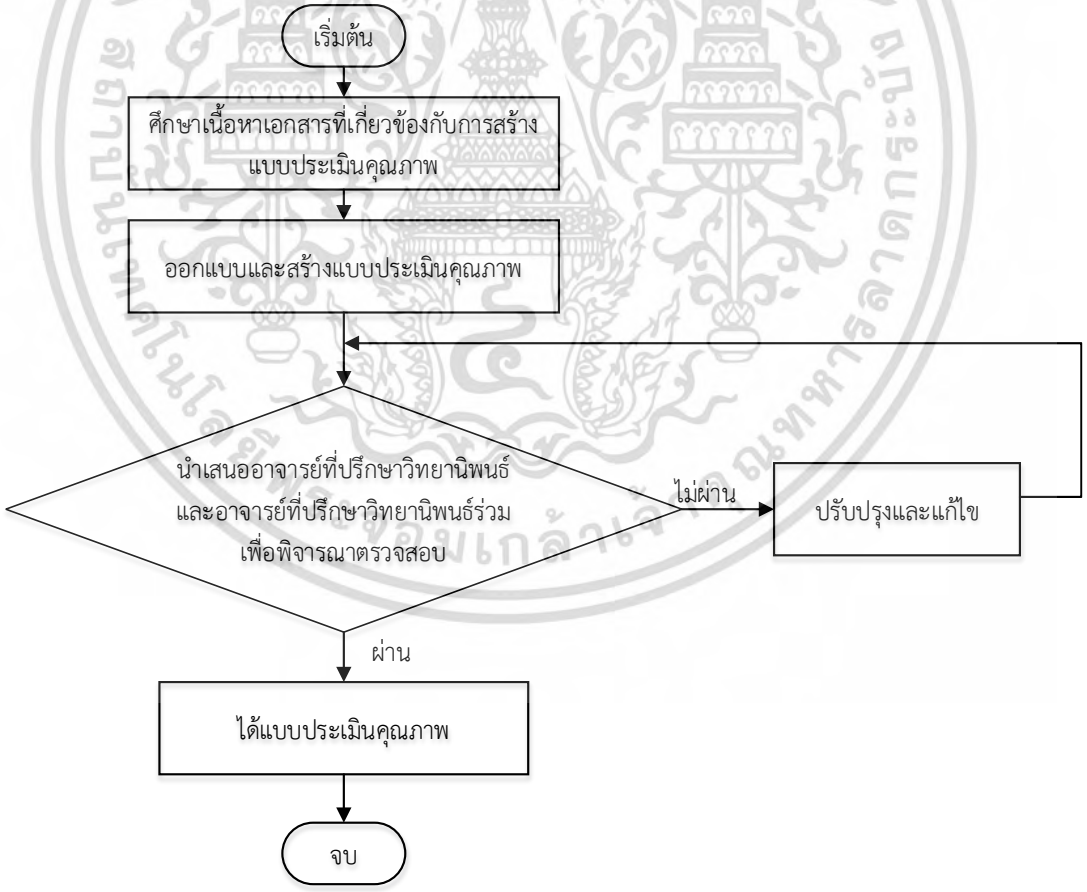
ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพระดับพอใช้

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพระดับควรปรับปรุง

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมแล้วทำการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมปรากฏตาม ภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การสร้างแบบทดสอบ

ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบของชุดฝึกอบรม โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบเกี่ยวกับขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบทดสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนด

2. สร้างแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก ที่มีคำตอบถูกเพียงคำตอบเดียว และคำตอบลวง 3 คำตอบ ให้ครอบคลุมจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหา ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อ คือ ข้อที่ตอบถูกเป็น 1 และข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้คะแนนเป็น 0

3. นำแบบทดสอบเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อพิจารณาตรวจสอบ และทำการปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบทดสอบไปหาคุณภาพด้านความเที่ยงตรง ความสอดคล้องของเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาการตรวจสอบความสอดคล้องให้หลักเกณฑ์กำหนดความคิดเห็นดังนี้ (พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2544 : 84)

คะแนน 1 สำหรับแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน 0 สำหรับแบบทดสอบที่ไม่แน่ใจว่ามีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

คะแนน -1 สำหรับแบบทดสอบที่เห็นว่าไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

โดยใช้สูตรการคำนวณมีดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \qquad \textbf{(3.1)}$$

เมื่อ IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละข้อ นำไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) แล้วคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไปใช้เป็นแบบทดสอบได้ จากผลการคำนวณได้ทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.80 จำนวน 17 ข้อและข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 จำนวน 83 ข้อ รวมเป็น 100 ข้อ พร้อมทั้งแก้ไขข้อคำถามให้มีความชัดเจนและตรงประเด็นกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัยและพัฒนาเครื่องบินไร้คนขับ บริษัท RV Connex จำนวน 6 คน และกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ จำนวน 4 คน รวมทั้งหมด 10 คน เพื่อวิเคราะห์ หาค่าความยากง่าย (P) ต้องมีค่าระหว่าง 0.20 – 0.80 ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าระหว่าง 0.40 – 0.60 (ภาคผนวก ง) แล้วคัดเลือกข้อที่มีความยากง่าย (P) ระหว่าง 0.20 - 0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป โดยคำนึงถึงความครอบคลุมของเนื้อหา และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และ อังคนา สายยศ. 2548)

$$P = \frac{R}{N} \qquad \textbf{(3.2)}$$

เมื่อ P คือ ค่าความยากง่าย

R คือ จำนวนคนที่ตอบถูก

N คือ จำนวนผู้ตอบทั้งหมด

ขอบเขตของค่า P และความหมาย

0.81 - 1.00	ง่ายเกินไป (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)
0.60 - 0.80	ค่อนข้างง่าย (ดี)
0.40 - 0.59	ยากปานกลาง (ดีมาก)
0.20 - 0.39	ค่อนข้างยาก (ดี)
0.00 - 0.19	ยากเกินไป (ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง)

ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร $r = \frac{P_H - P_L}{n}$ **(3.3)**

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

P_H คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

P_L คือ จำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

n คือ จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ

เกณฑ์การพิจารณาอำนาจจำแนก ขอบเขตของค่า r ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ติดลบ	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกกลับ (ใช้ไม่ได้)
0.00 – 0.19	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกต่ำ (ควรปรับปรุง)
0.20 – 0.39	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกปานกลาง (ปานกลาง)
0.40 – 0.59	ข้อสอบมีอำนาจจำแนกค่อนข้างสูง (ดี)

ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง (ดีมาก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้วิจัยได้พิจารณาจากค่าสถิติ นำมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ผลการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.97 (ภาคผนวก ง) โดยใช้ สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1-\frac{\sum pq}{S_t^2}\right] \qquad \textbf{(3.4)}$$

เมื่อ r_{tt} คือ ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัด

k คือ จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum pq$ คือ ผลรวม

p คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q คือ สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

S_t^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบที่มีค่า

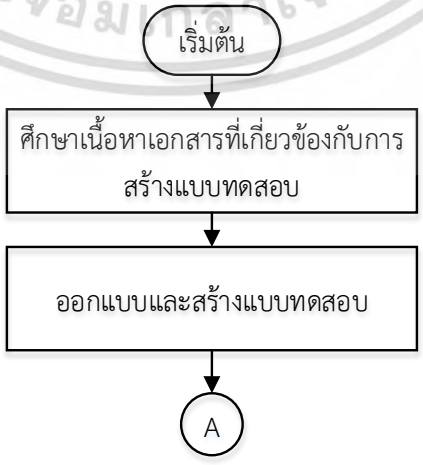
0.70 – 1.00 คือ แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นสูง

0.40 – 0.60 คือ แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นปานกลาง

ต่ำกว่า 0.30 คือ แบบทดสอบมีความเชื่อมั่นต่ำ

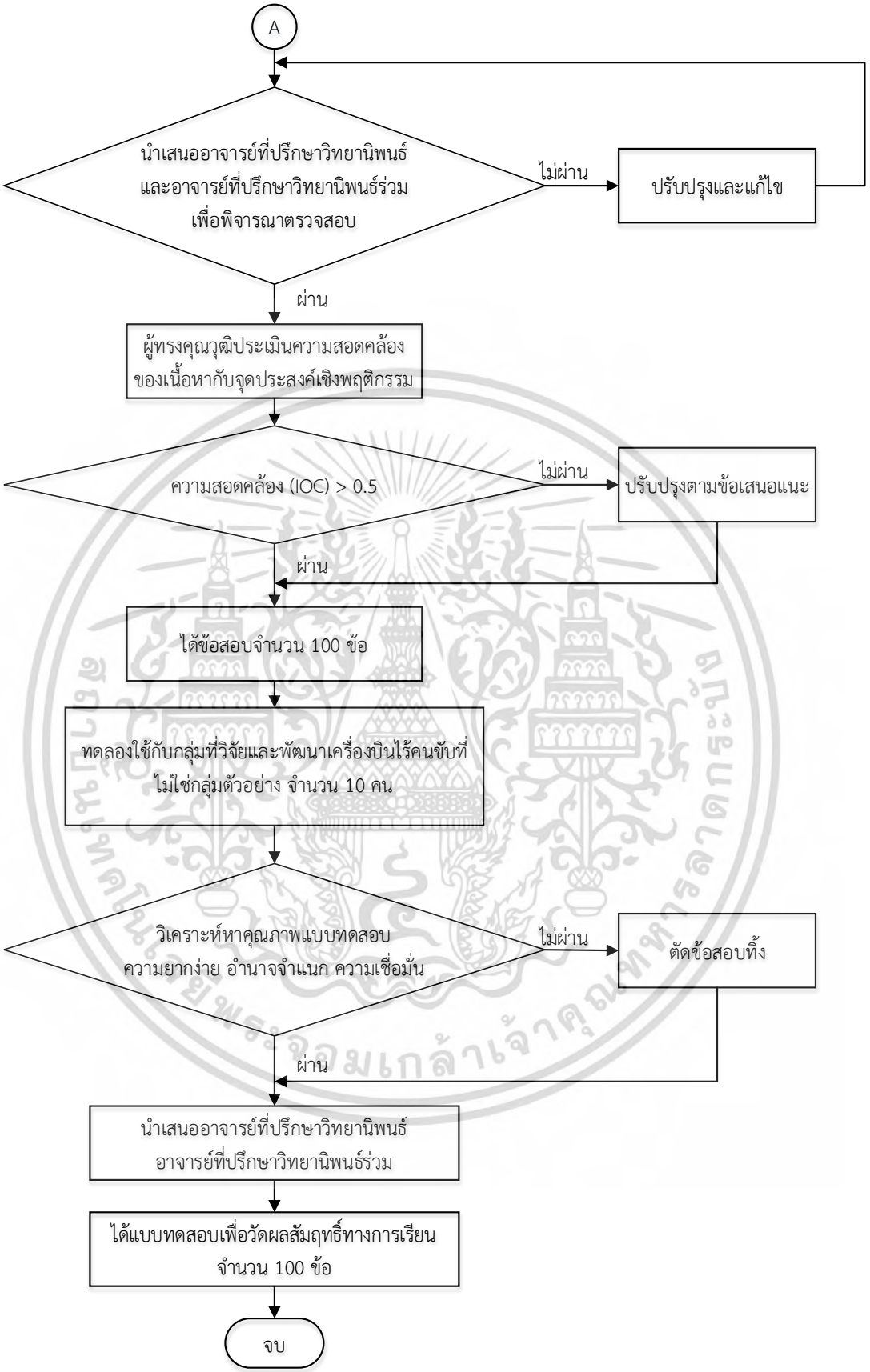
6. นำแบบทดสอบที่ได้คุณภาพ จำนวน 100 ข้อ เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบความถูกต้อง

7. ได้แบบทดสอบที่สมบูรณ์พร้อมใช้ในการทดลอง ซึ่งลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบ ปรากฏตามภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

การสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการอบรมขณะปฏิบัติการทดลองกับใบงาน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเนื้อหาวิธีการสร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน จากเอกสาร ตำราที่เกี่ยวข้องให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

2. สร้างแบบประเมินผลการปฏิบัติงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของใบงานการทดลอง โดยกำหนดเกณฑ์และน้ำหนักการให้คะแนนพิจารณาจากความซับซ้อนและความสำคัญของการปฏิบัติงาน 4 ระดับ โดยการประยุกต์ใช้งานจาก คู่มือการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริงเพื่อการปฏิรูปการเรียนการสอนสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (2557) ดังนี้

ระดับ 3 คะแนน หมายถึง ทำได้ครบถ้วนถูกต้อง

ระดับ 2 คะแนน หมายถึง ทำไม่ครบถ้วน

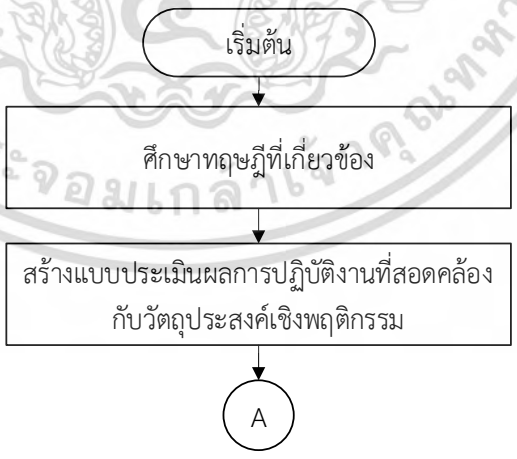
ระดับ 1 คะแนน หมายถึง ไม่ถูกต้อง

ระดับ 0 คะแนน หมายถึง ไม่สามารถทำได้

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

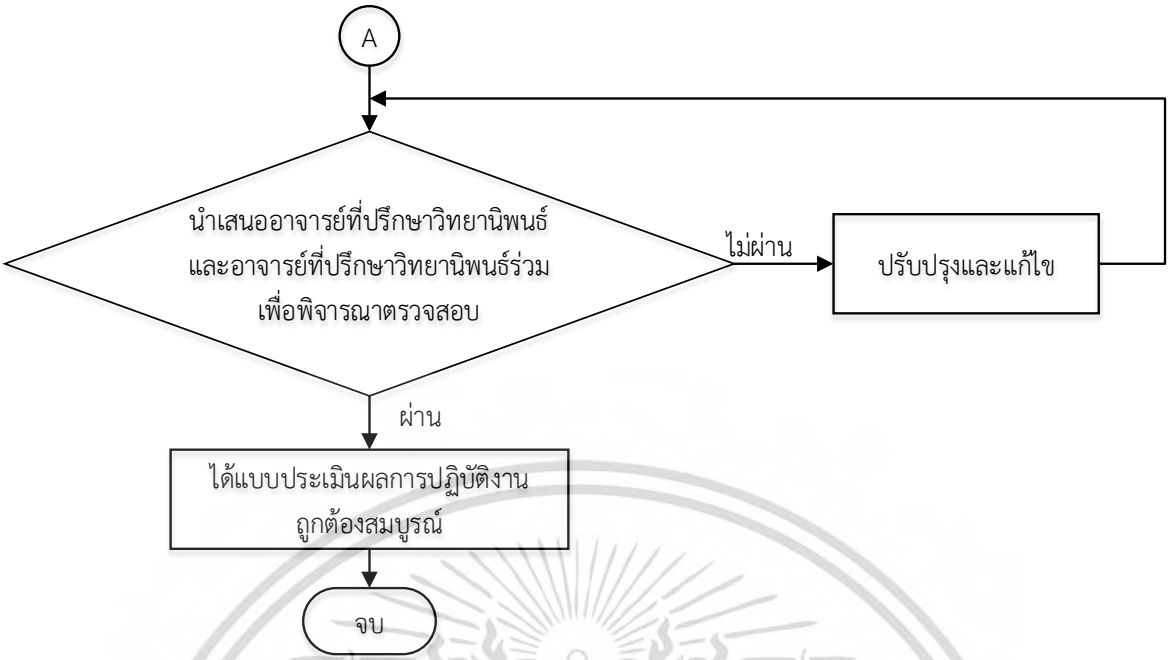
4. ได้แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยผู้สอนเป็นคนประเมินการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการอบรมต่อ 1 คน ที่พร้อมจะนำไปใช้เพื่อทำการทดลองต่อไป

ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินการปฏิบัติงาน ปรากฏตามภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.11 (ต่อ)

3.3.8 การสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

1. ศึกษาทฤษฎีและแนวทางการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

2. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ โดยใช้เกณฑ์การประเมินแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด. 2556) มีเกณฑ์การจัดระดับคะแนนดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ความพึงพอใจระดับมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ความพึงพอใจระดับมาก

ระดับ 3 หมายถึง ความพึงพอใจระดับปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อย

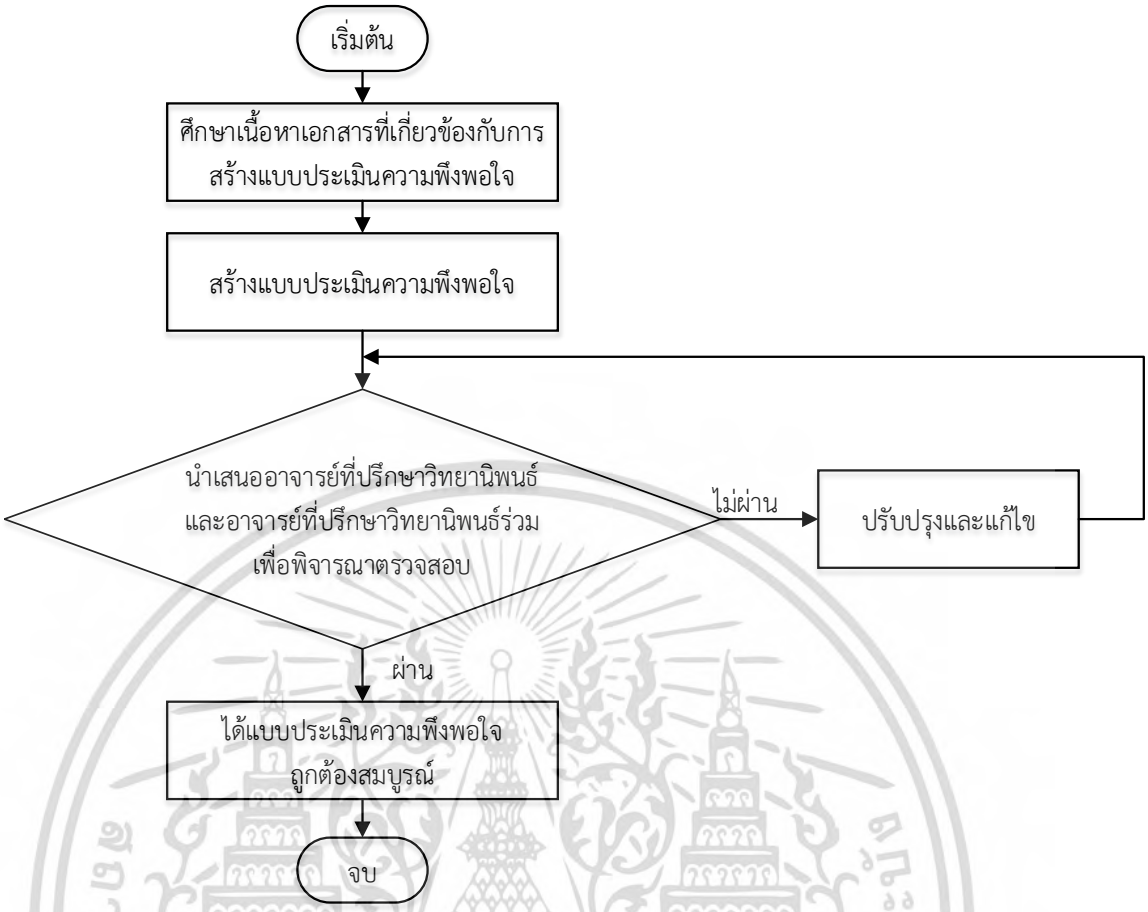
ระดับ 1 หมายถึง ความพึงพอใจระดับน้อยมาก

3. นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

4. ได้แบบประเมินความพึงพอใจที่สมบูรณ์พร้อมใช้ในการทดลอง

สำหรับ ลำดับขั้นตอนในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ปรากฏตามภาพที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.12 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการปฏิบัติและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหา คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

3.4.1 ผู้วิจัยยื่นคำร้องต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพและการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแก่ผู้ทรงคุณวุฒิ

3.4.2 ผู้วิจัยนำชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประกอบด้วย ใบงาน จำนวน 11 ใบงาน บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ แบบทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเพื่อหาคุณภาพ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และตรวจสอบความถูกต้อง

3.4.3 ผู้วิจัยทดลองใช้แบบทดสอบกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัยและพัฒนาเครื่องบินไร้คนขับ บริษัท RV Connex จำนวน 6 คน และกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ จำนวน 4 คน รวมทั้งหมด 10 คน เพื่อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ให้มีความถูกต้อง

3.4.4 ผู้วิจัยนำชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดไปทดลองใช้กับกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ จำนวน 3 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยชี้แจงวัตถุประสงค์และการปฏิบัติของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้วิจัยสังเกตการณ์และจดบันทึกข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข พบว่าใบงานบางใบงานมีขั้นตอนการปฏิบัติไม่ชัดเจน ทำให้ผู้เข้าอบรมปฏิบัติไม่ถูกต้องและเกิดคำถามระหว่างการปฏิบัติงาน และ GUI มีอาการค้างเนื่องจากการประมวลผลข้อมูลเยอะเกินไป จึงได้ทำการแก้ไขปรับอัตราการรีเฟรชให้ช้าลง และติดลาเบลบอกชื่อแต่ละขาสัญญาณที่คอนเน็คเตอร์เพื่อให้ผู้เข้าอบรมสามารถใช้งานได้สะดวก

3.4.5 ผู้วิจัยนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากอาสาสมัครที่สนใจลงทะเบียนการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำนวน 15 คน ชี้แจงให้ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจวัตถุประสงค์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน และเริ่มการฝึกอบรมในช่วงเดือน มีนาคม พ.ศ.2565

3.4.6 ให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติใบงานครั้งละ 1 ใบงาน จะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมของแต่ละใบงานการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E_1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

วันที่ 16 มีนาคม พ.ศ.2565 มีการจัดการฝึกอบรมแบบออนไลน์ โดยมีการอบรมภาคทฤษฎีและทำภาคปฏิบัติโดยการเขียนโปรแกรมโดยส่งให้ผู้จัดการฝึกอบรมเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องให้เป็นรายบุคคล มีการฝึกอบรมใบงานที่ 1 ถึง ใบงานที่ 3

วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ.2565 มีการจัดการฝึกอบรมแบบออนไลน์ โดยมีการอบรมภาคทฤษฎีและทำภาคปฏิบัติโดยการเขียนโปรแกรมโดยส่งให้ผู้จัดการฝึกอบรมเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องให้เป็นรายบุคคล มีการฝึกอบรมใบงานที่ 4 ถึง ใบงานที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 18 มีนาคม พ.ศ.2565 มีการจัดการฝึกอบรมแบบออนไลน์ โดยมีการอบรมภาคทฤษฎี และทำภาคปฏิบัติโดยการเขียนโปรแกรมโดยส่งให้ผู้จัดการฝึกอบรมเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องให้เป็นรายบุคคล มีการฝึกอบรมใบงานที่ 7 และใบงานที่ 8 ในส่วนของใบงานที่ 9 ถึง ใบงานที่ 11 เป็นการอบรมภาคทฤษฎีเท่านั้น

วันที่ 19 มีนาคม พ.ศ.2565 มีการจัดการฝึกอบรมที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทำภาคปฏิบัติ โดยมีการฝึกอบรมใบงานที่ 2 ใบงานที่ 7 และ ใบงานที่ 8 เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความคุ้นเคยกับชุดฝึกอบรม ปุ่มบังคับ โหมดการบิน และเข้าใจการทำงานของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมากยิ่งขึ้น การฝึกอบรมใบงานที่ 9 ผู้จัดการฝึกอบรมทบทวนภาคภาคทฤษฎีและให้ทำภาคปฏิบัติและตอบคำถามระว่างระหว่างปฏิบัติเป็นรายบุคคลโดยใช้ชุดฝึกอบรมร่วมกัน

วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ.2565 มีการจัดการฝึกอบรมที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทำภาคปฏิบัติ โดยมีการฝึกอบรมใบงานที่ 10 ผู้จัดการฝึกอบรมทบทวนภาคภาคทฤษฎีและให้ทำภาคปฏิบัติและตอบคำถามระว่างระหว่างปฏิบัติเป็นรายบุคคลโดยใช้ชุดฝึกอบรมร่วมกัน

3.4.7 ให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติใบงานสุดท้ายจะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกอบรม เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E_2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

วันที่ 20 มีนาคม พ.ศ.2565 มีการจัดการฝึกอบรมที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทำภาคปฏิบัติของใบงานที่ 11 การประยุกต์การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้วยโหมด ANGLE ปฏิบัติเป็นรายบุคคลโดยใช้ชุดฝึกอบรมร่วมกัน และผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้นำบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่ผ่านการเขียนโปรแกรมและการตั้งค่าพารามิตเตอร์พีไอดีเรียบร้อยแล้วไปทดสอบบินโดยปลดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออกจากแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

3.4.8 ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบประเมินความพึงพอใจ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 การหาคุณภาพของชุดฝึกอบรม

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของชุดฝึกอบรม โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นทำการวิเคราะห์เพื่อประมวลผลค่าทางสถิติ ได้แก่ หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมาย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกอบรมอยู่ในระดับ ดีมาก

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกอบรมอยู่ในระดับ ดี

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกอบรมอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกอบรมอยู่ในระดับ พอใช้

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง คุณภาพชุดฝึกอบรมอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของคุณภาพชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับดี คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.5.2 การหาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรม

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรม จำนวน 15 คน ต่อชุดฝึกอบรม โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ “หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เพื่อประมวลผลค่าทางสถิติ แล้วนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาแปลความหมาย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับ มากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับ มาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับ ปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับ น้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมอยู่ในระดับ น้อยมาก

สำหรับเกณฑ์ที่กำหนดของความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ที่ใช้ได้ต้องมีคุณภาพอยู่ในระดับมากขึ้นไป คือ มีค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50 ขึ้นไป

3.5.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมประกอบด้วย ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) กับ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

E_1 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทดสอบระหว่างการฝึกอบรมร้อยละ 40 และผลการปฏิบัติงานแต่ละใบงานการฝึกอบรม (ใบงานที่ 1-10) รวมกัน ร้อยละ 60

E_2 หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เข้ารับการอบรมที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 40 และผลการปฏิบัติของใบงานที่ 11 ร้อยละ 60 (หลังจากอบรมใบงานที่ 1-10 เรียบร้อยแล้ว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้สถิติดังต่อไปนี้

3.6.1 การหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

สูตร

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N} \quad \textbf{(3.5)}$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดเห็น

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.2 การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์การกระจายของข้อมูล (วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549 : 113)

สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - \left(\sum X\right)^2}{N(N-1)}} \quad \textbf{(3.6)}$$

เมื่อ S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความคิดเห็น

X คือ ค่าคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N คือ จำนวนของผู้ทรงคุณวุฒิ

3.6.3 การหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2551 : 150)

สูตร

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad \textbf{(3.7)}$$

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกปฏิบัติ E_1/E_2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์.2556:10)

$$E_1 = \frac{\frac{\sum X}{N}}{A} \times 100 \qquad \textbf{(3.8)}$$

เมื่อ E_1 คือ ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

N คือ จำนวนผู้เข้ารับการอบรมทั้งหมด

A คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ระหว่างเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum F}{N}}{B} \times 100 \qquad \textbf{(3.9)}$$

เมื่อ E_2 คือ ร้อยละของคะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

$\sum F$ คือ คะแนนรวมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

N คือ จำนวนผู้เข้ารับการอบรมทั้งหมด

B คือ คะแนนเต็มของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์หลังเรียนกับแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความเชื่อถือได้ของแบบทดสอบ KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left(1 - \frac{\sum pq}{s^2}\right) \quad \textbf{(3.10)}$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อถือได้

k แทน จำนวนข้อของเครื่องมือวัด

$\sum pq$ แทน ผลรวม

p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ $=1-p$

s^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาคุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยหาคุณภาพจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน และหาประสิทธิภาพจากกลุ่มตัวอย่าง 15 คน โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 รวมถึงความพึงพอใจจากนักศึกษา โดยนำผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 การประเมินคุณภาพด้านใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

4.2 การประเมินคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

4.3 การประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

4.4 การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

4.1 การประเมินคุณภาพด้านใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

การประเมินคุณภาพด้านใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้านใบงานจากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการประเมิน	$\bar{X}$ (N=5)	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5.00	0.00	ดีมาก
2. เนื้อหามีความถูกต้องและชัดเจน	4.40	0.55	ดี
3. เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4.20	0.45	ดี
4. ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติมีความเหมาะสม	4.60	0.55	ดีมาก
5. ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน	4.60	0.55	ดีมาก
6. เนื้อหามีความถูกต้องตรงกับรูปภาพที่ใช้ประกอบ	4.80	0.45	ดีมาก
7. มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า	4.40	0.55	ดี
8. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.80	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.60**	**0.50**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.1 ผลการประเมินหาคุณภาพด้านใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน รายการประเมินอยู่ในระดับดีมาก 5 รายการ รายการประเมินอยู่ในระดับดี 3 รายการ มีภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) โดยมีรายการประเมิน (1) เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีคุณภาพสูงสุดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) และ (3) เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน มีคุณภาพต่ำสุดอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.45)

4.2 การประเมินคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

การประเมินคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน ซึ่งมีผลการประเมิน แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระดับคุณภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์จากการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

รายการประเมิน	$\bar{X}$ (N=5)	S.D.	ระดับคุณภาพ
1. ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานการฝึกอบรม	5.00	0.00	ดีมาก
2. มีน้ำหนักเหมาะสมขนย้ายนำไปใช้สอนได้สะดวก	4.60	0.55	ดีมาก
3. มีชิ้นส่วนประกอบเป็นมาตรฐานหาอะไหล่ง่าย	4.40	0.55	ดี
4. รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน มีอายุการใช้งานเหมาะสม	4.40	0.55	ดี
5. ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4.20	0.45	ดี
6. ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดฝึกอบรม	4.80	0.45	ดีมาก
7. นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้	4.80	0.45	ดีมาก
8. ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจอยากเรียน	4.80	0.45	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยรวม	**4.63**	**0.49**	**ดีมาก**

จากตารางที่ 4.2 ผลการประเมินหาคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 5 ท่าน รายการประเมินอยู่ในระดับดีมาก 5 รายการ รายการประเมินอยู่ในระดับดี 3 รายการ มีภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) โดยมีรายการประเมิน (1) ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานการฝึกอบรม มีคุณภาพสูงสุดอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) และ (5) ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง มีคุณภาพต่ำสุด อยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.20, S.D. = 0.45)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การประเมินประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ใช้กับกลุ่มตัวอย่างคือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากอาสาสมัครที่สนใจลงทะเบียนการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำนวน 15 คนโดยระหว่างฝึกอบรมได้มีประเมินผลการปฏิบัติงานและทำแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมเพื่อวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และหลังจากฝึกอบรมใบงานที่ 1-10 เรียบร้อยแล้วให้ผู้เข้ารับการอบรมใบงานสุดท้ายเพื่อประเมินผลการปฏิบัติงานและทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพื่อวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

ตารางที่ 4.3 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

รายการ	คะแนนเต็ม		คะแนนที่ได้		คะแนนคิดเป็นร้อยละ		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ทฤษฎี 40%	ปฏิบัติ 60%	รวม 100%
คะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1)	100	150	76.13	135.27	30.45	54.11	84.56
คะแนนหลังฝึกอบรม (E_2)	100	15	86.07	12.13	34.43	48.53	82.96

จากตารางที่ 4.3 พบว่าประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มีคะแนนระหว่างฝึกอบรม (E_1) จากการประเมินด้านทฤษฎีเฉลี่ยร้อยละ 30.45 และจากการประเมินด้านปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 54.11 รวมกันเฉลี่ยร้อยละ 84.56 และมีคะแนนหลังฝึกอบรม (E_2) จากการประเมินด้านทฤษฎีเฉลี่ยร้อยละ 34.43 และจากการประเมินด้านปฏิบัติเฉลี่ยร้อยละ 48.53 รวมกันเฉลี่ยร้อยละ 82.96 ซึ่งมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80 ตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

การสำรวจความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยกลุ่มตัวอย่างที่ได้เข้ารับการอบรมจำนวน 15 คน ซึ่งมีผลการประเมินความพึงพอใจแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของความพึงพอใจในด้านต่างๆ ที่กลุ่มตัวอย่างมีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ประเด็นความคิดเห็น	$\bar{X}$ (N=15)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านใบงานการฝึกอบรม			
1. ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง	4.67	0.49	มากที่สุด
2. ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน	4.53	0.74	มากที่สุด
3. มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการฝึกอบรม	4.87	0.52	มากที่สุด
4. ความถูกต้อง ชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ	4.93	0.26	มากที่สุด
5. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.75**	**0.52**	**มากที่สุด**
ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์			
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ	4.67	0.62	มากที่สุด
2. รูปร่างของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ก่อให้เกิดแรงจูงใจ	4.73	0.59	มากที่สุด
3. ความเหมาะสมของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์	4.73	0.59	มากที่สุด
4. ความแข็งแรงของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์	4.73	0.59	มากที่สุด
5. ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4.80	0.56	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.73**	**0.58**	**มากที่สุด**
ด้านความรู้ความเข้าใจ			
ความรู้และความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมและควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด	4.53	0.74	มากที่สุด
เฉลี่ยรวม	**4.53**	**0.74**	**มากที่สุด**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ประเด็นความคิดเห็น	$\bar{X}$ (N=15)	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
ด้านการนำความรู้ไปใช้			
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานของตนเองได้	4.33	0.82	มาก
2. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ต่อได้	4.20	0.94	มาก
เฉลี่ยรวม	**4.27**	**0.87**	**มาก**
โดยรวม	**4.65**	**0.64**	**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4.4 พบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจในด้านใบงานการฝึกอบรม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.75, S.D. = 0.52) รองลงมา คือ ด้านด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.73, S.D. = 0.58) ด้านความรู้ความเข้าใจ อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.53, S.D. = 0.74) และด้านการนำความรู้ไปใช้อยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$ = 4.27, S.D. = 0.87) ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมทุกด้านแล้วพบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.65, S.D. = 0.64)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยมีเนื้อหา

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ที่มีคุณภาพ

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

3. เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

5.1.2 สมมติฐานของการวิจัย

1. ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีคุณภาพจัดอยู่ในระดับดี ($\overline{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

2. ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดตามเกณฑ์ที่กำหนด E_1/E_2 ไม่ต่ำกว่า 80/80

3. ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จัดอยู่ในระดับมาก ($\overline{X} \geq 3.50$) ขึ้นไป

5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 32 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากอาสาสมัครที่สนใจลงทะเบียนการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำนวน 15 คน

5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประกอบด้วย ใบงานการฝึกอบรมจำนวน 11 ใบงาน บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

2. แบบประเมินคุณภาพด้านใบงาน และบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

3. แบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรม และแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

4. แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

5. แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นตอนการปฏิบัติและการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหา คุณภาพ ประสิทธิภาพ และความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีลำดับขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ผู้วิจัยยื่นคำร้องต่องานบริหารวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อออกหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการประเมินคุณภาพและการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแก่ผู้ทรงคุณวุฒิ

2. ผู้วิจัยนำชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประกอบด้วย ใบงาน จำนวน 11 ใบงาน บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเพื่อหาคุณภาพ ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และตรวจสอบความถูกต้อง

3. ผู้วิจัยทดลองใช้แบบทดสอบกับผู้ที่เกี่ยวข้องในการวิจัยและพัฒนาเครื่องบินไร้คนขับ บริษัท RV Connex จำนวน 6 คน และกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ จำนวน 4 คน รวมทั้งหมด 10 คน เพื่อหา ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเชื่อมั่นของแบบทดสอบและปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ให้มีความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผู้วิจัยนำชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ไปทดลองใช้กับกลุ่มเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออนไลน์ จำนวน 3 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยชี้แจงวัตถุประสงค์และการปฏิบัติของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้วิจัยสังเกตการณ์และจดบันทึกข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข พบว่าใบงานบางใบงานมีขั้นตอนการปฏิบัติไม่ชัดเจน ทำให้ผู้เข้าอบรมปฏิบัติไม่ถูกต้องและเกิดคำถามระหว่างการปฏิบัติงาน และ GUI มีอาการค้างเนื่องจากการประมวลผลข้อมูลเยอะเกินไป จึงได้ทำการแก้ไขปรับอัตราการรีเฟรชให้ช้าลง และติดลาเบลบอกชื่อแต่ละขาสัญญาณที่คอนเน็คเตอร์เพื่อให้ผู้เข้าอบรมสามารถใช้งานได้สะดวก

5. ผู้วิจัยนัดหมายกลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง จากอาสาสมัครที่สนใจลงทะเบียนการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จำนวน 15 คน ชี้แจงให้ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจวัตถุประสงค์ขั้นตอนการปฏิบัติงาน เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน และเริ่มการฝึกอบรมในช่วงเดือน มีนาคม พ.ศ.2565

6. ให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติใบงานครั้งละ 1 ใบงาน จะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และให้ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมของแต่ละใบงานการทดลอง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของกระบวนการ หรือ E1 มีการจัดการฝึกอบรมภาคทฤษฎีแบบออนไลน์ และภาคปฏิบัติที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำภาคปฏิบัติและตอบคำถามระว่างระหว่างปฏิบัติเป็นรายบุคคลโดยใช้ชุดฝึกอบรมร่วมกัน

7. ให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติใบงานสุดท้ายจะมีการประเมินผลการปฏิบัติงานให้คะแนนทักษะด้านปฏิบัติ และทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังฝึกอบรม เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นประสิทธิภาพของผลลัพธ์ หรือ E2 มีการจัดการฝึกอบรมที่คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อทำภาคปฏิบัติของใบงานที่ 11 การประยุกต์การเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดด้วยโหมด ANGLE ปฏิบัติเป็นรายบุคคลโดยใช้ชุดฝึกอบรมร่วมกัน และผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้นำบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่ผ่านการเขียนโปรแกรมและการตั้งค่าพารามิตเตอร์พีไอดีเรียบร้อยแล้วไปทดสอบบินโดยปลดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดออกจากแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

8. ผู้เข้ารับการอบรมทำแบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลจากการประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพ นำคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ระหว่างเรียน) ที่ได้จากใบงานที่ 1-10 รวมกับคะแนนแบบประเมินผลการปฏิบัติงานในแต่ละใบงาน และคะแนนการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (หลังเรียน) รวมกับคะแนนแบบประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการอบรมมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ และนำคะแนนที่ผู้เข้ารับการอบรมประเมินความพึงพอใจ ไปวิเคราะห์หาความพึงพอใจของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วิเคราะห์หาคุณภาพชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ด้านใบงานและด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ตามเกณฑ์ที่กำหนดคือ E_1/E_2 ไม่น้อยกว่า 80/80

3. วิเคราะห์หาความพึงพอใจชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนดังกล่าวสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. คุณภาพด้านใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดโดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน มีคุณภาพอยู่ใน ระดับ ดีมาก ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. คุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน มีคุณภาพอยู่ใน ระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ซึ่งทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน พบว่าชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 84.56/82.96 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. ความพึงพอใจที่มีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน มีค่าความพึงพอใจในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.65, S.D. = 0.64) ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดประกอบด้วย บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์สำหรับการฝึกอบรมและใบงานการฝึกอบรมสำหรับใช้งานร่วมกับบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ สามารถใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ทั้ง 11 ใบงานการฝึกอบรม ผู้วิจัยได้ออกแบบชุดฝึกอบรมประกอบด้วยบอร์ดควบคุมการบิน โดยออกแบบให้บอร์ดมีขนาดเล็ก มีการจัดกลุ่มของขาสัญญาณเพื่อความสะดวกในการใช้งาน และมีการติดตัวลดการสั่นสะเทือนทั้ง 4 จุด เพื่อลดแรงสั่นสะเทือนจากมอเตอร์ที่ส่งผลทำให้ค่าที่ได้จากเซนเซอร์ไม่เสถียร ในส่วนของชุดโครงสร้างของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดและแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงและหาซื้อง่ายในท้องตลาด ส่วนใบงานการฝึกอบรมทั้ง 11 ใบงาน ได้รวมเป็นเล่มเพื่อสะดวกในการจัดเก็บและการใช้งาน และ GUI ที่ออกแบบเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในแต่ละใบงาน

5.2.2 คุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรมของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีคุณภาพในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.50) มีรายการที่ระดับคุณภาพดีมาก 5 รายการ เนื่องจากผู้วิจัยได้วิเคราะห์เนื้อหาที่มีความจำเป็นในการเรียนรู้ทำเนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนด ให้ความสำคัญกับลำดับขั้นในการปฏิบัติเนื่องจากอุปกรณ์มีความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายในขณะฝึกอบรมได้ การพัฒนาเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดต้องใช้ความรู้และประสบการณ์หลายด้าน ดังนั้นผู้วิจัยเห็นว่าแต่ละใบงานฝึกอบรมควรจะมีปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นเพียงพอเพื่อช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมทำความเข้าใจได้ง่ายในระหว่างทำการทดลอง เนื้อหามีความถูกต้องตรงกับรูปภาพที่ใช้ประกอบ ช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมเข้าใจถึงวิธีการทดลองได้มากขึ้นกว่าการอ่านตัวหนังสือ เนื่องจากชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่ได้พัฒนาขึ้นมีความสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ มากขึ้น ผู้เข้ารับการอบรมสนใจจึงสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ได้ดี อย่างไรก็ตามในรายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน เนื่องจาก เนื้อหาของเรื่องการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ต้องใช้ทักษะหลายด้าน ได้แก่ ทักษะการเขียนโปรแกรม, ความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และ ทักษะการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เป็นต้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนายกิตติ หอมลำดวน (2556) ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสายพานจำแนกสีและแขนกลจำแนกชนิดวัตถุ มีคุณภาพด้านเนื้อหาใบงานโดยการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิอยู่ในระดับดี ($\overline{X}$ = 4.39,S.D. = 0.16)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 คุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์มีคุณภาพระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) มีรายการที่ระดับคุณภาพดีมาก 5 รายการ เนื่องจากใบงานมีความสัมพันธ์ของชุดฝึกอบรมกับใบงานการฝึกอบรมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีน้ำหนักเหมาะสมสามารถนำไปใช้สอนได้สะดวก ตัวลำมีขนาดไม่ใหญ่เกินไปและแท่นยึดเครื่องบินใช้อลูมิเนียมโปรไฟล์เพราะมีน้ำหนักเบา ผู้วิจัยเลือกวัสดุที่แข็งแรงและนำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจอยากเรียน อย่างไรก็ตามในรายการที่ได้คะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง ชุดฝึกอบรมนี้จะมีส่วนในการบำรุงรักษาคือมอเตอร์, ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ และ ใบพัด มีโอกาสเสียและเสื่อมในช่วงการฝึกอบรมได้ ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนายสมเกียรติ ใจดี (2558) ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนรู้การพัฒนาแอปพลิเคชันวิชวล ซีชาร์ป เพื่อการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550 มีคุณภาพด้านบอร์ดทดลอง อยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$ = 4.60, S.D. = 0.40)

5.2.4 ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเรียนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของผู้เข้ารับการอบรมมีค่าเท่ากับ 84.56/82.96 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่พัฒนาขึ้นผ่านการออกแบบและผ่านการแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้ทรงคุณวุฒิที่ทำให้มีใบงานที่มีความเหมาะสม มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการฝึกปฏิบัติและสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้การเรียงลำดับของใบงานโดยเป็นการศึกษาโครงสร้างของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีการฝึกควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดบนโมเดลจำลองบนแอพพลิเคชั่นเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมมองเห็นถึงภาพรวมของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากนั้นค่อยเริ่มเขียนโปรแกรมแต่ละภาคส่วน ใบงานสุดท้ายใช้แต่ละส่วนมารวมกันและที่สำคัญของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด คือ การรักษาเสถียรภาพของการบินซึ่งต้องมีการปรับค่า พีไอดี ซึ่งในการปฏิบัตินั้นต้องทำบนแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้เพื่อความปลอดภัยของผู้เข้ารับการอบรมและความเสียหายกับชุดฝึกอบรมได้ นอกจากนั้นจากการสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติ พบว่าผู้เข้ารับการอบรมมีความตื่นเต้นและสนใจการผลของการปฏิบัติ เนื่องจากการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ต้องใช้ความรู้ทางด้านเทคนิคการเขียนโปรแกรม ด้านอิเล็กทรอนิกส์ ด้านระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ซึ่งในชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่ผู้วิจัยได้พัฒนา ทำให้เข้าใจได้ง่ายและมีอุปกรณ์ครบครันสำหรับใช้ในการพัฒนาเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จึงทำให้ผู้เข้ารับการอบรมมีความตั้งใจและสนใจในการเรียนรู้ จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ทั้งระหว่างเรียนและหลังเรียนครั้งนี้ เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด คะแนนภาคทฤษฎีหลังการฝึกอบรม ($\bar{X}$ = 34.43) มากกว่าคะแนนภาคทฤษฎีระหว่างการฝึกอบรม ($\bar{X}$ = 30.45) เนื่องจากแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรม และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกันทำให้กลุ่มตัวอย่างสามารถทบทวนเนื้อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทำแบบทดสอบได้คะแนนมากขึ้น ส่วนคะแนนภาคปฏิบัติหลังการฝึกอบรม ($\overline{X}$ = 48.53) ต่ำกว่าคะแนนภาคปฏิบัติระหว่างการฝึกอบรม ($\overline{X}$ = 54.11) เนื่องด้วยใบงานสุดท้ายเป็นการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดทั้งหมด โดยใช้ความรู้จากใบงานก่อนหน้ามาใช้ในการพัฒนา ซึ่งใช้ระเวลาในการพัฒนาและปฏิบัติงานมากกว่า ใบงานอื่นๆ ส่งผลให้ ประสิทธิภาพของ E_2 ต่ำกว่าค่า E_1 (E_1 = 84.56, E_2 = 82.96) ด้วย ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของนายสิทธิพันธ์ จันทร์งาม (2557) ได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้า และหาประสิทธิภาพ โดยมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.04/82.27 ตามเกณฑ์ 80/80 ที่กำนหดไว้

5.2.5 ความพึงพอใจของผู้เข้ารับการอบรมที่มีต่อชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด พบว่าโดยรวมผู้เข้ารับการอบรมมีระดับความพึงพอใจจัดอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.65, S.D. = 0.64) เมื่อพิจารณาความพึงพอใจในแต่ละด้านพบว่า ด้านใบงานการฝึกอบรมมีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.75, S.D. = 0.52) เนื่องจากผู้วิจัยได้ จัดทำใบงานการฝึกอบรมที่มีความถูกต้อง ชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ มีเนื้อหาภาคทฤษฎีเพียงพอและคลอบคลุม เหมาะสมในการฝึกอบรมแต่ละใบงาน ใบงานสร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้ละมีความความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ มีคะแนนความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.58) เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบเพื่อให้มีความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง เพราะอุปกรณ์ต่างๆ มีการเสื่อมสภาพ รูปร่างของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ก่อให้เกิดแรงจูงใจ บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์มีความแข็งแรง เพื่อทนต่อต่อการใช้งาน และมีขนาดเหมาะสมสามารถ ขนย้ายไปฝึกอบรมที่ต่างๆ ได้ ด้านความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.53, S.D. = 0.74) เนื่องจากผู้วิจัยได้ออกแบบให้ความการเรียงลำดับเนื้อหา เรียงจากระดับความง่ายไปยาก และอธิบายวิธีการและขั้นตอนในการปฏิบัติไว้อย่างชัดเจนในการฝึกอบรม จึงทำให้ผู้เข้ารับการอบรมได้รับความรู้และเข้าใจด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด และด้านการนำความรู้ไปใช้ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.87) เนื่องจากผู้วิจัยเน้นให้ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติงานด้วยตนเองได้ทำการทดลองได้อย่างถูกต้องและสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานของตนเองได้ และสามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ต่อได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิทธิชัย อินทร์มั่ง (2558) ได้ทำการวิจัยการพัฒนาชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดแล้วนำไปใช้กับนักศึกษากลุ่มตัวอย่าง และหลังจากการอบรมให้นักศึกษาทำแบบประเมินความพึงใจ พบว่านึกศึกษามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.35, S.D. = 0.26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

1. ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดที่พัฒนาขึ้นนี้ เหมาะที่จะนำไปใช้ฝึกอบรมกับผู้คนทั่วไปที่ต้องการฝึกทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี หรือ นักศึกษาที่กำลังศึกษา การเรียนการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี หรือ วิชาไมโครคอนโทรลเลอร์

2. นำชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ใช้ประยุกต์ใช้ในการศึกษา การควบคุมแบบ พีไอดี

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ควรพัฒนาชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดให้สามารถบังคับด้วยโหมดที่ควบคุมความสูง โดยใช้ เซนเซอร์วัดแรงดันอากาศ หรือเซนเซอร์อัลตราโซนิค พัฒนาเพื่อใช้จีพีเอสในการบินอัตโนมัติ และพัฒนาแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในการในการปรับค่า พีไอดี ให้สามารถควบคุมทั้ง 3 แกนได้พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กัปตัน เตียวตระกูล. 2556. “คอนโทรลเลอร์แบบ PID.” วารสารกรมอิเล็กทรอนิกส์ทหารเรือ. 15(16) : 52-57.

กิตติ หอมลำดวน. 2556. “ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมสายพานจำแนกสีและแขนกลจำแนกชนิดวัตถุวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กุลธิดา เด่นวิทยานันท์. 2559. **“Drone” เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : https://www.pwc.com/th/en/pwc-thailand-blogs/blog-20161031.html

จักรกริช แก้ววิจิตร. 2560. “การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จุฬปรัชญ์ เพ็ชร์ช้าง. 2558. “การควบคุมการนำทางโดยใช้จีพีเอสของอากาศยานสี่ใบพัด.” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556. “การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.” วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย. 5(1) : 7-19.

ทรงพล มั่นจิตร. 2558. “การควบคุมระดับการบินและท่าทางการบินของอากาศยานสี่ใบพัดด้วยวิธีการทำให้เป็นเชิงเส้นแบบป้อนกลับ.” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุญชม ศรีสะอาด. 2556. **การวิจัยเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น.

ปฏิภาณ สำเนียง. 2556. “ชุดปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมหุ่นยนต์ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ประภาส สุวรรณเพชร. 2560. เรียนรู้และลองเล่น Auduino เบื้องต้น. วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ.

ปัทมา ชูกลิ่น. 2557. “การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบอากาศยานสี่ใบพัดที่บังคับการเคลื่อนที่ด้วยตนเอง.” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พัฒนา ศิริโชติบัณฑิต. 2562. การบริหารงานคุณภาพในองค์การ.กรุงเทพฯ : แม็คเอ็ดดูเคชั่น.

พรรณี ลีกิจวัฒนะ. 2553. **วิธีการวิจัยทางการศึกษา.** กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543. **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์.** พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

พร้อมพรรณ อุดมสิน. 2544. “การวัดและการประเมินผล การเรียนการสอนคณิตศาสตร์.” พิมพลักษณ์ กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. 2551. **หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : เฮาส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2539. **เทคนิควิจัยทางการศึกษา**. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น

วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543**. สื่อการเรียนการสอน. Instructional Media**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วิไลพร วรจิตตานนท์. 2549. “การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเพื่อทบทวน วิชาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรื่องคุณภาพแบบทดสอบ สำหรับนักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง”. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมเกียรติ ใจดี. 2558. “ชุดการเรียนรู้การพัฒนาแอปพลิเคชันวิชวลซีชาร์ปเพื่อเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F4550.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สมัคร อินทร์เลิศ. 2558. “การพัฒนาชุดฝึกอบรมการซ่อมเบื้องต้นเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบพกพา.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวะศึกษา. 2557. คู่มือการประเมินผู้เรียนตามสภาพจริงเพื่อการปฏิรูปการเรียนการสอนสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา. [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://bsq.vec.go.th/Portals/9/Dowload/your57/อเจิดฤดี/คู่มือผู้เรียน%20272%20sohk.pdf

สิทธิชัย อินทร์มั่ง. 2558. “ชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สิทธิพันธ์ จันทร์งาม. 2557. “ชุดฝึกปฏิบัติการการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าและมอเตอร์ไฟฟ้าวิชาปฏิบัติการเครื่องจักรกลไฟฟ้า.” ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์. คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุภาพร ปันคะปวง. 2560. “การบินลงของอากาศยานหลายใบพัดบนฐานเคลื่อนที่.” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

เสริมชัย ชัยเกษตรสิน. 2560. “เครื่องมือเสริมสำหรับการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของเครื่องบินสี่ใบพัดขนาดเล็ก.” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการหุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ. สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Albaghdadi, A.F. and Ali, A.A. 2019. “An Optimized Complementary Filter For An Inertial Measurement Unit Contain MPU6050 Sensor.” **Iraqi Journal for Electrical And Electronic Engineering.** 15(2) : 71-77.

Bieda, R. and Jaskot, K. 2016. “Determinig of an object orientation in 3D space using direction cosine matrix and non-stationary Kalman filter.” **Archives of Control Sciences.** 26(2) : 147-168.

Cañas, J.M., Martín, M.D., Arias, P., Vega, J., Álvarez, R.D., Pérez, G.L., and Conde, F.J. 2020. “Open-Source Drone Programming Course for Distance Engineering Education.” **Electronics**. 9(12) : 1-18.

Krajník, T., Vonásek, V., Fišer, D., and Faigl, J. 2011. “AR-Drone as a Platform for Robotic Research and Education.” pp. 172–186 in Obdržálek, D. and Gottscheber, A., (editors). **Communications in Computer and Information Science**. Germany : Springer.

Sorenson, J. 2018. **Quadcopter Flying on the Sky.** [Online]. Available : https://www.pexels.com/photo/quadcopter-flying-on-the-skey-1034812

STMicroelectronics. 2015. **Medium-density performance line ARM®-based 32-bit MCU with 64 or 128 KB Flash, USB, CAN, 7 timers, 2 ADCs, 9 com. Interfaces** [Online]. Available : https: / / www. st. com/ resource/ en/ datasheet/ stm32f103c8.pdf

West, B. 2019. **DSHORT on Mbed.** [Online].
Available : https://os.mbed.com/users/bwest32/notebook/dshot/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หนังสือขอความอนุเคราะห์จากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิ
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
ภาคผนวก ค ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ภาคผนวก จ แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน
ภาคผนวก ฉ แบบประเมินความพึงพอใจ
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
ภาคผนวก ซ ตัวอย่างใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
ภาคผนวก ฌ คู่มือการใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
ภาคผนวก ญ ภาพการใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

หนังสือขอความอนุเคราะห์จากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และเทคโนโลยีสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 /0293

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายปัญญา บุญรอด

ด้วย นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-600-8573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 / 0293

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายทรงพล นามคุณ

ด้วย นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-600-8573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 /0293

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายปวริศร์ ชัยโรจน์ศุภกุล

ด้วย นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด”

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-600-8573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 / 0293

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายอานนท์ สิงห์จุ้ย

ด้วย นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-600-8573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ อว 7004 /0293

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 มีนาคม 2564

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน นายพีรพงษ์ หงษ์โต

ด้วย นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความประสงค์ขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและประเมินแบบสอบถาม แบบทดสอบและแบบประเมิน เพื่อประกอบการจัดเตรียมหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด"

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าวและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพงษ์ ไพรินทร์)
ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิชาการ
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ
โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 329-8436
ติดต่อนักศึกษา โทร. 081-600-8573

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพใบงานการฝึกอบรม
ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบประเมินคุณภาพใบงานการฝึกอบรม ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับใบงานการฝึกอบรม ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง ระดับคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

<u>หมายเหตุ</u>

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย
(นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล)
นักศึกษาหลักสูตร ค.อ.ม อิเล็กทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพใบงานการฝึกอบรม
ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการฝึกอบรม ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์					
2	เนื้อหามีความถูกต้องและชัดเจน					
3	เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน					
4	ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติมีความเหมาะสม					
5	ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน					
6	เนื้อหามีความถูกต้องตรงกับรูปภาพที่ใช้ประกอบ					
7	มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า					
8	สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
	รวม					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการฝึกอบรม ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์
ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบประเมินคุณภาพด้านด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด มีวัตถุประสงค์ในการรวบรวมความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ชุดฝึกอบรม เพื่อนำข้อเสนอแนะเป็นแนวทางในการปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น
2. แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิเกี่ยวกับชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

3. ค่าระดับความคิดเห็นในแบบประเมินนี้มี 5 ระดับ มีความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ระดับคุณภาพดีมาก
ระดับ 4 หมายถึง ระดับคุณภาพดี
ระดับ 3 หมายถึง ระดับคุณภาพปานกลาง
ระดับ 2 หมายถึง ระดับคุณภาพพอใช้
ระดับ 1 หมายถึง ระดับคุณภาพควรปรับปรุง

<u>หมายเหตุ</u>

ขอความกรุณาท่านผู้ทรงคุณวุฒิช่วยให้ข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข

ลงชื่อ.....ผู้วิจัย
(นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล)
นักศึกษาหลักสูตร ค.อ.ม อิเล็กทรอนิกส์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์
ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดกรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงตามความเห็นของท่าน

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ				
		5	4	3	2	1
1	ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานการฝึกอบรม					
2	มีน้ำหนักเหมาะสมขนย้ายนำไปใช้สอนได้สะดวก					
3	มีชิ้นส่วนประกอบเป็นมาตรฐานหาอะไหล่ง่าย					
4	รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน มีอายุการใช้งานเหมาะสม					
5	ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง					
6	ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดฝึกอบรม					
7	นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้					
8	ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจอยากเรียน					
	รวม					

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ..... ผู้ประเมิน

(.....)

ผู้ทรงคุณวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

ผลการประเมินคุณภาพด้านใบงานการฝึกอบรม ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบิน เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านใบงานการฝึกอบรม

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น							
	ผู้ทรงคุณวุฒิที่					$\bar{X}$	S.D.	ระดับคุณภาพ
	1	2	3	4	5			
1.เนื้อหามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2.เนื้อหามีความถูกต้องและชัดเจน	5	4	5	4	4	4.40	0.55	ดี
3.เนื้อหามีความยากง่ายเหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.20	0.45	ดี
4.ลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติมีความเหมาะสม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
5.ปริมาณทฤษฎีเบื้องต้นของแต่ละใบงาน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	ดีมาก
6.เนื้อหามีความถูกต้องตรงกับรูปภาพที่ใช้ประกอบ	5	4	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
7.มีการเชื่อมโยงความรู้เก่า	4	4	4	5	5	4.40	0.55	ดี
8.สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.50**	**4.38**	**4.50**	**4.88**	**4.75**	**4.60**	**0.50**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 ผลการประเมินคุณภาพชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบิน เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากผู้ทรงคุณวุฒิด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**							
	ผู้ทรงคุณวุฒิที่					$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับคุณภาพ**
	1	**2**	**3**	**4**	**5**			
1.ความสัมพันธ์ของชุดทดลองกับใบงานการฝึกอบรม	5	5	5	5	5	5.00	0.00	ดีมาก
2.น้ำหนักมีน้ำหนักเหมาะสม ขนย้ายนำไปใช้สอนได้สะดวก	5	5	4	4	5	4.60	0.55	ดีมาก
3.มีชิ้นส่วนประกอบเป็นมาตรฐานหาอะไหล่ง่าย	5	5	4	4	4	4.40	0.55	ดี
4.รูปร่างมีความแข็งแรงคงทน มีอายุการใช้งานเหมาะสม	4	5	4	5	4	4.40	0.55	ดี
5.ง่ายต่อการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	4	5	4	4	4	4.20	0.45	ดี
6.ความเหมาะสมของวัสดุที่นำมาใช้ทำชุดฝึกอบรม	4	5	5	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
7.นำความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
8.ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและสนใจอยากเรียน	5	5	4	5	5	4.80	0.45	ดีมาก
เฉลี่ยรวมทั้งหมด	**4.63**	**5.00**	**4.25**	**4.63**	**4.63**	**4.63**	**0.49**	**ดีมาก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
1	ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานแอลอีดีด้วยอินเตอร์เฟสแบบใด ก. UART ข. Input Capture ค. Digital Output ง. I2C	5	1.00	สอดคล้อง
2	ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานมอเตอร์ด้วยอินเตอร์เฟสแบบใด ก. UART ข. ADC ค. I2C ง. PWM	5	1.00	สอดคล้อง
3	ไมโครคอนโทรลเลอร์รับสัญญาณจาก Receiver ด้วยอินเตอร์เฟสแบบใด ก. I2C ข. Input Capture ค. Digital Output ง. UART	5	1.00	สอดคล้อง
4	ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านค่าแรงดันของแบตเตอรี่ด้วยอินเตอร์เฟสแบบใด ก. Input Capture ข. UART ค. Digital Output ง. ADC	5	1.00	สอดคล้อง
5	ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อเซนเซอร์ MPU ด้วยอินเตอร์เฟสแบบใด ก. UART ข. ADC ค. I2C ง. EEPROM	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
6	ไมโครคอนโทรลเลอร์รับส่งคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ด้วยอินเตอร์เฟสแบบใด ก. ADC ข. Input Capture ค. Digital Output ง. ไม่มีข้อถูก	5	1.00	สอดคล้อง
7	แบตเตอรี่ชนิดใดที่ใช้สำหรับการใช้กับเฮลิคอปเตอรแบบสี่ใบนี้ ก. ชนิดลิเธียม-โพลิเมอร์ ข. ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ ค. ชนิดซิงค์-โบรมีน ง. ชนิดนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์	5	1.00	สอดคล้อง
8	ชิ้นส่วนใดที่ยึดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆของเฮลิคอปเตอรแบบสี่ใบพัด ก. บอร์ดควบคุมการบิน ข. แบตเตอรี่ ค. มอเตอร์ ง. เฟรมหรือตัวลำ	5	1.00	สอดคล้อง
9	คันบังคับส่งสัญญาณไปให้อุปกรณ์ใดของเฮลิคอปเตอรแบบสี่ใบพัด ก. ESC ข. Receiver ค. LED ง. Battery	5	1.00	สอดคล้อง
10	ส่วนใดที่ทำให้เกิดแรงยกทำให้เฮลิคอปเตอร์แบบสี่พัดลอยได้ ก. มอเตอร์และใบพัด ข. แอลอีดี ค. อีอีพรอม ง. คาปาซิเตอร์	5	1.00	สอดคล้อง

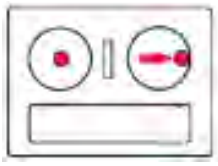
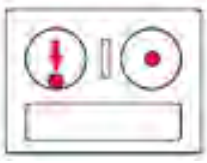
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
11	ทิศทางของหมุนของใบพัดทั้ง 4 ตัวคือข้อใด ก. FL:CW, FR:CW, RR:CW, RL:CW ข. FL:CW, FR:CCW, RR:CW, RL:CCW ค. FL:CCW, FR:CCW, RR:CCW, RL:CCW ง. FL:CW, FR:CCW, RR:CCW, RL:CCW	4	0.80	สอดคล้อง
12	เมื่อควบคุมที่คันบังคับ Roll หรือ Pitch แล้วหลังจากนั้นปล่อยคันบังคับให้อยู่ที่ศูนย์กลางแล้วเครื่องจะรักษาระนาบกับพื้นโลก คือโหมดใด ก. โหมด ACRO ข. โหมด ANGLE ค. โหมด ACRO และ ANGLE ง. ไม่มีข้อถูก	5	1.00	สอดคล้อง
13	เมื่อควบคุมที่คันบังคับ Roll หรือ Pitch ถ้าโยกน้อยเครื่องหมุนช้า โยกมากเครื่องหมุนเร็ว คือโหมดใด ก. โหมด ACRO ข. โหมด ANGLE ค. โหมด ACRO และ ANGLE ง. ไม่มีข้อถูก	5	1.00	สอดคล้อง
14	โหมด ACRO และ ANGLE มีการควบคุมใด ที่มีส่งผลต่อการบินลักษณะเดียวกัน ก. Throttle ข. Yaw ค. Roll และ Pitch ง. Throttle และ Yaw	5	1.00	สอดคล้อง
15	โหมด ACRO และ ANGLE มีการควบคุมใด ที่มีส่งผลต่อการบินลักษณะแตกต่างกัน ก. Roll ข. Pitch ค. Roll และ Pitch ง. Throttle และ Yaw	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
16	จากรูปเมื่อมีการควบคุมคันบังคับแล้วเครื่องจะมีลักษณะอย่างไร ก. เครื่องจะเอียงไปด้านขวา ข. เครื่องจะหมุนซ้าย ค. เครื่องจะหมุนขวา ง. เครื่องจะเอียงไปด้านซ้าย 	5	1.00	สอดคล้อง
17	จากรูปเมื่อมีการควบคุมคันบังคับแล้วเครื่องจะมีลักษณะอย่างไร ก. เครื่องจะเอียงไปข้างหน้า ข. เครื่องจะบินขึ้นในแนวดิ่ง ค. เครื่องจะเอียงไปข้างหลัง ง. ไม่มีข้อถูก 	5	1.00	สอดคล้อง
18	จากรูปเมื่อมีการควบคุมคันบังคับแล้วเครื่องจะมีลักษณะอย่างไร ก. เครื่องจะบินขึ้นในแนวดิ่ง ข. เครื่องจะเอียงไปข้างหลัง ค. เครื่องจะตกลงในแนวดิ่ง ง. เครื่องจะเอียงไปข้างหน้า 	5	1.00	สอดคล้อง
19	จากรูปเมื่อมีการควบคุมคันบังคับแล้วเครื่องจะมีลักษณะอย่างไร ก. เครื่องจะเอียงไปด้านขวา ข. เครื่องจะหมุนขวา ค. เครื่องจะหมุนซ้าย ง. เครื่องจะเอียงไปด้านซ้าย 	5	1.00	สอดคล้อง
20	จากรูปเมื่อมีการควบคุมคันบังคับแล้วเครื่องจะมีลักษณะอย่างไร ก. เครื่องจะเอียงไปข้างหลัง ข. เครื่องจะบินลงในแนวดิ่ง ค. เครื่องจะบินขึ้นในแนวดิ่ง ง. เครื่องจะหมุนขวา 	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
21	คำสั่ง delayMicroseconds(2000) ทำให้เกิดการหน่วงเวลากี่วินาที ก. 0.002 วินาที ข. 2 วินาที ค. 20 วินาที ง. 2000 วินาที	5	1.00	สอดคล้อง
22	คำสั่ง delay(4000) ทำให้เกิดการหน่วงเวลากี่วินาที ก. 0.004 วินาที ข. 4 วินาที ค. 40 วินาที ง. 4000 วินาที	5	1.00	สอดคล้อง
23	ฟังก์ชัน millis(); มีหน่วยเป็นอะไร ก. ไมโครวินาที (วินาที x 10e-5) ข. ไมโครวินาที (วินาที x 10e-6) ค. มิลลิวินาที (วินาที x 10e-3) ง. มิลลิวินาที (วินาที x 10e-2)	5	1.00	สอดคล้อง
24	ฟังก์ชัน micros(); มีหน่วยเป็นอะไร ก. ไมโครวินาที (วินาที x 10e-5) ข. ไมโครวินาที (วินาที x 10e-6) ค. มิลลิวินาที (วินาที x 10e-3) ง. มิลลิวินาที (วินาที x 10e-2)	5	1.00	สอดคล้อง
25	ถ้าต้องการให้โปรแกรมทำงานที่ 1.6 เฮิรตซ์ แล้ว millis() - เวลาที่เก็บไว้ก่อนหน้า >= X; X ต้องเป็นค่าเท่าไหร่ ก. 0.625 ข. 625 ค. 0.016 ง. 1.6	4	0.80	สอดคล้อง

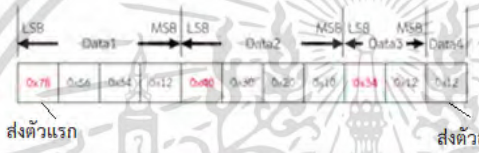
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
26	ถ้าต้องการกำหนดการทำงานให้ขา PC13 เป็นขาออก ต้องใช้คำสั่งในข้อใด ก. pinMode(PC13,INPUT); ข. pinMode(PC13,OUTPUT); ค. pinMode(INPUT,PC13); ง. pinMode(OUTPUT,PC13);	5	1.00	สอดคล้อง
27	ถ้าต้องการกำหนดการทำงานให้ขา PC13 เป็นขาเข้า ต้องใช้คำสั่งในข้อใด ก. pinMode(PC13,INPUT); ข. pinMode(PC13,OUTPUT); ค. pinMode(INPUT,PC13); ง. pinMode(OUTPUT,PC13);	5	1.00	สอดคล้อง
28	ถ้าต้องการให้ขา PC13 ส่งค่า Logic 0 ต้องใช้คำสั่งในข้อใด ก. digitalRead(PC13,HIGH); ข. digitalWrite(PC13,LOW); ค. digitalRead(PC13,LOW); ง. digitalWrite(PC13,HIGH);	5	1.00	สอดคล้อง
29	ถ้าต้องการให้ขา PC13 ส่งค่า Logic 1 ต้องใช้คำสั่งในข้อใด ก. digitalRead(PC13,HIGH); ข. digitalWrite(PC13,LOW); ค. digitalRead(PC13,LOW); ง. digitalWrite(PC13,HIGH);	5	1.00	สอดคล้อง
30	จากรูปวงจรต้องใช้คำสั่งในข้อใดหลอดไฟ LED1 ถึงจะติด ก. digitalWrite(PC13,HIGH); ข. digitalWrite(PC13,LOW); ค. digitalWrite(PC1,HIGH); ง. digitalWrite(PC1,LOW);	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
31	จากภาพการเก็บค่าของ 0x12345678 ลงใน Memory เป็นแบบใด ก. แบบง่าย ข. แบบยาก ค. Little Endian ง. Big Endian	5	1.00	สอดคล้อง
32	การส่ง Data Package ตามภาพตัวอย่างเป็นการส่งแบบใด  ก. Little Endian ข. Big Endian ค. แบบทางเดียว ง. แบบทางสองทาง	5	1.00	สอดคล้อง
33	ข้อใดเป็นคำสั่งเปิดใช้งานพอร์ต UART ให้กับขาไมโครคอนโทรเลอร์ ก. Serial1.write(115200); ข. Serial1.begin(115200); ค. Serial1.print(115200); ง. Serial1.println(115200);	5	1.00	สอดคล้อง
34	เมื่อผู้รับได้รับข้อมูลครบแล้วต้องทำการตรวจสอบ CRC ถ้าผู้รับได้รับข้อมูลถูกต้องผลลัพธ์ต้องมีค่าเท่ากับเท่าใด ก. 0XAA ข. 0xBB ค. 0xFF ง. 0x00	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
35	data = Serial1.read(); ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. ค่าอ่านค่า 1 ไบต์ในบัพเฟอร์ของ UART1 เก็บในตัวแปรชื่อ data ข. ค่าอ่านค่า 1 บิตในบัพเฟอร์ของ UART1 เก็บในตัวแปรชื่อ data ค. ค่าอ่านค่าทั้งหมดในบัพเฟอร์ของ UART1 เก็บในตัวแปรชื่อ data ง. ไม่มีข้อถูก	5	1.00	สอดคล้อง
36	ในการส่งข้อมูลเลขทศนิยม 23.56 ชนิด Float แบบ Data Package ต้องใช้ข้อมูลกี่ไบต์ ก. 1 ไบต์ ข. 2 ไบต์ ค. 3 ไบต์ ง. 4 ไบต์	5	1.00	สอดคล้อง
37	ต้องการส่งข้อมูล "Test" พร้อมขึ้นบรรทัดใหม่ต้องใช้คำสั่งใด ก. Serial.print("Test"); ข. Serial.print(Test); ค. Serial.println("Test"); ง. Serial.println(Test);	5	1.00	สอดคล้อง
38	uint8_t data[] = {0x01,0x02,0x03,0x04,0x05}; Serial1.write(&data[2],1); จากโค้ดข้างบนเป็นการส่งค่าอะไรไปที่ UART1 ก. 0x01 ข. 0x02 ค. 0x03 ง. 0x01 และ 0x02	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
39	จากคำสั่ง data = Serial1.available(); ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. เก็บสถานะข้อมูลบัฟเฟอร์ของ UART1 ว่ามีข้อมูลหรือไม่ ข. เก็บจำนวนไบต์ของข้อมูลที่เข้ามาอยู่ในบัฟเฟอร์ของ UART1 ค. เก็บค่าของข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์ของ UART1 จำนวน 1 บิต ง. ถูกทุกข้อ	5	1.00	สอดคล้อง
40	ถ้าโปรแกรม Serial monitor ตั้งค่าการแสดงผลเป็นแบบ ASCII และค่าที่น้ำจอแสดงเลข 245 ดังนั้นฝั่งที่ทำการส่งต้องเป็นคำสั่งใด ก. Serial.print(245); ข. Serial.write(245); ค. Serial.write(542); ง. ถูกทุกข้อ	5	1.00	สอดคล้อง
41	ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับอีอีพร็อม ก. ข้อมูลหายเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง ข. ข้อมูลไม่หายเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง ค. อีอีพร็อมคือแรมในภาษาคอมพิวเตอร์ ง. อีอีพร็อมไม่สามารถแก้ไขค่าได้	5	1.00	สอดคล้อง
42	ข้อใดเป็นการเก็บข้อมูล 0x1234 ลงในอีอีพร็อมแบบ Big Endian ก. Addr0 = 0x12 และ addr1 = 0x34 ข. Addr0 = 0x34 และ addr1 = 0x23 ค. Addr0 = 0x1, addr1 = 0x2, Addr2 = 0x3 และ addr3 = 0x4 ง. Addr0 = 0x4, addr1 = 0x3, Addr2 = 0x2 และ addr3 = 0x1	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
43	ข้อใดเป็นการเก็บข้อมูล 0x1234 ลงในอีอีพร็อมแบบ Little Endian ก. Addr0 = 0x12 และ addr1 = 0x34 ข. Addr0 = 0x34 และ addr1 = 0x12 ค. Addr0 = 0x1, addr1 = 0x2, Addr2 = 0x3 และ addr3 = 0x4 ง. Addr0 = 0x4, addr1 = 0x3, Addr2 = 0x2 และ addr3 = 0x1	5	1.00	สอดคล้อง
44	EEPROM.write(0x02,234); จากการเรียกใช้ฟังก์ชันดังกล่าว ข้อใดกล่าวถูก ก. เก็บค่า 234 ลงตำแหน่งที่ 2 ข. อ่านค่า 234 จากตำแหน่งที่ 2 ค. เก็บค่า 2 ลงตำแหน่งที่ 234 ง. ไม่มีข้อถูก	5	1.00	สอดคล้อง
45	ถ้าต้องการอ่านค่าในอีอีพร็อมตำแหน่งที่ 5 สามารถใช้คำสั่งใด ก. EEPROM.write(5,data_read); ข. EEPROM.write(5); ค. EEPROM.read(5,data_read); ง. EEPROM.read(5);	5	1.00	สอดคล้อง
46	ฟังก์ชัน data = EEPROM.read(0); data ต้องค่าเท่าใดถึงจะถูกต้อง ก. EEPROM Addr0 = 0x1F, addr1 = 0x2F และ data = 0x2F ข. EEPROM Addr0 = 0x00, addr1 = 0x01 และ data = 0x01 ค. EEPROM Addr0 = 0x12, addr1 = 0x34 และ data = 0x11 ง. EEPROM Addr0 = 0x78, addr1 = 0x00 และ data = 0x78	4	0.80	สอดคล้อง

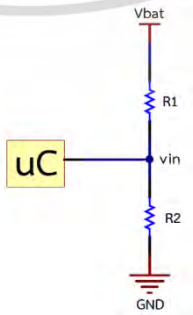
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
47	ฟังก์ชัน EEPROM.write(0,255); จะทำให้ค่าในอีอีพร็อมจะมีลักษณะเป็นอย่างไร ก. Addr0 = 0xFF, addr1 = 0x12, Addr2 = 0x00 และ addr3 = 0x78 ข. Addr0 = 0x00, addr1 = 0x00, Addr2 = 0x00 และ addr3 = 0x00 ค. Addr0 = 0x12, addr1 = 0x34, Addr2 = 0x56 และ addr3 = 0x78 ง. ถูกทุกข้อ	4	0.80	สอดคล้อง
48	ฟังก์ชัน EEPROM.write(2,10); จะทำให้ค่าในอีอีพร็อมจะมีลักษณะเป็นอย่างไร ก. Addr0 = 0xFF, addr1 = 0x12, Addr2 = 0x00 และ addr3 = 0x0A ข. Addr0 = 0x00, addr1 = 0x00, Addr2 = 0xAA และ addr3 = 0x00 ค. Addr0 = 0x12, addr1 = 0x34, Addr2 = 0x0A และ addr3 = 0x78 ง. ถูกทุกข้อ	4	0.80	สอดคล้อง
49	อีอีพร็อมในชุดฝึกอบรมนี้มีขนาดเท่าไหร ก. 1023 ไบต์ ข. 1024 ไบต์ ค. 255 ไบต์ ง. 256 ไบต์	5	1.00	สอดคล้อง
50	การเก็บตัวเลขจุดทศนิยมค่า 3.564 ของตัวแปรชนิด Float ลงในอีอีพร็อมใช้ขนาดกี่ไบต์ ก. 1 ไบต์ ข. 2 ไบต์ ค. 3 ไบต์ ง. 4 ไบต์	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
51	ADC คืออะไร ก. แปลงสัญญาณดิจิทัลให้ระดับแรงดันต่ำลง ข. แปลงสัญญาณแอนะลอกให้ระดับแรงดันต่ำลง ค. แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะลอก ง. แปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล	5	1.00	สอดคล้อง
52	ขา ADC สามารถนำไปใช้กับอะไรได้บ้าง ก. ส่งสัญญาณแอนะลอกไปขับ LED ข. ส่งสัญญาณแอนะลอกไปที่จอวิดีโอ ค. อ่านค่าแอนะลอกของแรงดันแบตเตอรี่ ง. ถูกทุกข้อ	5	1.00	สอดคล้อง
53	STM32F103C8T6 มีความละเอียดของ ADC ไหร่ ก. 14 บิต ข. 12 บิต ค. 10 บิต ง. 8 บิต	5	1.00	สอดคล้อง
54	ADC ความละเอียด (Resolution) 12 บิต ข้อใดกล่าวถูก ก. มีค่า 0 - 4095 ข. มีค่าทั้งหมด 2 ยกกำลัง 12 ค. มีค่าทั้งหมด 4096 ค่า ง. ถูกทุกข้อ	5	1.00	สอดคล้อง
55	จากสูตร $v_{in} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) V_{bat}$ ถ้า R1 และ R2 เท่ากัน Vin จะเท่ากับเท่าใด ก. เท่ากับ Vbat ข. เป็นครึ่งหนึ่งของ Vbat ค. มากกว่า Vbat ง. ไม่มีข้อถูก 	4	0.80	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
56	ในการอ่านค่า ADC ต้องใช้คำสั่งใด ก. v_adc = analogRead(PA4); ข. v_adc = analogWrite(PA4); ค. v_adc = digitalRead(PA4); ง. v_adc = digitalqWrite(PA4);	5	1.00	สอดคล้อง
57	ถ้าขา Vref+ ต่อกับไฟ 3.3V แล้วจ่ายแรงดันไปที่ขา PA4 ที่ 2.5V อ่านอ่านค่า ADC ได้เท่าไหร (ความละเอียด 12 บิต) ก. 2003 ข. 3103 ค. 3503 ง. 4096	5	1.00	สอดคล้อง

58	`v_adc = (float)analogRead(PA4);`
	`v_in = (3.3f/4096.0f)*v_adc;`
	จากโค้ดข้างบนถ้ามีแรงดันที่ PA5 มี 1.65V แล้ว v_adc ในโค้ดมีเท่าไหร
	ก. 1028
	ข. 2048
	ค. ไม่สามารถทราบได้
	ง. 3068
		5	1.00	สอดคล้อง

59	`v_adc = (float)analogRead(PA4);`
	`v_in = (3.3f/4096.0f)*v_adc;`
	จากโค้ดข้างบนถ้ามีแรงดันที่ PA4 มี 1.00V แล้ว v_adc ในโค้ดมีเท่าไหร
	ก. 1241
	ข. 805
	ค. 1.241
	ง. 0.000805
		5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

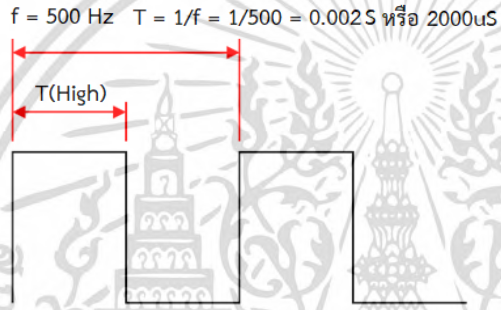
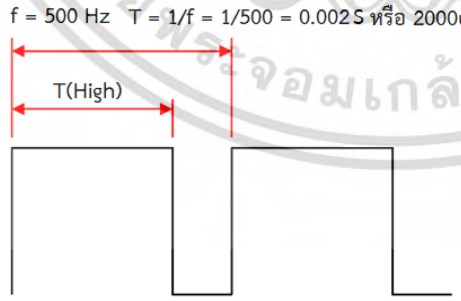
ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน

60	`v_adc = (float)analogRead(PA4);`
	`v_in = (3.3f/4096.0f)*v_adc;`
	จากโค้ดข้างบนถ้า v_adc อ่านได้ 1234 แล้วแรงดันที่ PA4 มีเท่าไหร
	ก. 1531V
	ข. 1.234V
	ค. 0.994V
	ง. 9.942V
		5	1.00	สอดคล้อง

61	ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ด้วย ESC ซึ่ง STD PWM มีช่วงสัญญาณอยู่ในช่วงใด ก. 1000 - 2000 ไมโครวินาที ข. 100 - 200 ไมโครวินาที ค. 10 - 20 ไมโครวินาที ง. 1 - 2 ไมโครวินาที	5	1.00	สอดคล้อง
62	ถ้า System clock ที่ 72 MHz ต้องการได้ตัวนับเวลา (CNT) เพิ่มขึ้นทุก 1 ไมโครวินาที ควรเลือกปรีสเกลเลอร์ (PSC) เท่าไหร ก. 9 ข. 18 ค. 36 ง. 72	5	1.00	สอดคล้อง
63	แต่ละ Timer ของ STM32F103C8T6 มีกี่ Channel ก. 1 CH ข. 2 CH ค. 4 CH ง. 8CH	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
64	ต้องกำหนดโหมดของขาแบบใดเพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์ ก. pinMode(PA6,INPUT); ข. pinMode(PA6,OUTPUT); ค. pinMode(PA6,PWM); ง. pinMode(PA6,ADC);	5	1.00	สอดคล้อง
65	ต้องการ T(High)/T หรือ Duty Cycle 50% จะต้องใช้คำสั่งใดถ้าหน่วยนับเวลาเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 uS  ก. pwmWrite(PA7,100); ข. pwmWrite(PA7,1000); ค. pwmWrite(PA7,1500); ง. pwmWrite(PA7,750);	5	1.00	สอดคล้อง
66	ต้องการ T(High)/T หรือ Duty Cycle 75% จะต้องใช้คำสั่งใดถ้าหน่วยนับเวลาเพิ่มขึ้นทุกๆ 4 uS  ก. pwmWrite(PA7,375); ข. pwmWrite(PA7,750); ค. pwmWrite(PA7,1500); ง. pwmWrite(PA7,3000);	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
67	ทำไมต้องทำ ESC calibration ก. เพื่อให้ ESC ไม่ทำงานหนัก ข. เพื่อจูนคาบเวลาต่ำสุดและสูงสุดให้กับ ESC ค. เพื่อให้มอเตอร์หมุนทิศทางถูกต้อง ง. เพื่อให้มอเตอร์ระบายอากาศ	5	1.00	สอดคล้อง
68	ถ้ามอเตอร์หมุนทิศทางไม่ถูกต้อง สามารถแก้ไขให้หมุนกลับด้านได้อย่างไร ก. สามารถสลับสายไฟของมอเตอร์กับ ESC คู่ใดก็ได้ใน 3 เส้น ข. สามารถตัดสายไฟออกใช้งานเพียงแค่ 2 เส้น ค. สามารถตั้งค่าโดยใช้โปรแกรม BLHeliSuite ง. ข้อ ก และ ค สามารทำได้จริง	4	0.80	สอดคล้อง
69	การควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ Oneshot ทำได้อย่างไร ก. ปรับความถี่ ข. ปรับแอมพลิจูด ค. ปรับความกว้างของพัลส์ (Pulse Width or PW) ง. ปรับสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิทัล	5	1.00	สอดคล้อง
70	ข้อใดกล่าวถูกเกี่ยวกับ ESC calibration ก. ก่อนจ่ายไฟให้ ESC ต้องจ่ายสัญญาณ PWM ที่คันเร่ง 0% ก่อน ข. ก่อนจ่ายไฟให้ ESC ต้องจ่ายสัญญาณ PWM ที่คันเร่ง 50% ก่อน ค. ก่อนจ่ายไฟให้ ESC ต้องจ่ายสัญญาณ PWM ที่คันเร่ง 75% ก่อน ง. ก่อนจ่ายไฟให้ ESC ต้องจ่ายสัญญาณ PWM ที่คันเร่ง 100% ก่อน	4	0.80	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
	จากภาพคันบังคับเป็นการตั้งค่า Mode2 และให้ตอบคำถามต่อไปนี้ 			
71	ปุ่ม (1) คือการควบคุมอะไร ก. Throttle (เร่งความร็วมอเตอร์) ข. Yaw (หมุนซ้าย-ขวา) ค. Pitch (เอียงหน้า-หลัง) ง. Roll (เอียงซ้าย-ขวา)	5	1.00	สอดคล้อง
72	ปุ่ม (2) คือการควบคุมอะไร ก. Throttle (เร่งความร็วมอเตอร์) ข. Yaw (หมุนซ้าย-ขวา) ค. Pitch (เอียงหน้า-หลัง) ง. Roll (เอียงซ้าย-ขวา)	5	1.00	สอดคล้อง
73	ปุ่ม (3) คือการควบคุมอะไร ก. Throttle (เร่งความร็วมอเตอร์) ข. Yaw (หมุนซ้าย-ขวา) ค. Pitch (เอียงหน้า-หลัง) ง. Roll (เอียงซ้าย-ขวา)	5	1.00	สอดคล้อง
74	ปุ่ม (4) คือการควบคุมอะไร ก. Throttle (เร่งความร็วมอเตอร์) ข. Yaw (หมุนซ้าย-ขวา) ค. Pitch (เอียงหน้า-หลัง) ง. Roll (เอียงซ้าย-ขวา)	5	1.00	สอดคล้อง

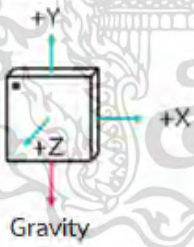
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
75	ปุ่ม Trim มีไว้ทำอะไร ก. ปรับค่าสัญญาณของตำแหน่งกลางของคันโยก ข. ปรับค่าสัญญาณของขอบล่างของคันโยก ค. ปรับค่าสัญญาณของขอบบนของคันโยก ง. ปรับค่าสัญญาณของเซนเซอร์	5	1.00	สอดคล้อง
76	ต้องการให้ขา Input capture เกิดการ Interrupt เมื่อเจอสัญญาณขอบขาขึ้นต้องใช้คำสั่งใด ก. Timerx.setOverflow(Raising); ข. Timerx.setOverflow(Falling); ค. TIMER1_BASE->CCER |= TIMER_CCER_CC1P; ง. TIMER1_BASE->CCER &= ~TIMER_CCER_CC1P;	5	1.00	สอดคล้อง
77	ต้องการให้ขา Input capture เกิดการ Interrupt เมื่อเจอสัญญาณขอบขาลงต้องใช้คำสั่งใด ก. Timerx.setOverflow(Raising); ข. Timerx.setOverflow(Falling); ค. TIMER1_BASE->CCER |= TIMER_CCER_CC1P; ง. TIMER1_BASE->CCER &= ~TIMER_CCER_CC1P;	5	1.00	สอดคล้อง
78	คาบเวลาของสัญญาณที่ออกจาก Receiver แต่ละช่องที่ถูกส่งแบบ PPM ที่ +/-100% มีช่วงเท่าใด ก. 400 - 1400 ไมโครวินาที ข. 600 - 1600 ไมโครวินาที ค. 800 - 1800 ไมโครวินาที ง. 1000 - 2000 ไมโครวินาที	5	1.00	สอดคล้อง

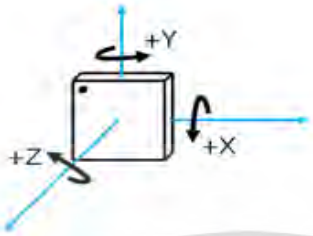
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
79	ต้องการกำหนดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นโหมด Input capture ต้องใช้คำสั่งใด ก. pinMode(PC13,INPUT_Digital); ข. pinMode(PC13,INPUT_PWM); ค. pinMode(PC13,INPUT_Capture); ง. Timer2.setMode(TIMER_CH1, TIMER_INPUT_CAPTURE);	5	1.00	สอดคล้อง
80	เมื่อสัญญาณที่เข้ามาเกิดขอบขาขึ้นแล้วเกิด interrupt เราสามารถอ่านค่าตัวนับเวลาได้จากการ Capture ได้อย่างไร ก. Timer2.get_capture(); ข. Timer2.setCount(); ค. Timer2.getCompare(TIMER_CH1); ง. Timer2.getCount();	5	1.00	สอดคล้อง
81	Accelerometer หรือ เซนเซอร์วัดความเร่ง ถ้าวางอยู่กับที่ค่าของแต่ละแกนจะเป็นอย่างไร  ก. X:+1g , Y:0 , Z:0 ข. X:0 , Y:0 , Z:+1g ค. X:0 , Y:+1g , Z:0 ง. X:+0.7g , Y:0 , Z:+0.7g	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
82	Gyroscope หรือเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม ถ้าวางอยู่กับที่ค่าของแต่ละแกนจะเป็นอย่างไร  ก. X:0 , Y:0 , Z:0 ข. X:+ω , Y:0 , Z:0 ค. X:+ω , Y:+ω , Z:0 ง. X:+ω , Y:+ω , Z:+ω	5	1.00	สอดคล้อง
83	$y_i = (\alpha)x_i + (1-\alpha)y_{i-1}$ จากสมการนี้เป็นสมการ Low pass filter ค่าของ α เป็น 1 ซึ่งมีผลกับ Output อย่างไร ก. สัญญาณ Output จะเป็น 0 ข. สัญญาณ Output จะไม่เรียบเท่า input ค. สัญญาณ Output จะเรียบกว่า input ง. สัญญาณ Output จะเหมือนกับ input	4	0.80	สอดคล้อง
84	$y_i = (\alpha)x_i + (1-\alpha)y_{i-1}$ จากสมการนี้เป็นสมการ Low pass filter ค่าของ α เป็น 0.25 ซึ่งมีผลกับ Output อย่างไร ก. สัญญาณ Output จะเป็น 0 ข. สัญญาณ Output จะไม่เรียบเท่า input ค. สัญญาณ Output จะเรียบกว่า input ง. สัญญาณ Output จะเหมือนกับ input	4	0.80	สอดคล้อง

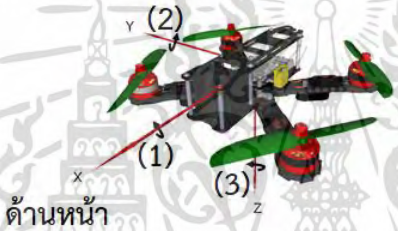
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
85	การคำณวนมุมด้วยเซนเซอร์วัดความเร่งข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. เมื่อวางอยู่กับที่จะคำนวณมุมได้ใกล้กับความเป็นจริง ข. มีสัญญาณรบกวนมากและถ้ามีการเคลื่อนที่ทำให้มีการคำนวณมุมผิดพลาด ค. มีสัญญาณรบกวนน้อย ง. ข้อ ก และ ข ถูกต้อง	5	1.00	สอดคล้อง
86	การคำณวนมุมด้วยเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุมข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. ไม่มี Error สะสม ข. เมื่อมีการหมุนเวนเซอร์ไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณมุม ค. การเคลื่อนที่แนวเส้นตรงไม่มีผลการการคำนวณมุม แต่จะมีค่า Error สะสมไปเรื่อยๆ ทำให้ค่ามุมที่คำนวณไม่ตรงกับของจริง ง. ไม่มีข้อถูก	5	1.00	สอดคล้อง
87	Complementary filter ในการคำนวณมุมข้อใดกล่าวถูก ก. คำนวณมุมแค่เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม ข. คำนวณมุมแค่เซนเซอร์วัดความเร่ง ค. คำนวณมุมด้วยเซนเซอร์วัดความเร่งและเซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม ง. คำนวณมุมแค่เซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็ก	5	1.00	สอดคล้อง
88	เซนเซอร์ที่ใช้ในการอบรมนี้คือ ก. MPU9250 ข. MPU6050 ค. MPU2000 ง. MPU2050	5	1.00	สอดคล้อง

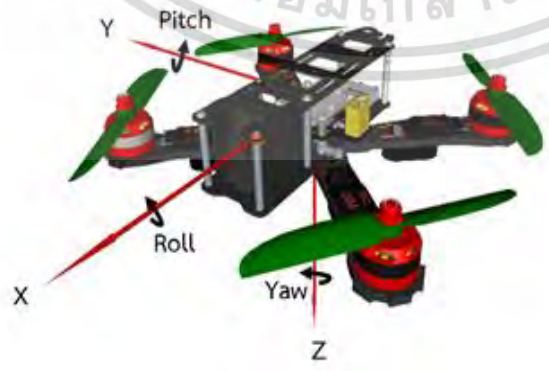
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
89	ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับเซนเซอร์ ก. ไม่ต้องทำ Calibration เพราะโรงผู้ผลิตทำมาให้แล้ว ข. ต้องทำ Calibration ถ้ามีการติดตั้งหรือโยกย้ายบอร์ดควบคุมการบิน ค. ไม่จำเป็นต้องติดตั้งตัวกันสั่นสะเทือนที่บอร์ดควบคุมการบินเพราะเซนเซอร์มีประสิทธิภาพสูง ง. ข้อ ข และ ค ถูกต้อง	5	1.00	สอดคล้อง
90	จากภาพมุมในข้อใดถูกต้อง  ด้านหน้า ก. (1): Pitch (2): Roll (3): Yaw ข. (1): Roll (2): Pitch (3): Yaw ค. (1): Yaw (2): Roll (3): Pitch ง. (1): Roll (2): Yaw (3): Pitch	5	1.00	สอดคล้อง
91	พจน์สัดส่วน (Proportional) คือ ก. เป็นส่วนของอัตราขยายของความผิดพลาดสะสม ข. เป็นส่วนของอัตราขยายของค่าความผิดพลาด ค. เป็นส่วนของอัตราขยายค่าคงที่ในระบบ ง. เป็นส่วนของอัตราขยายการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด	5	1.00	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
92	พจน์ปริพันธ์ (Integral) คือ ก. เป็นส่วนของอัตราขยายของความผิดพลาดสะสม ข. เป็นส่วนของอัตราขยายของค่าความผิดพลาด ค. เป็นส่วนของอัตราขยายค่าคงที่ในระบบ ง. เป็นส่วนของอัตราขยายการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด	5	1.00	สอดคล้อง
93	พจน์อนุพันธ์ (Derivative) คือ ก. เป็นส่วนของอัตราขยายของความผิดพลาดสะสม ข. เป็นส่วนของอัตราขยายของค่าความผิดพลาด ค. เป็นส่วนของอัตราขยายค่าคงที่ในระบบ ง. เป็นส่วนของอัตราขยายการเปลี่ยนแปลงของความผิดพลาด	5	1.00	สอดคล้อง
94	วิธีการ Ziegler–Nichols โดยกำหนด KI และ KD เท่ากับ 0 จากนั้นปรับ KP เพื่อหาเพื่อหาการสั่นแบบใด "Undamped" ก. Unstable ข. Underdamped ค. Undamped ง. Overerdamped	4	0.80	สอดคล้อง
				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
95	จากภาพเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสมการผลรวมการควบคุมมอเตอร์ของมอเตอร์ตัวหน้าซ้าย คือ ก. PWM = throttle - uroll - upitch - uyaw ข. PWM = throttle - uroll + upitch + uyaw ค. PWM = throttle + uroll + upitch - uyaw ง. PWM = throttle + uroll - upitch + uyaw	4	0.80	สอดคล้อง
96	จากภาพเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสมการผลรวมการควบคุมมอเตอร์ของมอเตอร์ตัวหน้าขวา คือ ก. PWM = throttle - uroll - upitch - uyaw ข. PWM = throttle - uroll + upitch + uyaw ค. PWM = throttle + uroll + upitch - uyaw ง. PWM = throttle + uroll - upitch + uyaw	4	0.80	สอดคล้อง
97	จากภาพเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสมการผลรวมการควบคุมมอเตอร์ของมอเตอร์ตัวหลังขวา คือ ก. PWM = throttle - uroll - upitch - uyaw ข. PWM = throttle - uroll + upitch + uyaw ค. PWM = throttle + uroll + upitch - uyaw ง. PWM = throttle + uroll - upitch + uyaw	4	0.80	สอดคล้อง
98	จากภาพเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสมการผลรวมการควบคุมมอเตอร์ของมอเตอร์ตัวหลังซ้าย คือ ก. PWM = throttle - uroll - upitch - uyaw ข. PWM = throttle - uroll + upitch + uyaw ค. PWM = throttle + uroll + upitch - uyaw ง. PWM = throttle + uroll - upitch + uyaw	4	0.80	สอดคล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อสอบ	∑R	IOC	ผลการประเมิน
99	ถ้ามีการปรับพจน์สัดส่วน (Proportional) มากเกินไปจะเกิดอะไรขึ้น ก. เครื่องมีอาการสั่น ข. เครื่องบินนิ่งดีมาก ค. เครื่องบินตอบสนองช้าและย้วย ง. บินไม่ขึ้น	4	0.80	สอดคล้อง
100	ถ้ามีการปรับพจน์ปริพันธ์ (Integral) น้อยเกินไปจะเกิดอะไรขึ้น ก. เครื่องมีอาการสั่น ข. เครื่องบินนิ่งดีมาก ค. เครื่องบินตอบสนองช้าและย้วย ง. บินไม่ขึ้น	4	0.80	สอดคล้อง

จากตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) ที่ได้รับการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหาจำนวน 100 ข้อ ได้ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ มีค่าตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไปทั้งหมด ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิด้านการใช้ภาษาให้ถูกต้องและปรับความเหมาะสมของข้อคำถามและคำตอบให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ ง.2 ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่สร้างขึ้นที่ n = 10

ข้อที่	กลุ่มเก่ง P_H	กลุ่มอ่อน P_L	ความยากง่าย P	ค่าอำนาจจำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการประเมิน
1	5	3	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับ
2	5	3	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับ
3	5	3	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับ
4	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
5	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
6	5	3	0.80	0.40	0.20	0.16	ยอมรับ
7	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง P_H	กลุ่มอ่อน P_L	ความยากง่าย P	ค่าอำนาจจำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการประเมิน
8	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
9	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
10	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
11	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
12	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
13	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
14	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
15	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
16	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
17	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
18	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
19	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
20	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
21	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
22	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
23	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
24	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
25	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
26	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
27	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
28	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
29	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
30	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
31	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
32	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
33	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
34	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
35	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง P_H	กลุ่มอ่อน P_L	ความยากง่าย P	ค่าอำนาจจำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการประเมิน
36	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
37	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
38	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
39	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
40	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
41	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
42	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
43	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
44	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
45	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
46	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
47	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
48	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
49	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
50	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
51	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
52	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
53	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
54	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
55	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
56	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
57	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
58	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
59	2	0	0.20	0.40	0.80	0.16	ยอมรับ
60	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
61	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
62	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
63	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง P_H	กลุ่มอ่อน P_L	ความยากง่าย P	ค่าอำนาจจำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการประเมิน
64	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
65	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
66	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
67	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
68	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
69	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
70	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
71	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
72	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
73	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
74	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
75	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
76	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
77	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
78	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
79	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
80	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
81	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
82	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
83	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
84	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
85	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
86	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
87	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
88	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
89	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
90	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
91	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 (ต่อ)

ข้อที่	กลุ่มเก่ง P_H	กลุ่มอ่อน P_L	ความยากง่าย P	ค่าอำนาจจำแนก r	ค่า q	ค่า pq	ผลการประเมิน
92	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
93	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
94	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
95	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
96	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
97	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
98	3	1	0.40	0.40	0.60	0.24	ยอมรับ
99	4	2	0.60	0.40	0.40	0.24	ยอมรับ
100	4	1	0.50	0.60	0.50	0.25	ยอมรับ
รวม				44.60		23.83	

ตารางที่ ง.3 ค่าคะแนนกำลังสองเพื่อใช้ในการคำนวณค่าความแปรปรวน

ผู้ทดสอบ	X	X^2
กลุ่มสูงคนที่ 1	91	8281
กลุ่มสูงคนที่ 2	83	6889
กลุ่มสูงคนที่ 3	78	6084
กลุ่มสูงคนที่ 4	74	5476
กลุ่มสูงคนที่ 5	56	3136
กลุ่มอ่อนคนที่ 1	42	1764
กลุ่มอ่อนคนที่ 2	34	1156
กลุ่มอ่อนคนที่ 3	30	900
กลุ่มอ่อนคนที่ 4	27	729
กลุ่มอ่อนคนที่ 5	26	676
รวม	$\sum X$ = 541	$\sum X^2$ = 35091

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรค่าความแปรปรวน

$$S_t^2 = \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(10 \times 35091) - (541)^2}{10(10-1)}$$

$$S_t^2 = 646.99$$

การหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตร KR = 20

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2}\right]$$

$$r_{tt} = \frac{100}{100-1}\left[1 - \frac{23.83}{646.99}\right]$$

$$r_{tt} = 0.97$$

จากการหาความเชื่อมั่นของชุดฝึกอบรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดโดยกลุ่มที่วิจัยและพัฒนาเครื่องบินไร้คนขับและกลุ่มที่เล่นเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด จากบริษัท RV Connex และกลุ่มออนไลน์ จำนวน 10 คน พบว่าค่าความเชื่อมันอยู่ในระดับสูงมาก (r_{tt}= 0.97) ซึ่งสามารถนำแบบทดสอบนี้ไปใช้งานกับกลุ่มตัวอย่างได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินผลการปฏิบัติงานการฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ใบงานที่ ..... เรื่อง .....

ผู้เข้าอบรมชื่อ.....

คำชี้แจง ใส่เครื่องมาย ✓ ลงในช่องคะแนนที่ตรงกับการสังเกตของท่าน

ลำดับ	คุณลักษณะที่ต้องการวัด	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1	การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์				
2	การเขียนโปรแกรม				
3	ความปลอดภัยและรอบคอบในการทดลอง				
4	ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน				
5	ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและปฏิบัติงาน				
รวมคะแนนการประเมิน					

เกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

ข้อที่ 1 การเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

3 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ได้ครบถ้วน ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ไม่ครบถ้วน

1 คะแนน เมื่อ เชื่อมต่ออุปกรณ์ไม่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ได้

ข้อที่ 2 การเขียนโปรแกรม

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

3 คะแนน เมื่อ เขียนโปรแกรมได้ครบถ้วน ถูกต้อง

2 คะแนน เมื่อ เขียนโปรแกรมไม่ครบถ้วน

1 คะแนน เมื่อ เขียนโปรแกรมไม่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถเขียนโปรแกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน (ต่อ)

ข้อที่ 3 ความปลอดภัยและรอบคอบในการทดลอง

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

3 คะแนน เมื่อ ไม่เกิดความเสียหายและป้องกันความเสียหายจากการทดลอง

2 คะแนน เมื่อ ไม่เกิดความเสียหาย แต่ ไม่ป้องกันความเสียหายจากการทดลอง

1 คะแนน เมื่อ เกิดความเสียหาย แต่ยังสามารถทดลองต่อไปได้

0 คะแนน เมื่อ เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไม่สามารถทดลองต่อได้

ข้อที่ 4 ปฏิบัติงานถูกต้องตามขั้นตอน

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

3 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานได้ถูกต้องตามขั้นตอน

2 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดไม่เกิน 2 ครั้ง

1 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดไม่เกิน 5 ครั้ง

0 คะแนน เมื่อ ปฏิบัติงานผิดจากขั้นตอนที่กำหนดมากกว่า 5 ครั้ง

ข้อที่ 5 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลองและปฏิบัติงาน

มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

3 คะแนน เมื่อ งานเสร็จในระยะเวลาที่กำหนด

2 คะแนน เมื่อ งานเสร็จ แต่ใช้เวลาเพิ่มเติมไม่เกิน 15 นาที

1 คะแนน เมื่อ งานเสร็จ แต่ใช้เวลาเพิ่มเติมไม่เกิน 30 นาที

0 คะแนน เมื่อ งานไม่เสร็จ หรือเสร็จ แต่ใช้เวลามากกว่า 30 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

แบบประเมินความพึงพอใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม
ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

คำชี้แจง โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความพึงพอใจของท่านเพียงระดับเดียว
ค่าระดับความพึงพอใจ

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด 5	มาก 4	ปานกลาง 3	น้อย 2	น้อยที่สุด 1
ด้านใบงานการฝึกอบรม					
1. ความเหมาะสมของใบงานการทดลอง					
2. ความชัดเจนในคำอธิบายแต่ละขั้นตอน					
3. มีความครอบคลุมต่อเนื้อหาในการฝึกอบรม					
4. ความถูกต้อง ชัดเจนของตัวอักษรและรูปภาพ					
5. สร้างแรงจูงใจต่อการเรียนรู้					
ด้านบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์					
1. ขนาดความเหมาะสมของชุดฝึกฯ					
2. รูปร่างของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์ก่อให้เกิดแรงจูงใจ					
3. ความเหมาะสมของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์					
4. ความแข็งแรงของบอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์					
5. ความสะดวกในการดูแลรักษาและซ่อมบำรุง					
ด้านความรู้ความเข้าใจ					
ความรู้และความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมและควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด					
ด้านการนำความรู้ไปใช้					
1. สามารถนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงานของตนเองได้					
2. สามารถนำความรู้ไปเผยแพร่ต่อได้					

ข้อเสนอแนะ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช

ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ช.1 คะแนนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) และคะแนนการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2)

ใบงานที่	คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	ค่าเฉลี่ย
ใบงานที่ 1	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	8	6	8	9	8	9	8	9	6	8	9	8	7	8	8	7.93
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	14.93
ใบงานที่ 2	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	9	9	6	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	8.67
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	14	15	15	15	15	15	14.93
ใบงานที่ 3	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	9	8	3	9	9	9	9	7	9	9	6	9	10	9	9	8.27
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	14	15	14	14	14	14	14	15	15	13	15	15	14	14	15	14.33
ใบงานที่ 4	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	6	7	5	9	8	9	9	8	8	4	4	9	9	9	9	7.53
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	13	14	14	13	13	14	14	14	13	13	14	14	14	14	13	13.60
ใบงานที่ 5	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	7	7	3	9	6	7	6	4	8	6	6	6	7	7	6	6.33
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	14	14	14	14	13	14	14	14	14	12	14	14	14	14	14	13.80
ใบงานที่ 6	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	7	7	7	6	7	8	7	6	7	5	5	6	5	6	6	6.33
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	14	13	13	14	14	13	14	13	14	12	14	14	14	13	13	13.47
ใบงานที่ 7	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	7	7	7	8	7	8	7	6	7	7	6	8	8	7	8	7.20
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	13	12	14	14	12	13	13	12	13	12	13	13	14	13	12	12.87
ใบงานที่ 8	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	8	8	8	9	8	8	8	8	6	9	5	9	10	9	9	8.13
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	14	14	12	13	13	13	14	14	13	9	14	13	14	13	13	13.07
ใบงานที่ 9	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	9	9	9	9	9	8	8	6	8	9	6	7	6	7	6	7.73
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	13	14	13	13	12	12	12	13	13	12	12	14	12	13	13	12.73
ใบงานที่ 10	คะแนนแบบทดสอบ (10 คะแนน)	8	9	9	9	9	7	7	8	8	9	9	8	7	7	6	8.00
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	12	13	11	12	9	12	13	12	13	8	12	12	11	12	11	11.53
	คะแนนรวมภาคทฤษฎี (100 คะแนน)	78	77	65	84	80	82	78	71	76	75	65	79	78	78	76	76.13
	คะแนนรวมการปฏิบัติงาน (150 คะแนน)	137	139	135	137	130	135	138	137	138	119	138	139	137	136	134	135.27
คะแนนคิดเป็นร้อยละ	คะแนนรวมภาคทฤษฎี (40%)	31.20	30.80	26.00	33.60	32.00	32.80	31.20	28.40	30.40	30.00	26.00	31.60	31.20	31.20	30.40	30.45
	คะแนนรวมการปฏิบัติงาน (60%)	54.80	55.60	54.00	54.80	52.00	54.00	55.20	54.80	55.20	47.60	55.20	55.60	54.80	54.40	53.60	54.11
	คะแนนรวม (100%)	86.00	86.40	80.00	88.40	84.00	86.80	86.40	83.20	85.60	77.60	81.20	87.20	86.00	85.60	84.00	**84.56**
ใบงานที่ 11	คะแนนแบบทดสอบ (100 คะแนน)	87	87	84	84	86	87	85	86	87	86	83	88	86	88	87	86.07
	คะแนนการปฏิบัติงาน (15 คะแนน)	14	14	12	13	13	12	13	12	11	10	11	13	11	11	12	12.13
คะแนนคิดเป็นร้อยละ	คะแนนรวมภาคทฤษฎี (40%)	34.80	34.80	33.60	33.60	34.40	34.80	34.00	34.40	34.80	34.40	33.20	35.20	34.40	35.20	34.80	34.43
	คะแนนรวมการปฏิบัติงาน (60%)	56.00	56.00	48.00	52.00	52.00	48.00	52.00	48.00	44.00	40.00	44.00	52.00	44.00	44.00	48.00	48.53
	คะแนนรวม (100%)	90.80	90.80	81.60	85.60	86.40	82.80	86.00	82.40	78.80	74.40	77.20	87.20	78.40	79.20	82.80	**82.96**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ซ

ตัวอย่างใบงานของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรม บอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบงานการฝึกอบรมที่ 2
การควบคุมและโหมดการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

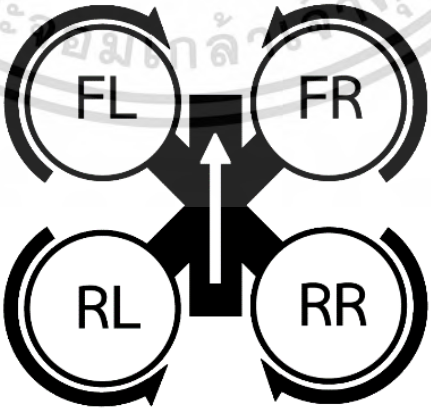
<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม</u>

1. อธิบายหลักการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้
2. อธิบายการทำงานแบบโหมด ACRO และ โหมด ANGLE ได้
3. ใช้รีโมทควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดได้ถูกต้อง

<u>ทฤษฎีเบื้องต้น</u>

หลักการทำงานของเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดทำได้โดย การควบคุมความเร็วของใบพัดทั้งสี่ตัว ซึ่งจะทำให้เกิดแรงบิดและแรงยกของแต่ละใบพัด จนเกิดท่าทางการบินในแบบต่างๆ ใบพัดทั้งสี่ตัวต้องทำงานสัมพันธ์กันทั้งทิศทางการหมุนและความเร็ว

1. ทิศทางการหมุนของใบพัด
   1.1. ใบพัดด้านหน้าข้างซ้าย (Front Left หรือ FL) จะมีทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise หรือ CW)
   1.2. ใบพัดด้านหน้าข้างขวา (Front Right หรือ FR) จะมีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counterclockwise หรือ CCW)
   1.3. ใบพัดด้านหลังข้างขวา (Rear Right หรือ RR) จะมีทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา (Clockwise หรือ CW)
   1.4. ใบพัดด้านหลังข้างซ้าย (Rear Left หรือ RL) จะมีทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา (Counterclockwise หรือ CCW)



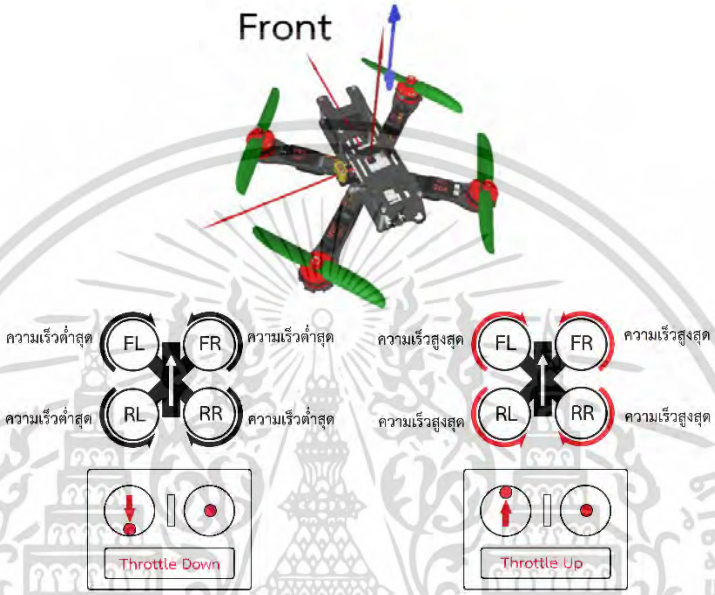
ภาพที่ 2.1 ทิศทางการหมุนของใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หลักการควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสามารถแบ่งการควบคุมออกได้ 4 หลักดังนี้

2.1. การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง (Throttle) ใบพัดทั้งสี่ตัว (FL,FR,RL และ RR) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน

- ทำให้เครื่องบินต่ำลง ต้องลดความเร็วของใบพัด FL,FR,RL และ RR
- ทำให้เครื่องบินสูงขึ้น ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัด FL,FR,RL และ RR

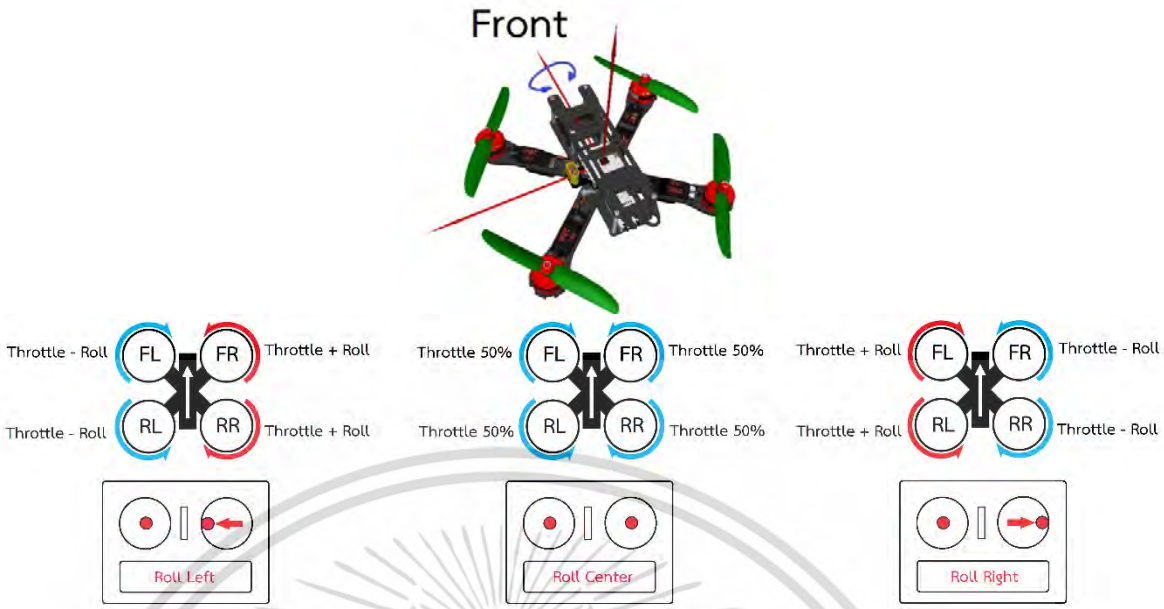


ภาพที่ 2.2 ท่าทางการบินและความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Throttle

2.2. การเอียงตัวซ้าย-ขวา (Roll) ใบพัดด้านซ้าย (FL และ RL) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และใบพัดด้านขวา (FR และ RR) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากันด้วยเช่นกัน

- ทำให้เครื่องเอียงซ้าย ต้องลดความเร็วของใบพัดด้านซ้าย (FL และ RL) และเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านขวา (FR และ RR)
- ทำให้เครื่องเอียงขวา ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านซ้าย (FL และ RL) และลดความเร็วของใบพัดด้านขวา (FR และ RR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

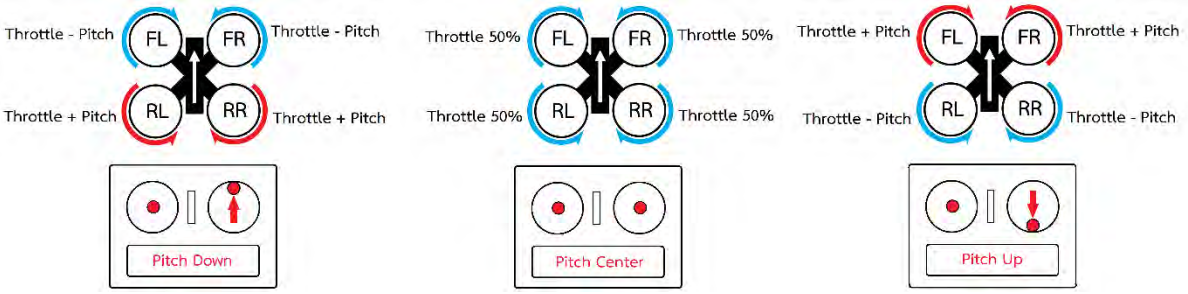


ภาพที่ 2.3 ท่าทางการบินและความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Roll

2.3. การเอียงตัวหน้า-หลัง (Pitch) ใบพัดด้านหน้า (FL และ FR) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และใบพัดด้านหลัง (RL และ RR) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากันด้วยเช่นกัน

- ทำให้เครื่องเอียงหน้า ต้องลดความเร็วของใบพัดด้านหน้า (FL และ FR) และเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านหลัง (RL และ RR)
- ทำให้เครื่องเอียงหลัง ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัดด้านหน้า (FL และ FR) และลดความเร็วของใบพัดด้านหลัง (RL และ RR)

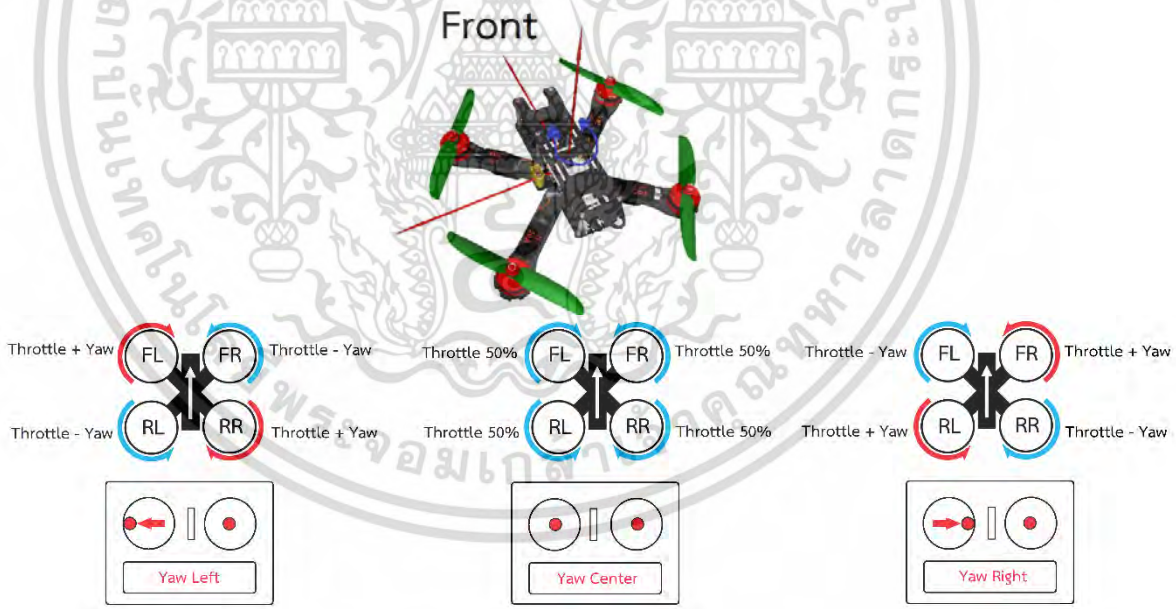
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 ภาพแสดงท่าทางการบินและความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Pitch

2.4. การหมุนซ้าย-ขวา (Yaw) ใบพัดในแนวทะแยง (FR และ RL) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากัน และใบพัดในแนวทะแยง (FL และ RR) ต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วที่เท่ากันด้วยเช่นกัน

- ทำให้เครื่องหมุนซ้าย ต้องลดความเร็วของใบพัดในแนวทะแยง (FR และ RL) และเพิ่มความเร็วของใบพัดในแนวทะแยง (FL และ RR)
- ทำให้เครื่องหมุนขวา ต้องเพิ่มความเร็วของใบพัดในแนวทะแยง (FR และ RL) และลดความเร็วของใบพัดในแนวทะแยง (FL และ RR)



ภาพที่ 2.5 ภาพแสดงท่าทางการบินและความเร็วของใบพัดสำหรับการควบคุม Yaw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในชุดฝึกอบรมนี้จะใช้อยู่ 2 โหมด คือ Acro mode และ Angle mode
   3.1. Acro mode สามารถเรียกได้ว่า Rate mode หรือ Manual mode ซึ่ง โหมดบินนี้จะทำให้เราสามารถบินได้อย่างอิสระรอบแกน Roll , Pitch และ Yaw ได้ 360 องศา ซึ่งตัวควบคุม (Flight Controller) จะทำการประมวณผลเมื่อได้รับค่าจากรีโมทควบคุมเมื่อคันบังคับอยู่ตรงกลางตัวลำจะไม่มีการหมุนรอบแกนใด้ ถ้ามีการขยับคันบังคับน้อยตัวลำก็จะหมุนช้า และถ้าขยับคันบังคับมากตัวลำก็จะหมุนเร็ว
   3.2. Angle mode โหมดบินนี้จะทำให้เราสามารถบินได้ง่ายขึ้นเหมาะสำหรับผู้หัดใหม่ เนื่องจากตัวควบคุม (Flight Controller) จะประมวลผลค่าที่รีโมทควบคุมส่งมาเป็นองศาการเอียงสำหรับแกน Roll และ Pitch เมื่อคันบังคับอยู่ตรงกลางตัวลำรักษาอยู่ในแนวระนาบ ถ้ามีการขยับคันบังคับน้อยและค้างไว้ตัวลำก็จะเอียงน้อย และถ้ามีการขยับคันบังคับมากและค้างไว้ตัวลำก็จะเอียงมากเช่นกันซึ่งอาจจะถูกกำหนดไว้ว่าเอียงได้ไม่เกิน 50 องศา สำหรับแกน Roll และ Pitch ส่วนแกน Yaw สามารถหมุนได้ 360 องศาซึ่งเหมือนกับ Acro mode

<u>เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง</u>

1. Remote Control (FLYSKY FS-i6X)
2. USB Flight Simulator และ สายไฟ 2 เส้น
3. OTG adapter
4. โทรศัพท์มือถือ

<u>ลำดับขั้นตอนการทดลอง</u>

1. ศึกษาทฤษฎีเบื้องต้นในใบงาน
2. ติดตั้งแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อใช้ในการฝึกซ้อมบินซึ่งมีชื่อว่า “Freerider Recharged”
3. ผู้ฝึกอบรมดูไฟล์วิดีโอและปฏิบัติตามการต่อสายสัญญาณเข้ากับมือถือและเปิดใช้งาน OTG
4. ผู้ฝึกอบรมดูไฟล์วิดีโอและปฏิบัติตามการตั้งค่ารีโมทควบคุมกับแอปพลิเคชันและโหมดการบิน
5. ผู้ฝึกอบรมเลือกโหมดการบินเป็น Acro mode จากนั้นให้ควบคุมให้ตัวลำให้ลอยสูงจากพื้นพอประมาณจากนั้นควบคุม Throttle ให้เครื่องนิ่งในแนวดิ่ง
   5.1. ควบคุม Roll ในระดับต่างๆ แล้วสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง และ บันทึกผล

   .....

   .....

   .....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2. ควบคุม Pitch ในระดับต่างๆ แล้วสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง และ บันทึกผล

.....

.....

.....

5.3. ควบคุม Yaw ในระดับต่างๆ แล้วสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง และ บันทึกผล

.....

.....

.....

6. ผู้ฝึกอบรมเลือกโหมดการบินเป็น Angle mode จากนั้นให้ควบคุมให้ตัวลำให้ลอยสูงจากพื้นพอประมาณจากนั้นควบคุม Throttle ให้เครื่องนิ่งในแนวดิ่ง

6.1. ควบคุม Roll ในระดับต่างๆ แล้วสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง และ บันทึกผล

.....

.....

.....

6.2. ควบคุม Pitch ในระดับต่างๆ แล้วสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง และ บันทึกผล

.....

.....

.....

6.3. ควบคุม Yaw ในระดับต่างๆ แล้วสังเกตการณ์การเปลี่ยนแปลง และ บันทึกผล

.....

.....

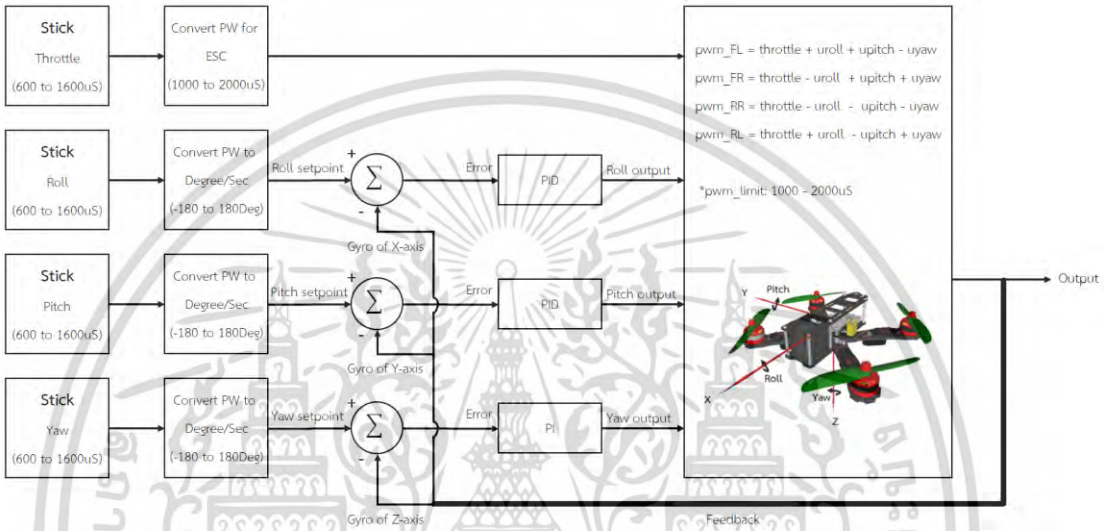
.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

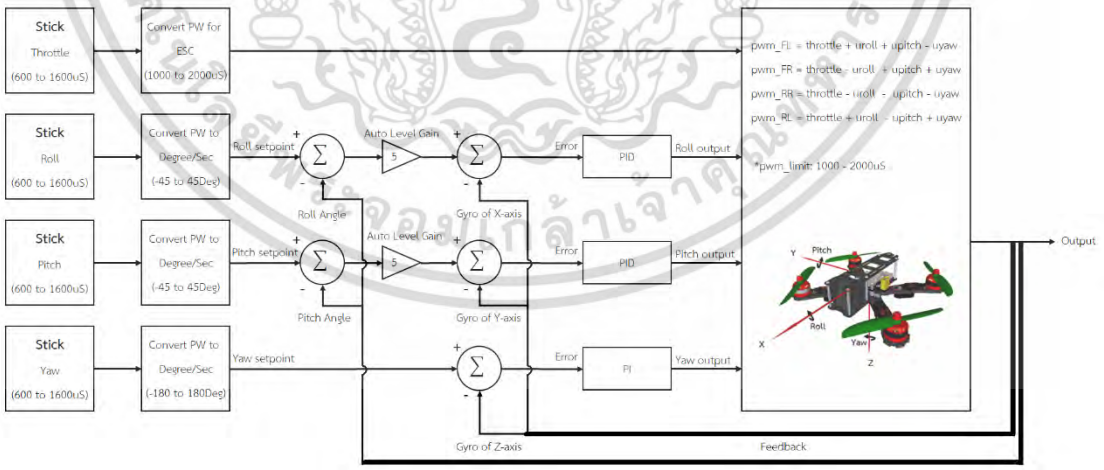
ใบงานการอบรมที่ 11
การทบทวนการเขียนโปรแกรมควบคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
2. เขียนโปรแกรมให้รองรับโหมด ACRO และ ANGLE ได้



ภาพที่ 11.1 บล็อกไดอะแกรม PID สำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในโหมด ACRO



ภาพที่ 11.2 บล็อกไดอะแกรม PID สำหรับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในโหมด ANGLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
2. ST-LINK V2 พร้อมสายไฟ
3. USB to TTL Converter
4. โมดูลบลูทูธ (HC-05)
5. สายจัมเปอร์
6. สวิทชิ่งเพาเวอร์ซัพพลาย (Switching Power Supply)
7. แท่นสำหรับยึดเครื่องบินสี่ใบพัด
8. รีโมทควบคุม
9. ประแจเบอร์ 8 และประแจแอลหกเหลี่ยม 2 มิลลิเมตร
10. แบตเตอรี่ ลิเธียมโพลิเมอร์

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด โดยใช้ค่า PID จากใบงานที่แล้วมาใช้ ซึ่งเขียนโค้ดให้เป็นไปตามการทำงานตามแผนผังการทำงานตามภาพข้างล่างจากนั้นทำการอัพโหลด (upload) ลงไปที่ Flight Controller ต่อจากนั้นให้ใช้เปิดโปรแกรม GUI_11-1 และทำการแสดงผล

Data package ที่ถูกส่งไปที่ GUI (Drone -> GUI)

ลำดับ	รายละเอียด	Header1	Header2	Mode	Length	Stick Roll [0-3]	Stick Pitch [0-3]	Stick Yaw [0-3]	Gyro X [0-3]	Gyro Y [0-3]	Gyro Z [0-3]	Stick Throttle [0-3]	Vbat [0-3]	Flight Status	Flight Mode	CRC
1	Telemetry	0xDA	0xAA	0x01	0x22 (34)									0: DISARM 1: ARM	0: ACRO 1: ANGLE	0xXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data package ที่ถูกส่งไปที่ GUI (Drone -> GUI) (ต่อ)

ลำดับ	รายละเอียด	Header1	Header2	Mode	Length	P [0-3]	I [0-3]	D [0-3]	CRC
2	เมื่อได้รับ Mode: "0x81" Command: "0x03" จาก GUI Drone ส่งค่า PID ของ Roll (Drone -> GUI)	0xDA	0xAA	0x02	0x0C (12)				0xXX
3	เมื่อได้รับ Mode: "0x81" Command: "0x03" จาก GUI Drone ส่งค่า PID ของ Pitch (Drone -> GUI)	0xDA	0xAA	0x03	0x0C (12)				0xXX
4	เมื่อได้รับ Mode: "0x81" Command: "0x03" จาก GUI Drone ส่งค่า PID ของ Yaw (Drone -> GUI)	0xDA	0xAA	0x04	0x0C (12)				0xXX

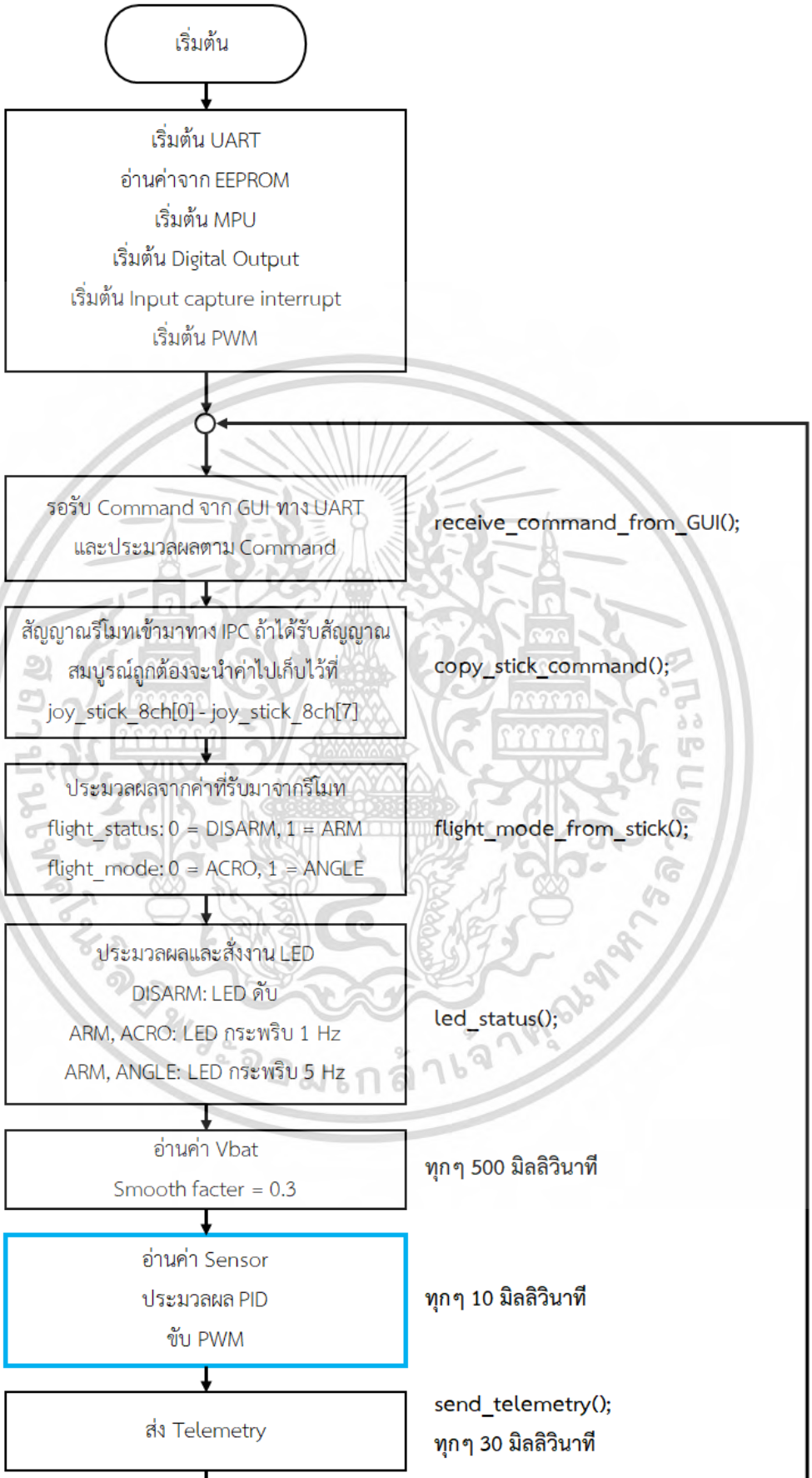
Command ที่ถูกส่งไปที่ Drone (GUI -> Drone)

ลำดับ	รายละเอียด	Header1	Header2	Mode	Length	Command	CRC
1	GUI ร้องขอให้ Drone ทำ ACC and Gyro calibration (GUI -> Drone)	0xDA	0xAA	0x81	0x01(1)	0x01	0xA1
2	GUI ร้องขอให้ Drone รีเซตค่า offset ของเซ็นเซอร์ แต่ไม่ได้บันทึกลงใน EEPROM (GUI -> Drone)	0xDA	0xAA	0x81	0x01(1)	0x02	0xA8
3	GUI ร้องขอค่า PID จาก Drone (GUI -> Drone)	0xDA	0xAA	0x81	0x01(1)	0x03	0xAF

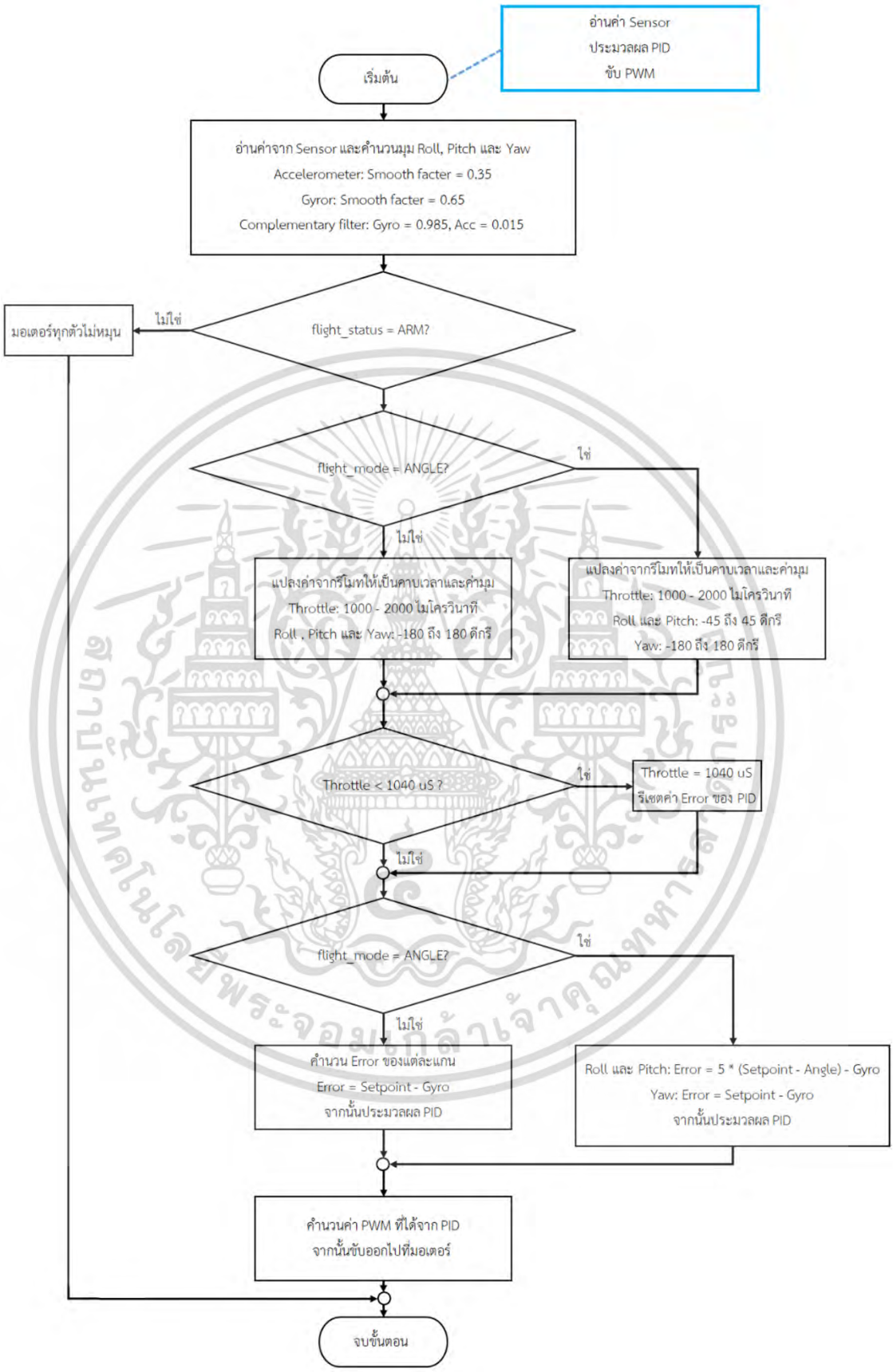
Data package ที่ถูกส่งไปที่ Drone (GUI -> Drone)

ลำดับ	รายละเอียด	Header1	Header2	Mode	Length	P [0-3]	I [0-3]	D [0-3]	CRC
4	GUI ส่งค่า PID ของ Roll ไปที่ Drone และเก็บค่าลงใน EEPROM (GUI -> Drone)	0xDA	0xAA	0x82	0x0C (12)				0xXX
5	GUI ส่งค่า PID ของ Pitch ไปที่ Drone และเก็บค่าลงใน EEPROM (GUI -> Drone)	0xDA	0xAA	0x83	0x0C (12)				0xXX
6	GUI ส่งค่า PID ของ Yaw ไปที่ Drone และเก็บค่าลงใน EEPROM (GUI -> Drone)	0xDA	0xAA	0x84	0x0C (12)				0xXX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

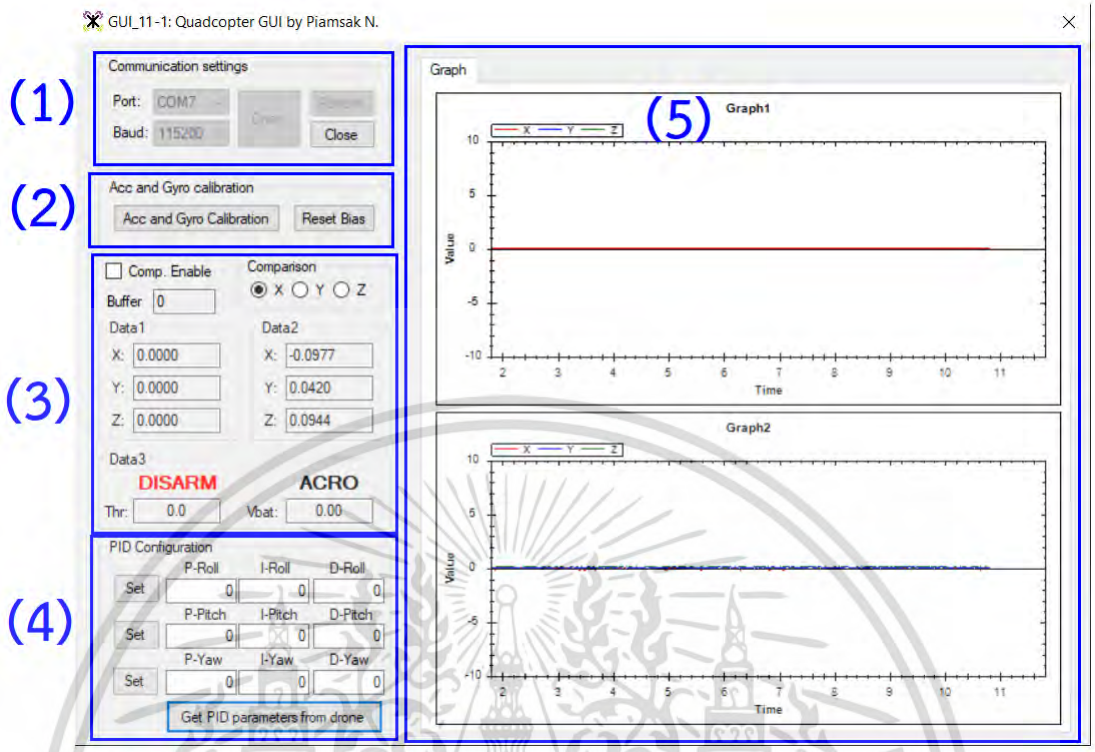


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เปิดโปรแกรม GUI_11-1



ภาพที่ 11.3 โปรแกรม GUI_11-1 บนคอมพิวเตอร์

(1) ตั้งค่า Comport, เลือก Port และ Baud rate ที่ใช้งาน จากนั้นกดปุ่ม Open
Refresh: ค้นหาคอมพอร์ตใหม่
Open: เปิดการใช้งานคอมพอร์ต
Close: ปิดการใช้งานพอร์ต

(2) ปุ่ม “Acc and Gyro Calibration” ให้ค่าเซนเซอร์อยู่ค่ากลางและปุ่ม “Reset Bias” ให้ค่า Bias เท่ากับ 0

(3) แสดงค่าของ Data1 และ Data2, Date3 (Throttle, Flight status, Flight mode, Vbatt)

- Comp. Enable ถ้าไม่มีการเช็ค Data1(X-Z) จะแสดงที่ Graph1 และ Data2(X-Z) จะแสดงที่ Graph2
  ถ้ามีการเช็คเป็นการเลือกเปรียบเทียบระหว่าง Data1 และ Data2
- Comparison เลือกข้อมูลที่ต้องการเปรียบเทียบ X,Y หรือ Z ของ Data1 และ Data2

(4) ตั้งค่า PID

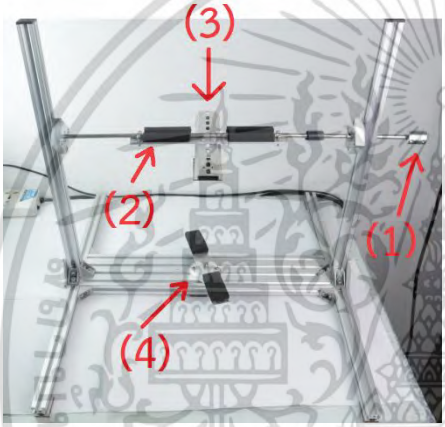
- Set คือการส่งค่าไปที่ Drone
- Get PID parameters from drone คือ การอ่านค่า PID จากเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมาแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) กราฟแสดงค่าของ Data1 และ Data2

- เอาเมาส์ไปชี้ที่กราฟจากนั้นหมุนลูกกลิ้ง (Scroll Mouse) เพื่อซูมเข้าและซูมออก
- กด Ctrl+คลิกซ้าย ค้างไว้ที่กราฟเพื่อเลื่อนตำแหน่งกราฟได้
- เอาเมาส์ไปชี้ที่กราฟจากนั้นกดปุ่มซ้ายค้างไว้แล้วทำกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อแสดงกราฟช่วงเวลานั้นและช่วงสเกลของแกน Y
- เอาเมาส์ไปชี้ที่กราฟคลิกขวาแล้วเลือก “Undo All Zoom/Pan”เพื่อตั้งค่าการแสดงกราฟตามค่าตั้งต้น

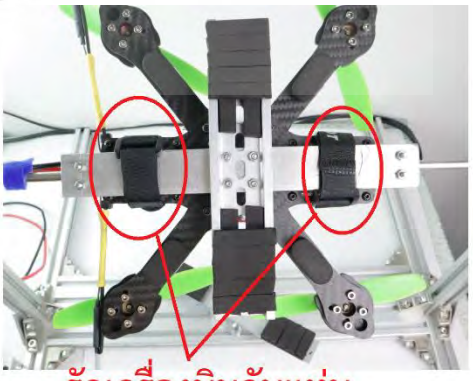
แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม



(1) ที่จับสำหรับหมุนมุม Roll และ Pitch
(2) แนวยึดสำหรับมุม Roll
(3) แนวยึดสำหรับมุม Pitch
(4) แนวยึดสำหรับมุม Yaw

3. ทำการยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดกับแท่นยึดและตรวจสอบโปรแกรมการทำงานของแกน Roll

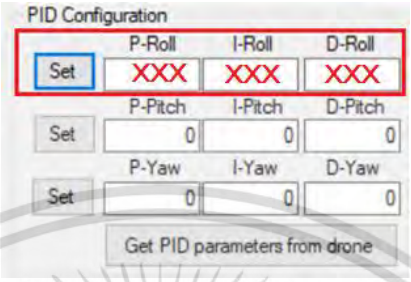
3.1 วางเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดตามภาพและทำการรัดตัวโดนกับแท่น 2 จุดด้วยตีนตุ๊กแก จากนั้นก่อนเสียบสายแบตเตอรี่ ให้ปิด Power supply และ รีโมทควบคุมก่อน จากนั้นเสียบและรัดสายไฟให้เรียบร้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ก่อนเปิด Power supply และ รีโมทควบคุมต้องมั่นใจว่าสายรัดเรียบร้อยและใส่ใบพัดได้ถูกต้อง

3.3 ในหน้าโปรแกรมจะต้องตั้งค่า PID ให้เป็น 0 ทั้งหมด จากนั้นใส่ค่า PID ของแกน Roll ในชุดฝึกอบรมก่อนหน้านั้นเพื่อทำการทดสอบ



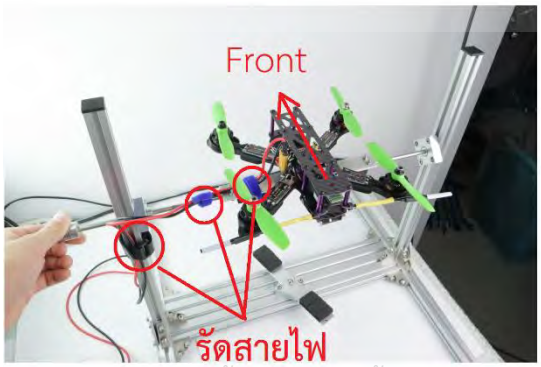
3.4 เปิด Switch เพื่อทำการ ARM มอเตอร์จะหมุนในรอบต่ำ (IDLE หรือ 1040 uS) และปรับโหมดไปที่โหมด ANGLE **ถ้ามีสิ่งผิดปกติ และให้ลด Throttle ลงต่ำสุดหรือทำการ DISARM**

3.5 เร่ง Throttle ไปที่ 1240 - 1260 uS และลองบังคับรีโมทควบคุมของแกน Roll ไปที่มุมต่างๆ จากนั้นอธิบายผลการทำงานของโหมด ANGLE

_____
_____
_____
_____

4. ทำการยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดกับแท่นยึดและตรวจสอบโปรแกรมการทำงานของแกน Pitch

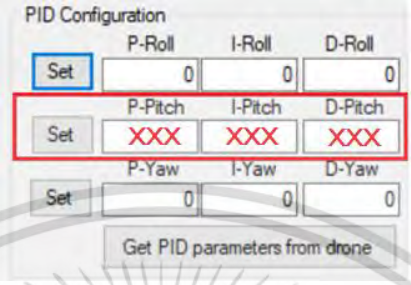
4.1. วางเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดตามภาพและทำการรัดตัวโดนกับแท่น 2 จุดด้วยตีนตุ๊กแก จากนั้นก่อนเสียบสายแบตเตอรี่ ให้ปิด Power supply และ รีโมทควบคุมก่อน จากนั้นเสียบและรัดสายให้เรียบร้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2. ก่อนเปิด Power supply และ รีโมทควบคุมต้องมั่นใจว่าสายรัดกุมเรียบร้อยและใส่ใบพัดได้ถูกต้อง

4.3. ในหน้าโปรแกรมจะต้องตั้งค่า PID ให้เป็น 0 ทั้งหมด จากนั้นใส่ค่า PID ของแกน Pitch ในแลบก่อนหน้านั้น เพื่อทำการทดสอบ



4.4 เปิด Switch เพื่อทำการ ARM มอเตอร์จะหมุนในรอบต่ำ (IDLE หรือ 1040 uS) และปรับโหมดไปที่โหมด ANGLE ถ้ามีสิ่งผิดปกติ และให้ลด Throttle ลงต่ำสุดหรือทำการ DISARM

4.5 เร่ง Throttle ไปที่ 1240 - 1260 uS และลองบังคับรีโมทควบคุมของแกน Pitch ไปที่มุมต่างๆ จากนั้นอธิบายผลการทำงานของโหมด ANGLE

_____
_____
_____
_____

5. เมื่อโปรแกรมทำงานถูกต้องแล้วให้ส่งค่า PID ทั้ง Roll, Pitch และ Yaw ไปที่เครื่องบิน จากนั้นถอดเครื่องบินสี่ใบพัดออกจากแท่น

6. รัดแบตเตอรี่ด้านบนจากนั้นเสียบขั้วแบตเตอรี่จากนั้นให้ลองบินด้วยโหมด ANGLE

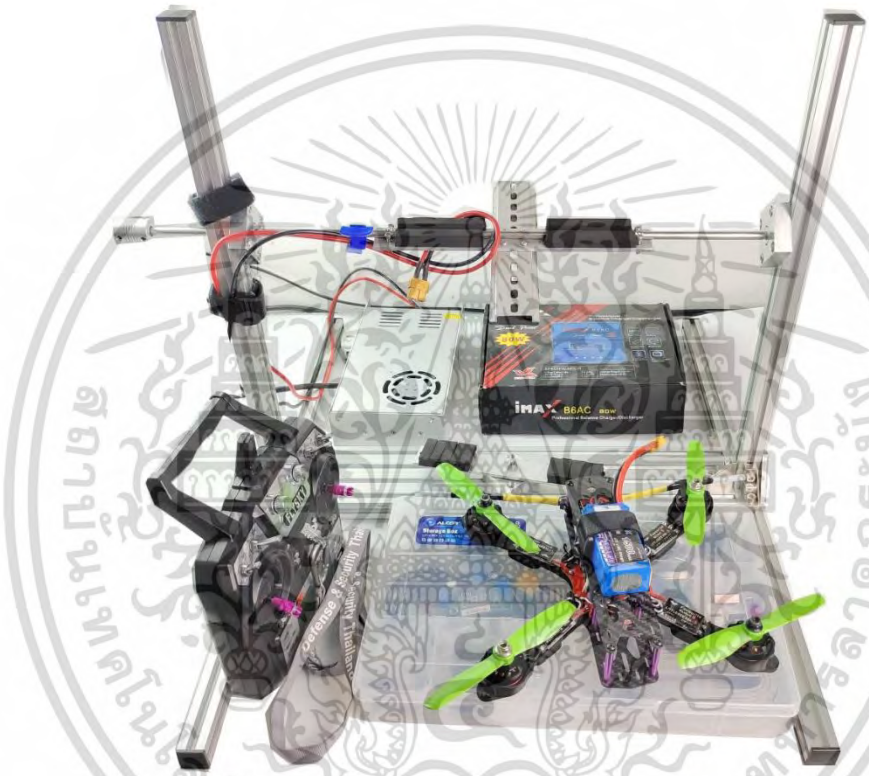
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฌ

คู่มือการใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบิน
เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด



สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

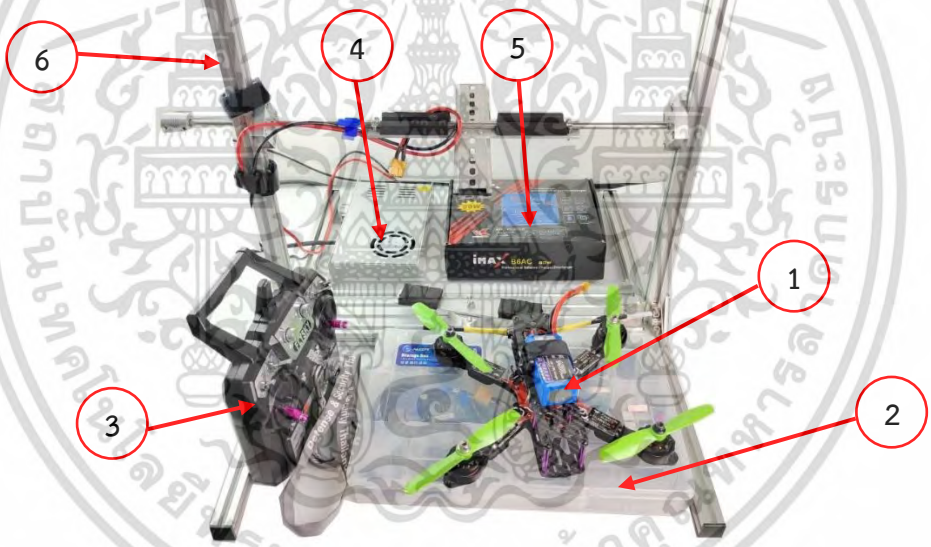
1. คำแนะนำการใช้งาน

ก่อนใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ผู้เข้าอบรมควรศึกษาคู่มือการใช้งานก่อนการใช้งาน เพื่อความเข้าใจ การทำงานที่ถูกต้องและปลอดภัยแก่ผู้ใช้งานและป้องกันการเสียหายของชุดฝึกอบรม

2. ส่วนประกอบของชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ฮาร์ดแวร์และโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

2.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์



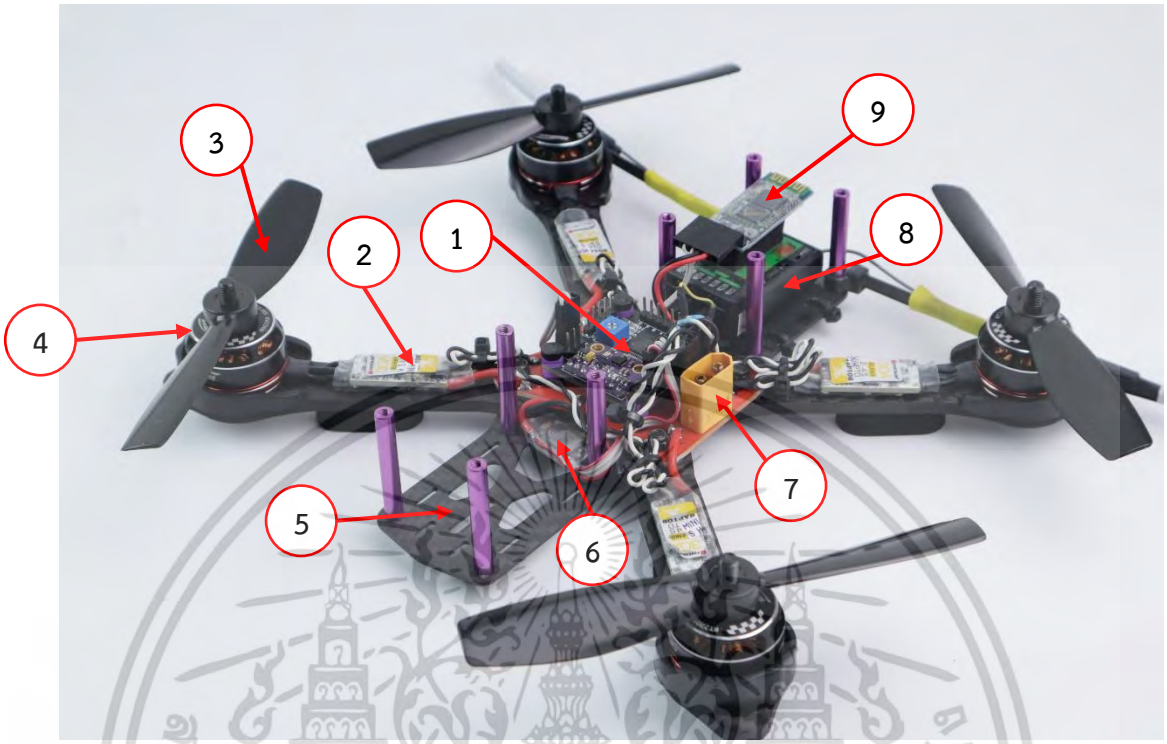
ภาพที่ ฌ.1 บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

จากภาพที่ ฌ.1 มีรายละเอียดดังนี้

1. เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
2. กล่องใส่อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด
3. รีโมทควบคุม
4. เพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์
5. เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC)
6. แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 เฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด



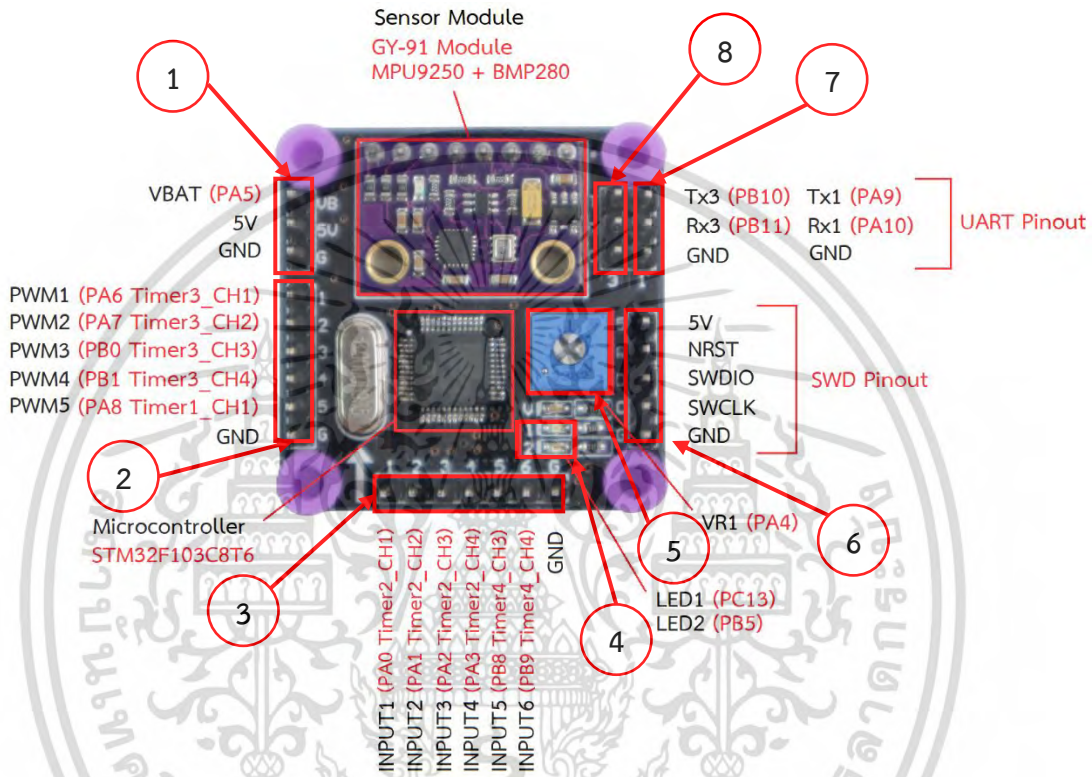
ภาพที่ ฌ.2 ส่วนประกอบเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

จากภาพที่ ฌ.2 มีรายละเอียดดังนี้

1. บอร์ดควบคุมการบิน
2. Electronic Speed Controller (ESC)
3. ใบพัด
4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไร้แปรงถ่าน
5. เฟรม
6. บอร์ดปรับไฟเป็น 5 โวลต์
7. คอนเน็คเตอร์สำหรับเสียบแบตเตอรี่
8. Receiver
9. โมดูลบลูทูธ (HC-05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บอร์ดควบคุมการบินใช้ STM32F103C8T6 เป็นตัวประมวลผลและมีเซนเซอร์ที่ใช้ในการประมวลผล ได้แก่ เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) เซนเซอร์วัดความเร็วเชิงมุม (Gyroscope) และ เซนเซอร์วัดค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (Magnetometer) และ เซนเซอร์วัดความดันบรรยากาศ (Barometer) เซนเซอร์ MPU9250 จะถูกติดตั้งอยู่บนเฟรมและต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังภาพที่ ฌ.3



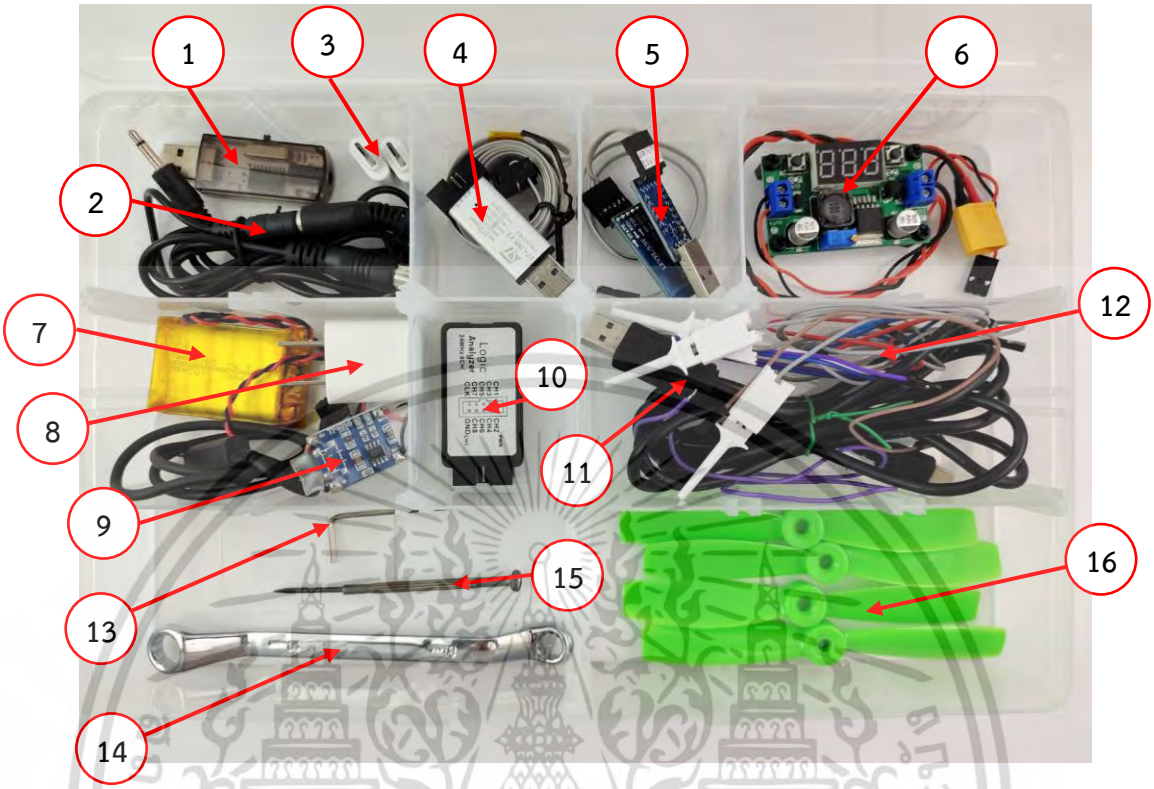
ภาพที่ ฌ.3 รายละเอียดบอร์ดควบคุมการบิน

จากภาพที่ ฌ.3 มีรายละเอียดดังนี้

1. พอร์ตสำหรับต่อแรงดันจากแบตเตอรี่และไฟเลี้ยง 5 โวลต์
2. พอร์ตสำหรับต่อมอเตอร์
3. พอร์ตสำหรับต่อกับ Receiver
4. แอลอีดี 1 และ 2 (Active Low)
5. ทริมพ็อท
6. พอร์ตสำหรับต่อกับ ST-Link V2
7. พอร์ตสำหรับ UART1
8. พอร์ตสำหรับ UART3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 กล่องใส่อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาการเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด



ภาพที่ ฌ.4 รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาบอร์ดควบคุมการบิน

จากภาพที่ ฌ.4 มีรายละเอียดดังนี้

1. USB Flight Simulator
2. สายไฟที่เชื่อมกับ USB Flight Simulator และ รีโมทควบคุม
3. OTG Adapter
4. ST-Link V2 และสายไฟ
5. USB to TTL และ โมดูลบลูทูธ (HC-05)
6. โมดูลสวิทชิ่งเร็กกูเลเตอร์แบบสเตปดาวน์ (Dc-to-Dc Step Down Module)
7. แบตเตอรี่สำหรับรีโมทควบคุม
8. อะแดปเตอร์แรงดันไฟ 5V
9. ที่ชาร์จแบตเตอรี่
10. Logic Analyzer
11. สาย USB สำหรับ Logic Analyzer
12. สายไฟในการเชื่อมต่อ
13. ประแจ 6 เหลี่ยมเบอร์ 2

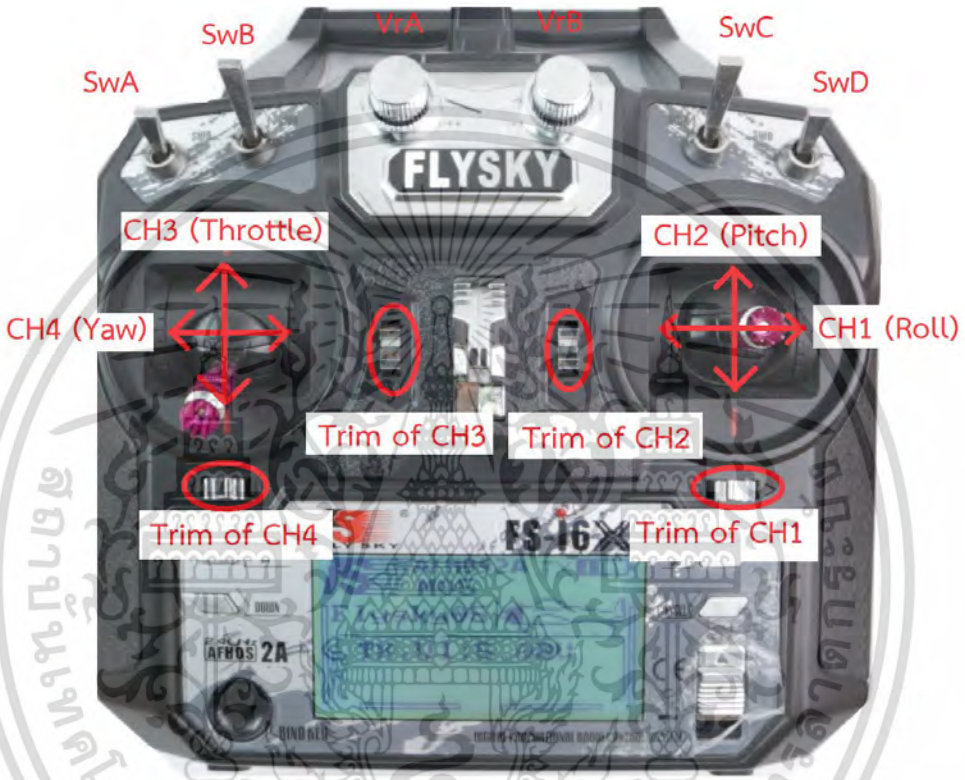
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. ประแจแหวน 8 และ 10 มม.

15. ไขควง

16. ใบพัด

2.1.3 รีโมทควบคุม



ภาพที่ ฌ.5 ปุ่มบังคับของ Joy Stick

CH1: ควบคุมเอียงซ้าย/ขวา Roll

CH2: ควบคุมเอียงหน้า/หลัง Pitch

CH3: ควบคุมขึ้นลงแนวดิ่ง Throttle

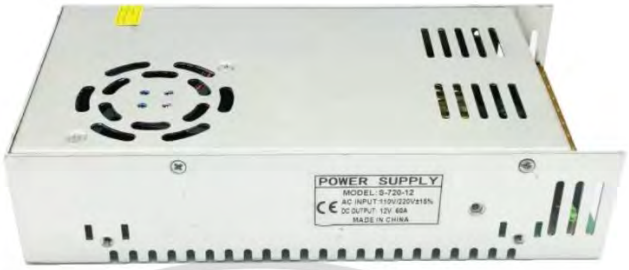
CH4: ควบคุมหมุนซ้าย/ขวา Yaw

CH5 – CH10: สามารถตั้งค่าให้ควบคุมด้วย SwA, SwB, SwC, SwD, VrA และ Vr B ได้

Trim ใช้ในการปรับสัญญาณของคันบังคับที่ตำแหน่งเซ็นเตอร์ (Center หรือ Neutral)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 เพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์ ต้องใช้ไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ในการทำงานจากนั้นสามารถนำไฟกระแสตรง 12 โวล์ไปต่อกับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดหรือโมดูลสวิทชิ่งเร็กกูเลเตอร์แบบสเตปดาวน์ในการฝึกอบรมได้ด้วยคอนเน็คเตอร์สำหรับเสียบกับคอนเน็คเตอร์ XT60



ภาพที่ ฌ.6 เพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์

2.1.5 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC) ใช้ในการชาร์จแบตเตอรี่ที่ใช้กับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

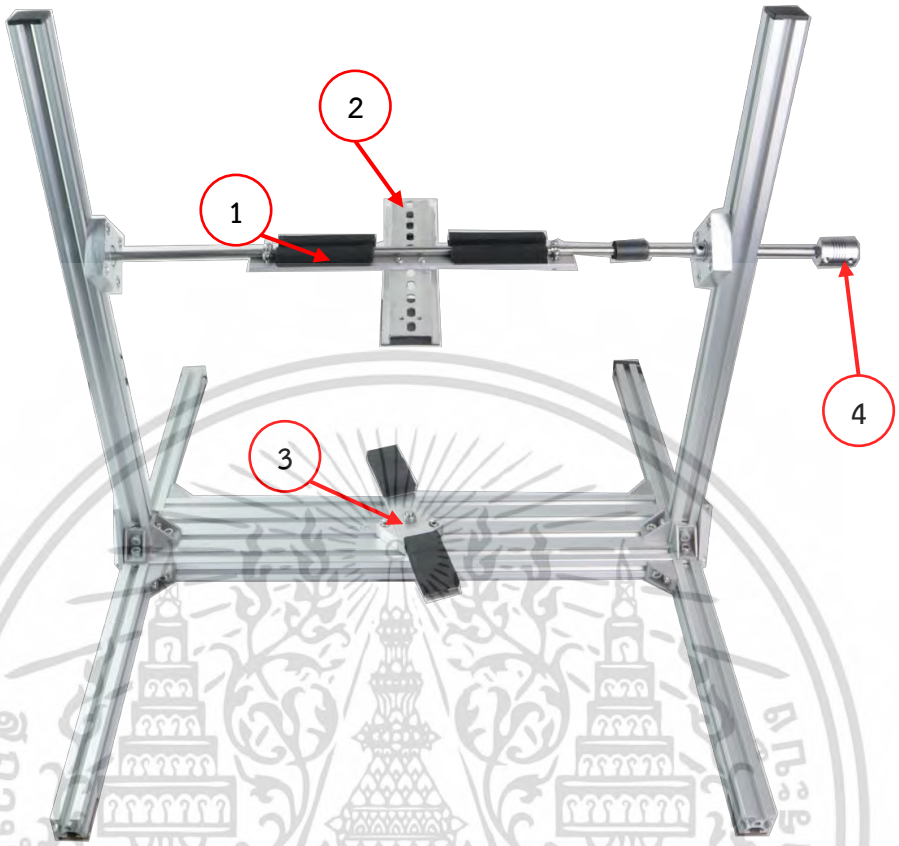
ภาพที่ ฌ.7 เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC)

จากภาพที่ ฌ.7 มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC)
2. คู่มือการใช้งานเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC)
3. สายไฟ 220 โวลต์
4. คอนเน็คเตอร์ที่เอาไว้เสียบกับแบตเตอรี่
5. แบตเตอรี่ชนิดลิเทียมโพลิเมอร์ 3S 1500mAh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6 แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด



ภาพที่ ฌ.8 แท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

จากภาพที่ ฌ.27 มีรายละเอียดดังนี้

1. แนวยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสำหรับมุม Roll
2. แนวยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสำหรับมุม Pitch
3. แนวยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดสำหรับมุม Yaw
4. ที่จับสำหรับหมุนมุม Roll และ Pitch

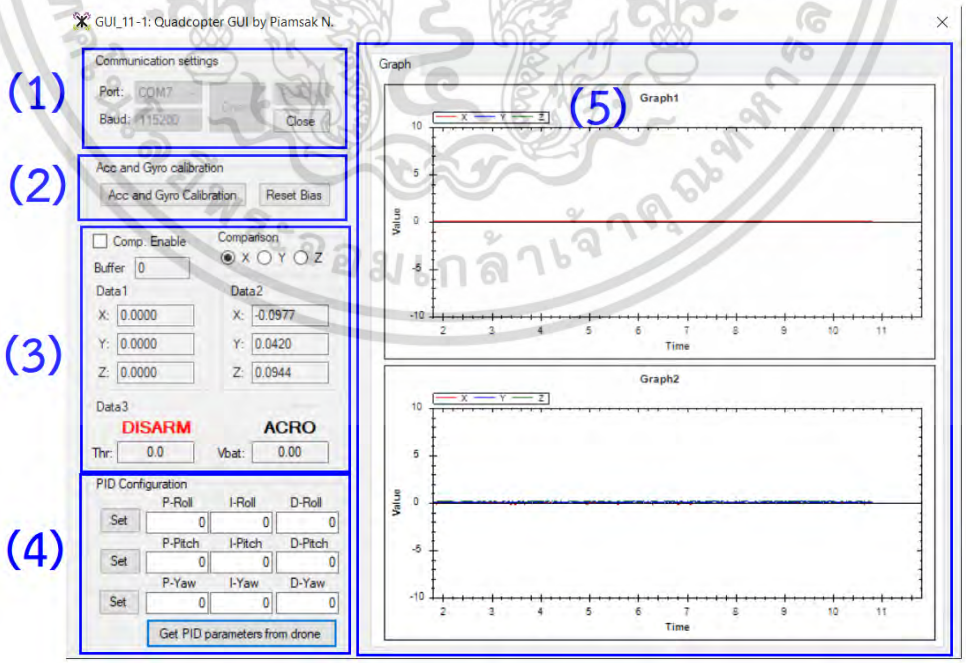
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาการเขียนโปรแกรมบอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด ประกอบด้วยโปรแกรมดังต่อไปนี้

2.2.1 โปรแกรม Aruino IDE

ภาพที่ ณ.9 ตัวอย่างของโปรแกรม Arduino IDE

2.2.2 โปรแกรม GUI_11-1



ภาพที่ ณ.10 โปรแกรม GUI_11-1 บนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ตั้งค่า Comport, เลือก Port และ Baud rate ที่ใช้งาน จากนั้นกดปุ่ม Open

Refresh: ค้นหาคอมพอร์ตใหม่

Open: เปิดการใช้งานคอมพอร์ต

Close: ปิดการใช้งานพอร์ต

(2) ปุ่ม “Acc and Gyro Calibration” ให้ค่าเซนเซอร์อยู่ค่ากลางและปุ่ม “Reset Bias” ให้ค่า Bias เท่ากับ 0

(3) แสดงค่าของ Data1 และ Data2, Date3

(Throttle, Flight status, Flight mode, Vbatt)

- Comp. Enable ถ้าไม่มีการเช็ค Data1(X-Z) จะแสดงที่ Graph1 และ Data2(X-Z) จะแสดงที่ Graph2

ถ้ามีการเช็คเป็นการเลือกเปรียบเทียบระหว่าง Data1 และ Data2

- Comparison เลือกข้อมูลที่ต้องการเปรียบเทียบ X,Y หรือ Z ของ Data1 และ Data2

(4) ตั้งค่า PID

- Set คือการส่งค่าไปที่ Drone
- Get PID parameters from drone คือ การอ่านค่า PID จากเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดมาแสดงผล

(5) กราฟแสดงค่าของ Data1 และ Data2

- เอาเมาส์ไปชี้ที่กราฟจากนั้นหมุนลูกกลิ้ง (Scroll Mouse) เพื่อซูมเข้าและซูมออก
- กด Ctrl+คลิกซ้าย ค้างไว้ที่กราฟเพื่อเลื่อนตำแหน่งกราฟได้
- เอาเมาส์ไปชี้ที่กราฟจากนั้นกดปุ่มซ้ายค้างไว้แล้วทำกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อแสดงกราฟช่วงเวลานั้นและช่วงสเกลของแกน Y
- เอาเมาส์ไปชี้ที่กราฟคลิกขวาแล้วเลือก “Undo All Zoom/Pan”เพื่อตั้งค่าการแสดงกราฟตามค่าตั้งต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1 การใช้รีโมทควบคุมต้องทำการชาร์จแบตเตอรี่ของรีโมทควบคุมก่อนทุกครั้งและรีโมทควบคุมสำหรับคุมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดใช้รุ่น FS-i6X และสามารถตั้งค่าการใช้งานดังนี้

3.1.1. ให้ทำการเปิดฝาด้านหลังจากนั้นเสียบแบตเตอรี่และใส่ลงที่ช่องด้านหลังจากนั้นปิดฝาให้เรียบร้อย

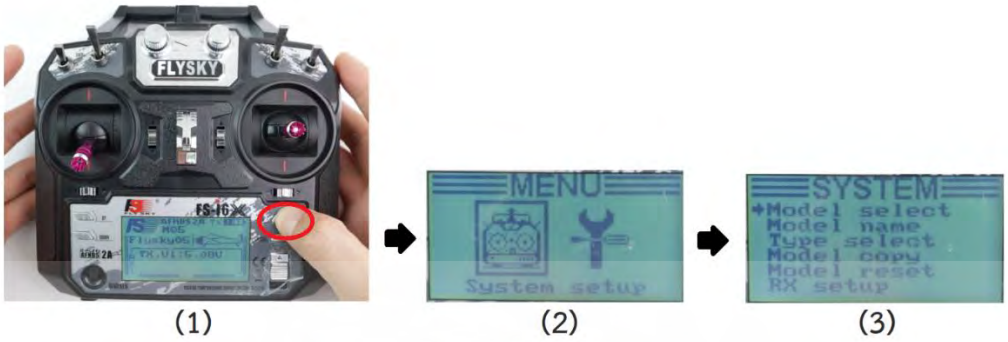
ภาพที่ ฌ.11 การใส่แบตเตอรี่ที่รีโมทควบคุม

3.1.2. ดันปุ่ม Power ขึ้น ดัน SWA,SWB,SWC,SWD ขึ้น และลด Throttle ลงต่ำสุดเพื่อให้รีโมทควบคุมพร้อมทำงาน

ภาพที่ ฌ.12 การเปิดรีโมทควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3. ทำการตั้งค่าที่ “System setup”



ภาพที่ ฌ.13 การเข้าเมนูของ System Setup

(1) กดปุ่ม OK ค้างไว้

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “System setup” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(3) จะได้เมนูในหัวข้อ “System setup”

3.1.4. เลือก “Model select” เพื่อเลือกโมเดลที่บันทึกไว้ ซึ่งสามารถบันทึกได้ทั้งหมด 20 โมเดล ให้โมดเดลสำหรับชุดฝึกนี้ซึ่งเลือกโมเดลใดโมเดลหนึ่ง (ในการสร้างโมเดลใหม่นั้นจะต้องทำการจับคู่กับตัว Receiver ใหม่ด้วย)

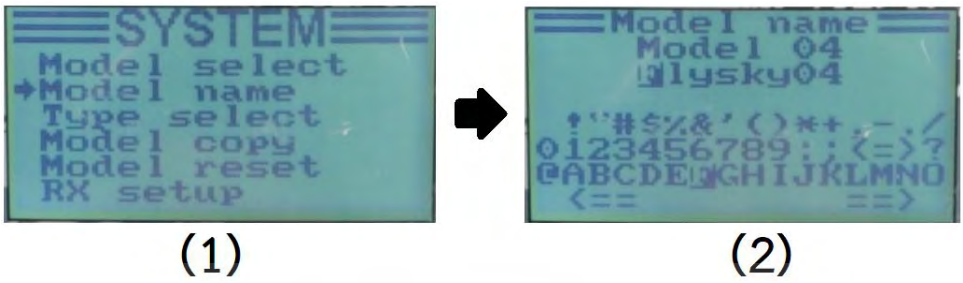
ภาพที่ ฌ.14 การเลือกโมเดล

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Model select” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือกโมเดลที่ต้องการจากนั้นกดปุ่ม CANCEL ค้างไว้เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5. เลือก “Model name” เพื่อตั้งชื่อให้กับโมเดลนี้



ภาพที่ ฌ.15 การตั้งชื่อโมเดล

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Model name” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อตัวอักษรที่ต้องการ
กดปุ่ม OK เพื่อเปลี่ยนตำแหน่งตัวของตัวอักษรที่ต้องการเปลี่ยน
เมื่อตั้งชื่อเสร็จแล้วให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า(กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.6. เลือก “Type select” เพื่อเลือกชนิดของเครื่องบิน

ภาพที่ ฌ.16 การเลือกชนิดของเครื่องบิน

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Type select” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

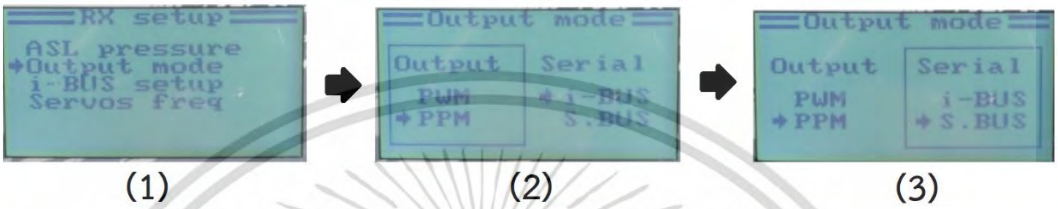
(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Airplane or glider”
จากนั้นให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7. เลือก “Rx setup” >> “Output mode” เพื่อตั้งการส่งสัญญาณออกของ Receiver ซึ่งในชุดฝึกนี้จะใช้เป็นโหมด PPM

PWM: เป็นการส่งสัญญาณออกจาก Receiver โดย 1 ช่องบังคับ ต่อ 1 ช่องของ Receiver (สัญญาณออก Channel1 - 6)

PPM: เป็นการส่งสัญญาณออกจาก Receiver โดย หลายช่องบังคับ ต่อ 1 ช่องของ Receiver (สัญญาณออก Channel 1)



ภาพที่ ฌ.17 การตั้งค่า Output Mode เป็นแบบ PPM

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Output mode” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “PPM” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(3) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “S.BUS”

จากนั้นให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.8. เลือก “Rx setup” >> “Servos freq” เพื่อตั้งค่าความถี่ในการการส่งสัญญาณออกของ Receiver

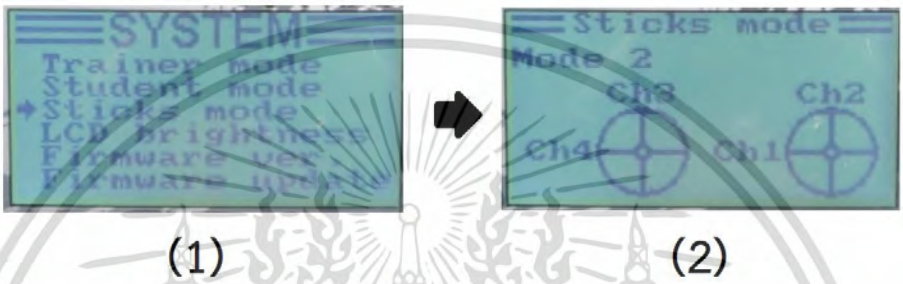
ภาพที่ ฌ.18 การตั้งค่า Servos Freq

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Servos freq” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือกค่าเท่ากับ 50
จากนั้นให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.9 เลือก “Sticks mode” เพื่อตั้งโหมดของปุ่มบังคับซึ่งจะใช้เป็น Mode 2

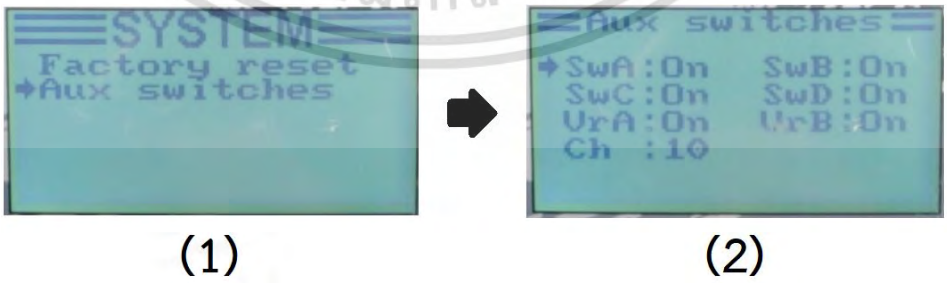


ภาพที่ ฌ.19 การตั้งโหมดการบังคับ

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Sticks mode” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก Mode 2
จากนั้นให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.10 เลือก “Aux switches” เพื่อเปิดการใช้งานสวิตซ์ของตัวบังคับ



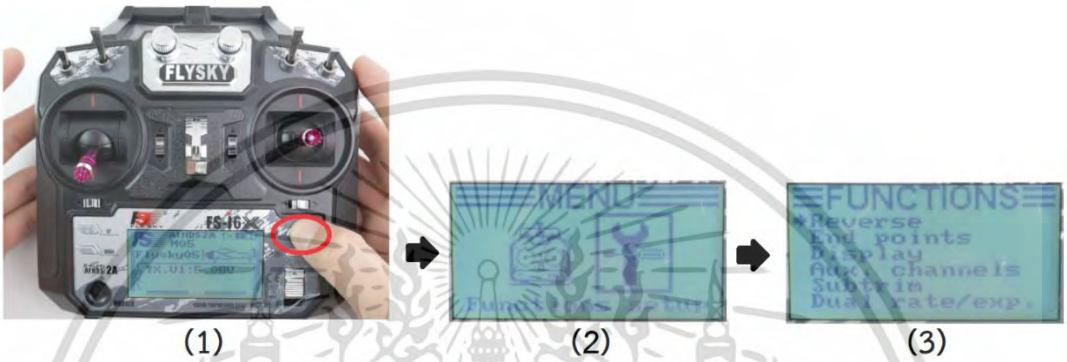
ภาพที่ ฌ.20 การตั้งค่าเปิดการใช้งานสวิตซ์ของตัวบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Aux switches” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม OK เพื่อเลือกสวิตซ์ที่ต้องการ และ กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก On/Off โดยทุกตัวจะเลือก ON และเลือก Ch:10 จากนั้นให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.11 ทำการตั้งค่าที่ “Functions setup”



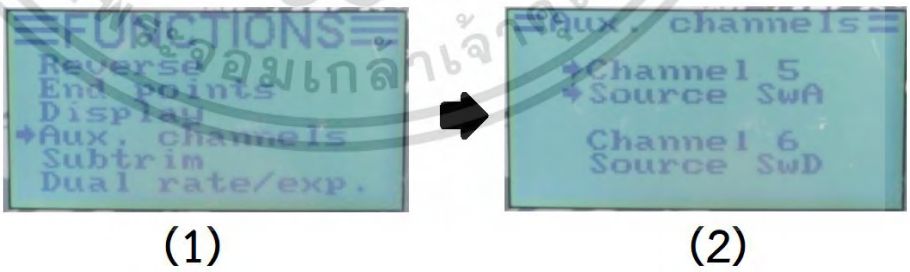
ภาพที่ ฌ.21 การเข้าเมนูของ Functions Setup

(1) กดปุ่ม OK ค้างไว้

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Functions setup” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(3) จะได้เมนูในหัวข้อ “Functions setup”

3.1.12 เลือก “Aux. channels” เพื่อกำหนดสัญญาณของปุ่มบังคับตาม Channel ที่ต้องการ



ภาพที่ ฌ.22 การตั้งค่า Aux Channels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Aux. channels” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม OK เพื่อเลือก Channel ที่ต้องการ

กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือกสวิตช์ควบคุม และตั้งค่าตามข้างล่างนี้

Channel 5: SwA, Channel 6: SwD, Channel 7: VrA, Channel 8: VrB.

Channel 9: None, Channel 10: None

(ชุดฝึกอบรมนี้จะใช้แค่ 8 Ch ดังนั้น Channel 9 และ 10 จะเลือก None)

จากนั้นกดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่าจากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.13 เลือก “End points” เพื่อกำหนดสัญญาณค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดที่ออกจาก Receiver เมื่อโยกคันโยกต่ำสุดและสูงสุด

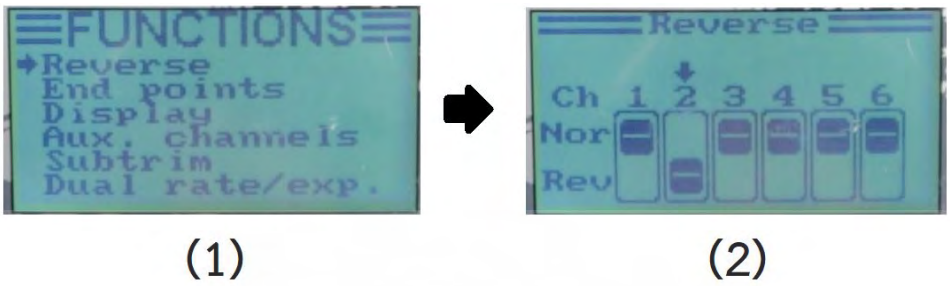
ภาพที่ ฌ.23 การปรับค่า End Point

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “End points” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม OK เพื่อเลือก Channel ที่ต้องการ (ให้โยกคันบังคับไปด้าน Min หรือ Max เพื่อที่จะเลือกด้านที่ต้องการปรับ)กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อปรับเปอร์เซ็นต์ โดยทุก Ch1- Ch10 จะปรับไปที่ 100% ทั้ง Min และ Max จากนั้นกดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่าจากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.14 เลือก “Aux. channels” เพื่อกำหนดสัญญาณออกจาก Receiver แบบปกติหรือแบบตรงกันข้ามกับปุ่มบังคับ



(1) (2)

ภาพที่ ฌ.24 การปรับค่า Normal/Reverse ของสัญญาณที่ออกจาก Receiver

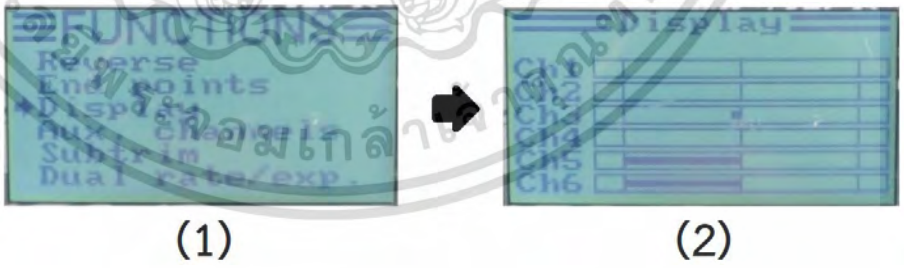
(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Reverse” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม OK เพื่อเลือก Channel ที่ต้องการ

กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก Normal/Reverse ให้ทำการตั้ง Ch2 : Rev ส่วน Ch1 และ Ch3 - Ch10: Nor

จากนั้นกดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่าจากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า (กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กด ค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

3.1.15 เลือก “Display” เพื่อแสดงสัญญาณที่จะถูกส่งออกไปที่ Receiver



(1) (2)

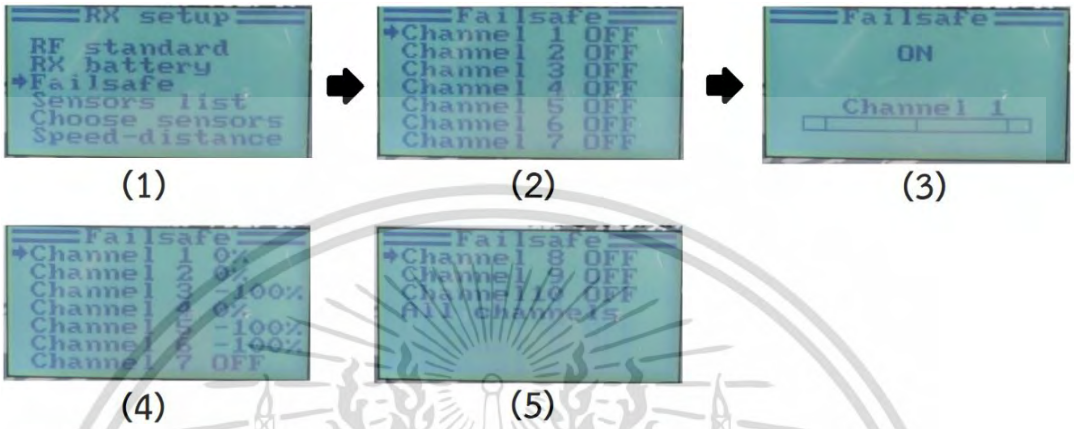
ภาพที่ ฌ.25 การแสดงผลการบังคับที่จะถูกส่งไปที่ Receiver

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Display” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อสลับดูช่องสัญญาณ Ch1-6 และ Ch7 – 10 สามารถกดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง เพื่อย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.16 การใช้ฟังก์ชัน Failsafe เพื่อความปลอดภัยเข้าไปที่ System setup ตามข้อ 2.1.3.3 จากนั้นเลือก “Rx setup” >> “Failsafe” เมื่อ Receiver ไม่ได้รับสัญญาณจาก รีโมทควบคุม หรือไม่มีคลื่นสัญญาณตัว Receiver จะทำการส่งสัญญาณออกไปตามที่ตั้งค่าไว้ใน Failsafe



ภาพที่ ฌ.26 การตั้งค่า Failsafe

(1) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก “Failsafe” จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(2) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก Channel ที่ต้องการตั้งค่า จากนั้นกดปุ่ม OK 1 ครั้ง

(3) กดปุ่ม UP หรือ DOWN เพื่อเลือก ON จากนั้นเลื่อนคันบังคับให้อยู่ตำแหน่งที่ต้องการเมื่อเกิด Failsafe จากนั้นให้กดปุ่ม CANCEL ค้างไว้ เพื่อทำการบันทึกค่า จากนั้นหน้าจอจะแสดงเมนูก่อนหน้า(กดปุ่ม CANCEL 1 ครั้ง คือ ย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า, กดค้างไว้ คือ บันทึกค่าและย้อนกลับไปเมนูก่อนหน้า)

(4) และ (5) ตั้งค่า

Channel 1 (Roll) : 0%, Channel 2 (Pitch) : 0%, Channel 4 (Yaw) : 0%

Channel 3 (Throttle) : -100%, Channel 5 (Arm/Disarm) : -100%,

Channel 6 (Mode) : -100%

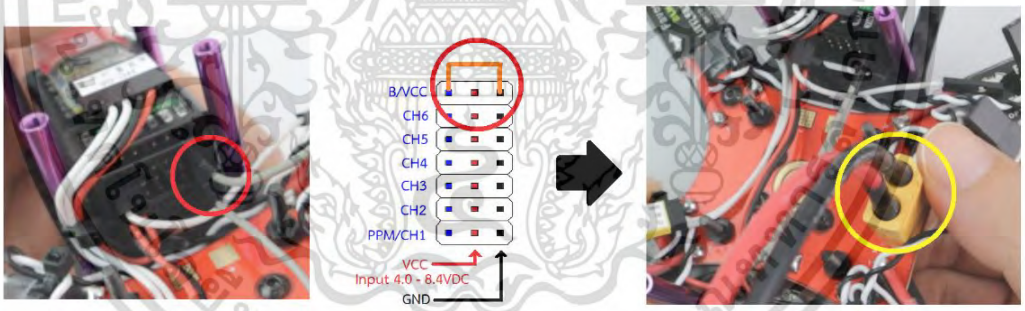
ช่องอื่นๆเลือกเป็น: OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.17 กดปุ่ม Bind Key ค้างไว้จากนั้นเปิดปุ่ม Power ของรีโมทควบคุมจากนั้นจะขึ้นข้อความ Rx Binding

ภาพที่ ฌ.27 การแสดงผลของหน้าจอเมื่อเข้าโหมด Rx Binding

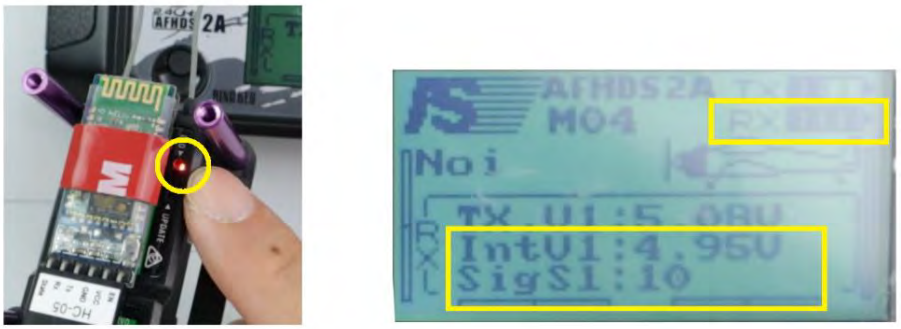
3.1.18 เนื่องจาก ESC ถูกต่อกับระบบไฟแล้วดังนั้นผู้อบรมห้ามต่อสายควบคุมของ ESC เข้า Flight Controller และใส่ใบพัดเพื่อความปลอดภัยของผู้ฝึกอบรม จากนั้นให้ผู้ฝึกอบรมเชื่อมขา GND กับขาสัญญาณบนช่อง B/VCC และ เสียบสายจาก Power supply จากนั้นกดเปิด Power supply



ภาพที่ ฌ.28 การเชื่อมขา GND กับขาสัญญาณบนช่อง B/VCC

3.1.19 ถ้าทำการจับคู่เสร็จสมบูรณ์ไฟ LED ที่ Receiver จะต้องติดค้างและที่หน้าจอของรีโมทควบคุมจะต้องแสดงรายละเอียดของ ตัว Receiver ถ้าไม่ได้ผลตามรูปด้านล้างให้ตรวจสอบสายไฟและเริ่มทำการจับคู่ใหม่อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฌ.29 การแสดงสถานะของการจับคู่ที่สมบูรณ์

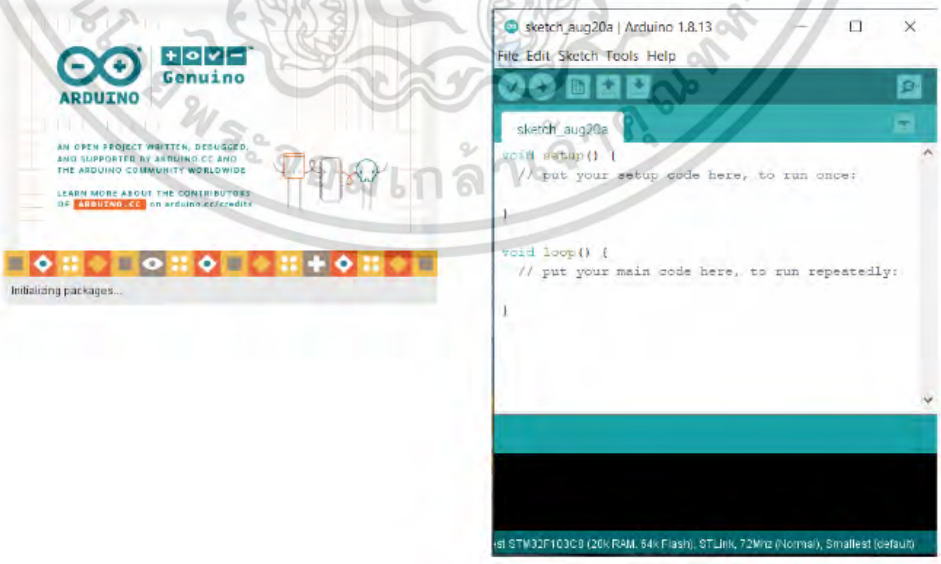
3.1.20 จากนั้นปิด Power supply สำหรับ Receiver และเมื่อไฟ LED ดับแล้วให้ถอดสายจั้มเปอร์ที่ช่องของ B/VCC

3.1.21 ปิดปุ่ม Power ของตัวรีโมทควบคุมไม่ต้องต่อสายจั๊มเปอร์ที่ B/VCC แล้วให้กดเปิด Power supply เพื่อจ่ายไฟให้กับตัวลำ และ เปิด Power ของรีโมทควบคุมผลที่ได้จะได้ตาม ภาพที่ ฌ.29 จะถือว่าจับคู่สมบูรณ์ ถ้าไม่ถูกต้องให้ตรวจสอบสายไฟและเริ่มทำการจับคู่ใหม่อีกครั้ง

3.2 เสียบปลั๊กไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ กับ เพาเวอร์ซัพพลาย 12 โวลต์เพื่อใช้ในการเลี้ยงเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ

3.3 ติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE เพื่อใช้สำหรับเขียนโปรแกรมเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

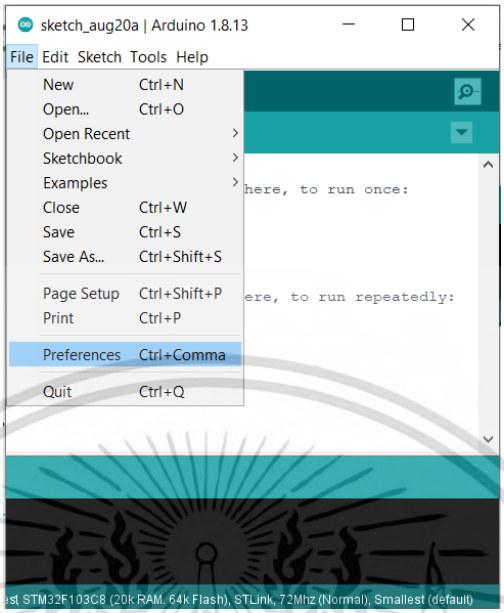
3.3.1 ดาวน์โหลดโปรแกรมตามลิงค์นี้ >> https://www.arduino.cc/en/Main/Software



ภาพที่ ฌ.30 ตัวอย่างของโปรแกรม Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

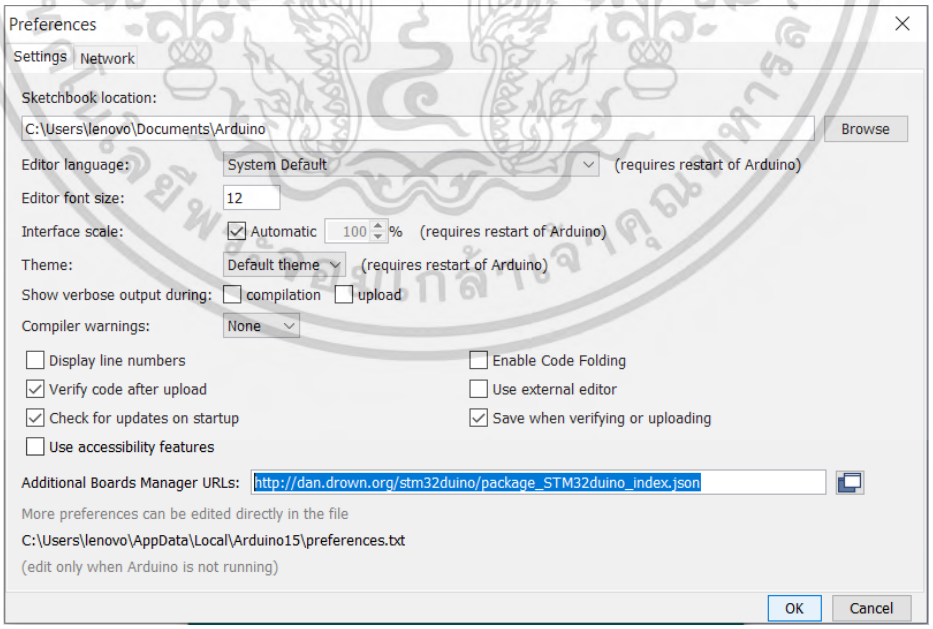
3.3.2 ลงไลบรารีสำหรับซีรีส์ STM32F1 โดยการไปที่แถบคำสั่ง File >> Preferences



ภาพที่ ฌ.31 แถบคำสั่ง File >> Preferences

3.3.3 คัดลอกลิงค์ข้างล่างใส่ในช่อง Additional Boards Manager URLs จากนั้นกดปุ่ม OK

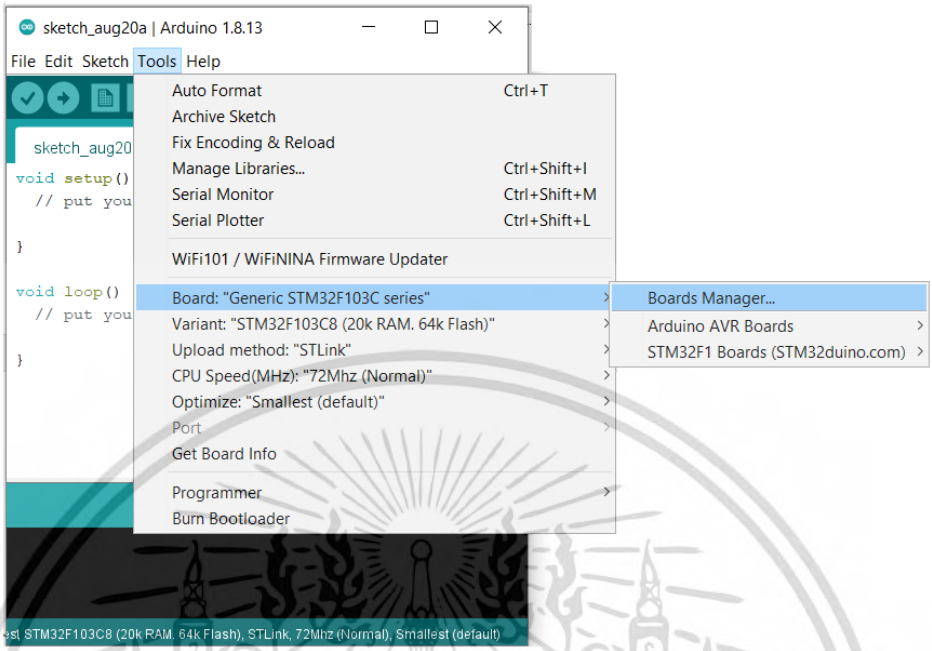
http://dan.drown.org/stm32duino/package_STM32duino_index.json



ภาพที่ ฌ.32 หน้าต่างของ Preferences

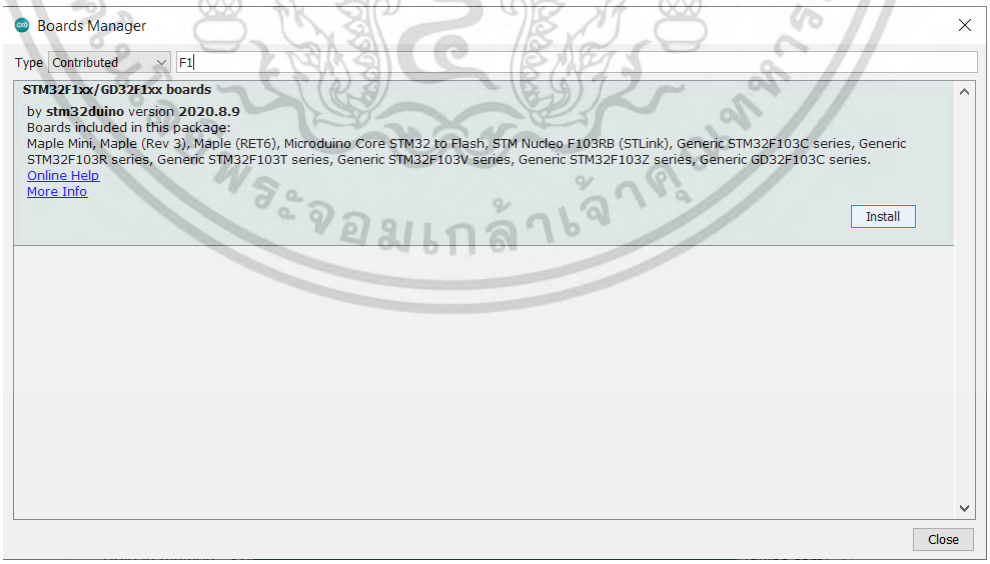
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 ไปที่แถบคำสั่ง Tools >> Board: >> Boards Manager...



ภาพที่ ฌ.33 แถบคำสั่งไปที่ Boards Manager...

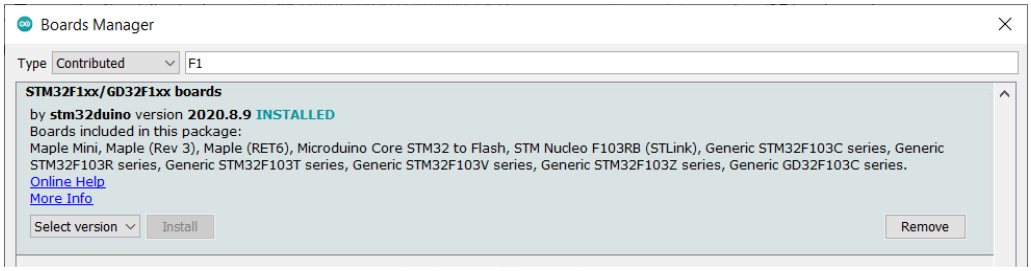
3.3.5 เลือก Type เป็น Contributed จากนั้นให้พิมพ์ “F1” ในช่องตัวกรองแล้วจะเห็นหัวข้อ STM32F1xx/GD32F1xx boards ให้ผู้เข้ารับการอบรมกดปุ่ม Install



ภาพที่ ฌ.34 หน้าต่างของ Boards Manager

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 รอจนกว่าจะติดตั้งเสร็จสิ้น เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วให้ออกจากโปรแกรม

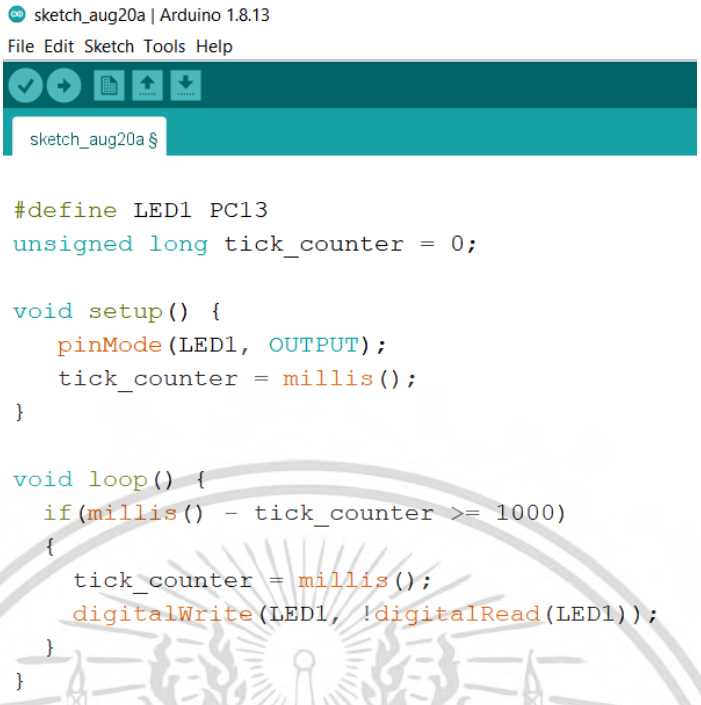


ภาพที่ ฌ.35 การติดตั้งไลบรารี STM32F1xx/GD32F1xx Boards เสร็จสิ้น

3.3.7 เปิด Arduino IDE ขึ้นมาจากนั้นคัดลอกโค้ดตัวอย่าง ไปลงที่ Arduino IDE

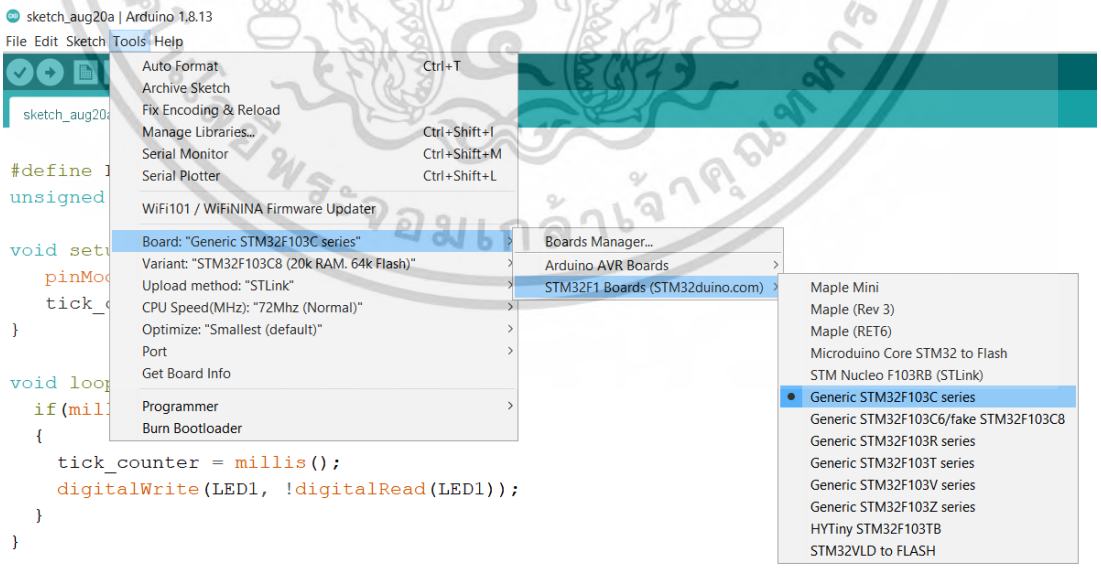
```
/*********************************************************/
#define LED1 PC13
unsigned long tick_counter = 0;

void setup() {
    pinMode(LED1, OUTPUT);
    tick_counter = millis();
}
void loop() {
    if(millis() - tick_counter >= 1000) {
        tick_counter = millis();
        digitalWrite(LED1, !digitalRead(LED1));
    }
}
/*********************************************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ฌ.36 วางโปรแกรมตัวอย่างลงไปที่ Arduino IDE

3.3.8 เลือก Board: Generic STM32F103C series โดยการไปที่แถบคำสั่ง Tools >> Board: >> STM32F1 Boards (STM32duino.com) >> Generic STM32F103C series



ภาพที่ ฌ.37 วิธีการเลือกบอร์ด Generic STM32F103C Series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

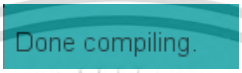
3.3.9 ตั้งค่าต่างๆโดยการไปที่แถบคำสั่ง

Tools >> Variant: “STM32F103C8 (20k RAM. 64k Flash)”

Tools >> Upload method: “STLink”

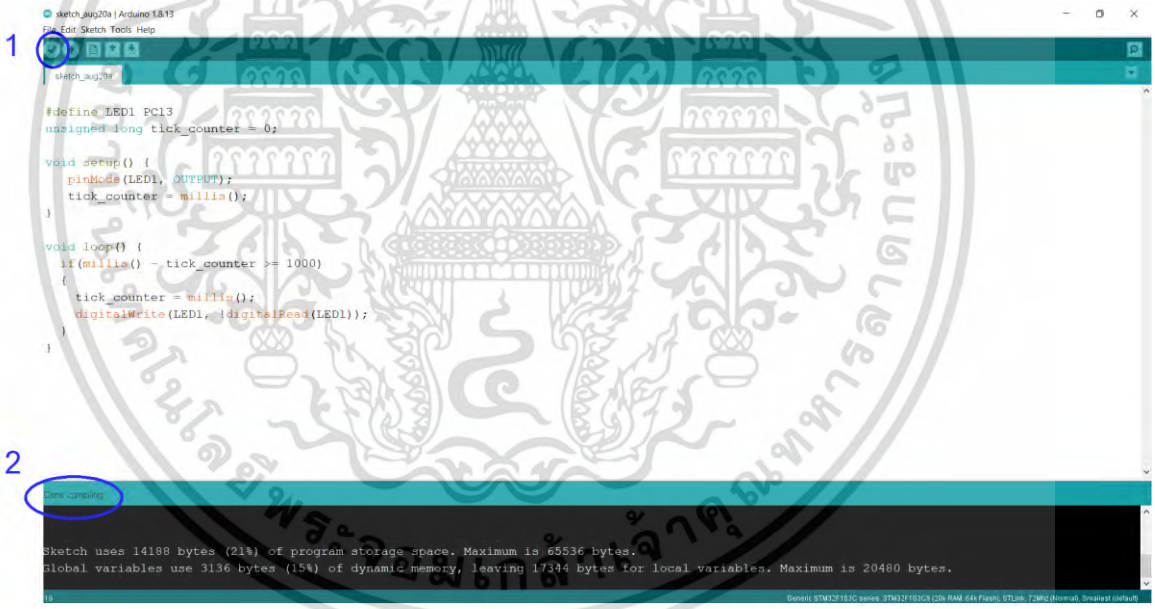
Tools >> CPU Speed(MHz): “72Mhz (Normal)”

Tools >> Optimize: “Smallest (default)”

3.3.10 กดปุ่ม (Verify) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของโค้ด โปรแกรมจะขึ้นให้มาให้ Save โปรแกรมก่อนจากนั้น ถ้าไม่มีความผิดปกติจะต้องมีข้อความ “Done compiling” 

ถ้ามีความผิดปกติจะมีข้อความ

ให้ผู้เข้ารับการอบรมแก้ไขให้เรียบร้อยและกดปุ่ม (Verify) อีกครั้ง



ภาพที่ ฌ.38 การ Verify ของ Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.11 ต่อ ST-LINK V2 เข้ากับบอร์ด Flight controller

* หมายเหตุ .ให้อ้างอิงชื่อขาบน ST-LINK V2 ที่กำลังใช้อยู่เนื่องจากบางแหล่งผลิตมาไม่เหมือนกัน

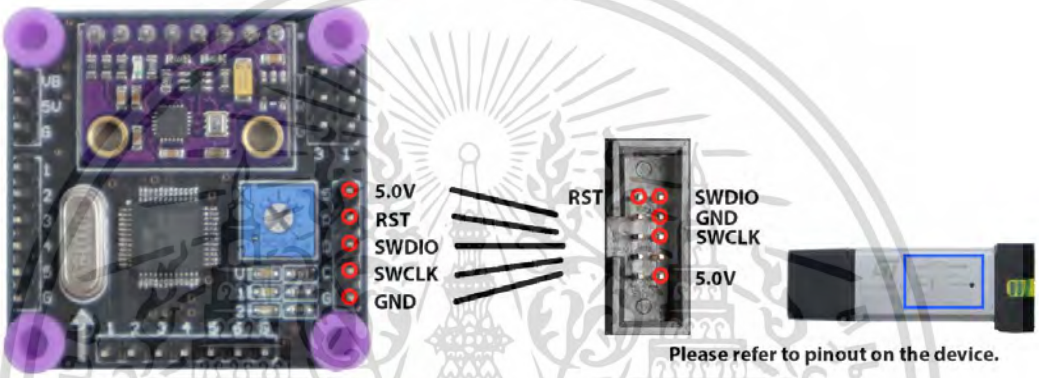
(FC) 5 <----------> 5.0V (ST-LINK)

(FC) R <----------> RST (ST-LINK)

(FC) D <----------> SWDIO (ST-LINK)

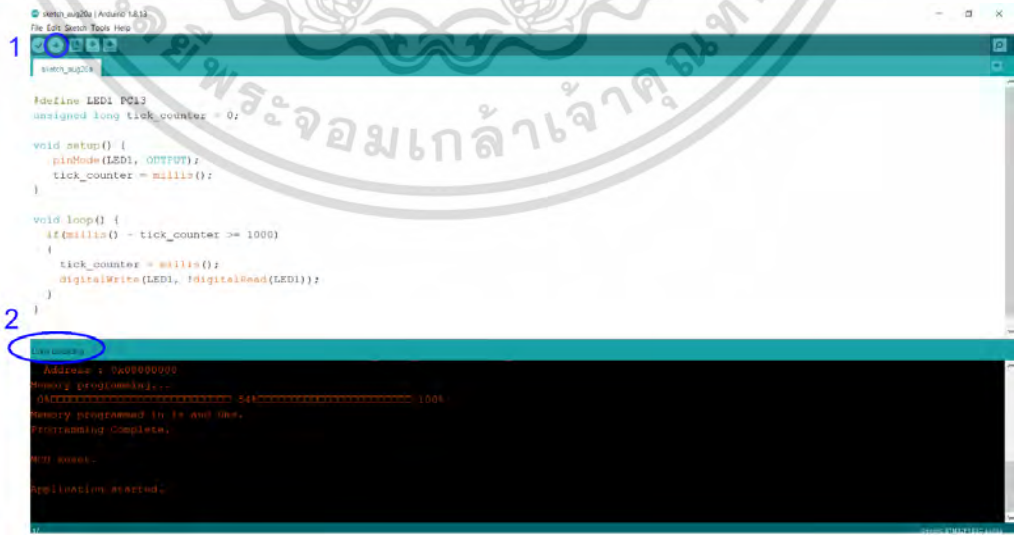
(FC) C <----------> SWCLK (ST-LINK)

(FC) G <----------> GND (ST-LINK)



ภาพที่ ฌ.39 การต่อ ST-LINK V2 เข้ากับบอร์ด Flight Controller

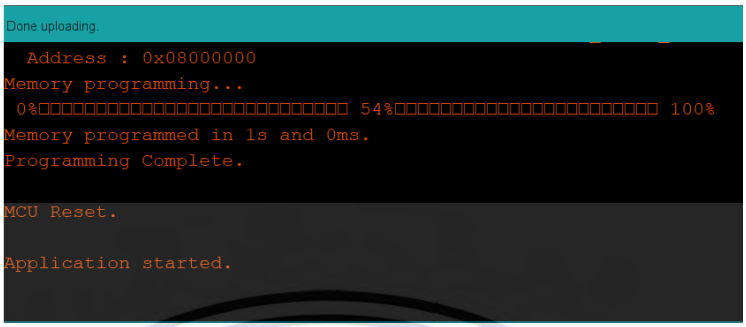
3.3.12 กดปุ่ม (Upload) เพื่ออัพโหลดโค้ดลงที่บอร์ด



ภาพที่ ฌ.40 การ Upload ของ Arduino IDE

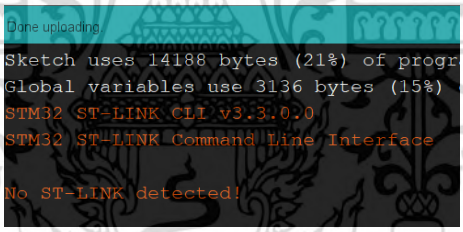
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.13 ถ้าไม่มีความผิดปกติจะต้องมีข้อความ “Done uploading” Done uploading. และ “Programming Complete.”



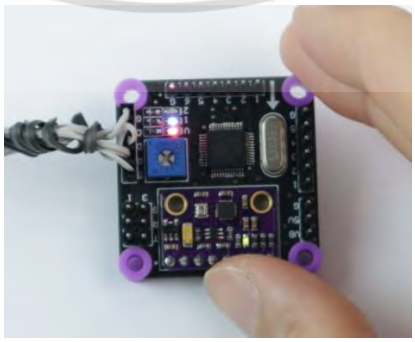
ภาพที่ ฌ.41 การอัพโหลดลงบอร์ด Flight controller เสร็จสมบูรณ์

3.3.14 ถ้ามีความผิดปกติจะมีข้อความ “Done uploading” Done uploading. และ “No ST-LINK detected!” ให้ผู้เข้ารับการอบรมตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขให้เรียบร้อยจากนั้นกดปุ่ม (Upload) อีกครั้ง



ภาพที่ ฌ.42 การอัพโหลดลงบอร์ด Flight controller ไม่พบ ST-LINK

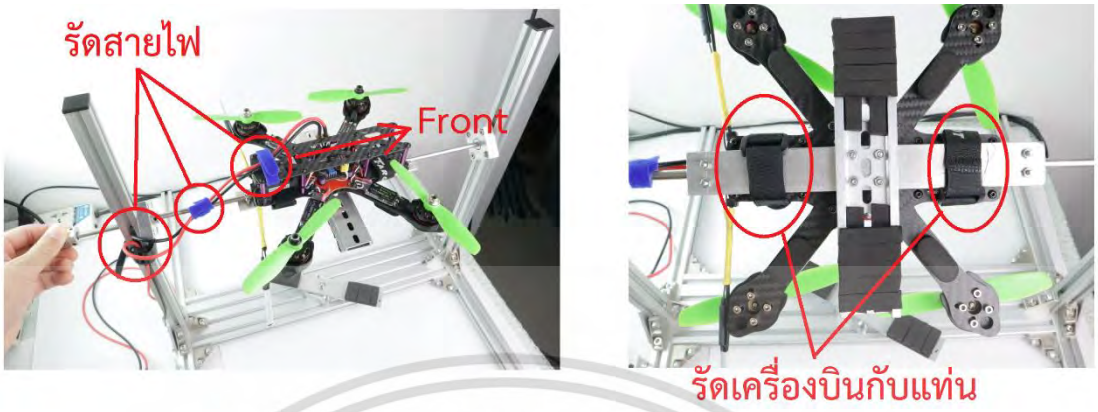
3.3.15 จะเห็นได้ว่าไฟสีน้ำเงินจะกระพริบโดย ติด 1 วินาที และดับ 1 วินาที



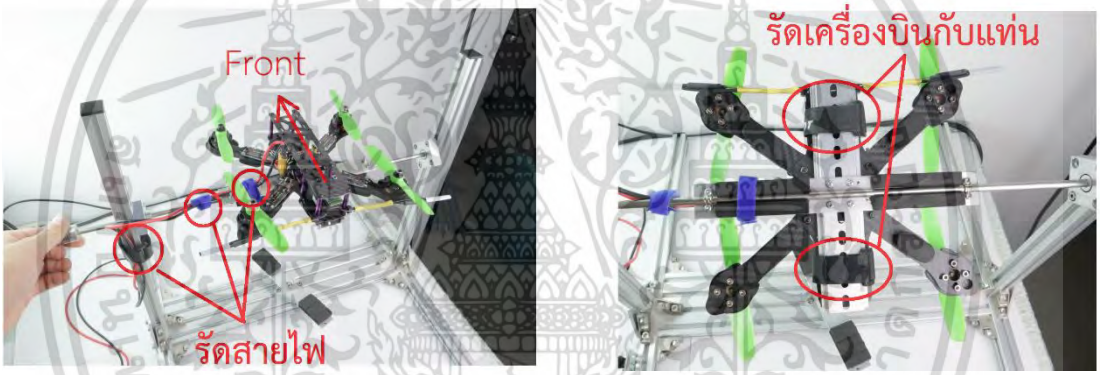
ภาพที่ ฌ.43 แสดงผลการทำงานของบอร์ดควบคุมการบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

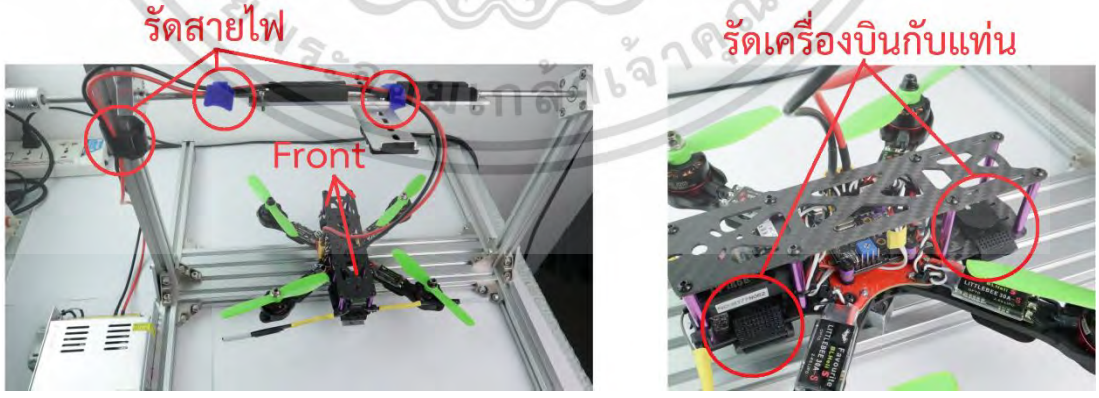
3.4 การปรับค่าพีไอดีต้องทำการปฏิบัติบนแท่นยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด



ภาพที่ ฌ.44 การยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในแนวแกน Roll



ภาพที่ ฌ.45 การยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในแนวแกน Pitch



ภาพที่ ฌ.46 การยึดเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดในแนวแกน Yaw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

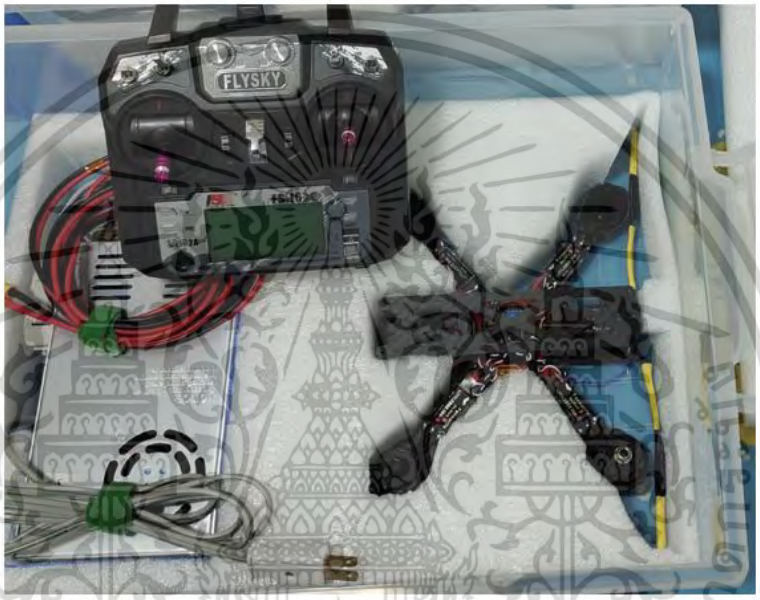
3.5 ก่อนบินต้องทำการชาร์จแบตเตอรี่ 3S 1500mAh ด้วยเครื่องชาร์จแบตเตอรี่ (IMAX B6AC) จากนั้นรัดแบตเตอรี่กับเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดให้แน่น

3.6 บินในพื้นที่โล่งและไม่มีคนพลุกพล่าน

4. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

4.1 การดูแลรักษา

1. จัดเก็บอุปกรณ์ต่างๆ ลงในกล่องให้เรียบร้อยอยู่เสมอหลังจากการใช้งาน



ภาพที่ ฌ.47 การเก็บเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัดลงในกล่อง

ภาพที่ ฌ.48 การเก็บชุดฝึกอบรมลงในกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ญ

ภาพการใช้งานชุดฝึกอบรมการเขียนโปรแกรม บอร์ดควบคุมการบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ญ.1 ใบงาน บอร์ดควบคุมการบินและอุปกรณ์

ภาพที่ ญ.2 การบรรยายภาคทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ญ.3 บรรยากาศการประกอบและเขียนโปรแกรม

ภาพที่ ญ.4 ผู้เข้ารับการอบรมปรับพารามิเตอร์พีไอดีแกน Roll

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ญ.5 ผู้เข้ารับการอบรมปรับพารามิเตอร์พีไอดีแกน Pitch

ภาพที่ ญ.6 ผู้เข้ารับการอบรมปรับพารามิเตอร์พีไอดีแกน Yaw

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ ญ.7 ผู้เข้ารับการอบรมทดลองบินเฮลิคอปเตอร์แบบสี่ใบพัด

ภาพที่ ญ.8 ถ่ายภาพรวมผู้เข้ารับการอบรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายเปี่ยมศักดิ์ นัยกุล
วัน-เดือน-ปี เกิด	วัน พุธ ที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2532
ภูมิลำเนา	จังหวัดยโสธร
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนยโสธรพิทยาคม
	ปีการศึกษา 2554 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ประวัติการทำงาน	วิศวกรวิจัยและพัฒนา ที่ บริษัท อิเล็คทรอนิกส์ บอร์ด เซอร์วิส จำกัด พ.ศ.2555-2556
	วิศวกรออกแบบ ที่ บริษัท เอวิเอ แซทคอม จำกัด พ.ศ.2556-2558
	วิศวกรทดสอบ ที่ บริษัท สตาร์ส ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) พ.ศ.2558-2560
	วิศวกรทดสอบ ที่ บริษัท ฟาบริเนท จำกัด พ.ศ.2560-ปัจจุบัน
ที่อยู่ปัจจุบัน	126 หมู่ที่ 8 ถนน อรุณประเสริฐ ตำบลตาดทอง อำเภอเมือง จังหวัดยโสธร 35000
E-mail	piamsak.ucd@gmail.com, 60603011@kmitl.ac.th
โทรศัพท์	081-6008573, 098-4479532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้