รหัสโครงการ [.....]

รายงานการวิจัย

อากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในงานขนส่งเวชภัณฑ์

VTOL UAV using machine learning in delivery application.

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย พัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์จาก
กองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ [.....]

รายงานการวิจัย

อากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในงานขนส่งเวชภัณฑ์

VTOL UAV using machine learning in delivery application.

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเดช ตัญตรัยรัตน์

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย พัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์จาก

กองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

ประจำปี พ.ศ. 2565

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

ธันวาคม 2566

กิตติกรรมประกาศ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย พัฒนานวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์จากกองทุนนวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประจำปี พ.ศ. 2565

บทคัดย่อ

การพัฒนาอากาศยานสำหรับการส่งของหรือเวชภัณฑ์ อาทิ ใช้ในงานที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ งานวิ่งเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน ซึ่งมีการจัดอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จังหวัดของประเทศไทย หรือการจัดงานในรูปแบบต่างๆ มีฝูงชนที่อาจเกิดอุบัติเหตุหรือสิ่งที่ไม่คาดคิดได้ทุกเวลา โดยอากาศยานไร้นักบินจะทำภารกิจในการส่งของหรือเวชภัณฑ์ที่จำเป็นในการปฐมพยาบาล โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การออกแบบและสร้างอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงแนวดิ่งสำหรับงานส่งของหรือเวชภัณฑ์ รวมไปถึงการพัฒนาระบบตรวจจับเป้าหมายเพื่อการส่งของหรือเวชภัณฑ์และการลงจอด และมีขอบเขตวิจัยดังนี้ 1.อากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่งโดยสามารถทำภารกิจบินในรัศมีไม่เกิน 5 km น้ำหนักบรรทุก ไม่ต่ำกว่า 0.5 กิโลกรัม 2. ระบบตรวจจับหาคนที่นอนอยู่กับพื้นหรือต้องการความช่วยเหลือและสัญญาลักษณ์ที่ต้องการความช่วยเหลือจากอากาศยานไร้นักบิน จากการดำเนินงานผลงานวิจัยได้ทดสอบเก็บข้อมูลการบินจากโดรนสำหรับการตรวจจับมนุษย์และพาหนะทางอากาศในความสูงต่างๆ ทำการทดสอบการตรวจจับมนุษย์ มอเตอร์ไซด์ และรถยนต์ แต่อย่างไรก็ตามในส่วนของการตรวจจับมนุษย์นั้นค่อนข้างทำได้ยากกว่า อีกสิ่งที่เป็นข้อจำกัดของโครงงานคือ ข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์ของชุดกล้องถ่ายภาพที่มีความละเอียดอยู่ที่ประมาณ 1280 x 720 pixels เท่านั้น ทำให้เมื่อบินสูงแม้ว่าโดรนจะมองเห็นครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า แต่ก็ทำให้มองเห็นวัตถุหรือมนุษย์ในขนาดที่เล็กลงมากผกผันกันไปด้วยยากต่อการตรวจจับและแยกแยะวัตถุ

คำสำคัญ : การเรียนรู้ของเครื่อง, อากาศยานขึ้นลงแนวดิ่ง, อากาศยานไร้คนขับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

The development of aircraft for delivering goods or medical supplies, for instance, for use in currently popular events such as health-oriented running activities, is ongoing. These events are consistently organized in every province of Thailand or in various formats where crowds gather, increasing the potential for accidents or unforeseen incidents at any time. The pilotless aircraft will undertake the mission of delivering essential goods or medical supplies required for immediate aid.

The objective of this research is to design and construct a vertical take-off and landing unmanned aerial vehicle dedicated to the delivery of goods or medical supplies. This includes the development of target detection systems for delivering goods or medical supplies and for landing. The research scope encompasses the following:

1. Creation of an unmanned aerial vehicle capable of vertical take-off and landing within a 5 km radius, carrying a payload of at least 0.5 kilograms.

2. Implementation of a system to detect individuals lying on the ground or requiring assistance, signaling the need for help to be provided by pilotless aircraft.

As a result of this research, we conducted tests involving the collection of flight data from drones to detect humans and other aerial vehicles at various altitudes. Testing involved the detection of humans, motorcycles, and cars. However, human detection proved more challenging. Another limitation of the project is the hardware constraints of the camera set, which has a resolution limited to 1280 x 720 pixels. This limitation means that at higher altitudes, the drone can cover a larger area but reduces the visibility of objects or humans, making them appear much smaller and consequently more challenging to detect and differentiate.

Keywords : Machine Learning, Vertical Take-Off, and Landing (VTOL), Unmanned Aerial Vehicle

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	3
บทคัดย่อภาษาไทย	4
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	5
สารบัญ	6
สารบัญภาพ	7
บทที่ 1 บทนำ	
ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย	8
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	8
ขอบเขตของการวิจัย	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
ระเบียบวิธีวิจัย	15
แผนการดำเนินงาน	16
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
ผลการวิจัย	17
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการวิจัย	28

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการออกแบบอากาศยานแบบแนวคิด 9
รูปที่ 2 แผนการดำเนินงานเพื่อสร้างระบบตรวจจับวัตถุด้วย AI 10
รูปที่ 3 หลักการทำงานของ YOLOv3 ซึ่งแบ่งเป็น 106 layers ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่สนใจ... 11
รูปที่ 4 ตัวอย่างภาพถ่ายมุมสูงของมนุษย์ในเวลากลางวันและมนุษย์ในเวลากลางคืน..... 11
รูปที่ 5 การทำ Annotation รูปของวัตถุที่สนใจในการตรวจจับ 12
รูปที่ 6 กระบวนการ Data Augmentation ด้วยโปรแกรม Supervisely 12
รูปที่ 7 กระบวนการ Trained and Validation ด้วยโปรแกรม Supervisely..... 13
รูปที่ 8 ผลของ Learning rate ต่อ Loss 14
รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างกราฟระหว่าง Loss และ Epoch เมื่อมีการลู่เข้าในการสร้างโมเดล..... 14
รูปที่ 10 การออกแบบ Security Drone ในขั้นตอน Conceptual Design..... 17
รูปที่ 11 ตัวอย่างการประมาณน้ำหนักของชิ้นส่วนอุปกรณ์..... 17
รูปที่ 12 ตัวอย่างการเลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับใบพัด..... 18
รูปที่ 13 ตัวอย่างการใช้เว็บ ecalc ในการหาสรรมถนะของโดรน..... 19
รูปที่ 14 การออกแบบ security drone ขั้นสุดท้าย..... 19
รูปที่ 15 การออกแบบ drone ขั้นสุดท้าย..... 19
รูปที่ 16 ตัวอย่างการทำรายการเพื่อสั่งซื้ออุปกรณ์..... 20
รูปที่ 17 ตัวอย่างการกัด CNC ของส่วนตรงกลางของโดรน..... 20
รูปที่ 18 ชิ้นส่วนที่กัด CNC เสร็จและแขนของโดรนที่ประกอบใบพัดเรียบร้อย..... 21
รูปที่ 19 ชิ้นส่วนที่พร้อมจะประกอบเข้ากับโดรน..... 21
รูปที่ 20 ประกอบชิ้นส่วนต่างๆของโดรน..... 21
รูปที่ 21 การทดสอบโดรน..... 22
รูปที่ 22 ตัวอย่างขั้นตอนการเสียบแบตเตอรี่ก่อนทำการบิน..... 23
รูปที่ 23 แสดงผลลัพธ์การทดสอบการหาขนาดความกว้างของมุมกล้อง..... 24
รูปที่ 24 โดรนที่ได้พัฒนามาทำการติดกล้อง optical zoom..... 24
รูปที่ 25 ผลการบินทดสอบ..... 25
รูปที่ 26 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ทำการบันทึกไว้..... 25
รูปที่ 27 การทดสอบการตรวจจับวัตถุด้วยปัญญาประดิษฐ์..... 26
รูปที่ 28 ตัวอย่างการตรวจจับมนุษย..... 26
รูปที่ 29 ตัวอย่างผลการตรวจจับมนุษย์ 27
รูปที่ 30 ตัวอย่างผลการทดสอบการบินติดตามมนุษย์..... 27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

เทคโนโลยีอากาศยานไร้นักบินถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในภารกิจต่างๆ อาทิ งานการสำรวจพื้นที่ งานบรรเทาสาธารณภัย งานพยากรณ์อากาศ เป็นต้น หนึ่งในรูปแบบอากาศยานไร้นักบินที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้ปฏิบัติใช้งานคือ อากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงแนวดิ่ง (Vertical Take-Off and Landing: VTOL) เนื่องจากข้อดีที่สามารถทำภารกิจขึ้นลงโดยไม่ต้องอาศัยทางวิ่งขึ้น-ลง (Runway) อีกทั้งยังสามารถทำภารกิจได้ต่อเนื่องยาวนานเหมือนกับเครื่องบินแบบปีกตรึง จึงสามารถทำภารกิจได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่และไกลได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะพัฒนาอากาศยานสำหรับการส่งของหรือเวชภัณฑ์ อาทิ ใช้ในงานที่กำลังได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ งานวิ่งเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน ซึ่งมีการจัดอย่างต่อเนื่องในทุกๆ จังหวัดของประเทศไทย หรือการจัดงานในรูปแบบต่างๆ มีฝูงชนที่อาจเกิดอุบัติเหตุหรือสิ่งที่ไม่คาดคิดได้ทุกเวลา โดยอากาศยานไร้นักบินจะทำภารกิจในการส่งของหรือเวชภัณฑ์ที่จำเป็นในการปฐมพยาบาลให้แก่ นักวิ่งมีปัญหาสุขภาพขณะทำการวิ่งได้อย่างทันถ่วงที นอกเหนือจากนั้นนักวิจัยยังมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้งานการตรวจจับคนที่ต้องการความช่วยเหลือด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ อาทิ คนที่กำลังนอนอยู่ที่ทุกคนวิ่ง หรือมองหาสัญญาลักษณ์เมื่อมีคนต้องการความช่วยเหลือ ให้อากาศยานสามารถบินเข้าไปในพื้นที่เพื่อส่งสิ่งของหรือเวชภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ออกแบบและสร้างอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงแนวดิ่งสำหรับงานส่งของหรือเวชภัณฑ์
2. พัฒนาระบบตรวจจับเป้าหมายเพื่อการส่งของหรือเวชภัณฑ์และการลงจอด

1.2 ขอบเขตของโครงการ

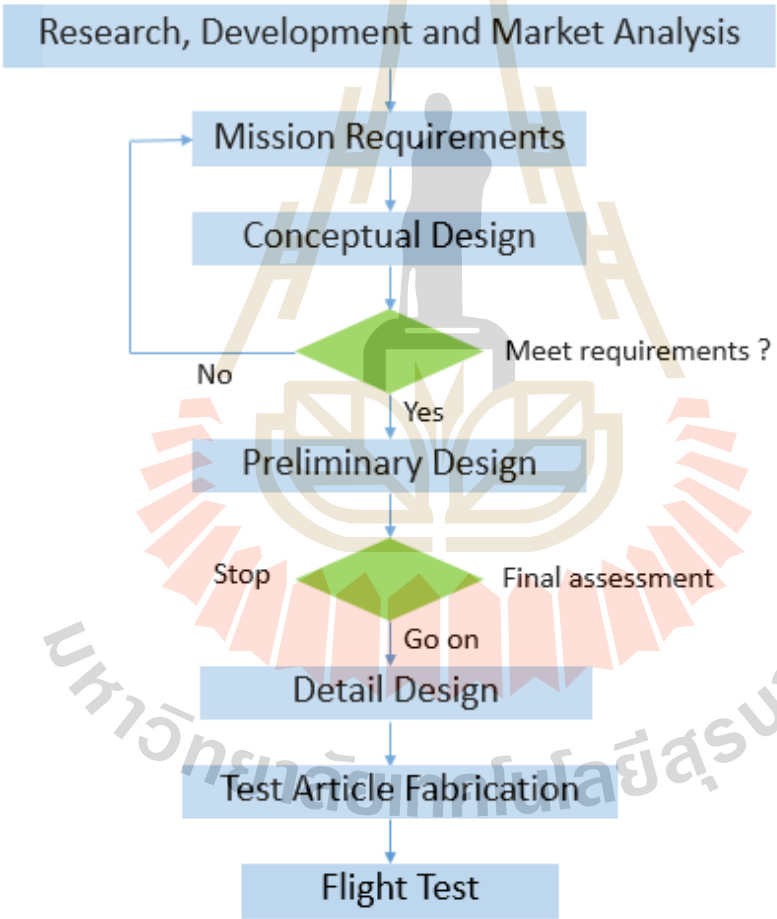
โครงการอากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่งสำหรับการประยุกต์ใช้การเรียนรู้ของเครื่องในงานขนส่งเวชภัณฑ์ มีขอบเขตวิจัยดังนี้

1. อากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่งโดยสามารถทำภารกิจบินในรัศมีไม่เกิน 5 km น้ำหนักบรรทุกไม่ต่ำกว่า 0.5 กิโลกรัม
2. ระบบตรวจจับหาคนที่นอนอยู่กับพื้นหรือต้องการความช่วยเหลือและสัญญาลักษณ์ที่ต้องการความช่วยเหลือจากอากาศยานไร้นักบิน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การแผนแบบและสร้างอากาศยานไร้นักบินแบบขึ้นลงแนวดิ่ง

การแผนแบบอากาศยาน ประกอบไปด้วยขั้นตอนหลายขั้นตอนโดยเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์ตลาด ความตั้งใจในการพัฒนาและวิจัยที่พร้อมกับเทคโนโลยี การกำหนดภารกิจในการบิน แล้วจึงเริ่มวางแผนอากาศยานเชิงแนวคิด (Conceptual Aircraft Design) ซึ่งจะมีการคำนวณเพื่อให้ได้สมรรถนะที่กำหนดตามความต้องการ ต่อมาจึงได้มีการแผนแบบอากาศยานเบื้องต้น โดยเริ่มมีการวิเคราะห์ละเอียดขึ้นในส่วนของอากาศพลศาสตร์ และโครงสร้างหลักของอากาศยาน โดยมีขั้นตอนสุดท้ายคือลงรายละเอียดขั้นสุดท้าย ตั้งแต่การกำหนดเลือกน๊อตหรือรีเวทที่เลือกใช้ การประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบิน กันอย่างไร แล้วจึงทำการบินทดสอบในรูปแบบต่างๆ



รูปที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมขั้นตอนการออกแบบอากาศยานแบบแนวคิด

โดยแนวทางในการแผนแบบอากาศยานแบบแนวความคิด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เป็นขั้นตอนในการกำหนดความต้องการในการนำไปใช้งานทางการเกษตรแบบแม่นยำให้ชัดเจนและภารกิจที่ต้องการนำไปใช้ (Requirements)

2. เป็นขั้นตอนในการประเมินน้ำหนักครั้งที่ 1 (First Weight Estimate)

3. เป็นขั้นตอนในการคำนวณช่วงค่าตัวแปรทางสมรรถนะที่สำคัญ อาทิเช่น W/S, T/W CLmax เป็นต้น (Critical Performance Parameters)

4. เป็นขั้นตอนในการวางรูปร่างลักษณะ และขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องบิน (Configuration Layout)

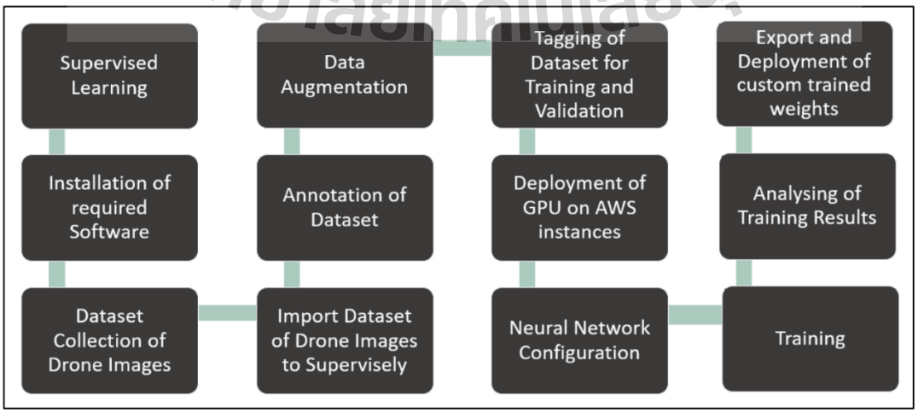
5. เป็นขั้นตอนที่นำข้อมูลที่ละเอียดขึ้นจากคำนวณขนาดของขิ้นส่วนต่างๆ และอุปกรณ์สิ่งของและลูกเรือทั้งหมดที่จะบรรทุกในอากาศยาน (Second Weight Estimate: Refined Weight Estimate)

6. เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องบิน (Performance Analysis)

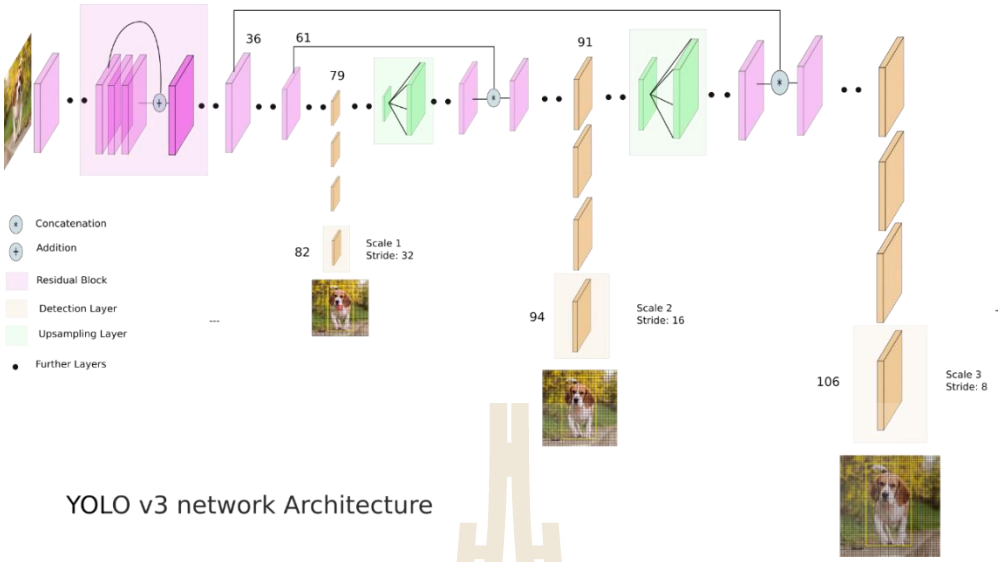
7. ขั้นตอนสุดท้าย คือ การหาค่าที่เหมาะสม (Optimization)

2.2 ระบบตรวจจับวัตถุหรือสิ่งที่สนใจด้วยปัญญาประดิษฐ์

การพัฒนาระบบตรวจจับวัตถุแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกคือกระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) ให้รู้จักกับมนุษย์และยานพาหนะผ่านทางภาพถ่ายมุมสูง โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบ Supervised learning ที่ผู้พัฒนาต้องกำหนด input และ output ที่แน่นอน โดยผลลัพธ์ที่ต้องการจากกระบวนการนี้คือ custom trained weights จากนั้นจะนำ weights นี้ไปใส่ในส่วนที่สองคือ YOLOv3 ซึ่งคือชุดซอฟแวร์ที่ใช้ประมวลภาพเพื่อตรวจจับวัตถุ สามารถตรวจจับได้มากกว่า 80 รูปแบบด้วย COCO-Pretrained weight โดยอาศัยหลักการของ Convolutional Neural Network (CNN) อย่างไรก็ตาม ภาพมุมสูงจาก UAV ไม่สามารถตรวจจับด้วย YOLOv3 ได้อย่างแม่นยำ หากใช้ weight จาก COCO-Pretrained weight ในโครงการนี้จึงต้องสร้าง weight ขึ้นมาเอง



รูปที่ 2 แผนการดำเนินงานเพื่อสร้างระบบตรวจจับวัตถุด้วย AI



รูปที่ 3 หลักการทำงานของ YOLOv3 ซึ่งแบ่งเป็น 106 layers ใช้ในการตรวจจับวัตถุที่สนใจ

กระบวนการ Machine Learning แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนต่อไปนี้

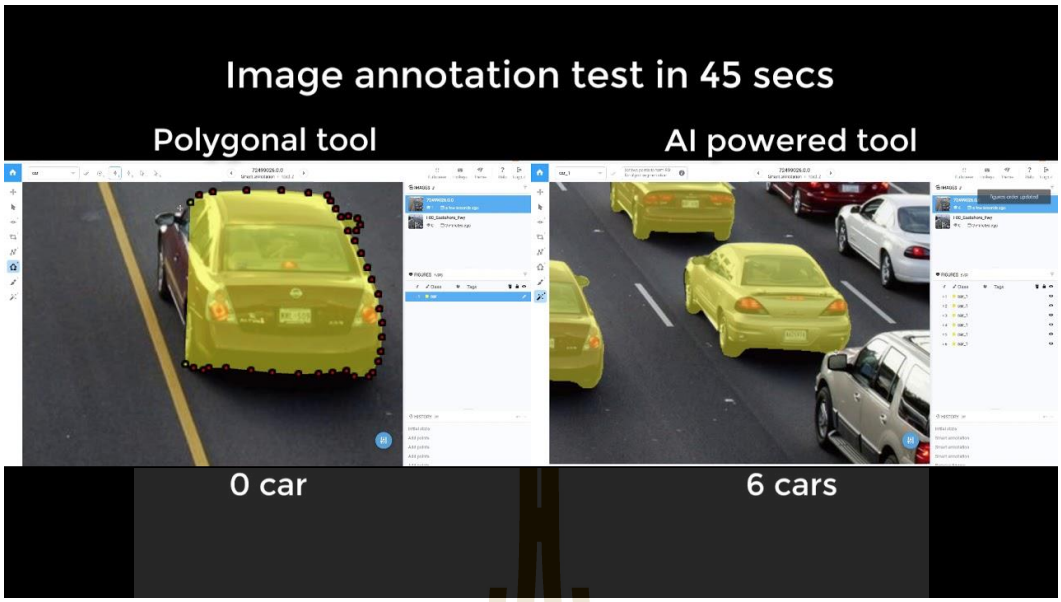
1. รวบรวมข้อมูลภาพถ่าย (Collection of Dataset)

ในกระบวนการนี้จะทำการรวบรวมภาพถ่ายมุมสูงจากอินเตอร์เน็ตรวมถึงการถ่ายภาพด้วย UAV ให้มากที่สุด โดยมีการปรับเปลี่ยนมุมมองและความสูงรวมถึงความเข้มของแสงอีกด้วย โดยต้องมีภาพถ่ายของวัตถุที่สนใจไม่น้อยกว่า 500 ภาพ ใช้การบันทึกวิดีโอ จากนั้นภาพจะถูกดึงออกมาจากแต่ละเฟรมของวิดีโออย่างอัตโนมัติตามโปรแกรมที่ตั้งค่าไว้ ทำให้มีความรวดเร็วในการรวบรวมข้อมูล

รูปที่ 4 ตัวอย่างภาพถ่ายมุมสูงของมนุษย์ในเวลากลางวันและมนุษย์ในเวลากลางคืน

2. Annotation ด้วยซอฟแวร์ Supervisely

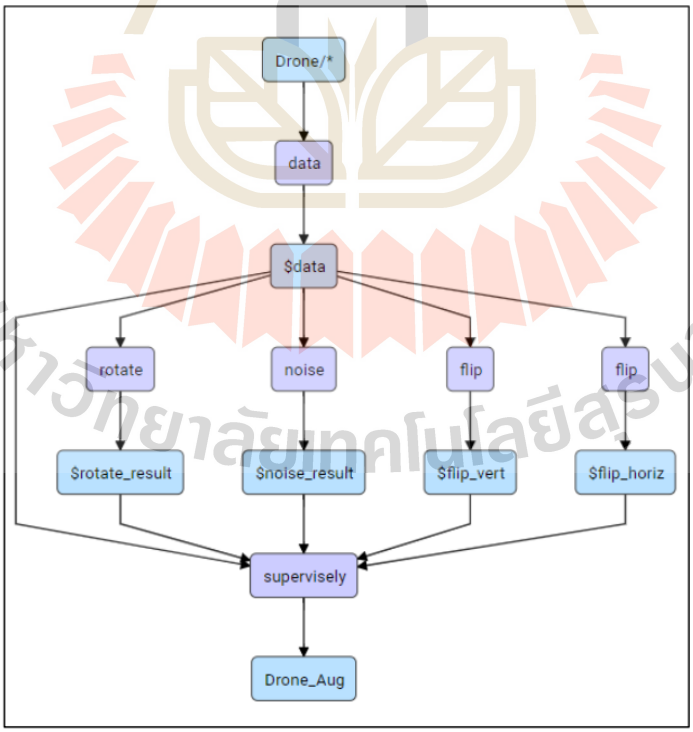
การทำ Annotation คือกระบวนการบอก Machine ว่าส่วนใดของภาพเป็นสิ่งที่ต้องสนใจ ตัวอย่างภาพที่ 5 คือการล้อมกรอบวัตถุที่สนใจ โดยกระบวนการนี้สามารถทำได้ด้วยซอฟแวร์ Supervisely



รูปที่ 5 การทำ Annotation รูปของวัตถุที่สนใจในการตรวจจับ

3. *Data Augmentation ด้วยซอฟแวร์ Supervisely*

Data Augmentation คือกระบวนการเพิ่มปริมาณของ Dataset ให้มากขึ้นด้วยการปรับมุมของภาพข้อมูลที่มีอยู่ อาทิ vertical flip, horizontal flip และ noise เพื่อป้องกันการเกิด Overfitting ของกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งทำให้ Invariance ของการตรวจจับมากขึ้น สามารถทำกระบวนการนี้ได้โดยใช้ Data Transformation Language (DTL) ในซอฟแวร์ Supervisely แสดงกระบวนการทำงานได้ดังรูปที่ 7



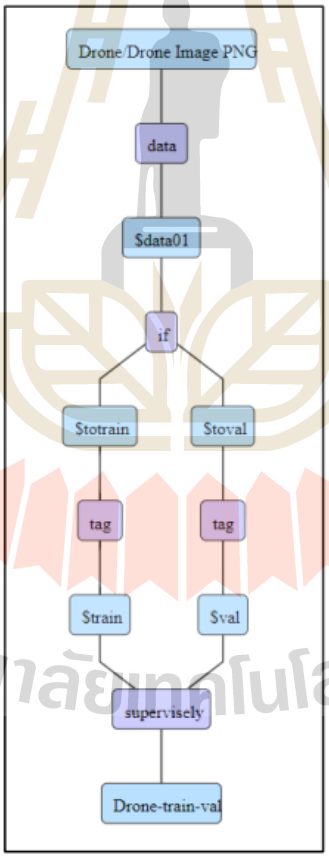
รูปที่ 6 กระบวนการ Data Augmentation ด้วยโปรแกรม Supervisely

4. Trained and Validation of Dataset

กระบวนการ Trained and Validation of Dataset เป็นการทดสอบโมเดลเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีการเกิด overfitting ด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนตามกฎ 80/20 ของ Pareto [1] โดย 80% ใช้ในการเรียนรู้ (train) และอีก 20% ใช้ในการทดสอบ (validation) แสดงกระบวนการทำงานได้ดังรูปที่ 8

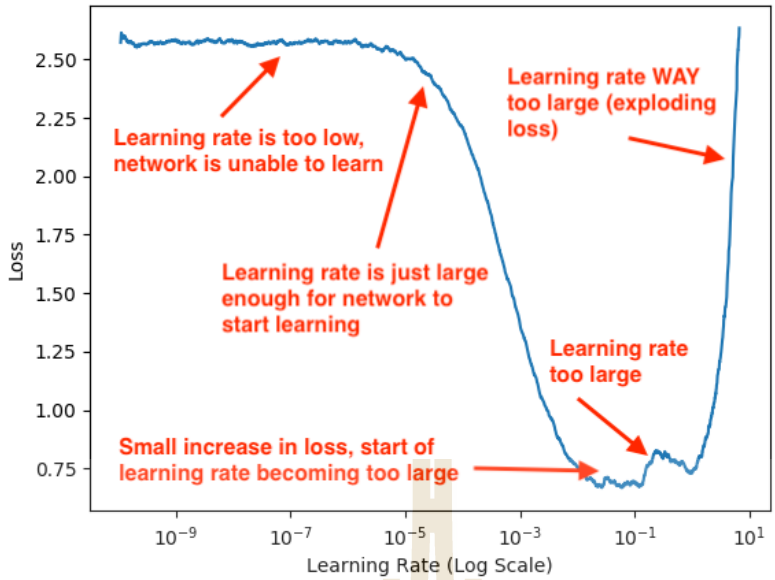
การเรียนรู้อาศัยหลักการของ stochastic gradient descent algorithm โดยพารามิเตอร์สำคัญ (Hyperparameter) ที่ต้องปรับคือ learning rate ส่งผลต่อการลู่เข้าของโมเดลซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 หากค่านี้น้อยเกินไปจะใช้เวลานานมากและไม่สำเร็จ หากค่านี้มากเกินไปจะเรียนรู้ได้เร็วขึ้นแต่จะมี average loss มากตามไปด้วย ส่งผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับวัตถุ พารามิเตอร์สำคัญที่ต้องปรับเพิ่มอีกคือ epoch ส่งผลต่อการเกิด overfitting และ underfitting แสดงได้ดังรูปที่ 9 และ 10

ในโครงการนี้จะใช้หลักการ Transferring knowledge ซึ่งเป็นการ train เลเยอร์ (Layer) ท้ายของ Convolutional Neural Network ใน YOLOv3 ให้รู้จักกับมนุษย์และยานพาหนะแบบภาพมุมสูง เพื่อให้สามารถสร้างโมเดลได้จริง ไม่ใช้เวลาและฐานข้อมูลที่มากเกินไป

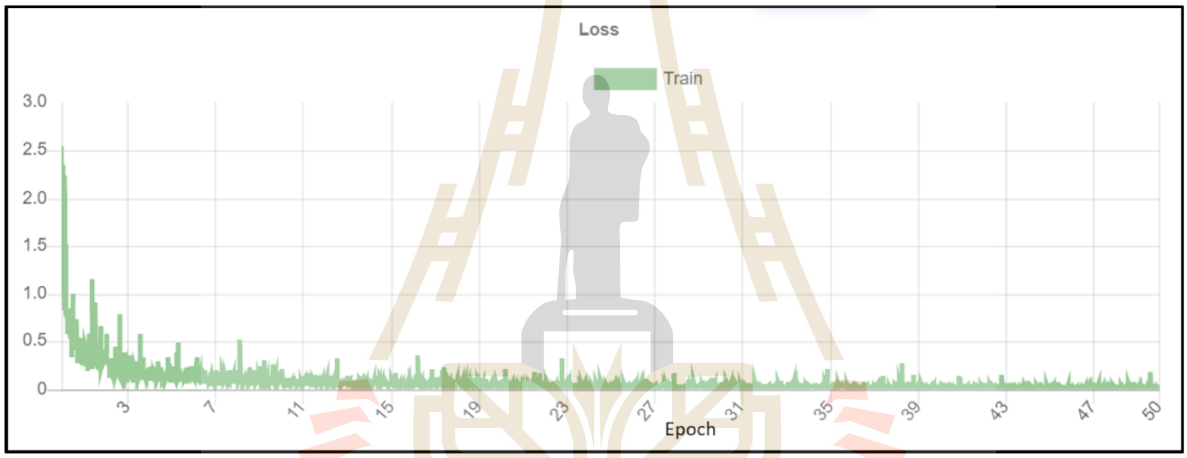


รูปที่ 7 กระบวนการ Trained and Validation ด้วยโปรแกรม Supervisely

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 8 ผลของ Learning rate ต่อ Loss



รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างกราฟระหว่าง Loss และ Epoch เมื่อมีการลู่เข้าในการสร้างโมเดล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาและออกแบบอากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่ง
2. เก็บข้อมูลวิดีโอคลิปเพื่อใช้ในการจัดเตรียม datasets ก่อนการทำ Training
3. วิเคราะห์อากาศพลศาสตร์ โครงสร้าง เสถียรภาพ ด้วยคอมพิวเตอร์
4. นำ datasets ที่จัดเตรียมไว้มาทำ training โมเดล และทดสอบความแม่นยำของโมเดล
5. สร้างอากาศยานตามที่ออกแบบและวิเคราะห์และทดสอบใช้งาน
6. นำโมเดลของการเรียนรู้ของเครื่องที่ Training เสร็จแล้วมาทำสอบใช้งานจริงกับอากาศยาน
7. ทดสอบการนำไปใช้ตามภารกิจที่ออกแบบ
8. วิเคราะห์ผล ปรับปรุงแก้ไขให้ประสิทธิภาพสูงสุด ใช้งานง่าย ราคาถูก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

กิจกรรม/ขั้นตอนการดำเนินการ	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.ศึกษาและออกแบบอากาศยานไร้นักบินขึ้นลงแนวดิ่ง	X	X	X									
2.การจัดเตรียม datasets ก่อนการทำ Training	X	X	X									
3.นำ datasets ที่จัดเตรียมไว้มาทำ training โมเดล และทดสอบความแม่นยำของโมเดล			X	X	X							
4.สร้างอากาศยานตามที่ออกแบบและวิเคราะห์และทดสอบใช้งาน						X	X	X				
5. นำโมเดลของการเรียนรู้ของเครื่องที่ Training เสร็จแล้วมาทำสอบใช้งานจริงกับอากาศยาน								X	X			
6.ทดสอบการนำไปใช้ตามภารกิจที่ออกแบบ											X	X

X แผนการดำเนินงาน การดำเนินการจริง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ช่วง 6 เดือนแรก

ผลการการออกแบบตัวโดรนจะใช้โปรแกรม Solidwork ในการออกแบบเป็นหลัก ซึ่งจะได้ผลการออกแบบในขั้นตอน Conceptual design เป็นดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 10 การออกแบบ Security Drone ในขั้นตอน Conceptual Design

หลังจากที่ทำการออกแบบโดรนในขั้นตอน Conceptual design หลังจากนั้นได้ทำรายการสิ่งของที่จะต้องใช้แบบคร่าวๆ เพื่อประมาณน้ำหนักของตัวโดรน เช่น การเลือกใช้มอเตอร์, วัสดุที่ใช้สร้างโดรน เป็นต้น การประมาณน้ำหนักของโดยเกิดจาก การชั่งน้ำหนักของอุปกรณ์ที่มีอยู่จริง และประมาณจาก specification ของอุปกรณ์ที่จะเลือกซื้อในอินเทอร์เน็ต ซึ่งน้ำหนักที่ประมาณได้อยู่ประมาณ 7.2 กิโลกรัม

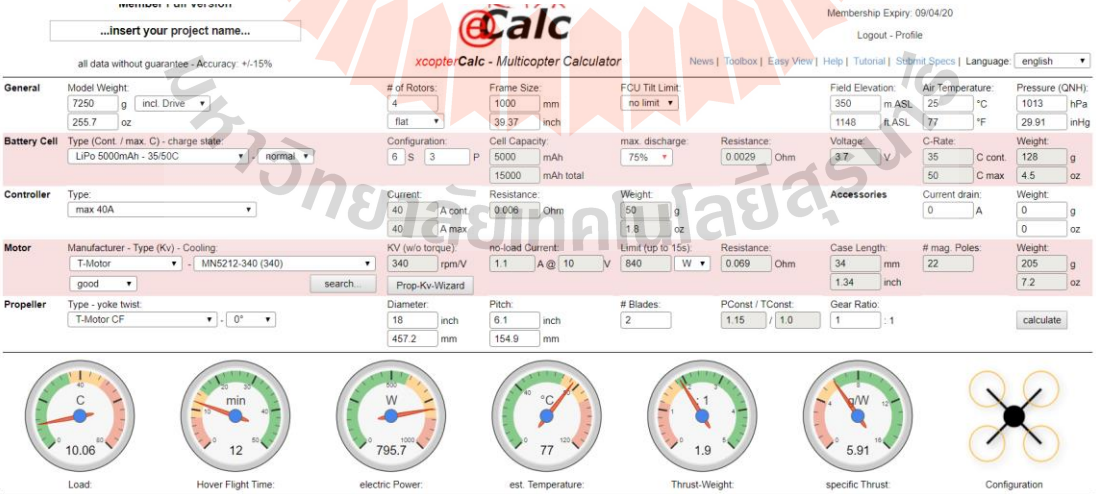
	A	B	C	D	E	F
1	Equipment	Weight per Unit(kg)	Quantity	Total Weight(kg)	หมายเหตุ	Reference อ้างอิงน้ำหนัก
2	C Clamp	0.02	10	0.2	C clamp จะทางขั้น 1 ตัว ขั้นที่ 2 ยึด ตัว และ แขน มีก 2 ตัวและขา	https://www.arrishobby.com/tarot-25mm-aluminum-alloy-cnc-clamp-metal-tl80b08-p-1525
3	Set combo landing gear	0.2	1	0.2	**ประมาณเอง	-
4	Carbon Tube	0.05	4	0.2	แขนโดรน มี 4 แขน	**ชั่งน้ำหนักจริง
5	G10	1.04	1	1.04	ฐานรองทั้ง 4 ฐาน	** มีแผ่น G10 ขนาด 0.6*0.5*0.0025 m^3 ใช้ชั่งน้ำหนักได้ 1.560 kg จะได้ Density ของ G10 คือ 2080 kg/m^3 เราใช้ G10 ขนาด 0.5*0.5*0.002 m^3 ดังนั้นจะได้น้ำหนัก เท่ากับ 1.04 kg
6	Motor Mount					

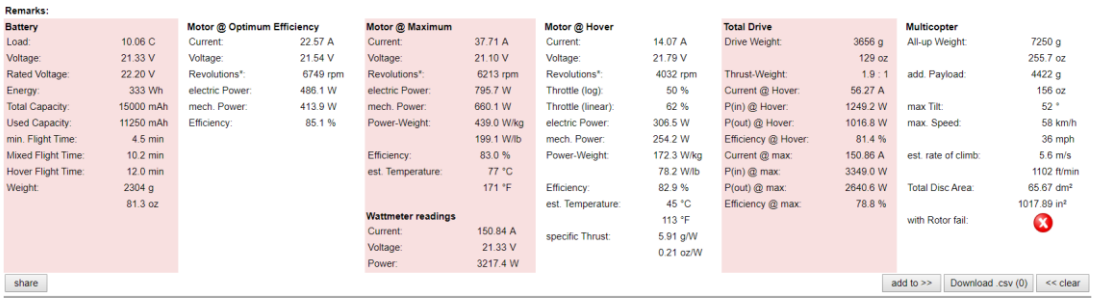
รูปที่ 11 ตัวอย่างการประมาณน้ำหนักของชิ้นส่วนอุปกรณ์

Item No.	Volts (V)	Prop	Throttle	Amps (A)	Watts (W)	Thrust (G)	RPM	Efficiency (G/W)	Torque (N*m)	Operating temperature (℃)
MN5212 KV340	24	T-MOTOR 15*5CF	50%	5.4	129.6	1149	4555	8.87	0.203	26
			55%	6.1	146.4	1266	4776	8.65	0.222	
			60%	6.7	160.8	1373	4961	8.54	0.241	
			65%	7.9	189.6	1572	5278	8.29	0.277	
			75%	10.8	259.2	2000	5889	7.72	0.349	
			85%	14.5	348	2453	6595	7.05	0.436	
			100%	18.1	434.4	2871	7077	6.61	0.518	
		T-MOTOR 16*5.4CF	50%	5.9	141.6	1338	4198	9.45	0.263	31
			55%	6.9	165.6	1515	4452	9.15	0.291	
			60%	8.4	201.6	1779	4832	8.82	0.344	
			65%	9.9	237.6	1981	5106	8.34	0.383	
			75%	13.8	331.2	2500	5735	7.55	0.484	
			85%	18.6	446.4	3096	6343	6.94	0.595	
			100%	23	552	3590	6806	6.50	0.685	
		T-MOTOR 17*5.8CF	50%	6.4	153.6	1420	3944	9.24	0.294	36
			55%	8.1	194.4	1703	4310	8.76	0.354	
			60%	10.1	242.4	1997	4660	8.24	0.410	
			65%	12.2	292.8	2287	4971	7.81	0.473	
			75%	16.9	405.6	2890	5561	7.13	0.592	
			85%	22.8	547.2	3542	6144	6.47	0.725	
			100%	28.3	679.2	4078	6549	6.00	0.851	
		T-MOTOR 18*6.1CF	50%	7.7	184.8	1710	3870	9.25	0.363	45
			55%	9.6	230.4	1995	4181	8.66	0.426	
			60%	12.1	290.4	2358	4513	8.12	0.504	
			65%	14.6	350.4	2695	4809	7.69	0.573	
			75%	20	480	3348	5344	6.98	0.705	
			85%	27.5	660	4130	5922	6.26	0.878	
			100%	33.4	801.6	4700	6297	5.86	1.002	
		T-MOTOR 20*8BW	50%	9.1	218.4	1943	3752	8.90	0.448	HOT
			55%	11.3	271.2	2252	4057	8.30	0.515	
			60%	13.9	333.6	2580	4372	7.73	0.600	
			65%	17.1	410.4	3019	4649	7.36	0.691	
			75%	23.7	568.8	3760	5140	6.61	0.860	
			85%	32.2	772.8	4600	5650	5.95	1.042	
			100%	39.4	945.6	5150	5951	5.45	1.195	
Notes:The test condition of temperature is motor surface temperature in 100% throttle while the motor run 10 min.										

รูปที่ 12 ตัวอย่างการเลือกใช้มอเตอร์ให้เหมาะสมกับใบพัด

เมื่อทำการประมาณน้ำหนักและกำลังของมอเตอร์เสร็จแล้ว ต่อไปก็ทำการคำนวณสมรรถนะของโดรนโดยใช้โปรแกรม ecalc





Remarks:

Battery		Motor @ Optimum Efficiency		Motor @ Maximum		Motor @ Hover		Total Drive		Multicopter	
Load:	10.06 C	Current:	22.57 A	Current:	37.71 A	Current:	14.07 A	Drive Weight:	3656 g	All-up Weight:	7250 g
Voltage:	21.33 V	Voltage:	21.54 V	Voltage:	21.10 V	Voltage:	21.79 V		129 oz		255.7 oz
Rated Voltage:	22.20 V	Revolutions*:	6749 rpm	Revolutions*:	6213 rpm	Revolutions*:	4032 rpm	Thrust-Weight:	1.9 : 1	add. Payload:	4422 g
Energy:	333 Wh	electric Power:	486.1 W	electric Power:	795.7 W	Throttle (log):	50 %	Current @ Hover:	56.27 A		156 oz
Total Capacity:	15000 mAh	mech. Power:	413.9 W	mech. Power:	660.1 W	Throttle (linear):	62 %	P(in) @ Hover:	1249.2 W	max Tilt:	52 °
Used Capacity:	11250 mAh	Efficiency:	85.1 %	Power-Weight:	439.0 W/kg	electric Power:	306.5 W	P(out) @ Hover:	1016.8 W	max. Speed:	58 km/h
min. Flight Time:	4.5 min				199.1 W/lb	mech. Power:	254.2 W	Efficiency @ Hover:	81.4 %		36 mph
Mixed Flight Time:	10.2 min			Efficiency:	83.0 %	Power-Weight:	172.3 W/kg	Current @ max:	150.86 A	est. rate of climb:	5.6 m/s
Hover Flight Time:	12.0 min			est. Temperature:	77 °C		78.2 W/lb	P(in) @ max:	3349.0 W		1102 ft/min
Weight:	2304 g				171 °F	Efficiency:	82.9 %	P(out) @ max:	2640.6 W	Total Disc Area:	65.67 dm²
	81.3 oz			Wattmeter readings		est. Temperature:	45 °C	Efficiency @ max:	78.8 %		1017.89 in²
				Current:	150.84 A		113 °F			with Rotor fail:	
				Voltage:	21.33 V	specific Thrust:	5.91 g/W				
				Power:	3217.4 W		0.21 oz/W				

share | add to >> | Download .csv (0) | << clear

รูปที่ 13 ตัวอย่างการใช้เว็บ ecalc ในการหาสรรมถนะของโดรน

เมื่อคำนวณสรรมถะเสร็จแล้วจากนั้นก็ลง Detail design และได้มีการปรับแก้แบบโดรนตามคำแนะนำความพนักงานที่ปรึกษา จนได้แบบสุดท้ายเป็นดังรูปต่อไปนี้

รูปที่ 14 การออกแบบ security drone ขั้นสุดท้าย

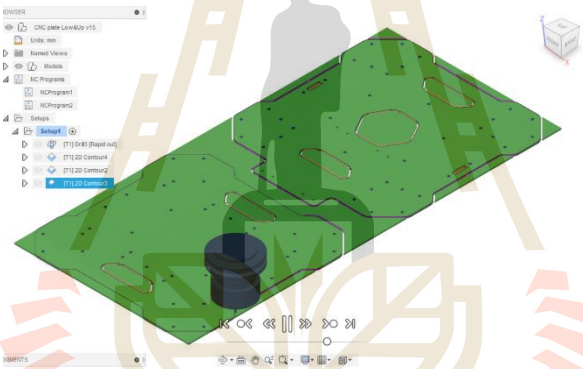
รูปที่ 15 การออกแบบ drone ขั้นสุดท้าย

เมื่อทำการออกแบบเสร็จแล้วจากนั้นก็ทำการสั่งซื้ออุปกรณ์ต่างๆที่ต้องใช้ในการสร้างและประกอบโดรน

ลำดับที่	รายการ	ราคา/หน่วย	จำนวน	ราคารวม	แหล่งที่ซื้อ	รูปภาพ	หมายเหตุ
1	Flat Panel Antenna	390.0	2.0	780.0	https://bit.ly/2RnAuY2		
2	TBS TRIUMPH SMA (2PCS) ตัวผู้ SKU-00253	1,650.0	1.0	1,650.0	https://bit.ly/2rGWJSD		
3	TBS UNIFY PRO 5G8 HV (SMA) ตัวเมีย	1,750.0	1.0	1,750.0	https://bit.ly/33PUXqM		FPVOnly LINE id : @fpvonly
4	Foxeer Cat Super Starlight FPV Camera (White)	1,550.0	1.0	1,550.0	https://bit.ly/2rTga66		
5	FuriousFPV True-D V3.6 5.8G 40CH Diversity R	6,650.0	1.0	6,650.0	https://www.facebook.com/UDSHOBBY/		UDS Hobby
6	YPG 5200MAH 22.2V 6cell	2,700.0	1.0	2,700.0	https://www.facebook.com/UDSHOBBY/		
7	Easycap แปลงสัญญาณภาพ analog เป็น digital	190.0	1.0	190.0	http://bit.ly/2DPHdlh		Lazada
	รวมหมวดอิเล็คทรอนิกส์			15,270.0	บาท		

รูปที่ 16 ตัวอย่างการทำรายการเพื่อสั่งซื้ออุปกรณ์

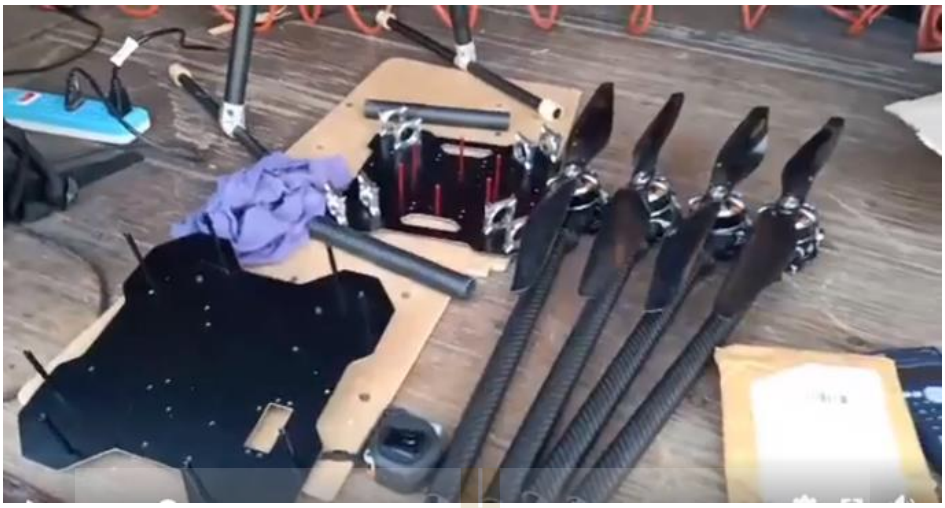
เมื่อได้ของและอุปกรณ์ครบก็พร้อมที่จะสร้างโดรน และมีชิ้นส่วนบางชิ้นจะต้องเขียน operation ในการทำการ CNC โดยใช้โปรแกรม Fusion 360



รูปที่ 17 ตัวอย่างการกัด CNC ของส่วนตรงกลางของโดรน

ทำการกัด CNC แผ่นคาร์บอน G10 เพื่อใช้ในการทำชิ้นส่วนตรงกลางของโดรนและนำอุปกรณ์ต่างๆมาประกอบกันและทำการติดตั้งชุดไฟอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆเข้ากับตัวโดรน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 18 ชิ้นส่วนที่กัด CNC เสร็จและแขนของโดรนที่ประกอบใบพัดเรียบร้อย

รูปที่ 19 ชิ้นส่วนที่พร้อมจะประกอบเข้ากับโดรน

รูปที่ 20 ประกอบชิ้นส่วนต่างๆของโดรน

ในลำดับต่อไปเป็นการประกอบชุดไฟต่างๆเข้ากับตัวโดรน โดยจะมีพนักงานที่ปรึกษาคอยช่วยดูอยู่ตลอดเนื่องจาก ยังไม่มีประสบการณ์ในการประกอบชุดไฟ อาจเกิดอันตรายได้ เมื่อทำการประชุดไฟ

เสร็จแล้วก็พร้อมที่จะทดสอบการบินโดยมีพนักงานที่ปรึกษาเป็นคนทดสอบการบิน และช่วยสอนการบินให้อีกด้วย

รูปที่ 21 การทดสอบโดรน

ชนิด : โดรนแบบ 4 ใบพัด

ความยาวของเส้นทแยงมุมของแขนโดรน : 1000 มิลลิเมตร

น้ำหนักที่ปราศจากน้ำหนักบรรทุก : 6.75 กิโลกรัม

เวลาในการบินสูงสุด : 15 นาที

ความเร็วสูงสุด : 10 เมตรต่อวินาที

น้ำหนักบรรทุกสูงสุด : 2.5 กิโลกรัม

เมื่อทดสอบระบบทุกอย่างครบ ก็จะต้องเขียนคู่มือในการตรวจเช็คสภาพโดรนก่อนขึ้นบินและหลังขึ้นบิน พ้อมกับเอกสารการใช้อุปกรณ์ต่างๆ

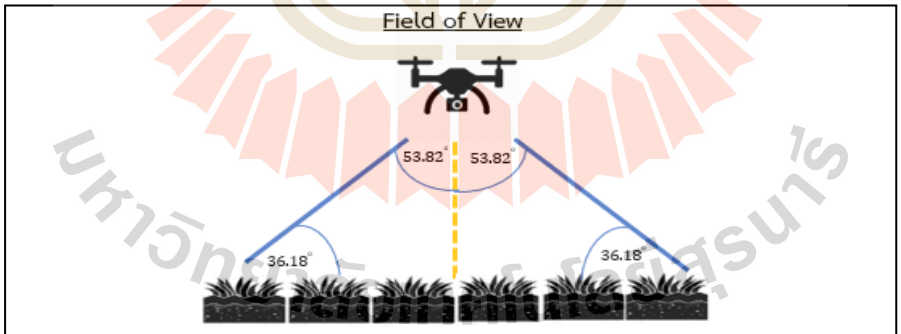
เมื่อทดสอบระบบทุกอย่างครบ ก็จะต้องเขียนคู่มือในการตรวจเช็คสภาพโดรนก่อนขึ้นบินและหลังขึ้นบิน พ้อมกับเอกสารการใช้อุปกรณ์ต่างๆ

ขั้นตอนเสียบ Battery

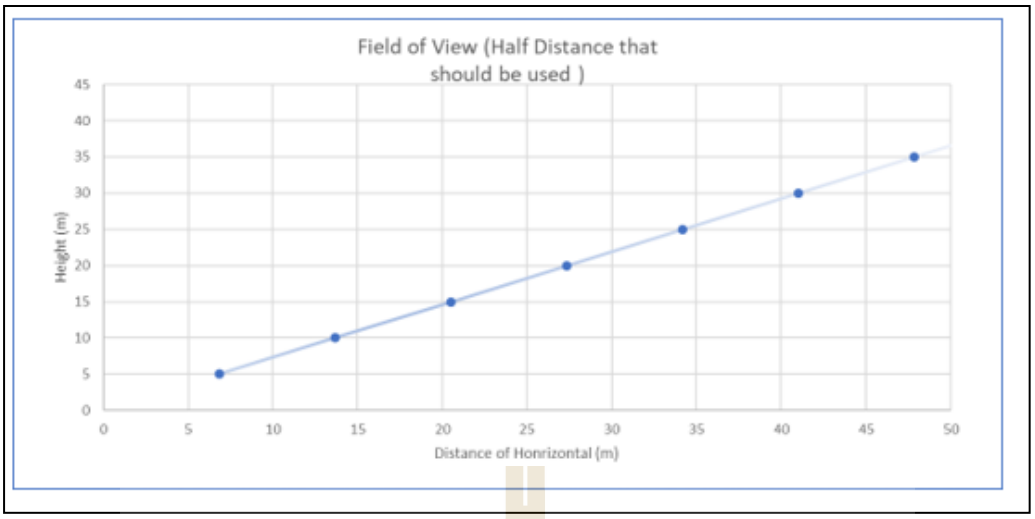
ลำดับ	ขั้นตอน	สถานะ	หมายเหตุ
ระยะการปฏิบัติงาน	(**อยู่ห่างจากตัวโดรน 1 เมตร**)		
ถอดสายส่งภาพออก	ระหว่างทำการทดสอบอื่นๆ หรือ เสียบ Battery ให้ถอดสายส่งภาพออก (**ถ้าเสียบทิ้งไว้มันจะร้อนและอาจจะไหม้**)		
เปิด Qgroundcontrol + เสียบเทเล	เปิด Qgroundcontrol + เสียบ เทเล ว่า เทเลนั้นต้องใช้งานได้		
เปิด remote controller	เปิด remote controller		
เสียบ battery 3 cells	เสียบจนกว่า Gimbal จะทำงาน ระหว่างที่ทำการเสียบ Battery ให้ Gimbal ทำงานนั้น (**ห้ามไปขยับตัวเครื่อง**)		
เสียบ battery 6 cells	หลังจากขั้นตอนที่แล้ว ทำการเสียบ Battery 6 Cells ทั้ง 3 ก้อน		
ทดสอบ instrument	ทำการทดสอบ Instrument ต้องสามารถใช้ได้ (รอ Ground ตอบว่าพร้อมจึงเริ่มทำการทดสอบ) (ทดสอบโดยการยกตัวเครื่องแล้วดูว่า instrument ต้องทำงาน)		
ทดสอบ Gimbal	ลองยกตัวเครื่องและขยับไปมาเพื่อดูว่า Gimbal นั้นต้องทำงานได้ปกติ		
เสียบสายส่งภาพ	(**อ่าน Manaul**) เสียบสายส่งภาพกลับคืน และ ปรับกำลัง (100 mW เวลาซ้อม) , (**500 mW เวลาแข่ง**)		
Pre-Arm	ทำการpre-arm >>โดยการกดปุ่มสัญญาณ GPS<<		
ทดสอบการปรับกล้อง	ต้องสามารถปรับมุมกล้องได้ (Step1: มองตรง Step2: ก้ม 45 องศา Step3: ก้ม 90 องศา)		
ทดสอบการดีเลของสัญญาณภาพ	ทดสอบสัญญาณภาพว่าส่งมาปกติ		
ทำการทดสอบ Yolo	ทำการทดสอบ Yolo ต้องสามารถใช้งานได้		
ทดสอบ Payload	ทดสอบว่า Payload นั้นสามารถใช้งานได้ตามปกติหรือไม่		

รูปที่ 22 ตัวอย่างขั้นตอนการเสียบแบตเตอรี่ก่อนทำการบิน

ทำการทดสอบความกว้างของเลนส์กล้องว่าสามารถเห็นภาพได้กว้างขนาดไหนโดยจะทำการเก็บระยะที่เห็นจากกล้องวัดกับขนาดจริงตามระยะความสูงที่บินโดรนได้ ซึ่งจะเรียกการทดสอบนี้ว่าการทดสอบหา Field of view ของกล้อง แสดงผลลัพธ์การทดสอบดังรูปด้านล่าง



Field of View (theta V = 53.82 degree , thheta H =36.18 degree)		
H (m)	Full Distance (m)	Half Distance (m)
5	14	7
10	27	14
15	41	21
20	55	27
25	68	34
30	82	41
35	96	48
40	109	55



รูปที่ 23 แสดงผลลัพธ์การทดสอบการหาขนาดความกว้างของมุมกล้อง

การดำเนินงานช่วง 6 เดือนสุดท้าย

นำโดรนที่ได้พัฒนามาทำการติดกล้อง optical zoom ตรงกลาง โดยกล้องตัวนี้มาพร้อมกับชุด gimbal ที่สามารถหมุนในแนวก้มเงยและหันซ้ายขวาได้ แต่อย่างไรในการทดสอบนี้เราจะทำการยึดตำแหน่งกล้องให้มองตั้งฉากกับพื้นโดยชุด gimbal จะทำหน้าที่รักษาเสถียรภาพและลดการสั่นของภาพ

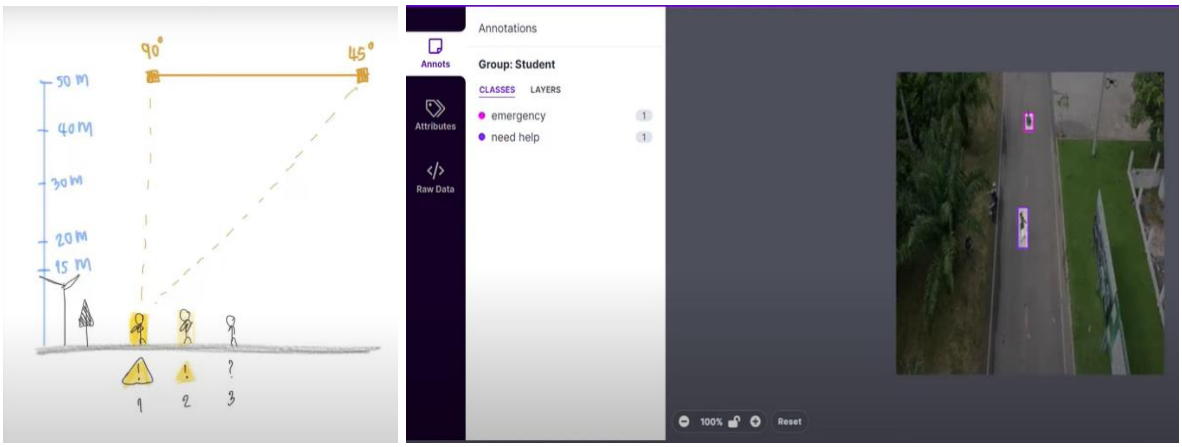
รูปที่ 24 โดรนที่ได้พัฒนามาทำการติดกล้อง optical zoom

จากนั้นจึงได้ทำการบินทดสอบอากาศยาน เพื่อทำการปรับจูนชุดควบคุมให้สามารถควบคุมได้ตามความต้องการของนักบิน

รูปที่ 25 ผลการบินทดสอบตามลิงค์วิดีโอต่อนี้ https://youtu.be/obDn0z74yDI

ทำการบินอัดวีดีโอเพื่อบันทึกภาพของมนุษย์เพื่อที่จะนำไปทำ Dataset เกี่ยวกับมนุษย์ว่า มุมมองที่โดรนเห็นมนุษย์นั้นเป็นอย่างไร เพื่อนำไปสอนระบบ AI ให้ตรวจจับได้ว่ามีมนุษย์อยู่ในพื้นที่ขณะที่ทำภาระกิจอยู่นั้นเอง โดนการสอนระบบ AI จะใช้เว็บ Supervisely ซึ่งเป็น Opensource สามารถเข้าไปใช้ได้ฟรีไม่เสียค่าใช้จ่าย

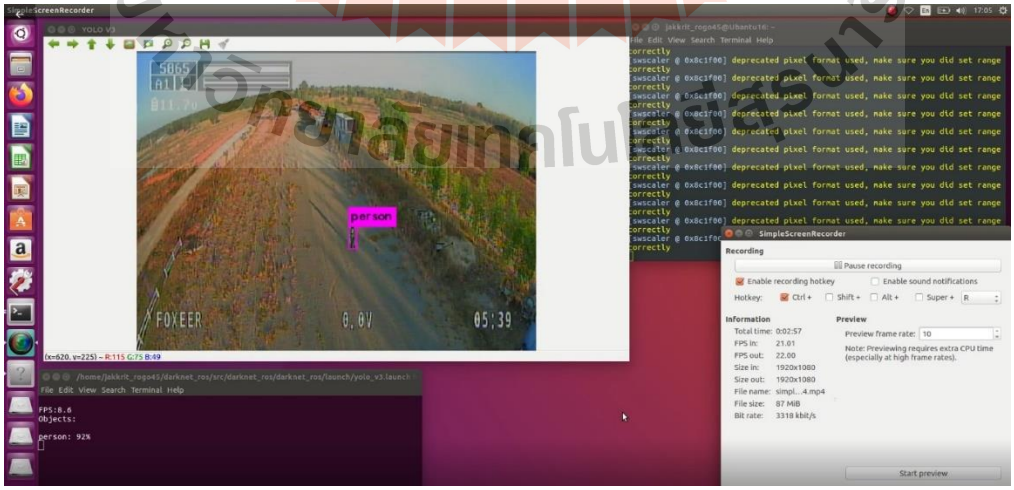
รูปที่ 26 ตัวอย่างภาพจากกล้องวิดีโอที่ทำการบันทึกไว้



รูปที่ 27 การทดสอบการตรวจจับวัตถุด้วยปัญญาประดิษฐ์

ในการบันทึกวิดีโอได้ทำการเก็บลักษณะการนอนหรือนั่งในหลากหลายรูปแบบ และหลากหลายความสูงตั้งแต่ 15 เมตรไปจนถึง 50 เมตร แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่บันทึกจะเห็นว่ายิ่งบินสูงจะทำให้การเห็นลักษณะของคนในลักษณะต่างๆ ทำได้ยากขึ้น แม้ดูด้วยตาเปล่าก็ตาม

โดยทางเว็บ Supervisely เรานำรูปภาพจากวิดีโอที่เราเก็บดำเนินการตัดออกมาเป็นช็อตโดยกำหนด framerate ทุกๆ 1 วินาที แล้วเราจะต้องมาคอยบอกว่าในภาพมนุษย์อยู่ตรงไหนในทุกๆภาพจากนั้น และใช้เทคนิคการกำหนดความสว่างและการหมุนภาพที่ label ในมุมต่างๆ เพื่อเพิ่มจำนวนคลาสให้มีขนาดเพิ่มขึ้น โดยแบบออกเป็น การตรวจจับมนุษย์ท่าเดิน มนุษย์ท่านั่งหรือนอน มอเตอร์ไซด์ และรถ ทั้งหมดจำนวน 4 คลาสย่อย และจึงได้นำข้อมูลที่จัดเตรียมมาทำการสอนในระบบ ซึ่งเมื่อสอนเสร็จแล้วจะได้ไฟล์ weight เพื่อนำไปใช้ในการทำงานได้เลย แต่ในช่วงเวลาการสอนจะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับจำนวน Dataset ที่เราใส่เข้าไปในเว็บไซต์ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถตรวจจับมนุษย์ในระยะที่ไม่เกิน 20 เมตร ได้เป็นอย่างดี ซึ่งเป็นข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์ส่วนของความละเอียดของภาพ



รูปที่ 28 ตัวอย่างการตรวจจับมนุษย์

รูปที่ 29 ตัวอย่างผลการตรวจจับมนุษย์ https://youtu.be/VAWStqY7n6o

นอกเหนือจากนั้นนักวิจัยยังได้ทดสอบบินที่ความสูง 15 เมตร ซึ่งเป็นความสูงที่ตรวจจับมนุษย์ได้แม่นยำที่สุด มาทดสอบทำระบบโดรนบินติดตามมนุษย์ และดูท่าทางการเดินหรือนอนของมนุษย์เพื่อแจ้งเตือนขอความช่วยเหลือ

รูปที่ 30 ตัวอย่างผลการทดสอบการบินติดตามมนุษย์ https://youtu.be/pniiS7GyEAM

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ทางคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบโดรนและทำการสร้างโดรนต้นแบบพร้อมทดสอบบินได้ผลการบินเป็นที่น่าพอใจ โดยน้ำหนักที่ปราศจากน้ำหนักบรรทุก : 6.75 กิโลกรัม เวลาในการบินสูงสุด : 15 นาที ความเร็วสูงสุด : 10 เมตรต่อวินาที น้ำหนักบรรทุกสูงสุด : 2.5 กิโลกรัม และได้ทดสอบเก็บข้อมูลการบินจากโดรนสำหรับการตรวจจับมนุษย์และพาหนะทางอากาศในความสูงต่างๆ และทำการทดสอบการตรวจจับมนุษย์ มอเตอร์ไซด์ และรถยนต์ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่อย่างไรก็ตามในส่วนของการตรวจจับมนุษย์นั้นค่อนข้างทำได้ยากกว่า เนื่องจากเมื่อโดรนบินที่ความสูงทำให้เห็นมนุษย์มีลักษณะที่ค่อนข้างเล็กมากจนมองไม่เห็นลักษณะท่าทางที่ชัดเจน อีกทั้งในการบินเก็บข้อมูลการบินมีความยากลำบาก แข่งกับเวลาและสภาพอากาศ ทำให้ได้จำนวนลักษณะและท่าทางการเคลื่อนที่ที่ไม่มากพอ โดยได้นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมอากาศยาน เข้ามาช่วยเก็บข้อมูลและเป็นตัวอย่างในการทำท่าทางต่างๆ อีกสิ่งที่เป็นข้อจำกัดของโครงงานคือ ข้อจำกัดด้านฮาร์ดแวร์ของชุดกล้องถ่ายภาพที่มีความละเอียดอยู่ที่ประมาณ 1280 x 720 pixels เท่านั้น ทำให้เมื่อบินสูงแม้ว่าโดรนจะมองเห็นครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า แต่ก็ทำให้มองเห็นวัตถุหรือมนุษย์ในขนาดที่เล็กลงมากผกผันกันไปด้วยยากต่อการตรวจจับและแยกแยะวัตถุ

สุรเดช ตัญตรัยรัตน์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรเดช ตัญตรัยรัตน์)

หัวหน้าโครงการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี