รายงานฉบับสมบูรณ์

(ฉบับปรับปรุงแก้ไข)

โครงการขอรับการส่งเสริมและสนับสนุนจากเงินกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

โครงการอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน (สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน)

Remotely Operating UAVs for Emergency Medical Services: Abrupt Heart Failures

รศ.ดร.ชิต เหล่าวัฒนา

สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สิงหาคม 2564

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

(สำนักงาน กสทช.)

แบบ กทปส. ME-003

รายงานฉบับสมบูรณ์
(ฉบับปรับปรุงแก้ไข)

ทุนส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา
สัญญารับทุนเลขที่ B2-2-07/58

โครงการอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
(สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน)
Remotely Operating UAVs for Emergency Medical Services: Abrupt Heart Failures

(คณะ) นักวิจัย

1.	รศ.ดร. ชิต เหล่าวัฒนา	นักวิจัยหัวหน้าโครงการ
2.	รศ.ดร. สยาม เจริญเสียง	ที่ปรึกษาโครงการ
3.	ผศ.ดร. ถวิดา มณีวรรณ์	ที่ปรึกษาโครงการ
4.	นาย วุฒิชัย วิศาลคุณา	นักวิจัยร่วม
5.	นาย สาธิต วานิชชัยกิจ	นักวิจัยร่วม
6.	นาย นที จิระจงเจริญ	นักวิจัยร่วม
7.	นาย บุญเลิศ มณีฉาย	นักวิจัยร่วม
8.	นาย ธนา วิชิโต	นักวิจัยร่วม
9.	นาย ทศพร บุญแท้	นักวิจัยร่วม
10.	นาย ศุภกร ชั้นเจริญศรี	นักวิจัยร่วม
11.	ดร. ปริเวท วรรณโกวิท	นักวิจัยร่วม
12.	นาย สรรค์วิทย์ เอียบฉุ้น	นักวิจัยร่วม
13.	นาย วีระชาติ ค้ำคูณ	นักวิจัยร่วม
14.	นาย พงศกร พลจันทร์ขจร	นักวิจัยร่วม
15.	นาย นาถพงศ์ แก้วเหล็ก	นักวิจัยร่วม
16.	นาย ธนวินท์ กรไกรวี	นักวิจัยร่วม
17.	นาย อาทิตย์ จุลคณานุศาสตร์	นักวิจัยร่วม
18.	นาย ธีรภัทร เขษมเวสารัช	นักวิจัยร่วม
19.	นาย เอกลักษณ์ ศุภมณี	นักวิจัยร่วม
20.	นางสาว เยาวลักษ์ สำลี	ผู้ประสานงานโครงการ

โครงการอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
(สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน)

ได้รับทุนอุดหนุนจาก
กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ
(สำนักงาน กสทช.)

สิงหาคม 2564

บทสรุปผู้บริหาร

โครงการอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
(สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน)
สิงหาคม 2564

ภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน (Sudden Cardiac Arrest: SCA) ถือว่าเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ชีวิตได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือที่รวดเร็วพอ จากข้อมูลของ Sudden Cardiac Arrest Foundation พบว่ามากกว่า 50% ของการเสียชีวิตมีสาเหตุมาจาก SCA โดยปกติหากผู้ที่เป็น SCA อยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์และพยาบาล การช่วยเหลือสามารถกระทำได้ง่ายและทันท่วงที่ อย่างไรก็ตาม มีหลายครั้งที่ผู้ป่วยอยู่ในพื้นที่นอกเหนือจากสถานพยาบาล (ในพื้นที่สาธารณะ เช่น บนท้องถนน อาคารสำนักงาน ห้างและร้านค้าต่างๆ) อาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะแวดล้อมของเมืองใหญ่ (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) ซึ่งไม่เอื้อต่อการเข้าถึงของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service : EMS) เนื่องจากมีการจราจรหนาแน่นและติดขัด ดังนั้น ทางสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (ฟีโบ้) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแบบบูรณาการ โดยการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ Application บน Smartphone เพื่อแจ้งเหตุผ่านเครือข่าย 3G/4G เข้าไปที่ระบบ Web Application ที่ศูนย์ Call Center ซึ่งอำนวยความสะดวกในการสื่อสาร ระหว่างการติดต่อกับผู้เชียวชาญ (แพทย์และพยาบาล) กับผู้ช่วยเหลือที่อยู่นอกสถานพยาบาล ทำให้การแจ้งเหตุสามารถลดเวลาลดได้

หลังจากระบบ Web Application ได้รับข้อมูลการแจ้งเหตุแล้ว ระบบจะทำการส่งข้อมูลไปที่สถานที่ควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station) เพื่อทำการควบคุมอากาศยานไร้นักบิน หรือ Drone : ซึ่งใช้เป็นพาหนะในการขนส่งเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (AED) ไปที่จุดแจ้งเหตุ เพื่อปฐมพยาบาลเบื้องต้นให้กับผู้ป่วย

จากผลการทดลองพบว่า อากาศยานไร้นักบินใช้เวลาในการถึงที่เกิดเหตุเร็วกว่ารถพยาบาล ในสถานการณ์ที่เข้าถึงจุดเกิดเหตุที่รถพยายบาลเข้าถึงได้ยาก เช่น การจารจรหนาแน่น หรือ ในเขตชุมชม ซึ่งนำไปสู่การลดอัตราการเสียชีวิตจากภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน

โครงการอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
(สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน)
รศ.ดร.ชิต เหล่าวัฒนา
สิงหาคม 2564

ภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน (Sudden Cardiac Arrest: SCA) ถือว่าเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ชีวิตได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือที่รวดเร็วพอ จากข้อมูลของ Sudden Cardiac Arrest Foundation พบว่ามากกว่า 50% ของการเสียชีวิตมีสาเหตุมาจาก SCA โดยปกติหากผู้ที่เป็น SCA อยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์และพยาบาล การช่วยเหลือสามารถกระทำได้ง่ายและทันท่วงที อย่างไรก็ตาม มีหลายครั้งที่ผู้ป่วยอยู่ในพื้นที่นอกเหนือจากสถานพยาบาล (ในพื้นที่สาธารณะ เช่น บนท้องถนน อาคารสำนักงาน ห้างและร้านค้าต่างๆ) อาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะแวดล้อมของเมืองใหญ่ (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) ซึ่งไม่เอื้อต่อการเข้าถึงของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service : EMS) เนื่องจากมีการจราจรหนาแน่นและติดขัด ดังนั้น ทางสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (ฟีโบ้) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแบบบูรณาการ โดยการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ Application บน Smartphone เพื่อแจ้งเหตุผ่านเครือข่าย 3G/4G เข้าไปที่ระบบ Web Application ที่ศูนย์ Call Center ซึ่งอำนวยความสะดวกในการสื่อสาร ระหว่างการติดต่อกับผู้เชี่ยวชาญ (แพทย์และพยาบาล) กับผู้ช่วยเหลือที่อยู่นอกสถานพยาบาล ทำให้การแจ้งเหตุสามารถลดเวลาได้

หลังจากระบบ Web Application ได้รับข้อมูลการแจ้งเหตุแล้ว ระบบจะทำการส่งข้อมูลไปที่สถานที่ควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station) เพื่อทำการควบคุมอากาศยานไร้นักบิน หรือ Drone : ซึ่งใช้เป็นพาหนะในการขนส่งเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (AED) ไปที่จุดแจ้งเหตุ เพื่อปฐมพยาบาลเบื้องต้นให้กับผู้ป่วย

จากผลการทดลองพบว่า อากาศยานไร้นักบินใช้เวลาในการถึงที่เกิดเหตุเร็วกว่ารถพยาบาล ในสถานการณ์ที่เข้าถึงจุดเกิดเหตุที่รถพยายบาลเข้าถึงได้ยาก เช่น การจารจรหนาแน่น หรือ ในเขตชุมชม ซึ่งนำไปสู่การลดอัตราการเสียชีวิตจากภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลันได้

Remotely Operating UAVs for Emergency Medical Services: Abrupt Heart Failures

Assoc. Prof. Dr.Djitt Laowattana

August 2021

Sudden cardiac arrest (SCA) is a symptom that the patient died. If the help is not fast enough. Refer to the information from Sudden Cardiac Arrest Foundation Found that more than 50% of deaths Caused by SCA. Usually, those who are SCA are taken care of by doctors and nurses. Assistance can be made easily and promptly.

However, There are many times when the patient is in a non-medical area (In public areas Like on the road office building, department store, or any shops). May lead to death. Especially the environment of the big city (Bangkok and vicinity). This is not conducive to access the Emergency Medical Service (EMS). Due to heavy traffic and jam. Therefore FIBO research and development of integrated technology. By develop the information technology, applications on the Smartphone to alert via 3G / 4 G. Access to the Web Application, there are Call Center, which facilitates the communication. During contacting with professionals (Doctors and nurses) with patients who out of the medical area. The notification can reduce the time.

After the Web Application has received the notification information. The system will send the data to the Ground Station to control the pilotless or drone aircraft, which is used to transport the AED to the notification area.

The results showed that the pilotless takes shorter time to reach the spots than ambulances especially in the place where access by ambulances is difficult such as in traffic congestion or community areas. This can lead to the reduction of mortality from sudden cardiac arrest.

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร **3**
บทคัดย่อภาษาไทย **4**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ **5**
สารบัญตาราง **7**
สารบัญภาพ **8**

บทที่ 1 บทนำ **17**
1.1 ที่มาและความสำคัญ 17
1.2 วัตถุประสงค์ 17
1.3 เป้าหมาย 17
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 18
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง **19**
2.1 ทฤษฎีและแนวคิด 19
2.2 ผลงานวิจัยและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 20
2.3 รูปแบบทั่วไปของ Drone 22
2.4 การเลือกรูปแบบ Drone 25
2.5 ชุด Payload 26
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย **27**
3.1 แผนปฏิบัติการโครงการ 27
3.2 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา 30
บทที่ 4 ผลการศึกษา **35**
4.1 แผนความร่วมมือทางการแพทย์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง 35
4.2 สรุปผลการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานเบื้องต้น 46
4.3 รูปแบบของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการ 49
บทที่ 5 ผลการออกแบบภาพรวมในการทำงานของระบบ รูปแบบและวิธีการการให้บริการ **74**
5.1 ผลการออกแบบภาพรวมในการทำงานของระบบ 74
5.2 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ 81
5.3 ผลการออกแบบอากาศยานควบคุมระยะไกล 101
5.4 ผลการออกแบบซอฟต์แวร์ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน 120

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 6 ผลการวิจัย และการวิจารณ์ผล **123**

6.1 ผลการทดสอบระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ 123

6.2 ผลการทดสอบการบิน 127

6.3 ผลการทดสอบสมรรถนะในการบินแบบอัตโนมัติ 146

6.4 ผลการทดสอบการทำงานทั้งระบบ 156

6.5 สรุปผลการทดลอง 199

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ **201**

7.1 สรุปผลการวิจัย 201

7.2 สรุปปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ 202

ประวัติผู้วิจัย **160**

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างโดรนรุ่น DJI MATRICE 600 และ DJI MATRICE 600 PRO 50
ตารางที่ 2. คุณสมบัติแบตเตอร์รี่ของ DJI MATRICE 600 PRO 58
ตารางที่ 3. รูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟของการเชื่อมต่อใน DJI LIGHTBRIDGE 2 ที่ติดบนตัวโดรน 61
ตารางที่ 4. รูปแบบการแสดงสถานการณ์ส่งสัญญาณภาพใน DJI LIGHTBRIDGE 2 ที่ติดบนตัวโดรน 62
ตารางที่ 5. รูปแบบการแสดงสถานะการเชื่อมต่อของ DJI LIGHTBRIDGE 2 ภาคพื้นดิน 64
ตารางที่ 6. รูปแบบการแสดงสถานการณ์ทำงานในโหมด RTH 65
ตารางที่ 7. คุณสมบัติของ DJI MANIFOLD 67
ตารางที่ 8. ขาการใช้ของช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณ EXPANSION HEADER ใน DJI MANIFOLD 68
ตารางที่ 9. ขาการใช้ของช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณ UART2/UART3 69
ตารางที่ 10. คุณสมบัติของ DJI GUIDANCE 71
ตารางที่ 11. REQUEST PARAMETER 95
ตารางที่ 12. RESPONSE PARAMETER 95
ตารางที่ 13. RESPONSE PARAMETER 95
ตารางที่ 14. RESPONSE PARAMETER 96
ตารางที่ 15. REQUEST PARAMETER 97
ตารางที่ 16. DATA DICTIONARY 97
ตารางที่ 17. รายละเอียดของ FUNCTION ในแต่ละขั้นตอนของซอฟต์แวร์ 118

สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้ Drone ในการส่งอุปกรณ์ Automated External Defibrillator (AED) แก่ผู้ป่วย 20
รูปที่ 2.2 สถิติการเสียชีวิตจากโรคต่างๆ 20
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการนำ Drone มาใช้งานในการส่งของ 21
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการนำ Drone มาใช้งานในการช่วยชีวิตแบบฉุกเฉิน 21
รูปที่ 2.5 Drone แบบปีกตรึงที่พัฒนาโดยฟีโบ้และนำไปใช้จริงในเหตุการณ์อุทกภัยและการทำแผนที่ 22
รูปที่ 2.6 Drone แบบปีกหมุนที่พัฒนาโดยฟีโบ้และใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศ 23
รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Drone แบบเบากว่าอากาศ 24
รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Drone รูปแบบผสม 24
รูปที่ 2.9 ตัวอย่างเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator: AED) 26
รูปที่ 3.1 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉินด้วย Drone 30
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่นสำหรับรายงานเหตุฉุกเฉิน 32
รูปที่ 4.1 ประชุมขอความร่วมมือในการทำวิจัยกับโรงพยาบาลวิภาวดี 35
รูปที่ 4.2 ประชุมขอความร่วมมือในการทำวิจัยกับศูนย์เอราวัณ 36
รูปที่ 4.3 Flowchart การขึ้นทะเบียนตัวลำอากาศยานไร้นักบิน และ ข้อมูลผู้ควบคุมการบิน 40
รูปที่ 4.4 (a) (b) (c) (d) แบบฟอร์มสำหรับการขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ 44
รูปที่ 4.5 แบบฟอร์มสำหรับผู้ควบคุมการบิน 45
รูปที่ 4.6 Flowchart ขั้นตอนการรับแจ้งเหตุฉุกเฉินและการทำงานของหน่วยงานทางการแพทย์ฉุกเฉิน 48
รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบลักษณะของโดรนระหว่าง DJI Matrice 600 กับ DJI Matrice 600 Pro 49
รูปที่ 4.8 แผนผังการเชื่อมต่อระบบการทำงานใน DJI Matrice 600 Pro และ DJI Matrice 600 Pro 52
รูปที่ 4.9 ช่องสัญญาณสำหรับการเชื่อมของอุปกรณ์ควบคุมการบิน 53
รูปที่ 4.10 โมดูล GPS-Compass Pro 55
รูปที่ 4.11 โมดูลพีเอ็มยู 56
รูปที่ 4.12 ลักษณะของโมดูลแอลอีดี 56

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.13 ลักษณะของโมดูลไอเอ็มยู 57
รูปที่ 4.14 ตัวอย่างแบตเตอร์รี่ที่ใช้ใน DJI Matrice 600 Pro 58
รูปที่ 4.15 ลักษณะของ DJI Lightbridge 2 59
รูปที่ 4.16 ลักษณะรูปร่างและช่องสัญญาณการเชื่อมต่อของ DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน 59
รูปที่ 4.17 ลักษณะของDJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินในแต่และด้าน 63
รูปที่ 4.18 ช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณของ Dji Manifold 67
รูปที่ 4.19 การเชื่อมใช้งานช่องสัญญาณการเชื่อมต่อ CAM_IN และ CAM_OUT ใน DJI Manifold 70
รูปที่ 4.20 ส่วนประกอบของ DJI GUIDANCE 71
รูปที่ 4.21 ส่วนประกอบของ DJI GUIDANCE 72
รูปที่ 5.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ 74
รูปที่ 5.2 คอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุมพื้นดิน 75
รูปที่ 5.3 ช่องใส่ซิมการ์ด 3G/4G 76
รูปที่ 5.4 Remote ควบคุมแบบ Manual ที่ภาคพื้นดิน 76
รูปที่ 5.5 อากาศยาน (Drone) 77
รูปที่ 5.6 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) สำหรับ Web Application 78
รูปที่ 5.7 ผังรูปแบบและวิธีการการให้บริการ 79
รูปที่ 5.8 หน้าต่างลงทะเบียนในแอปพลิเคชัน 81
รูปที่ 5.9 หน้าต่างการแจ้งเหตุในแอปพลิเคชัน 82
รูปที่ 5.10 หน้าต่างสำหรับยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุ 83
รูปที่ 5.11 หน้าต่างแจ้งให้รอการยืนยันข้อมูลจาก Call Center Server 84
รูปที่ 5.12 แสดงตำแหน่งเครื่องหมายเฟืองสำหรับแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานในหน้าต่างการแจ้งเหตุ 85
รูปที่ 5.13 หน้าต่างสำหรับแก้ไขข้อมูล 85
รูปที่ 5.14 หน้าต่างแสดงรายการแจ้งเหตุ 86
รูปที่ 5.15 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุ 87
รูปที่ 5.16 หน้าต่างรายละเอียดข้อมูลเบื้องต้นของผู้ป่วย 88
รูปที่ 5.17 หน้าต่างแสดงการปฏิบัติภารกิจ 89
รูปที่ 5.18 สถานะของอากาศยานที่แสดงในแผนที่ 90

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.19 สถานะของอากาศยานที่แสดงในแถบสถานะการทำงาน 90
รูปที่ 5.20 ส่วนจัดการสถานีภาคพื้นดิน 91
รูปที่ 5.21 หน้าต่างสำหรับจัดการสถานีภาคพื้นดิน 91
รูปที่ 5.22 หน้าต่างสำหรับเพิ่มสถานีภาคพื้นดิน 92
รูปที่ 5.23 รายการสถานีภาคพื้นดินที่สร้างใหม่ 92
รูปที่ 5.24 หน้าต่างแสดงรายการสถานีภาคพื้นดินที่ถูกลบไปแล้ว 93
รูปที่ 5.25 หน้าต่างแสดงรายการการแจ้งเหตุ 94
รูปที่ 5.26 แสดงโครงสร้างโดยรวมของ DJI Matrice 600 Pro 101
รูปที่ 5.27 แสดงชุดควบคุมการทำงาน และเสารับสัญญาณ GPS บนอากาศยาน 101
รูปที่ 5.28 แสดงการพับเก็บแขนเพื่อความสะดวกในการขนย้ายอากาศยาน 102
รูปที่ 5.29 แสดงการพับขาตั้งอากาศยานระหว่างบินเพื่อถ่ายภาพทางอากาศ 102
รูปที่ 5.30 ขนาดโดยรวมของอากาศยานหลังการติดตั้งอุปกรณ์ 103
รูปที่ 5.31 แสดงส่วนประกอบของระบบลดความเสียหายจากการตก 104
รูปที่ 5.32 แสดงฐานติดตั้งอุปกรณ์สำเร็จรูปและระบบประมวลผลหลัก 105
รูปที่ 5.33 แสดงตำแหน่งติดตั้งระบบประมวลผลหลัก 105
รูปที่ 5.34 แสดงตำแหน่งติดตั้งชุดโครงสร้าง AED 106
รูปที่ 5.35 แสดงตำแหน่งการใส่อุปกรณ์ และวิธีการนำอุปกรณ์ออก 107
รูปที่ 5.36 แสดงตำแหน่งติดตั้งกล้องถ่ายรอบตัวและกล้องจับภาพความร้อน 108
รูปที่ 5.37 แสดงทิศทางที่กำหนดของอุปกรณ์ประมวลผลหลัก 109
รูปที่ 5.38 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะด้านหน้าและหลัง 109
รูปที่ 5.39 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะด้านซ้ายและขวา 110
รูปที่ 5.40 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะด้านล่าง 111
รูปที่ 5.41 แสดงตำแหน่งติดตั้งชิ้นงานยึดโทรศัพท์มือถือ 111
รูปที่ 5.42 ตำแหน่งติดตั้งกล้อง USB และกล้องถ่ายภาพความร้อน 112
รูปที่ 5.43 ภาพแสดงภาพรวมผลการออกแบบทางไฟฟ้าและระบบควบคุมของอากาศยานควบคุมระยะไกล 114
รูปที่ 5.44 บอร์ดคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม (เปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ใช้ Manifold) 116
รูปที่ 5.45 ขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์ที่อากาศยาน 117

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.46 Membership Function ของ Fuzzy Logic 119
รูปที่ 5.47 กฎในการเคลื่อนของอากาศยาน 120
รูปที่ 5.48 เตือนมีงาน (Job) เข้ามา เพื่อเตรียมปฏิบัติงาน 120
รูปที่ 5.49 เส้นทางการบิน 121
รูปที่ 5.50 ภาพจากกล้อง 121
รูปที่ 6.1 หน้าต่างแสดงรายงานแจ้งเหตุที่ไม่มีข้อมูลการแจ้งเหตุ 123
รูปที่ 6.2 หน้าต่างลงทะเบียนและยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุบนแอปพลิเคชัน 124
รูปที่ 6.3 หน้าต่างแสดงรายการแจ้งเหตุที่ถูกแจ้งเข้ามาใหม่ 125
รูปที่ 6.4 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุพร้อมตำแหน่งการแจ้งเหตุ 125
รูปที่ 6.5 หน้าต่างแก้ไขข้อมูลและยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุในแอปพลิเคชัน 126
รูปที่ 6.6 หน้าต่างแสดงรายการแจ้งเหตุที่ถูกแจ้งเข้ามาใหม่ 126
รูปที่ 6.7 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุพร้อมตำแหน่งการแจ้งเหตุ 127
รูปที่ 6.8 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน ก่อนทำการ Auto Takeoff 128
รูปที่ 6.9 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน หลังทำการ Takeoff 128
รูปที่ 6.10 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน ขณะทำการ Hovering 129
รูปที่ 6.11 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน ขณะทำการบินไปข้างหน้า 129
รูปที่ 6.12 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน หลังจาก Return To Home 130
รูปที่ 6.13 ผลการทดสอบการบินตามจุดของเส้นทางเป็นรูปสามเหลี่ยม บน Simulation (ก) ก่อนทำการ Auto Takeoff (ข) ขณะบินเข้าจุด Waypoint#1 (ค) ขณะบินเข้าจุด End Point (ง) ขณะทำการ Auto Landing 132
รูปที่ 6.14 ผลการทดสอบการบินตามจุดของเส้นทางเป็นรูปสี่เหลี่ยม บน Simulation 132
รูปที่ 6.15 ภาพอากาศยานก่อนทำการทดสอบ 133
รูปที่ 6.16 ภาพทดสอบการ Auto Takeoff and Landing 133
รูปที่ 6.17 ภาพอากาศยานก่อนทำการ Auto Takeoff 134
รูปที่ 6.18 ภาพอากาศยานหลังทำการ Auto Takeoff 134
รูปที่ 6.19 ภาพอากาศยานหลังทำการ Auto Landing 135
รูปที่ 6.20 ภาพกราฟแสดงค่าความสูงของอากาศยานขณะทำการ Auto Takeoff and Landing 135
รูปที่ 6.21 ภาพอากาศยานก่อนการ Auto Takeoff 136

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 6.22 ภาพอากาศยานหลังจากการ Takeoff ก่อนพับเก็บขา Landing Gear 137
รูปที่ 6.23 ภาพอากาศยานหลังจากการ Takeoff หลังพับเก็บขา Landing Gear 137
รูปที่ 6.24 ภาพอากาศยานหลังจากสั่งให้ขึ้นไปรักษาระดับความสูง (Hovering) 138
รูปที่ 6.25 ภาพอากาศยานหลังทำการ Landing 138
รูปที่ 6.26 ภาพกราฟแสดงค่าระดับความสูงของอากาศยานขณะทำการ Hovering 139
รูปที่ 6.27 แผนภาพจุดของเส้นทางที่กำหนดให้อากาศยานบินทดสอบ 139
รูปที่ 6.28 ภาพแสดงจุดของเส้นทางที่กำหนดให้อากาศยานทดสอบบิน บริเวณสนามฟุตบอล 140
รูปที่ 6.29 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ก่อนการ Takeoff 141
รูปที่ 6.30 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint หลังจาก Takeoff 141
รูปที่ 6.31 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง Waypoint ที่ 1 142
รูปที่ 6.32 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง Waypoint ที่ 2 142
รูปที่ 6.33 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง Waypoint ที่ 3 143
รูปที่ 6.34 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง End Point 143
รูปที่ 6.35 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint หลังจาก Landing 144
รูปที่ 6.36 ภาพถ่ายความร้อนเพื่อแสดงว่ามีคนอยู่ที่พื้นใต้อากาศยานระหว่างลงจอด 145
รูปที่ 6.37 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความเร็วในการบิน 147
รูปที่ 6.38 กราฟผลการทดลอง ความเร็ว/เวลา 148
รูปที่ 6.39 กราฟผลการทดลอง ความเร่ง/เวลา 148
รูปที่ 6.40 กราฟผลการทดลอง ระยะทาง/เวลา 149
รูปที่ 6.41 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการบินไต่ระดับ 150
รูปที่ 6.42 กราฟอัตราเร็ว – เวลาในการบิน Take off ของโดรนี่ความสูง 30 m 151
รูปที่ 6.43 กราฟอัตราเร่ง – เวลาในการบิน Take off ของโดรนี่ความสูง 30 m 151
รูปที่ 6.44 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว 90 องศา 153
รูปที่ 6.45 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว 153
รูปที่ 6.46 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว 154
รูปที่ 6.47 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในทางตรง 154
รูปที่ 6.48 กราฟความเร็ว-เวลา ในการบินทดสอบความสามารถในทางตรง 155
รูปที่ 6.49 กราฟผลการทดลอง ความเร็ว/เวลา หักเลี้ยว 90 องศา 155

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 6.50 กราฟผลการทดลอง อัตราเร็วเชิงมุม/เวลา หักเลี้ยว 90 องศา 156
รูปที่ 6.51 เส้นทางการบินการทดสอบขีดความสามารถการทำงานของโดรนที่ระยะ 1 กิโลเมตร ณ ความสูง 80 เมตร ในระยะสายตา 157
รูปที่ 6.52 กราฟการ Takeoff ที่ความสูง 80 เมตร ผลการทดลอง-ทฤษฎี 159
รูปที่ 6.53 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ ผลการทดลอง-ทฤษฎี 160
รูปที่ 6.54 เส้นทางการบินการทดสอบขีดความสามารถการทำงานของโดรนที่ระยะ 4.5 กิโลเมตร ณ ความสูง 80 เมตร ในระยะสายตา 162
รูปที่ 6.55 เส้นทางการบินแบบ Waypoint ในระยะสายตา ที่ระยะทางมากที่สุดในระยะเวลา 5 นาที 166
รูปที่ 6.56 กราฟการ Takeoff ที่ความสูง 80 เมตร 168
รูปที่ 6.57 กราฟการ Takeoff ที่ความสูง 80 เมตร ผลการทดลอง-ทฤษฎี 169
รูปที่ 6.58 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ 170
รูปที่ 6.59 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ ผลการทดลอง-ทฤษฎี 171
รูปที่ 6.60 กราฟการลงจอดที่ความสูง 80 เมตร 172
รูปที่ 6.61 เส้นทางการบินแบบ Waypoint นอกระยะสายตา ที่ระยะทางมากที่สุดในระยะเวลา 5 นาที 175
รูปที่ 6.62 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ 177
รูปที่ 6.63 เส้นทางการบินการทดสอบการปฏิบัติงานจริงของโดรนขนส่ง AED ในระยะ 1 กิโลเมตร ในระยะสายตา 180
รูปที่ 6.64 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ 182
รูปที่ 6.65 ทำการจับเวลาในสถานการณ์จำลองรถพยาบาลขับไปจุดเกิดเหตุ 185
รูปที่ 6.66 เส้นทางการขับของรถจาก 185
รูปที่ 6.67 พัดลมที่ใช้สร้างแรงลม เพื่อจำลองกระแสลมในการทดสอบ 187
รูปที่ 6.68 ค่าแรงลมตำแหน่งที่โดรนทำการบินประมาณ 7 เมตร/วินาที 188
รูปที่ 6.69 การบินทดสอบต้านแรงลมของโดรน 188
รูปที่ 6.70 ทดสอบการบินต้านลมขณะทำการบินขึ้น (Take off) 189
รูปที่ 6.71 Log ทำการบินของโดรนขณะทำการบนต้านแรงลม 190
รูปที่ 6.72 การทดสอบการบินหลบหลีกสิ่งกีดขวา 191

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 6.73 โดรนตรวจจับสิ่งกีดขวางและทำการถอยหลังเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง 191
รูปที่ 6.74 กล้อง 3 มิติ สำหรับตรวจสอบสิ่งกีดขวาง 192

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน (Sudden Cardiac Arrest: SCA) ถือว่าเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ชีวิตได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือที่รวดเร็วพอ จากข้อมูลของ Sudden Cardiac Arrest Foundation พบว่ามากกว่า 50% ของการเสียชีวิตมีสาเหตุมาจาก SCA โดยปกติหากผู้ที่เป็น SCA อยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์และพยาบาล การช่วยเหลือสามารถกระทำได้ง่ายและทันท่วงที่ อย่างไรก็ตาม มีหลายครั้งที่ผู้ป่วยอยู่ในพื้นที่นอกเหนือจากสถานพยาบาล (ในพื้นที่สาธารณะ เช่น บนท้องถนน อาคารสำนักงาน ห้างและร้านค้าต่างๆ) อาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะแวดล้อมของเมืองใหญ่ (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) ซึ่งไม่เอื้อต่อการเข้าถึงของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service : EMS) เนื่องจากมีการจราจรหนาแน่นและติดขัด ดังนั้น ทางสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (ฟีโบ้) มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศโดยการใช้ Application บน Smartphone เพื่อแจ้งเหตุและการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย 3G/4G มาช่วยในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น โดยการแจ้งเหตุและอำนวยความสะดวกในการติดต่อระหว่างผู้เชียวชาญ (แพทย์และพยาบาล) กับผู้ช่วยเหลือที่อยู่นอกสถานพยาบาลสามารถนำไปสู่การลดความสูญเสียได้ ทั้งนี้จะมีการนำเทคโนโลยีอากาศยานไร้นักบิน หรือ Drone มาเป็นพาหนะในการขนส่งเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (AED) เพื่อทดแทนรถพยาบาลที่สามารถเข้าถึงได้ช้ากว่า ซึ่งจะนำไปสู่การลดอัตราผู้เสียชีวิตจาก SCA ได้

1.2 วัตถุประสงค์

- ศึกษาการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและอากาศยานไร้นักบินมาใช้ในการบริการการแพทย์ฉุกเฉินสำหรับผู้ที่มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน
- ออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบช่วยเหลือผู้ที่มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน ซึ่งประกอบด้วยระบบสารสนเทศในการบริการและอากาศยานไร้นักบิน

1.3 เป้าหมาย

- ออกแบบและจัดสร้างอากาศยานไร้นักบินสำหรับงานการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน
- ออกแบบระบบซอฟต์แวร์ในการรับแจ้งเรื่องและการสื่อสารระหว่าง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ลำดับ	ชื่อผลผลิต	หน่วยวัด	ตัวชี้วัด (เชิงคุณภาพ/เชิงคุณภาพ)
1	**ต้นแบบผลิตภัณฑ์** อากาศยานควบคุมระยะไกลมาใช้ในการบริการการแพทย์ฉุกเฉินสำหรับผู้ที่มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน	ลำ ชุด ชุด	อากาศยานควบคุมระยะไกล จำนวน 1 ลำ ควบคุมอากาศยาน จำนวน 1 ชุด ชุดคอมพิวเตอร์แม่ข่ายรับแจ้งเหตุ จำนวน 1 ชุด
2	**กระบวนการใหม่** ลดเวลาในการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน		การนำอากาศยานควบคุมระยะไกลมาใช้ในการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน
3	**การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ** หน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉิน สามารถนำเทคโนโลยีด้านอากาศยานมาช่วยในการปฏิบัติงานได้		ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านอากาศยานควบคุมระยะไกลให้กับหน่วยการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

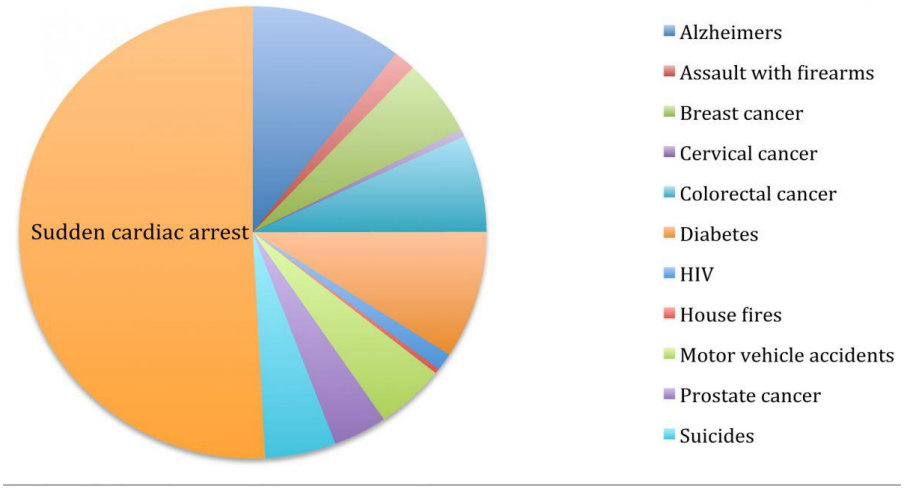
2.1 ทฤษฎีและแนวคิด

ภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน (Sudden Cardiac Arrest: SCA) ถือว่าเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ชีวิตได้หากไม่ได้รับการช่วยเหลือที่รวดเร็วพอ จากข้อมูลของ Sudden Cardiac Arrest Foundation พบว่ามากกว่า 50% ของการเสียชีวิตมีสาเหตุมาจาก SCA

โดยปกติหากผู้ที่เป็น SCA อยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์และพยาบาล การช่วยเหลือสามารถกระทำได้ง่ายและทันท่วงที อย่างไรก็ตาม มีหลายครั้งที่ผู้ป่วยอยู่ในพื้นที่นอกเหนือจากสถานพยาบาล (ในพื้นที่สาธารณะ เช่น บนท้องถนน อาคารสำนักงาน ห้างและร้านค้าต่างๆ เป็นต้น) ในกรณีนี้การช่วยเหลือจะต้องมีการเรียกหน่วยที่เกี่ยวข้องไปช่วย มิฉะนั้นโอกาสรอดจะน้อยลงและอาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะแวดล้อมของเมืองใหญ่ (กรุงเทพมหานครและปริมลฑล) ซึ่งไม่เอื้อต่อการเข้าถึงของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service : EMS) เนื่องจากมีการจราจรหนาแน่นและติดขัด

ดังนั้น ทางสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (ฟีโบ้) มีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศโดยการใช้ Application บน Smartphone เพื่อแจ้งเหตุ และการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่าย 3G/4G มาช่วยในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น โดยการแจ้งเหตุและอำนวยความสะดวกในการติดต่อระหว่างผู้เชี่ยวชาญ (แพทย์และพยาบาล) กับผู้ช่วยเหลือที่อยู่นอกสถานพยาบาลสามารถนำไปสู่การลดความสูญเสียได้ ทั้งนี้ จะมีการนำเทคโนโลยีอากาศยานไร้นักบิน หรือ Drone มาเป็นพาหนะในการขนส่งเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (AED) เพื่อทดแทนรถพยาบาลที่สามารถเข้าถึงได้ช้ากว่า ซึ่งจะนำไปสู่การลดอัตราผู้เสียชีวิตจาก SCA ได้

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการใช้ Drone ในการส่งอุปกรณ์ Automated External Defibrillator (AED) แก่ผู้ป่วย
(ที่มา: Delft University of Technology)

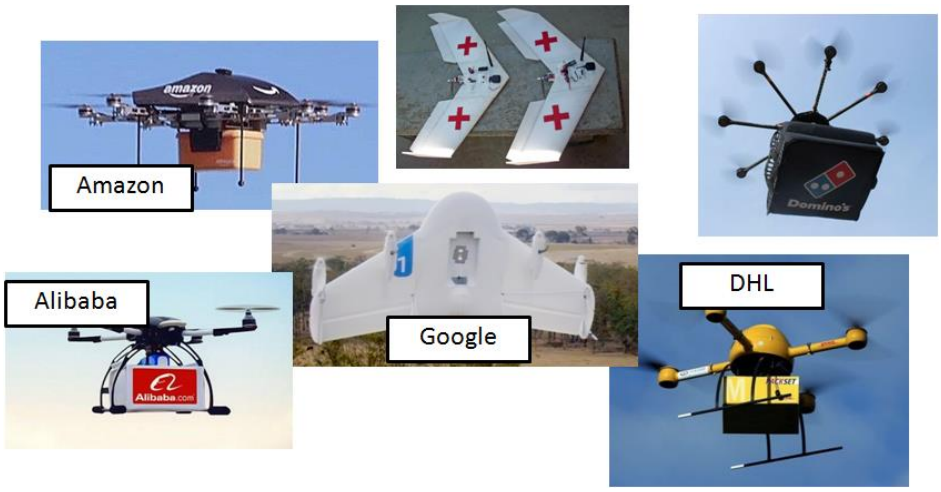


รูปที่ 2.2 สถิติการเสียชีวิตจากโรคต่างๆ
(ที่มา: Sudden Cardiac Arrest Foundation)

2.2 ผลงานวิจัยและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันระบบเทคโนโลยีสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น กิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันเริ่มมีศูนย์กลางอยู่ที่ Smartphone/Tablet ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารผ่าน Social Media การเข้าถึงข้อมูลต่างๆ รวมถึงการสั่งซื้อสินค้า นอกจากนี้ ได้เริ่มมีการนำระบบสารสนเทศเข้าไปใช้ในการบริการทางการแพทย์เช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นการลงทะเบียนผู้ป่วย การเก็บข้อมูลผู้ป่วย การแจ้งเหตุฉุกเฉิน เป็นต้น

สำหรับ Drone นั้น เริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญในงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการทำแผนที่ การบินลาดตระเวน การตรวจสอบสิ่งก่อสร้าง เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานั้นใช้กล้องเป็นหลักในการปฏิบัติงาน อย่างไรก็ตาม เมื่อไม่นานมานี้ได้เริ่มมีการนำ Drone ไปประยุกต์ใช้ในงานใหม่ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการส่งของ ซึ่งสถาบันการศึกษาและบริษัทยักษ์ใหญ่หลายแห่งเริ่มนำแนวคิดนี้มาพัฒนาอย่างจริงจัง โดยมีหลายธุรกิจที่ได้ก่อตั้งขึ้นมาโดยใช้ Drone ในการส่งของโดยเฉพาะ เช่น การส่งอาหาร การส่งยารักษาโรค การส่งเครื่องช่วยชีวิต เป็นต้น (ดูรูปที่ 2.3) และอีกหนึ่งแนวคิดที่ต่อยอดมาคือการนำ Drone ไปใช้ในเหตุการฉุกเฉิน ไม่ว่าจะเป็นการส่งเครื่องช่วยชีวิตไปยังพื้นที่ การส่งห่วงยางสำหรับคนจมน้ำ เป็นต้น (ดูรูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการนำ Drone มาใช้งานในการส่งของ

รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการนำ Drone มาใช้งานในการช่วยชีวิตแบบฉุกเฉิน

ดังนั้น การผสมผสานเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ากับ Drone จะทำให้ช่วยขยายขีดความสามารถในการทำงานด้านการแพทย์มากยิ่งขึ้น ซึ่ง Drone สามารถเข้าถึงพื้นที่ฉุกเฉินได้รวดเร็วและอาศัยการติดต่อสื่อสารผ่านระบบสารสนเทศ เช่น 3G/4G ก่อให้เกิดการทำงานร่วมกันของหลายฝ่าย ทั้งนี้เพื่อให้การช่วยเหลือผู้ป่วย SCA ทำได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3 รูปแบบทั่วไปของ Drone

โดยปกติแล้วรูปแบบของ Drone (หรือ UAV) สามารถแบ่งได้ 4 ประเภทหลักดังนี้

2.3.1 อากาศยานแบบปีกตรึง

เป็นอากาศยานแบบเครื่องบิน ใช้แรงยกจากปีกช่วยทำให้ลอยอยู่ในอากาศ

รูปที่ 2.5 Drone แบบปีกตรึงที่พัฒนาโดยฟีโบ้และนำไปใช้จริงในเหตุการณ์อุทกภัยและการทำแผนที่

ข้อดี

(1) บินได้ระยะทางไกล เนื่องจากใช้พลังงานในการบินน้อย

(2) บินได้เร็ว เนื่องจากมีลักษณะทางอากาศพลศาสตร์ที่ทำให้มีแรงต้านน้อย

ข้อเสีย

(1) ต้องการพื้นที่ในการบินขึ้นและบินลง

(2) ความคล่องตัวต่ำ ไม่สามารถหยุดนิ่งกลางอากาศ ณ ตำแหน่งที่ต้องการได้

2.3.2 อากาศยานแบบปีกหมุน

เป็นอากาศยานที่ใช้แรงจากใบพัดช่วยในการพยุงตัวอยู่ในอากาศ

รูปที่ 2.6 Drone แบบปีกหมุนที่พัฒนาโดยฟีโบ้และใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศ

ข้อดี

(1) มีความคล่องตัวในการบิน สามารถบินโดยหยุดนิ่งอยู่กลางอากาศ ณ ตำแหน่งที่ต้องการได้ รวมถึงหันหัวไปยังพื้นที่ที่สนใจได้ (หากมีการติดกล้อง)

(2) สามารถบินขึ้นและบินลงในแนวดิ่งได้ ทำให้ไม่ต้องการพื้นที่มากในการบินขึ้นและบินลง

ข้อเสีย

(1) ใช้พลังงานไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากต้องการพลังงานตลอดเวลาในการพยุงตัวให้อยู่ในอากาศ ทำให้ไม่สามารถบินได้นานมากเพื่อเทียบกับอากาศยานแบบปีกตรึง

(2) ความเร็วในการบินต่ำเมื่อเทียบกับอากาศยานแบบปีกตรึง

2.3.3 อากาศยานแบบเบากว่าอากาศ

เป็นอากาศยานที่ใช้แรงลอยตัวจาก Gas ช่วยพยุงตัวในอากาศ

รูปที่ 2.7 ตัวอย่าง Drone แบบเบากว่าอากาศ

ข้อดี

(1) มีความปลอดภัยสูง หากระบบเกิดหยุดการทำงาน ยังสามารถลอยได้ด้วยตัวมันเอง

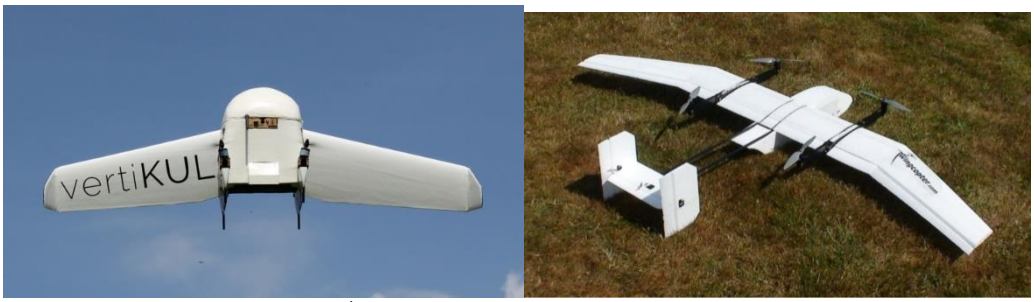
ข้อเสีย

(1) ความเร็วในการบินต่ำมาก เมื่อเทียบกับอากาศยานแบบปีกตรึงและแบบปีกหมุน

(2) ไม่สามารถทนต่อสภาวะลมแรงได้

2.3.4 อากาศยานรูปแบบผสม

เป็นอากาศยานที่ผสมข้อดีของอากาศยานแบบปีกตรึงและปีกหมุนเข้าด้วยกัน โดยใช้ความสามารถในการขึ้นลงแนวดิ่งเหมือนอากาศยานแบบปีกหมุน แต่ระหว่างการบินเดินทางจะใช้ความสามารถในการร่อนแบบอากาศยานแบบปีกตรึง



รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Drone รูปแบบผสม

ข้อดี

(1) สามารถบินขึ้นและบินลงในแนวดิ่งได้ (เหมือนอากาศยานแบบปีกหมุน)

(2) มีความเร็วในการบินสูง (เหมือนอากาศยานแบบปีกตรึง)

ข้อเสีย

(1) ประสิทธิภาพในการบินไม่สูงมากเมื่อเทียบกับอากาศยานแบบอากาศยานแบบปีกตรึงและอากาศยานแบบปีกหมุน

(2) เสถียรภาพในการบินต่ำ โดยเฉพาะในขณะที่เปลี่ยนจากขึ้นลงแนวดิ่งไปบินเดินทาง

2.4 การเลือกรูปแบบ Drone

จากลักษณะเฉพาะที่กำหนดไว้และข้อดีข้อเสียของ Drone แต่ละชนิด สามารถสรุปได้ว่าอากาศยานแบบปีกหมุนเหมาะสมแก่ภารกิจในโครงการเนื่องจากหากเลือกใช้อากาศยานแบบปีกตรึงการบินหลบหลีกบริเวณอาคารสูงทำได้ยากลำบากและการบรรทุกน้ำหนักทำได้น้อย หากต้องการอากาศยานแบบปีกตรึงที่บรรทุกน้ำหนักได้ 2 กิโลกรัมจะต้องเปลี่ยนไปใช้การขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์น้ำมัน ซึ่งทำให้อากาศยานมีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะแก่การบินเข้าพื้นที่ชุมชน นอกจากนี้ หากเลือกใช้อากาศยานรูปแบบผสม การบินเดินทางยังต้องใช้แบบอากาศยานแบบปีกตรึง ซึ่งต้องใช้เครื่องยนต์ในการทำงาน สำหรับอากาศยานแบบเบากว่าอากาศนั้น ถึงแม้ว่าจะมีความปลอดภัยสูง แต่ไม่เหมาะสมกับการบินในที่สูงซึ่งมักมีลมแรง หากต้องการให้ต้านลมได้จะต้องมีขนาดใหญ่ซึ่งไม่สะดวกในการใช้งาน นอกจากนี้ การใช้ Gas ในการบินจะต้องคอยเติม Gas ให้เต็มตลอดเวลา เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้วจะมีการรั่วของ Gas ออกมาตลอด ตามรอยเย็บของตัวลำ ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทางทีมวิจัยจึงเลือกใช้ Multirotor โดยมีคุณสมบัติเบื้องต้นดังนี้

- มี 6 ใบพัดเป็นอย่างน้อย เพื่อให้สามารถยกน้ำหนัก 2 กิโลกรัม ได้และช่วยพยุงตัวได้กรณีที่มีชุดขับเคลื่อนบางตัวเสียหาย

- ระบบควบคุมการบินแบบอัตโนมัติหรือโปรแกรมที่สามารถแก้ไขได้ เพื่อให้สามารถดัดแปลงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะสมกับภารกิจ โดยมีการทำงานพื้นฐานเป็นแบบ Waypoint Navigation (กำหนดพิกัด GPS แล้วให้ Drone บินไปยังตำแหน่งที่กำหนดโดยอัตโนมัติ)

โดยปกติ หากรู้พิกัด GPS ของปลายทาง การใช้ Drone บินไปให้ถึงตำแหน่งที่ต้องการเป็นสิ่งที่สามารถกระทำได้ไม่ยากด้วยเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งใช้ GPS ในการนำร่องเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ในกรณีของสิ่งแวดล้อมแบบเมืองใหญ่ (Urban Area) ซึ่งมีอุปสรรค (Obstacles) ที่หลากหลายทั้งอยู่นิ่ง (Static) และเคลื่อนที่ (Dynamic) นอกจากนี้ อาคารสูงยังทำให้ระบบ GPS ทำงานได้ไม่เต็ม

ประสิทธิภาพ (เนื่องจากไปบดบังการรับสัญญาณจากดาวเทียม) ดังนั้น ความยากของการพัฒนา Drone ในโครงการจะขึ้นอยู่กับ

- ต้องสามารถระบุพื้นที่ในการลงจอด (ซึ่งต้องใกล้กับตำแหน่งที่ผู้ป่วยล้มลงให้มากที่สุด) หรืออาจหย่อนอุปกรณ์ด้วยเชือก ซึ่งจะทำการศึกษาในรายละเอียดว่าพื้นที่แบบไหนควรใช้วิธีการส่งอุปกรณ์แบบใดที่เหมาะสมที่สุด
- การบินเดินทางและลงจอดอย่างปลอดภัย โดยที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายแก่ Drone เอง และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง เช่น ผู้คน รถยนต์ อาคาร เป็นต้น
-

2.5 ชุด Payload

โดยปกติการช่วยเหลือผู้ที่มีภาวะ SCA ในกรณีที่ไม่ได้อยู่ในสถานพยาบาล จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator: AED) โดยเครื่องชนิดนี้จะใช้ไฟฟ้าในการช่วยกระตุ้นการทำงานของหัวใจในกรณีที่หัวใจเต้นผิดปกติหรือหยุดเต้นให้กลับมาทำงานได้ตามปกตินอกจากนี้ อุปกรณ์บางรุ่นยังสามารถติดตามการทำงานของคลื่นหัวใจ มีเสียงประกอบในการช่วยชีวิต มีคำแนะนำการใช้งาน เป็นต้น

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator: AED)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แผนปฏิบัติการโครงการ

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม																		น้ำหนัก (%)
		2560				2561				2562				2563				2564		
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	
1.	จัดทำแผนการดำเนินงานโครงการ แผนการขออนุญาตทดสอบระบบจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แผนความร่วมมือทางการแพทย์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง แผนความร่วมมือทางการแพทย์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง																			20
	ศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานเบื้องต้น																			
	ศึกษาเทคโนโลยี เครื่องมือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง																			
	ออกแบบแนวคิด รูปแบบและวิธีเบื้องต้น																			
2.	ออกแบบภาพรวมในการทำงานของระบบ																			60
	ออกแบบ พัฒนาและทดสอบระบบสารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ																			

โครงการอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน
(สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน)

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม																		น้ำหนัก (%)
		2560				2561				2562				2563				2564		
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	
	ออกแบบ พัฒนาและทดสอบการทำงานของอากาศยานควบคุมระยะไกล																			
	ออกแบบ พัฒนาและทดสอบระบบการสื่อสาร																			
3.	พัฒนาระบบในการทำงานร่วมกันพร้อมการทดสอบเบื้องต้น																			20
	ทดสอบการทำงานในสถานการณ์จำลอง																			
	ปรับปรุงและทดสอบการทำงานโดยสมบูรณ์																			
	จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ พร้อมส่งมอบเทคโนโลยี/ระบบ																			
รวม																				**100 %**

หมายเหตุ

สีเหลือง เป็นระยะเวลาที่ทำการขยายโครงการ ครั้งที่ 1 จากแผนปฏิบัติงานเดิม

สีแดง เป็นระยะเวลาที่ทำการขยายโครงการ ครั้งที่ 2 จากแผนการขยายโครงการครั้งที่ 1

แผนปฏิบัติการโครงการเพื่อปรับปรุงหลังจากมีข้อเสนอแนะจากคณะกรรมการพิจารณาผลการดำเนินงาน

ลำดับ	กิจกรรมที่สำคัญ	ระยะเวลาการดำเนินกิจกรรม								
		ประจำปี 2563				ประจำปี 2564				น้ำหนัก (%)
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	
1	จัดซื้ออุปกรณ์สำหรับพัฒนาฟังก์ชันการหลบหลีกสิ่งกีดขวางของอากาศยานไร้คนขับ		ติด สถานการณ์ โควิด							
2	พัฒนาฟังก์ชันเพื่อให้อากาศยานไร้คนขับ สามารถทำการบินหลบหลีกสิ่งกีดขวาง			ติด สถานการณ์ โควิด						
3	ทดสอบการบินจริง เพื่อทดสอบการบินหลบหลีกสิ่งกีดขวาง					ติด สถานการณ์ โควิด				
รวม										

3.2 วิธีการ/ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยและพัฒนา

3.2.1 ศึกษาความต้องการเบื้องต้นในการพัฒนาระบบสำหรับช่วยเหลือผู้ป่วย SCA เป็นดังต่อไปนี้

3.2.1.1 ระบบช่วยเหลือ

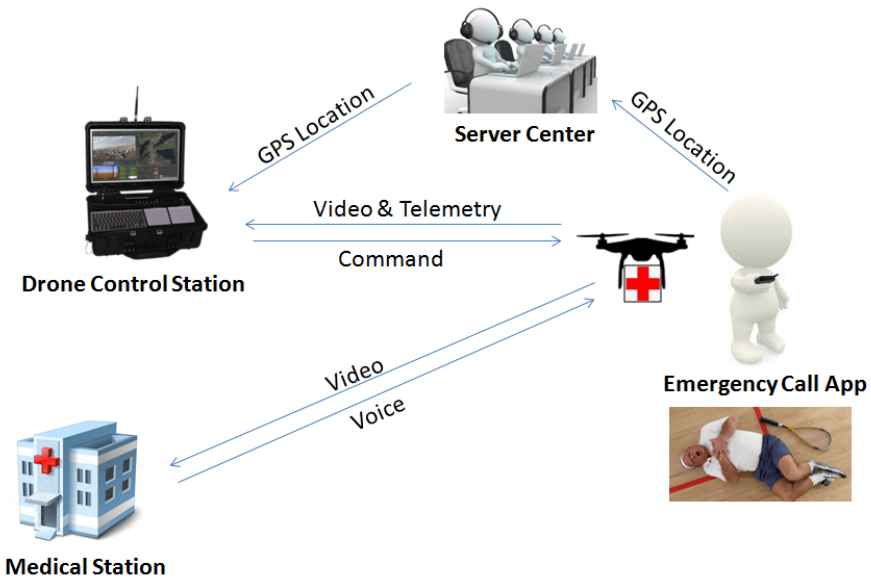
- สามารถใช้ Voice Call เพื่อแจ้งเหตุ
- มีการขนส่ง AED และกล้องไปยังที่เกิดเหตุ (ด้วย Drone)
- ผู้ช่วยเหลือสามารถติดต่อสื่อสารกับทางเจ้าหน้าที่เกี่ยวข้องผ่านระบบ 3G/4G โดยเจ้าหน้าที่สามารถเห็นผู้ป่วยได้แบบ Real-time เพื่อช่วยในการวินิจฉัยและให้คำแนะนำเบื้องต้นก่อนที่ทีมผู้เชี่ยวชาญจะไปถึงที่เกิดเหตุ

3.2.1.2 พื้นที่

- พื้นที่จำลองสถานการณ์ภายในกรุงเทพมหานครและปริมลทล

3.2.2 ศึกษาองค์ประกอบของระบบช่วยเหลือ

องค์ประกอบของระบบช่วยเหลือสามารถแสดงได้ดังรูป ทั้งนี้ในโครงการนี้จะทำการศึกษาเพิ่มเติมว่าองค์ประกอบใดบ้างที่สามารถรวมหรือแยกกันอยู่ได้ หากต้องมีการนำไปพัฒนาต่อยอดเพื่อใช้งานจริงในอนาคต



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบทั้งหมดของระบบช่วยเหลือผู้ป่วยฉุกเฉินด้วย Drone

3.2.2.1 Emergency Call App

เป็นระบบที่ผู้ช่วยเหลือต้องใช้แจ้งเหตุ โดยสามารถส่งพิกัด GPS ของผู้ป่วยไปยัง Server Center โดยติดตั้งในโทรศัพท์เคลื่อนที่

3.2.2.2 Server Center

เป็นศูนย์ที่คอยรับแจ้งเหตุและส่งพิกัด GPS และข้อมูลที่เกี่ยวข้องไปยัง Drone Center นอกจากนี้ ในอนาคตศูนย์นี้จะยังทำหน้าที่ในการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ Drone ควรปล่อย เพื่อไปให้ถึงผู้ป่วยให้เร็วที่สุด นอกจากนี้ยังทำ หน้าที่ออกรายงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

3.2.2.3 Drone Control Station

เป็นศูนย์ควบคุม Drone ซึ่งสั่งให้ Drone ทำงาน ติดตามสถานะของ Drone ตลอดจนสั่งหยุดการทำงานกรณีที่ระบบเกิดขัดข้อง ที่ศูนย์ควบคุมต้องสามารถดู Video แบบ Real-time จาก Drone ได้ซึ่งใช้กรณีเกิดเหตุฉุกเฉินและมีคนบังคับ Drone ให้ลงอย่างปลอดภัย

3.2.2.4 Drone

Platform สำหรับการบรรทุก AED และกล้องไปยังตำแหน่งที่เกิดเหตุ สามารถส่ง Real-time Video ไปยัง Drone Center และ Medical Center

3.2.2.5 Medical Station

เป็นศูนย์ที่มีแพทย์ติดต่อกับผู้ช่วยเหลือ (โรงพยาบาล) ทำหน้าที่ให้คำแนะนำในการปฏิบัติต่อผู้ป่วย นอกจากนี้ แพทย์ยังสามารถวินิจฉัยผู้ป่วยจากกล้องที่ติดอยู่บน Drone แบบ Real-time ได้อีกด้วย

3.2.3 การพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการแจ้งเหตุและช่วยเหลือ

3.2.3.1 ระบบสารสนเทศสำหรับการแจ้งเหตุ

เมื่อมีผู้ป่วยเกิดอาการหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน การติดต่อกับศูนย์ที่เกี่ยวข้องนั้นจะต้องทำโดยเร็วที่สุดเพื่อลดโอกาสการเสียชีวิตของผู้ป่วย ทั้งนี้การใช้โทรศัพท์แจ้งเหตุฉุกเฉินนั้นอาจจะเป็นขั้นตอนที่รวดเร็ว แต่การใช้โทรศัพท์โทรแจ้งเหตุนั้นยังไม่สามารถระบุตำแหน่งพิกัดของผู้ป่วยได้โดยตรงทำให้เสียเวลาในการแจ้งตำแหน่งพิกัดของผู้ป่วย

ปัจจุบันเทคโนโลยี Smartphone ถูกพัฒนาอย่างรวดเร็วและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดย Smartphone สามารถติดตั้งแอพพลิเคชั่นเพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทางทีมวิจัยได้เล็งเห็นประโยชน์จากการประยุกต์ใช้แอพพลิเคชั่น ใน Smartphone เพื่อการแจ้งเหตุฉุกเฉิน โดยจะทำการพัฒนาแอพพลิเคชั่นให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่าย นอกจากนี้ภายในแอพพลิเคชั่นยังสามารถหาตำแหน่งพิกัดจากโทรศัพท์มือถือของผู้แจ้งเหตุโดยอัตโนมัติ และผู้แจ้งเหตุสามารถถ่ายรูปผู้ป่วยเพื่อส่งให้แพทย์วินิจฉัยเบื้องต้นได้ ทำให้การแจ้งเหตุฉุกเฉินทำได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างแอพพลิเคชั่นสำหรับรายงานเหตุฉุกเฉิน

3.2.3.2 ระบบสารสนเทศสำหรับการช่วยเหลือ

ในการช่วยชีวิตผู้ป่วยที่เกิดอาการหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลันนั้นจะต้องทำการปฐมพยาบาลโดยเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ เนื่องจากในทุกๆ 1 นาที โอกาสเสียชีวิตของผู้ป่วยจะเพิ่มขึ้นทุกๆ 10% ดังนั้น ในการนำ Drone มาใช้งานในการช่วยชีวิตแบบฉุกเฉินจะได้ผลดีที่สุดหาก Drone เดินทางจากสถานีไปถึงผู้ป่วยภายในเวลา 5 นาที เพราะจะทำให้โอกาสรอดมีมากกว่า 50% การศึกษาตำแหน่งการปล่อย Drone เพื่อให้สามารถเดินทางไปถึงผู้ป่วยได้โดยเร็วจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องคำนึงถึง

3.2.4 การออกแบบระบบ

ในโครงการนี้เป็นโครงการการจัดทำแอพพลิเคชั่นสำหรับรายงานเหตุฉุกเฉินเมื่อมีผู้ป่วยเกิดอาการหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน เพื่อลดเวลาในการแจ้งเหตุ โดยแนวคิดในการดำเนินงานมีดังนี้

3.2.4.1 ระบบสารสนเทศสำหรับการแจ้งเหตุ

1) ออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้ (User Interface)

ในการออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้ จะต้องออกแบบให้ผู้ใช้สามารถทำการรายงานเหตุฉุกเฉินได้เร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ ดังนั้นรูปแบบเบื้องต้นของส่วนประสานงานกับผู้ใช้ของแอพพลิเคชั่นจะมีลักษณะที่เรียบง่าย ผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่ายและใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

2) จัดทำแอพพลิเคชั่นสำหรับรายงานเหตุฉุกเฉิน

ส่วนประกอบสำคัญสำหรับแอพพลิเคชั่นสำหรับรายงานเหตุฉุกเฉินเมื่อมีผู้ป่วยเกิดอาการหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลันคือ ตำแหน่งพิกัดของผู้ป่วย ดังนั้นในการจัดทำแอพพลิเคชั่นจะออกแบบให้แอพพลิเคชั่นทำการอ่านตำแหน่งพิกัดของผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินอัตโนมัติเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการรายงาน นอกจากนี้ในแอพพลิเคชั่นจะมีฟังก์ชันสำหรับถ่ายภาพเพื่อให้ผู้แจ้งเหตุฉุกเฉินสามารถส่งภาพถ่ายไปยังระบบ ทำให้แพทย์สามารถวิเคราะห์อาการเบื้องต้นได้

3.2.4.2 ระบบสารสนเทศสำหรับการช่วยเหลือ

1) ออกแบบในส่วนของเซิร์ฟเวอร์

ในส่วนของเซิร์ฟเวอร์จะเป็นส่วนที่ใช้ในการรับแจ้งเหตุจากแอพพลิเคชั่น โดยทางคณะทำงานจะทำการออกแบบให้แสดงข้อมูลรายงานใน Map application เพื่อให้เจ้าหน้าที่ที่รับข้อมูลสามารถตัดสินใจเลือกตำแหน่งสถานี Drone ที่ใกล้กับที่เกิดเหตุมากที่สุด โดยในระบบจะต้องมีส่วนที่ใช้ในการติดต่อไปยังสถานีแต่ละที่เพื่อส่งข้อมูลการแจ้งเหตุไปยังสถานีนั้นๆ

2) พัฒนาเซิร์ฟเวอร์

หลังจากทำการออกแบบเซิร์ฟเวอร์แล้วเสร็จ ทางคณะทำงานจะทำการพัฒนาเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการรับรายงานและส่งข้อมูลรายงานไปยังสถานี Drone ที่ใกล้ที่สุด

3) การพัฒนาส่วนของการจัดการรายงาน

ในการรายงานเหตุแต่ละครั้ง รายงานจะถูกจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งทางคณะทำงานจะทำการพัฒนาส่วนของการจัดการรายงาน สำหรับเจ้าหน้าที่ เพื่อให้สามารถจัดการกับรายงานที่ถูกบันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยในส่วนของการจัดการรายงานมีความสามารถ ดังนี้

- มีระบบการ log-in เพื่อความปลอดภัยของระบบและข้อมูล
- ค้นหาและแสดงรายละเอียดของการรายงานตามช่วงวันที่
- แก้ไขรายละเอียดของรายงาน
- ลบรายงาน

3.2.5 การพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการแบก AED ไปถึงที่หมาย

3.2.5.1 แนวคิดในการพัฒนา Drone

โดยปกติผู้ที่มีภาวะ SCA จะต้องได้รับการช่วยเหลืออย่างรวดเร็วที่สุด ในทุกๆ หนึ่งนาทีที่ผ่านไป โอกาสในการรอดชีวิตจะลดลง 10% ดังนั้น เพื่อให้ผู้ป่วยมีโอกาสรอดมากกว่า 50% การส่ง Drone ไปถึงที่หมายจะต้องทำภายในระยะเวลา 5 นาที นอกจากนี้ หากพิจารณาสิ่งแวดล้อมของเมืองซึ่งมีตึกสูงและพื้นที่จำกัด Drone จะต้องมีความสามารถขึ้นและลงในแนวดิ่งได้

และเนื่องด้วยลักษณะของความต้องการดังกล่าว Drone ที่จะพัฒนาจึงไม่ได้เน้นให้บินไกล เนื่องจากหากส่ง Drone ไปในระยะทางไกลๆ จะทำให้เกิดการเสียเวลา ดังนั้น Drone ที่จะใช้ต้องเน้นให้สามารถบินไปถึงที่หมายได้รวดเร็วและสามารถแบก AED ไปยังที่เกิดเหตุได้

จากลักษณะงานดังกล่าว ในการออกแบบ Drone จะต้องให้มีความสามารถดังนี้

3.2.5.2 ตัวลำ

- สามารถขึ้นลงในแนวดิ่งได้ (เพื่อความสะดวกในการใช้งานในเขตเมือง)
- บินไปถึงที่หมายได้ภายในระยะเวลา 5 นาที (เน้นบินเร็วมากกว่าบินระยะทางไกล)

3.2.5.3 การควบคุมและนำร่องพื้นฐาน

- สามารถบินแบบ Waypoint Navigation ได้

3.2.5.4 ชุด Payload

- แบกอุปกรณ์น้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม
- มีกล้องที่รองรับระบบ VDO ส่งสัญญาณแบบ Real-time มายังหน่วยบริการทางการแพทย์

3.2.5.5 อุปกรณ์ภาคพื้นดิน

- ระบบติดตามตำแหน่งและสถานะการบินของอากาศยานแบบ Real-time
- ระบบรับและแสดงผล VDO แบบ Real-Time

3.2.5.6 การสื่อสาร

- สามารถสื่อสารได้สองทางระหว่างเจ้าหน้าที่ซึ่งอยู่ในห้องควบคุมและผู้ช่วยเหลือซึ่งอยู่ที่เกิดเหตุ

3.2.5.7 ความปลอดภัย

- กรณีเสียการควบคุมหรือผิดพลาดจะต้องไม่ทำอันตรายแก่คนในที่สาธารณะ

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 แผนความร่วมมือทางการแพทย์กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.1.1 ความร่วมมือทางการแพทย์กับโรงพยาบาลวิภาวดี

โรงพยาบาลวิภาวดีได้ให้ความร่วมมือในการให้คำปรึกษาทางการแพทย์ เกี่ยวกับผู้ป่วยโรคภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน และ แนะนำถึงกระบวนการรวมถึงขั้นตอนเกิดเหตุในสถานการณ์ฉุกเฉิน อีกทั้งความเหมาะสมในการออกแบบระบบการทำงานระบบอากาศยานไร้นักบินสำหรับงานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อที่จะส่งต่อการและร่วมงานกันระหว่างผู้แจ้งเหตุ บุคลากรทางการแพทย์และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางการแพทย์ฉุกเฉินเป็นต้น

รูปที่ 4.1 ประชุมขอความร่วมมือในการทำวิจัยกับโรงพยาบาลวิภาวดี

4.1.2 ความร่วมมือทางหน่วยการแพทย์ฉุกเฉินกับศูนย์เอราวัณ

ศูนย์เอราวัณได้ให้ความร่วมมือในการให้คำปรึกษาทางกระบวนการรวมถึงขั้นตอนเกิดเหตุในสถานการณ์ฉุกเฉินในลักษณะของการปฏิบัติงานการรับแจ้งเหตุฉุกเฉิน การแจกจ่ายข้อมูลงานการแพทย์ฉุกเฉิน การส่งผู้ป่วยไปยังโรงพยาบาลต่างๆ ในขณะเกิดเหตุ และทางศูนย์เอราวัณได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกระบวนการออกแบบระบบอากาศยานไร้นักบิน สำหรับงานด้านการแพทย์ฉุกเฉินให้มีความเหมาะสมกับผู้ใช้งานทั้งผู้แจ้งเหตุ ผู้รับเหตุ และบุคลากรทางการแพทย์ เป็นต้น

รูปที่ 4.2 ประชุมขอความร่วมมือในการทำวิจัยกับศูนย์เอราวัณ

4.1.3 แผนการขออนุญาตทดสอบระบบและการทดสอบอากาศยานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

4.1.3.1 สรุปหลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558

1. อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก หมายความว่า อากาศยานที่ควบคุมการบิน โดยผู้ควบคุมการบินอยู่ภายนอกอากาศยานและใช้ระบบควบคุมอากาศยาน ทั้งนี้ไม่รวมถึงเครื่องบินเล็ก ซึ่งใช้เป็นเครื่องเล่นตามกฎกระทรวงกำหนดวัตถุซึ่งไม่เป็นอากาศยาน พ.ศ. 2548

2. ระบบควบคุมอากาศยาน หมายความว่า ชุดอุปกรณ์อันประกอบด้วยเครื่องเชื่อมโยงคำสั่งควบคุมหรือการบังคับอากาศยาน รวมทั้งสถานีหรือสถานที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์เหล่านี้หรือเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการบินจากภายนอกและตัวอากาศยานด้วย

3. อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ที่มีน้ำหนักไม่เกิน 25 กิโลกรัม เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน จะต้องมีคุณสมบัติและลักษณะดังต่อไปนี้

3.1. สำหรับงานวิจัยและพัฒนาอากาศยานนั้นต้องเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้น โดยมีวัตถุประสงค์และดำเนินการเพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน

3.2. ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานนั้น ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนต่ออธิบดี พร้อมด้วยเอกสารและหลักฐานแสดงรายละเอียด กรณีผู้ขอขึ้นทะเบียนเป็นนิติบุคคล ดังต่อไปนี้

- หนังสือรับรองหรือหลักฐานการเป็นนิติบุคคล ซึ่งแสดงรายการเกี่ยวกับชื่อ วัตถุประสงค์ ที่ตั้งสำนักงาน และ ผู้มีอำนาจลงนามผูกพันนิติบุคคลที่เป็นปัจจุบัน โดยมีคำรับรองของผู้มีอำนาจให้คำรับรอง ตามกฎหมายไม่เกินสามสิบวัน นับแต่วันที่ออกหนังสือรับรองหรือหลักฐานนั้น

- บัญชีรายชื่อหุ้นส่วนผู้จัดการหรือกรรมการผู้จัดการ และ ผู้มีอำนาจควบคุม (ถ้ามี)

3.3. สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือ สำเนาหนังสือเดินทางของบุคคลตามข้อ 17690348.12.-

3.4. รายชื่อของผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน และ บุคคลอื่นที่จำเป็นต้องมีในการปฏิบัติการบินของอากาศยาน

3.5. สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน และ สำเนาทะเบียนบ้าน รวมทั้งเอกสารแสดงความยินยอม ของบุคคลตามข้อ 3.5

3.6. แบบ ยี่ห้อ หมายเลขประจำตัวเครื่อง จำนวน และสมรรถนะของอากาศยาน รวมทั้ง อุปกรณ์ที่ติดตั้ง

3.7. สำเนากรมธรรม์ประกันภัย ซึ่งคุ้มครองความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจน ทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

3.8. วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน

3.9. ขอบเขตของพื้นที่ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่จะทำการบิน

3.10. ข้อมูลติดต่อของผู้ยื่นคำขอลงทะเบียน

3.11. คำรับรองว่าผู้แทนนิติบุคคลและผู้จัดการของนิติบุคคล

4. ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ 4 แล้ว ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ดังต่อไปนี้ โดยอนุโลม

4.1. ก่อนทำการบิน

4.1.1. ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพที่สามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน

4.1.2. ได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน

4.1.3. ทำการศึกษาพื้นที่และชั้นของห้วงอากาศที่จะทำการบิน

4.1.4. มีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนสำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และ การแก้ปัญหากรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้

4.1.5. มีการบำรุงรักษาตามคู่มือของผู้ผลิต

4.1.6. มีความรู้ความชำนาญในการบังคับอากาศยานและระบบของอากาศยาน

4.1.7. มีความรู้ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ

4.1.8. นำหนังสือหรือสำเนาหนังสือการขึ้นทะเบียนติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน

4.1.9. มีอุปกรณ์ดับเพลิงที่สามารถใช้งานได้ติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน

4.1.10. มีการทำประกันภัยสำหรับความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สิน ของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

4.2. ระหว่างทำการบิน

4.2.1. ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น

4.2.2. ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณเขตห้าม เขตกำกัด และเขตอันตรายตามที่ประกาศใน เอกสารแถลงข่าวการบินของประเทศไทย (Aeronautical Information Publication – Thailand หรือ AIP – Thailand) รวมทั้ง สถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่จะได้รับอนุญาต จากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่

4.2.3. แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง

4.2.4. ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบิน และห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัยชุดกล่องบนอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง

4.2.5. ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน

4.2.6. ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ

4.2.7. ห้ามทำการบินภายในระยะเก้ากิโลเมตร (ห้าไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลง ชั่วคราวของอากาศยาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาต

4.2.8. ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกินเก้าสิบเมตร (สามร้อยฟุต) เหนือพื้นดิน

4.2.9. ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่

4.2.10. ห้ามบังคับอากาศยานเข้าใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน

4.2.11. ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น

4.2.12. ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญแก่ผู้อื่น

4.2.13. ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน

4.2.14. ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง อาคาร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินน้อยกว่าห้าสิบเมตร (หนึ่งร้อยห้าสิบฟุต)

4.2.15. เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแก่อากาศยาน ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานแจ้งอุบัติเหตุนั้น ต่อพนักงานเจ้าหน้าที่โดยไม่ชักช้า

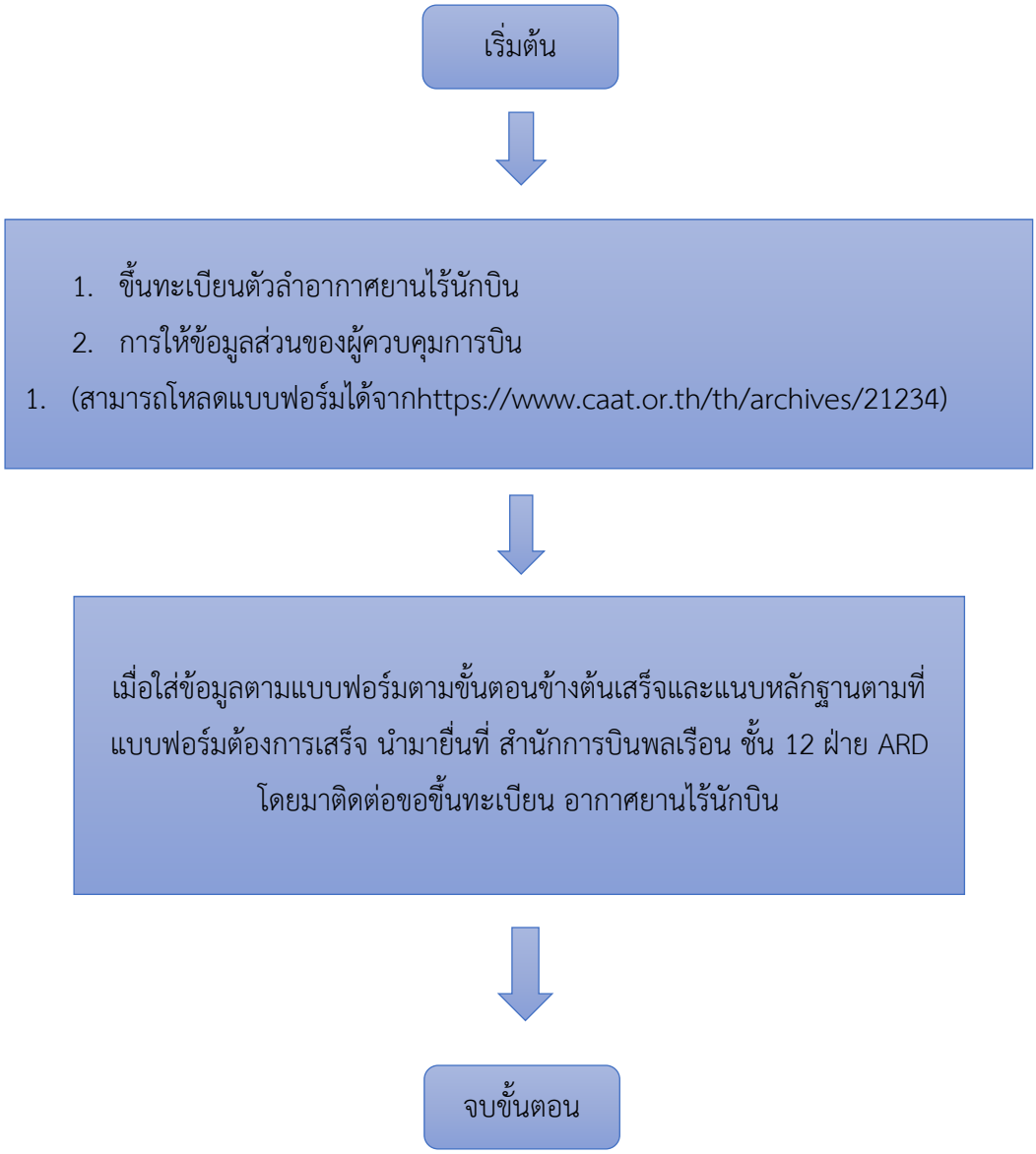
5. อธิบดีตรวจสอบคุณลักษณะและหลักฐาน หากถูกต้องครบถ้วนจะออกหนังสือขึ้นทะเบียนให้โดยมีอายุสองปี นับแต่วันออกหนังสือ

6. หากต่อหนังสือขึ้นทะเบียนให้ทำก่อนวันสิ้นอายุไม่น้อยกว่าสามสิบวัน

เมื่อปรากฏว่า ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ตามวรรคหนึ่งให้อธิบดีมีอำนาจสั่งให้แก้ไขการกระทำนั้นภายในระยะเวลาที่กำหนด หากไม่ดำเนินการ หรือ การฝ่าฝืนหรือการไม่ปฏิบัติดังกล่าวจะก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งเพิกถอน การขึ้นทะเบียน

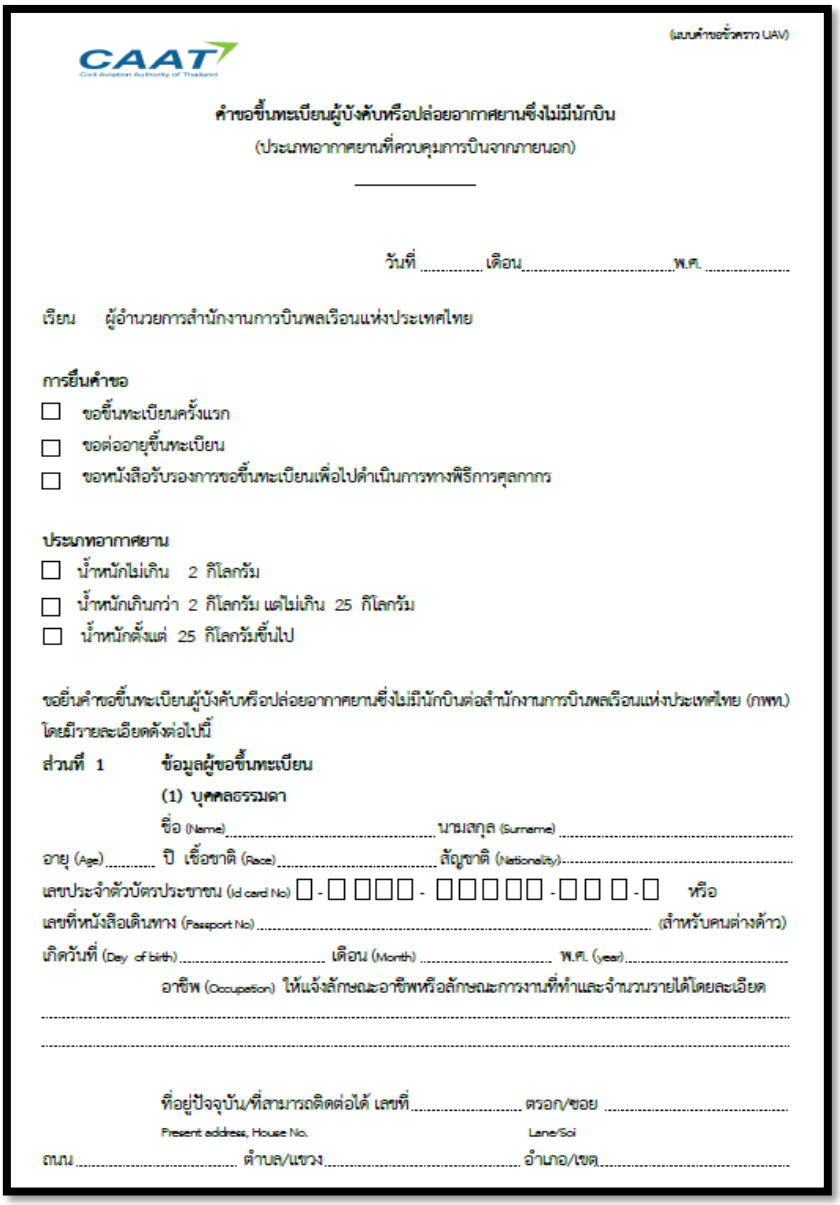
4.1.3.2 ขั้นตอนและแบบฟอร์มสำหรับการขอขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้นักบินสำหรับงานวิจัย

1) Flowchart แสดงขั้นตอนการขอขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้นักบิน



รูปที่ 4.3 Flowchart การขึ้นทะเบียนตัวลำอากาศยานไร้นักบิน และ ข้อมูลผู้ควบคุมการบิน

2) การขึ้นทะเบียน ส่วนตัวลำของอากาศยานไร้นักบิน นั้นจะมีแบบฟอร์มที่ต้องใส่ข้อมูล ดังรูปที่ 4.4 (หมายเหตุ หากตัวลำอากาศยานไร้นักบินได้รับความเสียหายแล้วมีความจำเป็นต้องจัดทำลำใหม่ต้องนำมาขึ้นทะเบียนใหม่อีกครั้ง)



(แบบคำขอชั่วคราว UAV)

CAAT
Civil Aviation Authority of Thailand

คำขอขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน
(ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก)

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .....

เรียน ผู้อำนวยการสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย

การยื่นคำขอ
☐ ขอขึ้นทะเบียนครั้งแรก
☐ ขอต่ออายุขึ้นทะเบียน
☐ ขอหนังสือรับรองการขอขึ้นทะเบียนเพื่อไปดำเนินการทางพิธีการศุลกากร

ประเภทอากาศยาน
☐ น้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม
☐ น้ำหนักเกินกว่า 2 กิโลกรัม แต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม
☐ น้ำหนักตั้งแต่ 25 กิโลกรัมขึ้นไป

ขอยื่นคำขอขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินต่อสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย (กพท.) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ขอขึ้นทะเบียน

(1) บุคคลธรรมดา

ชื่อ (Name) ..... นามสกุล (Surname) .....

อายุ (Age) ..... ปี เชื้อชาติ (Race) ..... สัญชาติ (Nationality) .....

เลขประจำตัวบัตรประชาชน (Id card No.) ☐-☐☐☐☐-☐☐☐☐☐-☐☐-☐ หรือ

เลขที่หนังสือเดินทาง (Passport No.) ..... (สำหรับคนต่างด้าว)

เกิดวันที่ (Day of birth) ..... เดือน (Month) ..... พ.ศ. (year) .....

อาชีพ (Occupation) ให้แจ้งลักษณะอาชีพหรือลักษณะการงานที่ทำและจำนวนรายได้โดยละเอียด

.....

.....

ที่อยู่ปัจจุบัน/ที่สามารถติดต่อได้ เลขที่ ..... ตรอก/ซอย .....
Present address, House No. Lane/Soi

ถนน ..... ตำบล/แขวง ..... อำเภอ/เขต .....

(a)

Road Tambol Amphur

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

Province Postal code Phone

โทรสาร..... ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์.....

Facsimile E-mail

/(2) นิติบุคคล ...

2

(2) นิติบุคคล

ชื่อนิติบุคคล.....

ลักษณะธุรกิจหรือกิจกรรมที่ประกอบการ (โดยละเอียด).....

.....

.....ที่ตั้งสำนักงานแห่งใหญ่/ที่สามารถติดต่อได้ เลขที่..... ตรอก/ซอย.....

ถนน..... ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

โทรสาร..... ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

สำนักงานสาขาทุกแห่ง (ถ้ามี).....

.....

.....

(3) ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การ หรือหน่วยงานของรัฐ ซึ่งเป็นนิติบุคคลตามกฎหมาย

ชื่อส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การ หรือหน่วยงานของรัฐ.....

.....

ที่ตั้งสำนักงาน เลขที่..... ตรอก/ซอย.....

ถนน..... ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

โทรสาร.....

อำนาจหน้าที่/วัตถุประสงค์ (โดยละเอียด).....

.....

.....

ส่วนที่ 2 ข้อมูลผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน

(1) .....

(2) .....

(3) .....

(b)

ส่วนที่ 3 **วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน**

☐ เพื่อการเล่นเป็นงานอดิเรก ความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา

☐ เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน)

☐ เพื่อการถ่ายภาพ ถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์ หรือรายการโทรทัศน์

☐ เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน

☐ กรณีมีวัตถุประสงค์อื่น ให้ระบุ .....

.....

/ส่วนที่ 4 วัตถุประสงค์ ...

นิติบุคคลให้แสดงหนังสือรับรองการจัดตั้ง การจดทะเบียน วัตถุประสงค์ ที่ตั้งสำนักงานสาขา (ถ้ามี) และกรรมการซึ่งเป็นผู้แทน/ผู้จัดการนิติบุคคล (ถ้ามี) และมีอายุไม่เกิน 30 วัน นับแต่วันที่ออกหนังสือรับรอง (ต้องระบุมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกบินถ่ายรูป ถ่ายภาพ ภาพยนตร์ หรือโทรทัศน์ หรือวิจัย หรือมีวัตถุประสงค์อื่นๆ ให้ชัดเจน)

3

ส่วนที่ 4 **ข้อมูลอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก**

(1) แบบอากาศยาน/ยี่ห้อ (Aircraft Type) .....

(2) จำนวนเครื่องยนต์/จำนวนใบพัด .....

(3) เครื่องหมายทะเบียน (Registration marks) .....

(4) หมายเลขประจำเครื่อง (Serial No.) .....

(5) น้ำหนัก (Weight - including battery and propellers) ..... ก.ก./kg

(6) อุปกรณ์ที่ติดตั้ง (Equipment list) .....

(7) เพดานบินสูงสุด (เมตร) .....

(8) คลื่นความถี่ อุปกรณ์วิทยุที่ใช้ในการควบคุม/อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม .....

.....

ส่วนที่ 5 **ข้อมูลการประกันภัยอากาศยาน** .....

.....

ส่วนที่ 6 **ข้อมูลพื้นที่ ตำแหน่งภูมิศาสตร์ ขอบเขตที่จะทำการบิน**

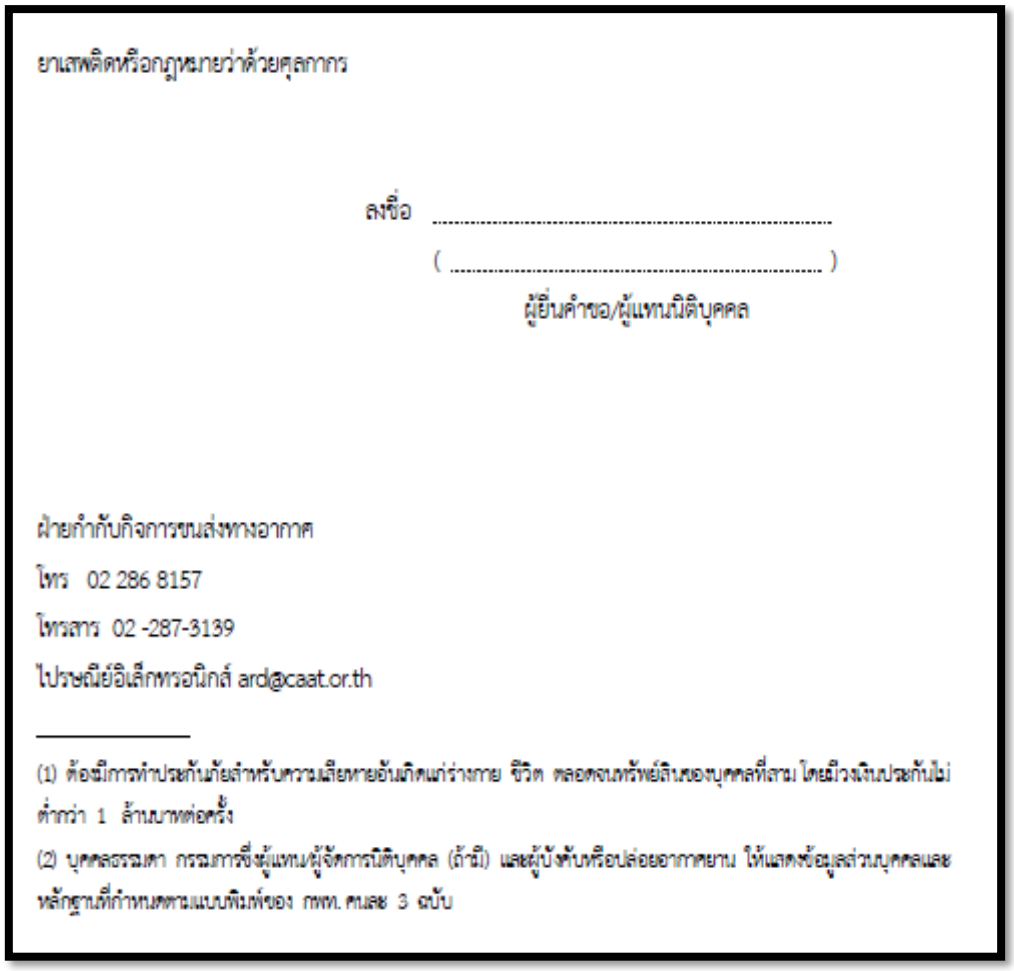
(1) .....

(2) .....

(3) .....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ข้อความ และ/หรือ เอกสารที่แสดงดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ และข้าพเจ้า/ผู้แทนนิติบุคคล ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วย

(c)



ยาเสพติดหรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้ยื่นคำขอ/ผู้แทนนิติบุคคล

ฝ่ายกำกับกิจการขนส่งทางอากาศ

โทร 02 286 8157

โทรสาร 02 -287-3139

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ ard@caat.or.th

---

(1) ต้องมีการทำประกันภัยสำหรับความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ทรัพย์สินของบุคคลที่สาม โดยมีวงเงินประกันไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาทต่อครั้ง

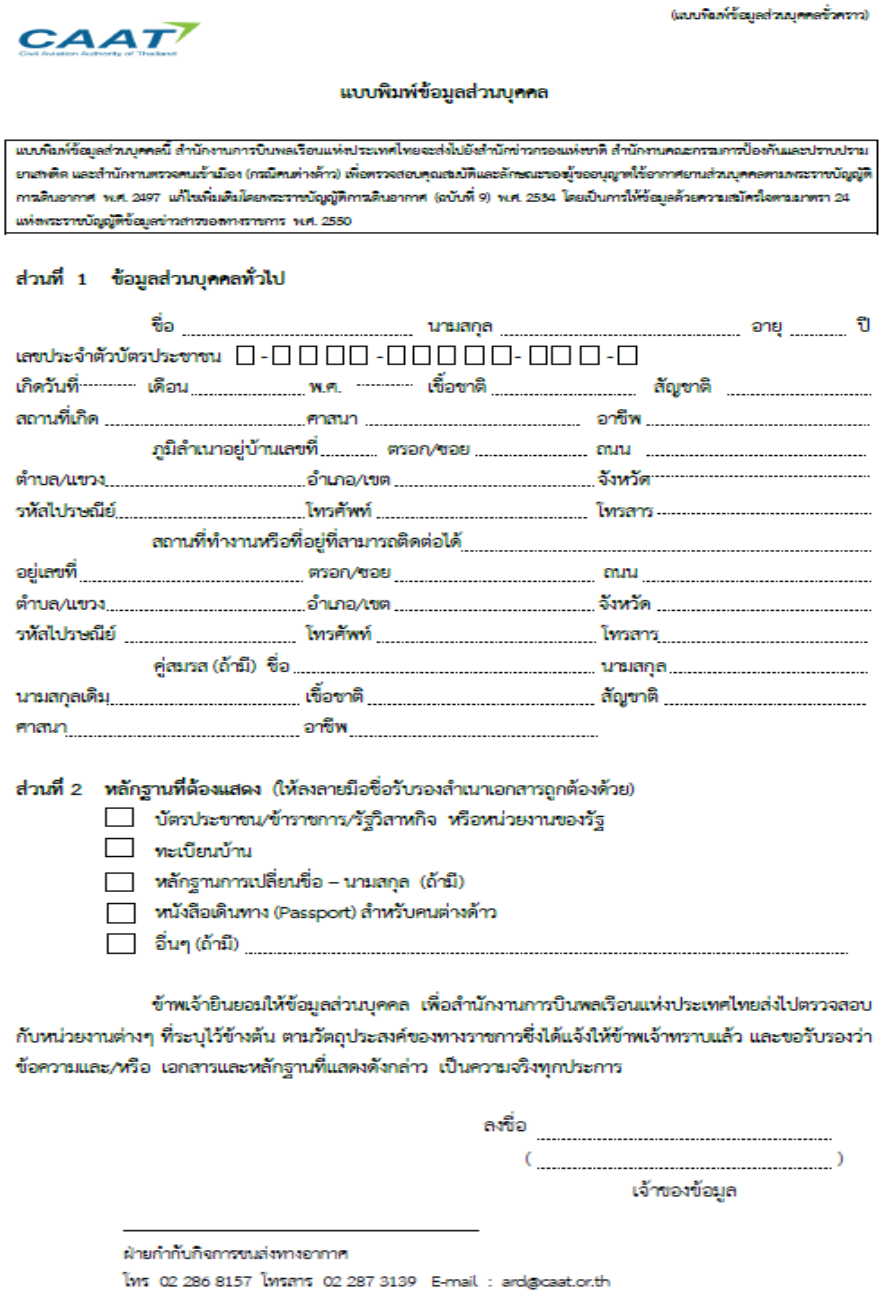
(2) บุคคลธรรมดา กรณีการยื่นคำขอโดยผู้แทน/ผู้จัดการนิติบุคคล (ถ้ามี) และผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน ให้แสดงข้อมูลส่วนบุคคลและหลักฐานที่กำหนดตามแบบพิมพ์ของ กพท. ตามเลข 3 ฉบับ

(d)

รูปที่ 4.4 (a) (b) (c) (d) แบบฟอร์มสำหรับการขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ

3) อากาศยานไร้นักบินต้องมีผู้ควบคุมการบินในแต่ละครั้ง โดยมีแบบฟอร์มที่ต้องใส่ข้อมูลของผู้ควบคุมการบิน ดัง

4) รูปที่ 4.5



(แบบพิมพ์ข้อมูลส่วนบุคคลชั่วคราว)

CAAT
Civil Aviation Authority of Thailand

แบบพิมพ์ข้อมูลส่วนบุคคล

แบบพิมพ์ข้อมูลส่วนบุคคลนี้ สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทยจะส่งไปยังสำนักข่าวกรองแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด และสำนักงานตรวจคนเข้าเมือง (กรณีคนต่างด้าว) เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะของผู้ขออนุญาตใช้อากาศยานส่วนบุคคลตามพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการเดินอากาศ (ฉบับที่ 9) พ.ศ. 2534 โดยเป็นการให้ข้อมูลด้วยความสมัครใจตามมาตรา 24 แห่งพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของทางราชการ พ.ศ. 2550

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลทั่วไป

ชื่อ ..... นามสกุล ..... อายุ ..... ปี
เลขประจำตัวบัตรประชาชน □-□□□□-□□□□□-□□□-□
เกิดวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ..... เชื้อชาติ ..... สัญชาติ .....
สถานที่เกิด ..... ศาสนา ..... อาชีพ .....
ภูมิลำเนาอยู่บ้านเลขที่ ..... ตรอก/ซอย ..... ถนน .....
ตำบล/แขวง ..... อำเภอ/เขต ..... จังหวัด .....
รหัสไปรษณีย์ ..... โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....
สถานที่ทำงานหรือที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้ .....
อยู่เลขที่ ..... ตรอก/ซอย ..... ถนน .....
ตำบล/แขวง ..... อำเภอ/เขต ..... จังหวัด .....
รหัสไปรษณีย์ ..... โทรศัพท์ ..... โทรสาร .....
คู่สมรส (ถ้ามี) ชื่อ ..... นามสกุล .....
นามสกุลเดิม ..... เชื้อชาติ ..... สัญชาติ .....
ศาสนา ..... อาชีพ .....

ส่วนที่ 2 หลักฐานที่ต้องแสดง (ให้ลงลายมือชื่อรับรองสำเนาเอกสารถูกต้องด้วย)

- □ บัตรประชาชน/ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ หรือหน่วยงานของรัฐ
- □ ทะเบียนบ้าน
- □ หลักฐานการเปลี่ยนชื่อ – นามสกุล (ถ้ามี)
- □ หนังสือเดินทาง (Passport) สำหรับคนต่างด้าว
- □ อื่นๆ (ถ้ามี) .....

ข้าพเจ้ายินยอมให้ข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทยส่งไปตรวจสอบกับหน่วยงานต่างๆ ที่ระบุไว้ข้างต้น ตามวัตถุประสงค์ของทางราชการซึ่งได้แจ้งให้ข้าพเจ้าทราบแล้ว และขอรับรองว่าข้อความและ/หรือ เอกสารและหลักฐานที่แสดงดังกล่าว เป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ .....
(.....)
เจ้าของข้อมูล

ฝ่ายกำกับกิจการขนส่งทางอากาศ
โทร 02 286 8157 โทรสาร 02 287 3139 E-mail : ard@caat.or.th

รูปที่ 4.5 แบบฟอร์มสำหรับผู้ควบคุมการบิน

5) การบินทดสอบทุกครั้งต้องทำการติดต่อและแจ้งต่อสำนักการบินพลเรือน

4.2 สรุปผลการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานเบื้องต้น

4.2.1 ผลการเก็บข้อมูลจากทางโรงพยาบาลวิภาวดี

4.2.1.1 การรับแจงเหตุ

1) ปัจจุบัน สพฉ. เป็นหน่วยงานรับผิดชอบการแจ้งเหตุฉุกเฉินซึ่งโดยปกติประชาชนจะโทรเข้ามาที่เบอร์ 1669 แจ้งไปยังศูนย์เอราวัณ

2) เมื่อมีผู้แจ้งเหตุทางศูนย์เอราวัณจะวิทยุไปยังโรงพยาบาลใกล้เคียงเพื่อขอรถพยาบาล ไปยังจุดเกิดเหตุ และแจ้งอาสามูลนิธิต่างๆ เพื่อไปช่วยเหลือเบื้องต้น

3) โดยปกติอาสาจะไปถึงก่อนหน่วยของทางโรงพยาบาล เนื่องจากมีอาสากระจายอยู่ทุกจุด

4) โรงพยาบาลมีศูนย์วิทยุคอยรับแจ้งเหตุจากศูนย์เอราวัณ และส่งเรื่องมายังศูนย์กู้ชีพของโรงพยาบาล

5) ศูนย์วิทยุเป็นส่วนกลางในการรับและจ่ายงาน

6) การแจ้งเหตุส่วนใหญ่จะได้รับจากทางศูนย์เอราวัณ แต่มีบางกรณี เช่น ลูกค้าเก่า หรือ พลเมืองดีที่มีเบอร์ติดต่อของโรงพยาบาลจะโทรสายตรงมายังศูนย์กู้ชีพของโรงพยาบาลเลย โดยในกรณีนี้จะแยกเป็น 2 กรณี

(1) พลเมืองดี โทรแจ้ง : ศูนย์วิทยุจะประสานให้หน่วยอาสาออกไปดูก่อน หากไม่จำเป็นต้องใช้หน่วยศูนย์กู้ชีพของโรงพยาบาลจะไม่ออกไป

(2) คนไข้เก่าทีมีประวัติการรักษากับ โรงพยาบาล โทรแจ้ง : ศูนย์กู้ชีพจะออกไปทันที

7) หากมีการแจ้งเหตุในพื้นที่ซ้อนกัน 2 งาน ศูนย์กู้ชีพของทางโรงพยาบาล จะรับเพียงงานเดียวเท่านั้น โดยทางศูนย์เอราวัณจะต้องติดต่อหน่วยอื่นในการเข้าช่วยเหลือ

4.2.1.2 การใช้เครื่องกระตุกหัวใจ (AED) สำหรับช่วยเหลือผู้ป่วย

1) เครื่องกระตุกหัวใจ (AED) มีการใช้งานที่ง่ายโดยคนทั่วไปสามารถทำตามการแนะนำได้ แต่หากผู้ใช้มีความตกใจหรือไม่มีความชำนาญพอ ผู้ใช้งานอาจจะถูกช็อตไปด้วยได้หากร่างกายของผู้ใช้สัมผัสกับตัวของผู้ป่วยขณะใช้งาน

2) หน่วยอาสาจะถูกฝึกอบรมการใช้งานเครื่องกระตุกหัวใจ (AED) แต่ไม่มีงบประมาณสนับสนุนให้รถทุกคันของหน่วยอาสามีเครื่องกระตุกหัวใจ (AED) หากจำเป็นต้องใช้งานต้องรอหน่วยของโรงพยาบาลไปถึงเท่านั้น

4.2.1.3 ข้อเสนอแนะในงานอากาศยานไร้นักบิน สำหรับงานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน

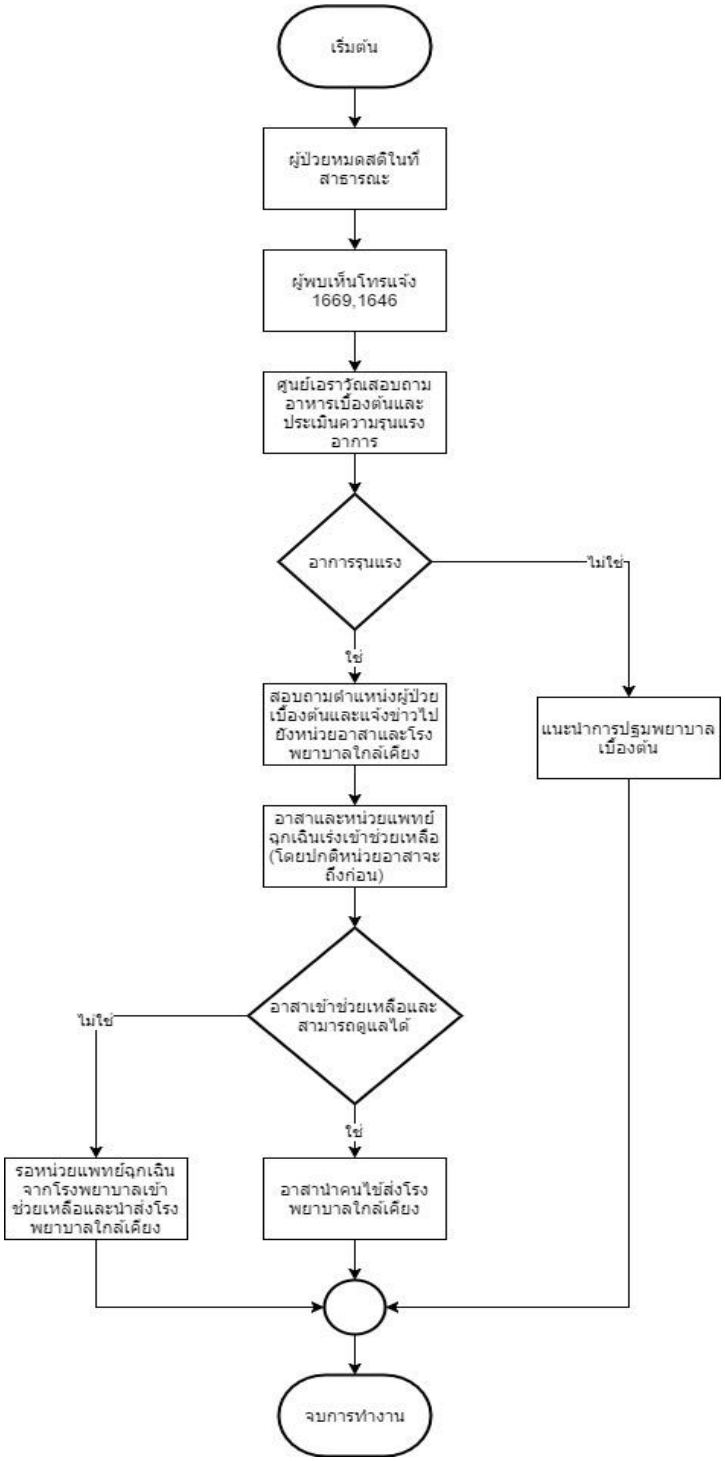
ทางหน่วยกู้ชีพ แนะนำให้ผู้ใช้งานแอพพลิเคชั่นในการแจ้งตำแหน่งเกิดเหตุเพื่อให้ UAV ลงจอดเป็นหน่วยอาสา เนื่องจากในสถานการณ์ฉุกเฉิน ประชาชนทั่วไปมีความตื่นตกใจอาจไม่มีสติพอที่จะใช้งานแอพพลิเคชั่น (โดยส่วนใหญ่จะโทรไปที่เบอร์ 1669) นอกจากนี้หน่วยอาสายังมีความเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องกระตุกหัวใจ (AED) ทำให้การใช้เครื่องในการช่วยเหลือมีประสิทธิภาพมากกว่าให้ประชาชนทั่วไปใช้งาน โดยโดรนจะถูกส่งไปรอบริเวณแจ้งเหตุก่อน โดยเจ้าหน้าที่เป็นผู้กำหนดพิกัด โดยประมาณจากตำแหน่งที่โทรแจ้ง และรอหน่วยอาสาส่ง ตำแหน่งลงจอดมาให้อีกครั้ง จึงทำการลงจอด

4.2.2 ผลการเก็บข้อมูลจากทางศูนย์เอราวัณ

ข้อเสนอแนะในงานอากาศยานไร้นักบิน สำหรับงานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน

- ต้องคำนึงถึงเวลาในกระบวนการซักประวัติการรักษาเบื้องต้น ลักษณะของอาการเบื้องต้น
- ในกรุงเทพมหานครศูนย์เอราวัณเป็นเพียงศูนย์เดียวที่รับแจ้งเหตุฉุกเฉิน ดังนั้นข้อมูลในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเหตุฉุกเฉินควรมาอยู่ที่ศูนย์เอราวัณ
- ไม่อยากให้เกิดการออกแอพลิเคชั่นหลายอัน เนื่องจากไม่อยากให้ประชาชนเกิดความสับสน โดยอยากให้มีการใช้ของ 1669 ของ สปช. แต่ถ้าหากเป็นวิธีที่ดีกว่าให้ลองศึกษามาดู

Flowchart ขั้นตอนการรับแจ้งเหตุฉุกเฉินและการทำงานของหน่วยงานทางการแพทย์ฉุกเฉิน



รูปที่ 4.6 Flowchart ขั้นตอนการรับแจ้งเหตุฉุกเฉินและการทำงานของหน่วยงานทางการแพทย์ฉุกเฉิน

4.3 รูปแบบของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการ

4.3.1 การออกแบบระบบการทำงานของโดรน

โดรน (Drone) หรือ อากาศยานไร้คนขับ นอกจากการนำมาใช้เพื่อความบัญเทิงแล้ว โดรนยังถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถประยุทธ์ใช้งานในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เช่น ด้านอุตสาหกรรมการถ่ายภาพยนตร์ ด้านอุตสาหกรรมการเกษตร รวมถึงในด้านอุตสาหกรรมทางการแพทย์ เป็นต้น โดยหลักการสำคัญในการออกแบบโดรนเพื่อนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมในแต่ละด้านควรคำนึงถึงความปลอดภัยเสมอ โดยการออกแบบโดรนในโครงการนี้ถูกออกแบบเพื่อช่วยเพิ่มขีดความสามารถในด้านอุตสหกรรมทางการแพทย์ ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการนำเครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้า (AED) ไปสู่ผู้ป่วยได้ทันเวลาเพื่อเพิ่มโอกาศการรอดชีวิตของผู้ป่วยให้สูงขึ้น โดยโดรนที่ทางผู้พัฒนาสนใจที่จะนำมาพัฒนาในโครงการเป็นโดรนของบริษัท DJI ซึ่งมีความน่าสนใจทั้งหมด 2 รุ่น คือ DJI Matrice 600 และ DJI Matrice 600 Pro เนื่องจากโดรนทั้งสองรุ่นมีความเร็วในการเคลื่อนที่ค่อนข้างสูง มีความแม่นยำในการบิน สามารถบันทุกน้ำหนักได้เพิ่มได้ถึง 5.5 กิโลกรัม และที่สำคัญโดรนรุ่นดังกล่าวยังสามารถนำมาพัฒนาต่อยอดได้ ซึ่งลักษณะของโดรนทั้ง 2 มีลักษณ์แสดงดังรูปที่ 4.7

(ก) โดรนรุ่น DJI Matrice 600

(ข) โดรนรุ่น DJI Matrice 600 Pro

รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบลักษณะของโดรนระหว่าง DJI Matrice 600 กับ DJI Matrice 600 Pro (ภาพจาก https://www.heliguy.com/blog/2016/11/11/dji-matrice-600-versus-m600-pro/)

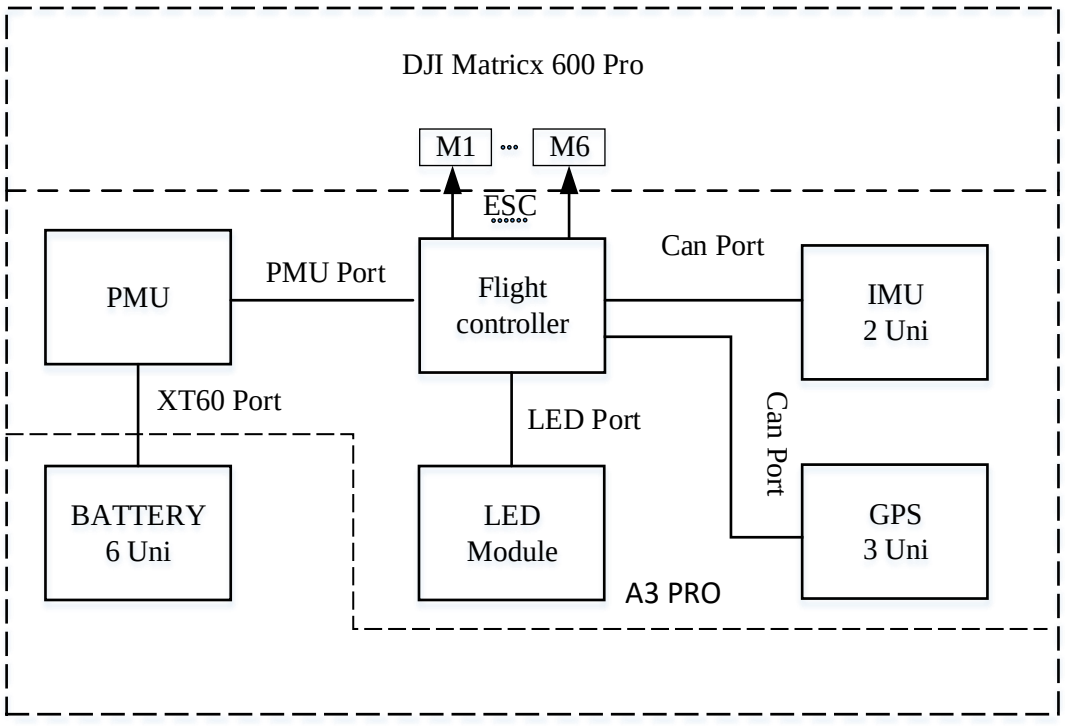
จาก**Error! Reference source not found.** เป็นการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพระหว่างโดรนของ DJI รุ่น DJI Matrice 600 กับ DJI Matrice 600 Pro ซึ่งโดรนทั้งสองรุ่นมีลักษณะคล้ายกัน แต่จะแตกต่างกันในรายละเอียดและความสามารถในการบินแสดงดัง

ตารางที่ 1. การเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างโดรนรุ่น DJI Matrice 600 และ DJI Matrice 600 Pro

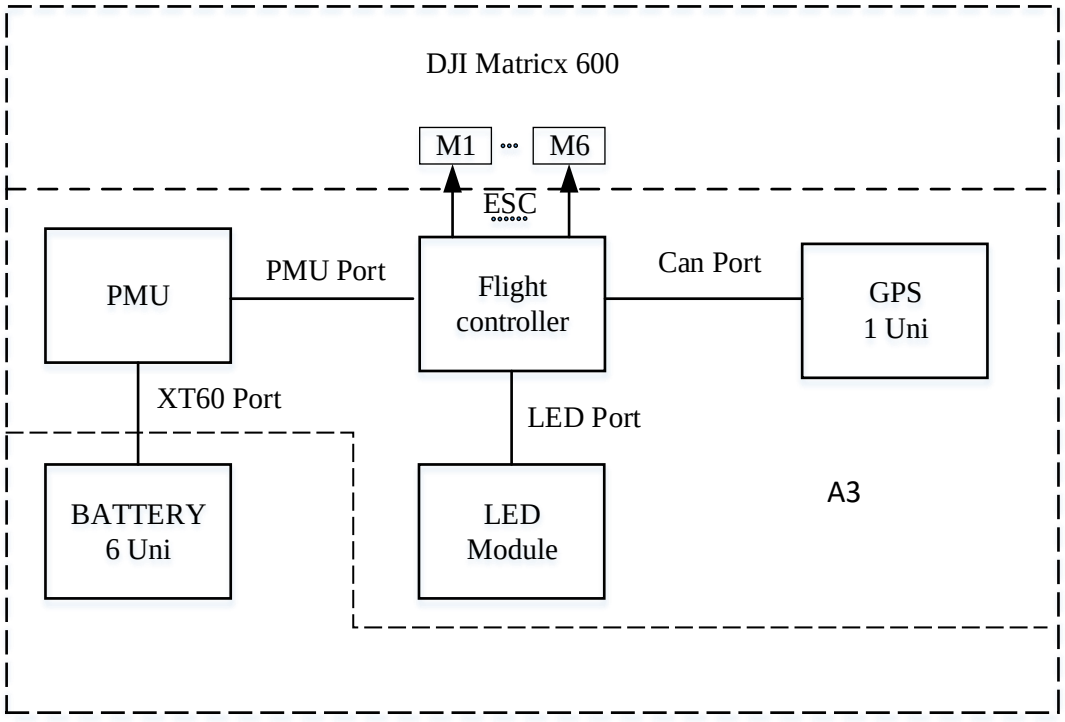
รายการ		**โดรน**	
		DJI Matrice 600	**DJI Matrice 600 Pro**
คุณสมบัติทางกายภาพ			
ขนาด		620 mm x 320 mm x 505 mm	525 mm × 480 mm × 625 mm
น้ำหนัก		9.1 kg (with six TB47S batteries) 9.6 kg (with six TB48S batteries)	9.5 kg (with six TB47S batteries) 10 kg (with six TB48S batteries)
Max Takeoff Weight		15.1 kg	15.5 kg
คุณสมบัติทางความสามารถ			
Max Speed (no wind)		64.8 kph	40 mph / 65 kph
Hovering Time	TB47S x 6	No payload: 35 min 6 kg payload: 16 min	No payload: 32 min 6 kg payload: 16 min
	TB48S x 6	No payload: 40 min 5.5 kg payload: 18 min	No payload: 38 min 5.5 kg payload: 18 min
ระบบควบคุมการบิน			
Model		A3	A3 Pro
Charger			
Model		A14-100P1A	MC6S600
Voltage Output		26.3 V	26.1 V

เมื่อทำการพิจารณาในตารางที่ 1 พบว่า DJI Matrice 600 มีจุดเด่นที่ดีกว่า DJI Matrice 600 Pro คือ มีน้ำหนักเบากว่า และมีระยะเวลาการบินต่อเนื่องในขณะที่ไม่มี payload นานกว่า DJI Matrice 600 Pro ประมาณ 5 – 8.5 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อทำการเพิ่ม payload ที่มีขนาดเท่ากับ 5.5 kg โดรนทั้งสองรุ่นจะมีระยะเวลาการบินที่เท่ากัน

และเมื่อทำการพิจารณาที่ความเร็วในการบิน พบว่า DJI Matrice 600 Pro และ DJI Matrice 600 มีความเร็วในการบินที่ความเร็วไกล้เคียงกัน แต่ DJI Matrice 600 Pro มีจุดเด่นที่ดีกว่า DJI Matrice 600 คือ DJI Matrice 600 Pro จะใช้ A3 Pro ในการควบคุมการบิน โดย A3 Pro ที่ทำการแสดงแผนผังการเชื่อมต่อดังรูปที่ 4.8 (ก) ซึ่งจะประกอบด้วยโมดูล GPS-Compass ทั้งหมด 3 ชุด และ IMU 2 ชุด ซึ่งจะทำให้ระบบการบินของโดรนมีเสถียรภาพเพิ่มขึ้น ในขณะที่ DJI Matrice 600 ใช้ A3 ที่มีแผนผังการเชื่อมต่อดังรูปที่ 4.8 (ข) ซึ่งไม่มี IMU และใช้โมดูล GPS-Compass เพียงตัวเดียวในการนำทางการเคลื่อนที่ ซึ่งอาจก่อนให้เกิดความเสี่ยงในการที่โดรนจะบินชนสิ่งกีดขว้างหรือสัญญาณ GPS สูญหายได้ง่าย



(ก) แผนผังการเชื่อมต่อของระบบการทำงานของ A3 Pro ใน DJI Matrice 600 Pro



(ข) แผนผังการเชื่อมต่อของระบบการทำงานของ A3 ใน DJI Matrice 600

รูปที่ 4.8 แผนผังการเชื่อมต่อระบบการทำงานใน DJI Matrice 600 Pro และ DJI Matrice 600 Pro

ดังนั้นจากข้อมูลข้างต้นทางผู้จัดทำโครงการจึงได้ทำการเลือกโดรนรุ่น DJI Matrice 600 Pro เพื่อนำมาพัฒนาต่อยอดเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการ และในหัวข้อถัดไปจได้ทำการนำเสนอผลการศึกษาการทำงานของอุปกรณ์เพื่อนำไปออกแบบระบบการทำงาน โดยผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.2 การศึกษาระบบการทำงานของ DJI Matrice 600 Pro

DJI Matrice 600 Pro มีระบบการเชื่อมต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 4.8 (ก) โดยอุปกรณ์แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อนี้

4.3.2.1 A3 Pro

ประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ควบคุมการบิน (Flight Controller) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมการบิน ซึ่งสามารถอธิบายได้ในแต่ล่ะส่วนดังนี้

1) คุณลักษณะที่สำคัญของอุปกรณ์ควบคุมการบินมีดังต่อไปนี้

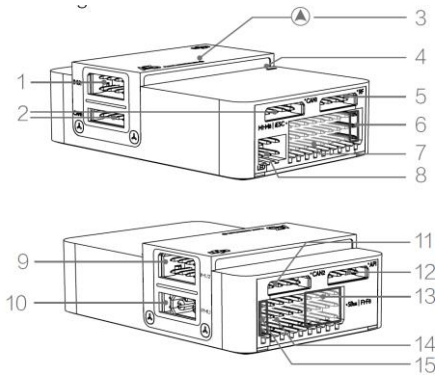
- มีช่องการเชื่อมต่อสำหรับการสื่อสารแบบ CAN ทั้งหมด 2 ช่องสัญญาณ และ API 1 ช่องสัญญาณ ประกอบด้วย CAN1 ใช้สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์จำพวก GPS-Compass Pro หรือ RTK เป็นต้น และ CAN 2 ช่องสัญญาณการเชื่อมต่อแบบ CAN2 และ API ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์สำหรับการพัฒนาภายนอกเช่น DJI Manifold หรือ บอดร์ STM32F407 เป็นต้น

- มีเซ็นเซอร์วัดความสูงและเซ็นเซอร์วัดความดันอากาศ เพื่อใช้ในการวัดความสูงของลำโดรนในขณะทำการบิน

- มีช่องสำหรับต่อมอเตอร์ได้ทั้งหมด 8 ตัว โดยทำการเชื่อมต่อผ่านช่องสัญญาณ ESCs และทำการเชื่อมต่อช่องสัญญาณ iESC เพื่อเชื่อมต่อกับ DJI Intelligent ESC ซึ่งเป็นระบบที่ทำให้โดรนยังสามารถบินได้เมื่อใบพัดเกิดการหลุดหรือมอเตอร์มีปัญหาในขณะที่ทำการบินอยู่

- มีช่องสัญญาณ I/O หรือ อินพุตเอาต์พุตสำหรับการต่อใช้งานทั้งหมด 4 ช่องสัญญาญ เพื่อรองรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ DJI เช่น DJI Zenmuse 15 Z15 gimbals DJI Intelligent Landing Gear หรือ อุปกรณ์สำหรับการพัฒนาภายนอก เป็นต้น

2) ช่องสัญญาณสำหรับการเชื่อมของอุปกรณ์ควบคุมการบินแสดงดังรูปที่ 4.9 โดยมีส่วนประกอบของแต่ละช่องสัญญาณ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.9 ช่องสัญญาณสำหรับการเชื่อมของอุปกรณ์ควบคุมการบิน
(ภาพจาก www.dji.com)

- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 1 คือ IMU1 ใช้สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ไอเอ็มยู (IMU : Inertial measurement unit) เพื่อใช้ในการวัดความเร็ว ทิศทาง และแรงโน้มถ่วง

- ช่องการเชื่อมต้อสัญญาณหมายเลข 2 คือ CAN1 หรือ DJI CAN-Bus ใช้สำหรับเชื่อมต่อกับ GPS-Compass หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ของ DJI เช่น RTK GPS เป็นต้น

- สัญญาณไฟหมายเลข 3 คือ ลูกศรแสดงทิศทาง

- สัญญาณไฟหมายเลย 4 คือ สัญญาณไฟแสดงสถานะ

- ช่องสัญญาณการเชื่อมต่อหมายเลย 5 คือ อาร์เอฟ (RF Port) ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดอยู่กับโดรนด้านบน เพื่อทำการสื่อสารกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดอยู่กับเครื่องควบคุมการบินที่อยู่บนภาคพื้นดิน

- ช่องสัญญาณการเชื่อมต่อหมายเลย 6 คือ iESC ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับโปแกรม DJI Smart ESC

- ช่องสัญญานการเชื่อมหมายเลย 7 คือ ช่องการเชื่อมต่อมอเตอร์ M1-M8 ใช้ในการเชื่อมต่อไปยังมอเตอร์ได้สูงสุด 8 ตัว แต่ในโครงการใช้ติดกับโดรนทั้งหมด 6 ตัว เพื่อทำการบิน

- ช่องสัญญาณการเชื่อมต่อหมายเลย 8 คือ โมดูลอแอลอีดี (LED Module) ใช้สำหรับแสดงสถานะต่าง ๆ ของโดรน และยังใช้ในการเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์บนคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการกำหนดค่าต่าง ๆ บนตัวโดรนได้

- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลย 9 คือ IMU2 ใช้ในการเชื่อมต่อกับโมดูลไอเอ็มยู

- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลย 10 คือ PMU ใช้ในเชื่อมต่อกับโมดูลพีเอ็มยู (PMU : Power Measurement Unit) ใช้ในการตรวจสอบระดับแรงดัน และทำให้ระบบไฟฟ้าภายในโดรนเสถียรขึ้น

- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลย 11 คือ CAN2 ใช้ในการเชื่อมต่อกับบอร์ดพัฒนาภายนอก

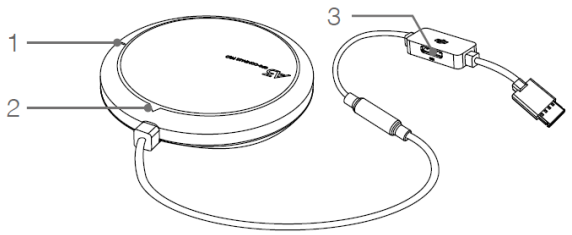
- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลย 12 คือ API ใช้ในการเชื่อมต่อกับบอร์ดพัฒนากับภายนอก

- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 13 คือ F5-F8 เป็นช่องสัญญาณที่สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ PWM (Pulse Width Modulation) และยังสามารถกำหนดเป็นขาอินพุตและเอาต์พุตได้

- ช่องเชื่อมสัญญาณหมายเลข 14 F1-F4 คือ เป็นช่องสัญญาณที่สามารถสร้างสัญญาณพัลส์ได้

4.3.2.2 โมดูล GPS-Compass Pro

ประกอบอุปกรณ์ 2 ชิ้นที่ติดตั้งอยู่ภายใน คือ GPS (Global Positioning System) ซึ่งทำหน้าที่ในการระบบตำแหน่งหรือพิกัดของโดรน และเข็มทิศ (Compass) ทำหน้าที่ในการระบุทิศทางโดยใช้หลักการวัดจากสนามแม่เหล็กโลก ก่อนที่จะนำโมดูลเข็มทิศไปใช้งานควรทำการคาริเบทก่อนเสมอ และไม่ควรนำโมดูล GPS-Compass Pro ไปใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีโลหะล้อมรอบ ซึ่งโมดูล GPS-Compass Pro มีลักษณะดังรูปที่ 4.10



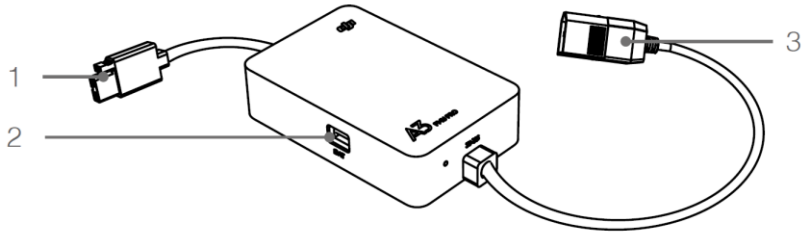
รูปที่ 4.10 โมดูล GPS-Compass Pro
(ภาพจาก www.dji.com)

จากรูปที่ 4.10 แสดงลักษณะของโมดูล GPS-Compass Pro โดยแต่ละจุดมีรายล่ะเอียดดังต่อไปนี้

- หมายเลข 1 คือ สัญญาณไฟแสดงสถานะ
- หมายเลข 2 คือ ลูกศรบอกทิศ ควรติดตังลูกศรบอกทิศของโมดูล GPS-Compass Pro หันไปทางทิศเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของโดรน
- หมายเลข 3 คือ ช่องเชื่อมต่อสัญญาณ CAN1 ทำหน้าที่ติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของ DJI เช่น RTK หรือ GPS-Compass ตัวอื่นๆ เป็นต้น

4.3.2.3 โมดูลพีเอ็มยู (PMU : Power Measurement Unit)

ทำงานร่วมกับโปรแกรม DJI Intelligent Flight Battery ซึ่งทำหน้าที่ในการจัดการระบบไฟฟ้าสำหรับการบินและมีฟังก์การจัดการระบบไฟเมื่อระดับแรงดันแบตเตอร์รี่ลดต่ำลง ลักษณะของโมดูลพีเอ็มยูแสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 โมดูลพีเอ็มยู
(ภาพจาก www.dji.com)

โมดูลพีเอ็มยูที่แสดงในรูปที่ 4.11 มีช่องสัญญาณการเชื่อมต่อดังนี้

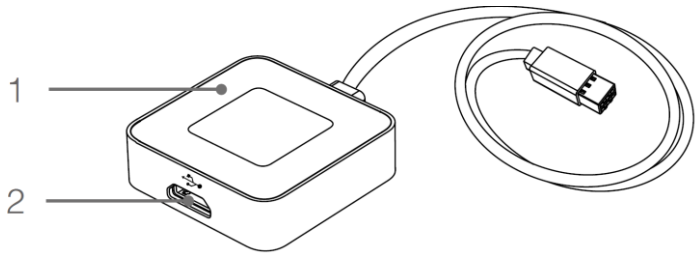
1) ช่องสัญญาณหมายเลข 1 คือ เป็นช่องสัญญาณไฟขาออกมีระดับแรงดันคงที่ 9 โวทต์ สามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 3 แอมแปร์ เมื่อนำไปใช้งานจะถูกเชื่อมต่อกับช่องสัญญาณไฟเลี้ยงของเครื่องควบคุมการบิน

2) ช่องสัญญาณหมายเลข 2 คือ iBAT เป็นช่องสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับโปรแกรม DJI Intelligent Flight Battery

3) ช่องสัญญาณหมายเลข 3 คือ 3S-12S เป็นช่องสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับแบตเตอร์รี่

4.3.2.4 โมดูลแอลอีดี (LED Module)

ประกอบด้วยสองส่วน คือ สัญญาณไฟแสดงสถานะแอลอีดี และช่องเชื่อมต่อสัญญาณไมโครยูเอสบี (Micro USB) สัญญาณไฟแสดงสถานะแอลอีดีทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานต่างๆ ซึ่งสามาถอัพเกรดได้โดยใช้โปรแกรม DJI Assistant 2 และช่องเชื่อมต่อสัญญาณไมโครยูเอสบีทำหน้าที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์หรือโปแกรม DJI Assistant 2 เพื่อใช้ในการอัพเกรดซอฟต์แวร์ให้กับเครื่องควบคุมการบิน โมดูลแอลอีมีลักษณะดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ลักษณะของโมดูลแอลอีดี
(ภาพจาก www.dji.com)

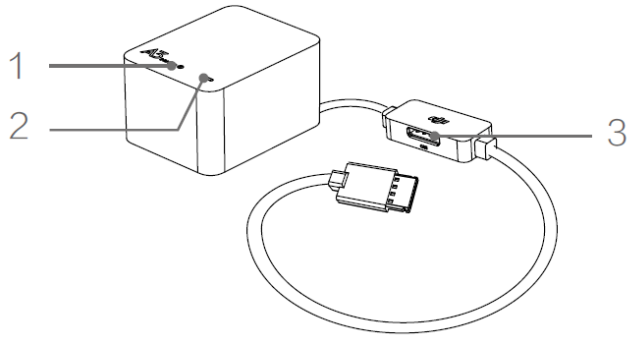
จากรูปที่ 4.12 ลักษณะของโมดูลแอลอีดี แสดงลักษณะของโมดูลแอลอีดี ซึ่งมีรายล่ะเอียดดังต่อไปนี้

1) หมายเลข 1 คือ เป็นสัญญาณไฟแสดงสถานะการทำงานของแอลอีดี

2) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 2 คือ เป็นช่องการเชื่อมต่อสัญญาณไมโครยูเอสบี ใช้ในการอัพเกรดซอฟต์แวร์ให้กับเครื่องควบคุมการบิน

4.3.2.5 โมดูลไอเอ็มยู (IMU : Inertial Measurement Unit)

ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่ใช้สำหรับวัดความสูงของโดรนและเซ็นเซอร์วัดความดันอากาศ ก่อนนำโมดูลไอเอ็มยูไปใช้งานควรทำ Calibration ก่อนเสมอ และเพื่อประสิทธิภาพการใช้งานควรนำไปใช้ในช่วงอุณหภูมิที่ระบบตามสเปกเท่านั้น เนื่องจากอุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพการวัดของโมดูล ลักษณะของโมดูลไอเอ็มยูแสดงดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ลักษณะของโมดูลไอเอ็มยู
(ภาพจาก www.dji.com)

ลักษณะของโมดูลไอเอ็มยูแสดงดังรูปที่ 4.13 มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1) หมายเลข 1 คือ ลูกศรทิศทาง ควรทำการติดตั้งโมดูลไอเอ็มยูให้ลูกศรทิศทางหันไปทางด้านหน้าหรือทิศเดียวกันกับการเคลื่อนที่

2) หมายเลข 2 คือ สัญญาณไฟแสดงสถาะการทำงานของโมดูลไอเอ็มยู

3) ช่องสัญญาณการเชื่อมต่อหมายเลข 3 คือ CAN1 เป็นช่องสัญญาณการเชื่อมต่อที่ใช้เชื่อมต่อกับโมดูล GPS-Compass Pro

4.3.2.6 แบตเตอร์รี่

รูปที่ 4.14 ตัวอย่างแบตเตอร์รี่ที่ใช้ใน DJI Matrice 600 Pro
(ภาพจาก www.dji.com)

จากรูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างแบตเตอร์รี่ที่ใช้ใน DJI Matrice 600 Pro รองรับการใช้งานทั้งหมด 2 โมเดลคือ โมเดล TB47S และโมเดล TB48S ซึ่งแต่ละโมเดลมีคุณสมบัติดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. คุณสมบัติแบตเตอร์รี่ของ DJI Matrice 600 Pro

รายการ	**โมเดล**	
	TB47S	TB48S
ความจุ (mAh)	4500	5700
แรงดัน (V)	22.2	22.8
ประเภท	LiPo 6S	LiPo 6S
พลังงาน (Wh)	99.9	129.96
น้ำหนัก (g)	595	680
อุณหภูมิการทำงาน (C°)	-10° ถึง 40°	-10° ถึง 40°
กำลังประจุสูงสุด (W)	180	180

4.3.3 การศึกษาระบบสัญญาณวิทยุสำหรับการบังคับการบินและการรับส่งสัญญาณภาพ

ระบบสัญญาณวิทยุสำหรับการบังคับการบินและการรับส่งสัญญาณภาพ หรือ เครื่อง DJI Lightbridge 2 คือ ระบบการรับส่งสัญญาณภาพและสัญญาณการบังคับการบินโดยใช้สัญญาณวิทยุระยะไกล โดยใช้สัญญาณความถี่วิทยุในช่วงความถี่ 2.4 GHz ที่กำลังส่ง 100 มิลิวัตต์ ซึ่งสามารถ

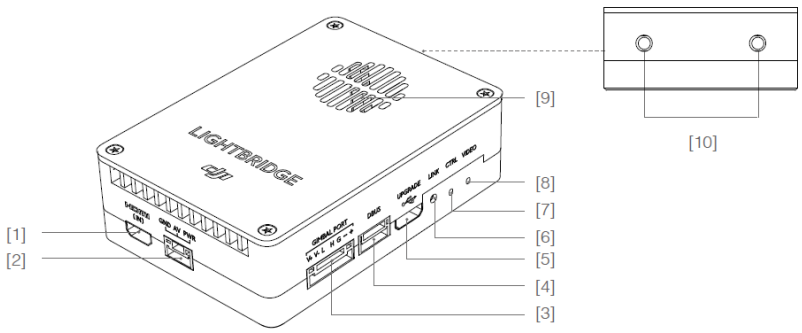
รับส่งสัญญาณได้สูงสุด 5 กิโลเมตร DJI Lightbridge 2 มีแบนวิดท์ในการรับส่งสัญญาณภาพอยู่ที่ 12 Mbps ซึ่งสามารถรับส่งสัญญาณภาพในระดับ Full HD ขนาด 1080 พิกเซล ที่ความถี่การชักตัวอย่างสัญญาณภาพ 60 เฟลมต่อวินาทีได้ ระบบสามารถแสดงผลสัญญาณภาพผ่านโทรศัพท์มือถือ หรือแสดงผ่านช่องการเชื่อมต่อสัญญาณ HDMI ไปยังจอแสดงผลได้ และผู้ควบคุมการบินสามารถปรับมุมกล้องได้ตามต้องการผ่านรีโมทคอนโทรล ระบบสัญญาณวิทยุสำหรับการบังคับการบินและการรับส่งสัญญาณภาพประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ก) DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน และรูปที่ 4.15 (ข) DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน

(ก) DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน (ข) DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน

รูปที่ 4.15 ลักษณะของ DJI Lightbridge 2
(ภาพจาก www.dji.com)

4.3.3.1 DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน (DJI Lightbridge 2 Air System)

ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณภาพจากกล้องแล้วส่งสัญญาณภาพไปยัง DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินผ่านสัญญานวิทยุที่คลื่นความถี่ 2.4 GHz และยังทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณการบังคับระหว่างเครื่องควบคุมการบินกับรีโมทคอนโทรล โดย DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรนมีลักษณะรูปร่างและช่องสัญญาณการเชื่อมต่อแสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ลักษณะรูปร่างและช่องสัญญาณการเชื่อมต่อของ DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน
(ภาพจาก www.dji.com)

จากรูปที่ 4.16 แสดงลักษณะรูปร่างและช่องสัญญาณการเชื่อมต่อของ DJI Lightbridge 2 ซึ่งมีส่วนประกอบดังต่อไปนี้

1) ช่องการเชื่อมต่อหมายเลข 1 คือ HDMI IN เป็นอินพุตของช่องการเชื่อมต่อสัญญาณภาพ สามารถรองรับสัญญาณภาพที่ความล่ะเอียด 1080 พิกเซล ที่ความถี่การชักตัวอย่างสัญญาณภาพ 60 เฟรมต่อวินาที

2) ช่องการเชื่อมต่อหมายเลข 2 คือ AV IN เป็นอินพุตของช่องการเชื่อมต่อสัญญาณภาพ โดยมีขาการเชื่อมต่อ PWR เป็นขาสำหรับเป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับกล้องถ่ายภาพ

3) ช่องการเชื่อมต่อหมายเลข 3 คือ Gimbal Port เป็นช่องการเชื่อมต่อสัญญาณทั้งขายึดกล้อง DJI HD และเครื่องควบคุมการบิน ซึ่งมีช่องการเชื่อมต่อสัญญาณดังนี้

- V+ V- เป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับขายึดกล้อง DJI HD โดยขายึดกล้อง DJI HD สามารถควบคุมการหมุนได้
- L H เป็นช่องการเชื่อมต่อสัญญาณไว้สำหรับการรับส่งข้อมูลระหว่างขายึดกล้องกับเครื่องควบคุมการบินผ่านช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณ CAN2
- G-+ เป็นช่องการเชื่อมต่อสัญญาณสำหรับรับสัญญาณจากขายึดกล้องผ่านช่องการเชื่อมต่อสัญญาณ DVSB

4) ช่องการเชื่อมต่อหมายเลข 4 คือ DBSU Port เป็นช่องการเชื่อมต่อสัญญาณในการรับส่งข้อมูลระหว่างรีโมทคอนโทรลกับเครื่องควบคุมการบิน

5) ช่องการเชื่อมต่อหมายเลข 5 คือ Upgrade Port เป็นช่องการเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการอัพเดทโปรแกรมให้กับ DJI Lightbridge 2 โดยใช้โปรแกรม DJI Lightbridge 2

6) สวิทซ์หมายเลข 6 คือ Link Button เป็นสวิทซ์ไว้สำหรับการกดเพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่าง DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรนกับ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน

7) สัญญาณไฟหมายเลข 7 คือ Control Indicator เป็นสัญญาณไฟที่ทำหน้าที่แสดงสถานะการเชื่อมต่อของ DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรนกับ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ซึ่งมีรูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟและความหมายดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. รูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟของการเชื่อมต่อใน DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน

รูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟ	**ความหมาย**
สัญญาณไฟสีแดงกระพริบ	เมื่อสวิทซ์หมายเลข 6 ถูกกด DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรนก็จะทำการเชื่อมต่อไปยัง DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน
สัญญาณไฟสีเขียวกระพริบ	DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรนไม่สามารถเชื่อมต่อไปยัง DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินได้
สัญญาณไฟสีเขียวติดค้าง	DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรนสามารถเชื่อมต่อไปยัง DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินได้สำเร็จ
สัญญาณไฟสีแดงติดค้าง	ไม่พบสัญญาณการเชื่อมต่อ กรุณาตรวจสอบการเชื่อมต่อของสายสัญญาณ และทำการตรวจสอบให้แน่ใจว่า DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ถูกเปิดใช้งานแล้ว
สัญญาณไฟสีเหลืองติดสลับกับสีเขียว	DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรนและ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินมีโปรแกรมเวอร์ชันที่แตกต่างกัน กรุณาทำการตรวจสอบให้แน่นใจว่าโปรแกรมของอุปกรณ์มีเวอร์ชันที่ตรงกัน

8) สัญญาณไฟหมายเลข 8 คือ Video Indicator เป็นสัญญาณไฟที่ทำหน้าที่ในการแสดงสถานะการส่งสัญญาณภาพ โดยมีรูปแบบการแสดงสัญญาณไฟแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4. รูปแบบการแสดงสถานการณ์ส่งสัญญาณภาพใน DJI Lightbridge 2 ที่ติดบนตัวโดรน

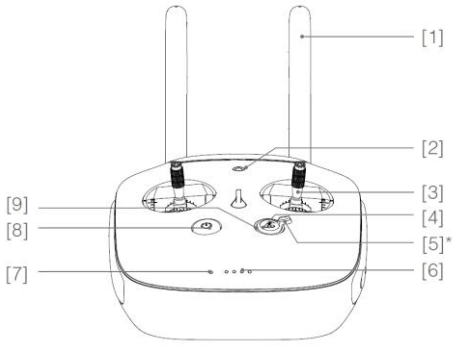
รูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟ	**ความหมาย**
สัญญาณไฟสีแดงติดค้าง	มีการเชื่อมสัญญาณภาพจากช่องสัญญาณการเชื่อมต่อ AV หรือ HDMI
สัญญาณไฟสีเขียวกระพริบ	มีการเชื่อมสัญญาณภาพจากช่องสัญญาณการเชื่อมต่อ AV หรือ HDMI แต่ไม่สามารถทำการส่งสัญญาณออกได้ กรุณาทำการถอดแหล่งจ่ายไฟและทำการเชื่อมต่อใหม่ และทำการตรวจสอบการเชื่อมต่อสายสัญญาณ
สัญญาณไฟสีเขียวติดค้าง	ไม่รองรับการใช้งานกับกล้องที่นำมาเชื่อมต่อ กรุณาตรวจสอบสัญญาณเอาพุตของกล้องว่าตรงกับรูปแบบสัญญาณอินพุตที่ DJI Lightbridge 2 รองรับหรือไม่

9) ช่องระบายอากาศหมายเลข 9 คือ Air Vents ทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรน

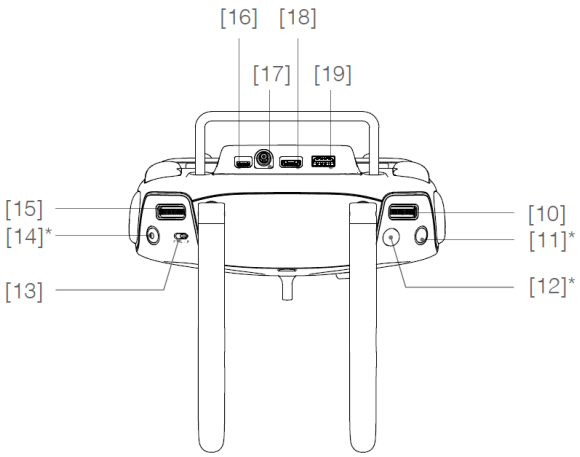
10) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 10 คือ Antenna Port ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับเสาอากาศให้กับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรน

4.3.3.2 DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน (DJI Lightbridge 2 Ground System)

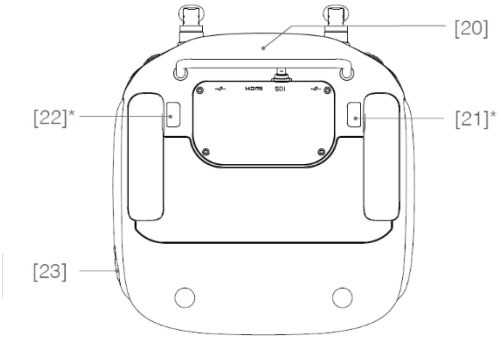
ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับรีโมทเพื่อทำการบังคับการบิน หรือควบคุมการถ่ายภาพ เป็นต้น DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินมีลักษณะแสดงดังรูปที่ 4.17



(ก) DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินด้านหน้า



(ข). DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินด้านหลัง



(ค). DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินด้านล่าง

รูปที่ 4.17 ลักษณะของDJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินในแต่และด้าน
(ภาพจาก www.dji.com)

จากรูปที่ 4.17 แสดงลักษณะของDJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินในแต่และด้านซึ่งมีรายล่ะเอียดในแต่ล่ะส่วนดังต่อไปนี้

1) อุปกรณ์หมายเลข 1 คือ เสาอากาศทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณควมคุมและสัญญาณไปยัง DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรน

2) อุปกรณ์หมายเลข 2 คือ ตำแหน่งการยึดกับอุปกรณ์โมบาย ทำหน้าในการยึดติดกับอุปกรณ์โมบาย

3) อุปกรณ์หมายเลข 3 คือ Control Sticks ทำหน้าที่ในการใช้ควบบังคับการบิน สามารถปรับแต่งได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI GO และ DJI Flight Controller Assistant

4) ปุ่มกดหมายเลข 4 คือ RTH (Return to Home) เป็นปุ่มกดใช้ในการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นของโดรนบิน โดยโดรนจะทำการบินมายังตำแหน่งที่กำหนดโดยอัตโนมัติ เมื่อสัญญาณระหว่าง DJI Lightbridge 2 ทั้งสองมีปัญหา

5) ปุ่มกดหมายเลข 5 คือ Transformation Switch ทำการกำหนดได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

6) สัญญาณไฟหมายเลข 6 คือ Battery Level Indicator ทำหน้าที่ในการแสดงสถานะระดับพลังงานแบตเตอร์รี่

7) สัญญาณไฟหมายเลย 7 คือ Status Indictor ทำหน้าที่ในการแสดงสถานะการเชื่อมต่อระหว่างDJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรนและ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน โดยมีสถานะการแสดงสัญญาณไฟแสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5. รูปแบบการแสดงสถานะการเชื่อมต่อของ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน

รูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟ	**เสียง**	**ความหมาย**
สัญญาณไฟสีแดงติดค้าง	Chime (เพลง)	DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ทำการกำหนดค่าเป็น Master แต่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรนได้
สัญญาณไฟสีน้ำเงินติดค้าง	D-D-D....	DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ทำการกำหนดค่าเป็น Master และกำลังทำการเชื่อมต่อกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรน
สัญญาณไฟสีเขียวติดค้าง	ไม่มี	DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ทำการกำหนดค่าเป็น Master และทำการเชื่อมต่อกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรนสำเร็จ
สัญญาณไฟสีม่วงติดค้าง	D-D-	DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ทำการกำหนดค่าเป็น Slave แต่ไม่สามารถเชื่อมต่อกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรนได้
สัญญาณไฟสีฟ้าติดค้าง	ไม่มี	DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน ทำการกำหนดค่าเป็น Slave และทำการเชื่อมต่อกับ DJI Lightbridge 2 ที่ติดกับโดรนสำเร็จ
สัญญาณไฟสีแดงกระพริบ	D-D-D....	DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดินมีปัญหา สามารถดูรายล่ะเอียดโดยการเชื่อมต่อกับ DJI GO

8) ปุ่มกดหมายเลย 8 คือ Power Button เป็นปุ่มกดที่ใช้ในการ เปิด/ปิด การทำงานของ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน

9) สัญญาณไฟหมายเลข 9 คือ RTH Indicator เป็นสัญญาณไฟที่ติดครอบสวิทซ์ RTH ทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานโหมด RTH ของโดรน โดยมีรูปแบบการแสดงของสัญญาณไฟดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6. รูปแบบการแสดงสถานการณ์ทำงานในโหมด RTH

รูปแบบการแสดงสถานะของสัญญาไฟ	**เสียง**	**ความหมาย**
สัญญาณไฟสีขาวติดค้าง	Chime (เพลง)	อยู่ในขั้นตอนการติดตั้ง RTH
สัญญาณไฟสีขาวกระพริบ	D....	อยู่ในขั้นตอนการส่งคำสั่งไปยังโดรน
สัญญาณไฟสีขาวกระพริบ	DD...	โดรนตอบรับคำสั่งการตั้งค่า RTH

10) อุปกรณ์หมายเลข 10 คือ Camera Settings Dial เป็นอุปกรณ์ที่ถูกสงวนไว้

11) ปุ่มกดหมายเลข 11 คือ Playback Button ทำการกำหนดค่าโดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

12) ปุ่มกดหมายเลข 12 คือ Sutter Button ทำการกำหนดค่าโดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

13) สวิทซ์หมายเลข 13 คือ Flight Mode Switch ทำหน้าที่เลือกโหมดการทำงานของโดรน โดยสามารถเลือกโหมดการทำงานของโดรนได้ทั้งหมด 3 โหมดการทำงานดังนี้

- โหมดการทำงาน P-Mode (Positioning) คือ โหมดการบินโดยใช้สัญญาณ GPS ในการค้นหาตำแหน่งการบิน การทำงานในโหมดนี้จะมีประสิทธิภาพสูงก็ต่อเมื่อสัญญาณ GPS มีสัญญาณแรงเพียงพอต่อการใช้งาน
- โหมดการทำงาน Atti-Mode (Attitude) คือ โหมดการบินที่ไม่ใช้สัญญาณ GPS ในการค้นหาตำแหน่งการบิน แต่จะใช้บาโรมิเตอร์ในการวัดความสูงแทน และเมื่อพบสัญญาณ GPS โดรนจะทำการบินไปยังตำแหน่งที่ทำการบันทึกค่า RTH ไว้ล่าสุดเมื่อสัญญาณขาดหายจากรีโมทควบคุม

- โหมดการทำงาน F-Mode (Function) คือ โหมดที่สามารถทำงานได้ทั้งแบบ A-Mode และ Manual mode สามารถเลือกการทำงานได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

14) ปุ่มกดหมายเลข 13 คือ Record Button สามารถกำหนดการตั้งค่าได้ในซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

15) อุปกรณ์หมายเลข 15 คือ Gimbal Dial ใช้สำหรับการปรับมุมกล้อง

16) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 16 คือ Reserved Port ไม่สามารถเชื่อมต่อกับสายสัญญาณใด ๆ ในช่องการเชื่อมต่อสัญญาณ Micro USB นี้

17) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมาย 17 คือ SDI OUT ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพ เพื่อส่งออกไปยังจอแสดงภาพ

18) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาญหมายเลข 18 คือ HDMI OUT ใช้สำหรับเชื่อมต่อสัญญาณภาพ เพื่อส่งออกไปยังจอแสดงภาพ

19) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 19 คือ เป็นช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณ Micro USB ไว้สำหรับการเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์โมบาย และทำการแสดงผลสัญญาณภาพผ่านซอฟต์แวร์ DJI GO

20) อุปกรณ์หมายเลข 20 คือ GPS Module เป็นอุปกรณ์ระบุตำแหน่งของ DJI Lightbridge 2 ภาคพื้นดิน

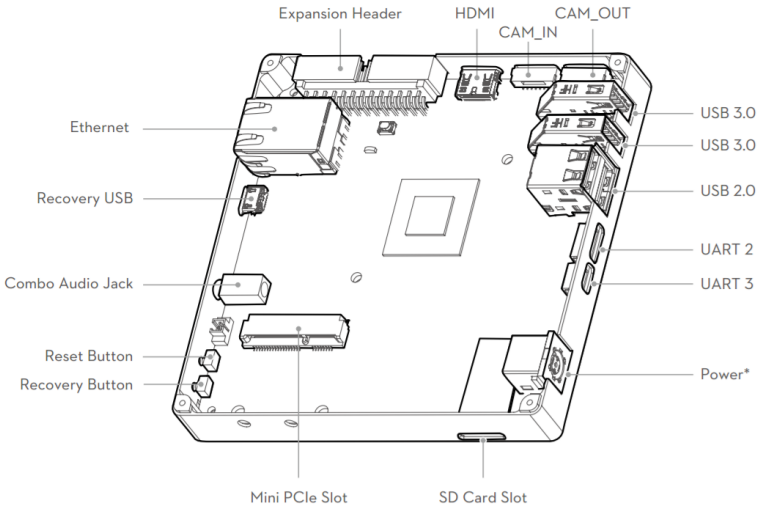
21) ปุ่มกดหมายเลข 21 คือ C1 Button สามารถกำหนดรูปแบบได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

22) ปุ่มกดหมายเลข 22 คือ C2 Button สามารถกำหนดรูปแบบได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ DJI Flight Controller Assistant

23) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 23 คือ Power Port ใช้สำหรับประจุไฟแบตเตอร์รี่

4.3.4 การศึกษา DJI Manifold

DJI Manifold คือ คอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่ทำงานในระบบปฏิบัติการ Linux ซึ่ง Dji Manifold ถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ของระบบโดรนได้ โดย Dji Manifold มีรูปร่างและช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณแสดงดังรูปที่ 4.18 และมีคุณสมบัติแสดงดังตารางที่ 7 ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 ช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณของ Dji Manifold
(ภาพจาก www.dji.com)

ตารางที่ 7. คุณสมบัติของ Dji Manifold

รายการ	รายละเอียด
คุณสมบัติทางฮาดร์แวร์	
Power Consumption	5-15 W
Input Voltage	14 ~ 26 V
Operating Temperature	-10° ถึง 45°
System Interfaces	Mini HDMI x 1 Half mini PCIe x 1 UART x 2 (3.3 V) I/O Expansion headers (26 ขา) x1 USB 3.0 x 2 USB 2.0 x 2 Micro SD Card x 1
คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ	
Processors	Quad-care 4-plus-1 ARM Cortex-A15 MP core Processor with NEON technology Low- Power NVIDIA Kepler- based GeForce graphics processor Image-signal Processing

รายการ	รายละเอียด
	Ultra low-power audio processor
Memory	2GB DD3L of Ram 16GB eMMC 4.51 of Storage
Network	10/100/1000BASE-T Ethernet
Audio	Combo audio jack
คุณสมบัติด้านกายภาพ	
ขนาด	110 x 110 x 26 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	197 กรัม

1) ช่องการเชื่อมสัญญาณ Expansion Header เป็นช่องการเชื่อมต่อสัญญาณที่ไว้เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกมีขาให้ต่อใช้งานทั้งหมด 26 ขา ซึ่งแต่ละขาทำหน้าที่ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8. ขาการใช้ของช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณ Expansion Header ใน Dji Manifold

ขา	สัญญาณ	ระดับแรงดัน
1	3.3 V_SYS	3.3 V-Power
2	SPI4_CS3_L	1.8 V
3	3.3 V_SYS	3.3 V-Power
4	SPI4_SCK	1.8 V
5	1.8V_VDDIO	1.8 V-Power
6	SPI4_MOSI	1.8V-Power
7	1.8V_VDDIO	1.8V-Power
8	SPI4_MISO	1.8V
9	NULL	-
10	SPI_CS0_L	1.8V
11	GND	0V
12	GPIO_IN	3.3 V
13	URAT1_RXD_CON	3.3V
14	GPIO2_OUT	3.3V
15	UART_TXD_CON	3.3V

ขา	สัญญาณ	ระดับแรงดัน
16	GND	0V
17	NULL	-
18	PWR_I2C_SDL	1.8V
19	GND	0V
20	PWR_I2C_SDA	1.8V
21	UART4_RXD_CON	3.3V
22	GEN1_I2C_SCL	1.8V
23	UART4_TXD_CON	3.3V
24	GEN1_I2C_SDA	1.8V
25	GND	0V
26	GND	0V

หมายเหตุ สัญลักษณ์ – หมายถึง ไม่มีขาการใช้งาน

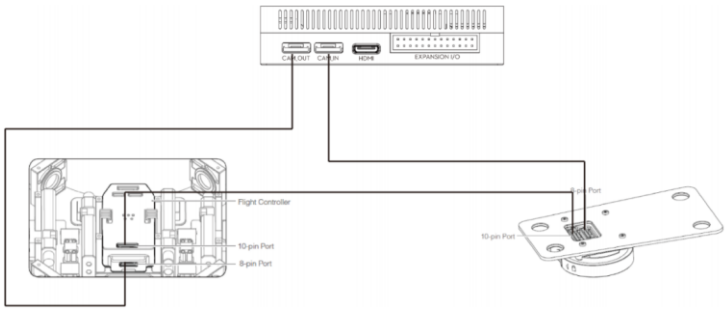
2) ช่องการเชื่อมสัญญาณ UART2/UART3 เป็นช่องทางการเชื่อมต่อกับโดรน หรืออุปกรณ์สำหรับการพัฒนาภายนอก ซึ่งมีขาต่อใช้งานดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9. ขาการใช้ของช่องทางการเชื่อมต่อสัญญาณ UART2/UART3

รายการ	**ช่องการเชื่อมสัญญาณ**			
	UART2		**UART3**	
ขา	สัญญาณ	ระดับแรงดัน	สัญญาณ	ระดับแรงดัน
1	Null	-	Null	-
2	Null	-	RXD	-
3	Null	-	TXD	-
4	GND	0 V	GND	-
5	TXD	3.3 V	-	-
6	RXD	3.3 V	-	-

หมายเหตุ สัญลักษณ์ – หมายถึง ไม่มีขาการใช้งาน

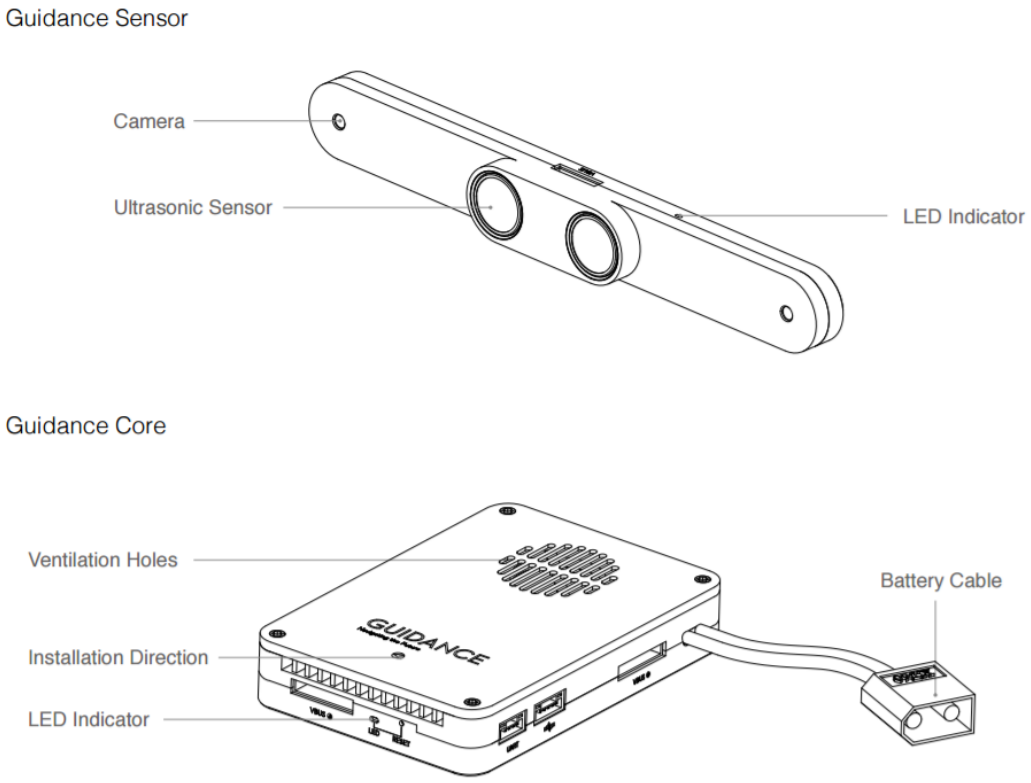
3) ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณ CAM_IN และ CAM_OUT โดยเCAM_IN ทำการเชื่อมต่อกับกล้องถ่ายภาพ และ CAM_OUT จะทำการเชื่อมต่อกับโดรนดังแสดงในรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การเชื่อมใช้งานช่องสัญญาณการเชื่อมต่อ CAM_IN และ CAM_OUT ใน DJI Manifold (ภาพจาก www.dji.com)

4.3.5 การศึกษา DJI GUIDANCE

DJI GUIDANCE เป็นอุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นตัวตรวจสอบการบินของโดรน เพื่อให้โดรนสามารถบินหลบสิ่งกีดขว้างได้โดยไม่ชน ซึ่งจะทำให้การบินของโดรนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น DJI GUIDANCE ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 2 ประเภท คือ Ultrasonic และกล้อง ซึ่งมีระบบที่สามารถทำการวัดระยะห่างระหว่างลำโดรนกับสิ่งกีดขว้างได้เป็นแบบเวลาจริง (Real time) นอกจากนั้น DJI GUIDANCE ยังสามารถวัดความเร็วการเคลื่อนที่ของโดรนได้อีกด้วย ซึ่ง DJI GUIDANCE ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ GUIDANCE Sensor และ GUIDANCE Core โดยแสดงดังรูปที่ 4.20 และรายละเอียดคุณสมบัติของอุปกรณ์แสดงดังตารางที่ 10 ตามลำดับ



รูปที่ 4.20 ส่วนประกอบของ DJI GUIDANCE

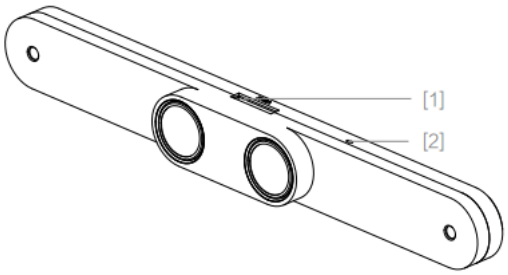
(ภาพจาก www.dji.com)

ตารางที่ 10. คุณสมบัติของ DJI GUIDANCE

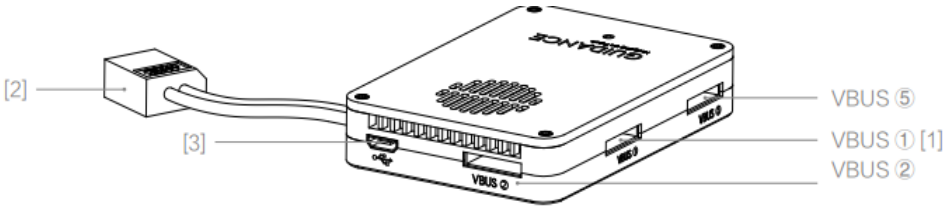
รายการ	รายละเอียด
คุณสมบัติทางฮาดร์แวร์	
Power Consumption	สูงสุด 12 W
Input Voltage	11.1~25 V
Operating Temperature	-10° ถึง 40°
System Interfaces	VBUS x 5 CAN x 1 USB OTG 2.0 x 1 และ UART x 1
UART Level	3.3 V
คุณสมบัติด้านประสิทธิภาพ	
Velocity Detection Range	0~16 เมตรต่อวินาที (ความสูง 2 เมตรจากพื้น)
Velocity Detection Accuracy	0.04 เมตรต่อวินาที (ความสูง 2 เมตรจากพื้น)
Positioning Accuracy	0.05 เมตร (ความสูง 2 เมตรจากพื้น)

รายการ		รายละเอียด
Effective Sensor Range		0.20 ~ 20 เมตรต่อวินาที
External Requirements		กรณีที่มีแสงคงที่ชัดเจนและพื้นผิววัตถุเรียบละเอียด
คุณสมบัติด้านกายภาพ		
ขนาด	Guidance Core	78.5 x 53.5 x 14 มิลลิเมตร
	Guidance Sensor	170 x 20 x 16.2 มิลลิเมตร
	VBUS Cable	200 มิลลิเมตร
น้ำหนัก	Guidance Core	64 กรัม
	Guidance Sensor	43 กรัม
	VBUS Cable	11.6 กรัม

DJI GUIDANCE เหมาะกับการนำไปใช้เป็นระบบการนำร่องการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์หรือโดรน เนื่องจาก DJI GUIDANCE มีระบบการแปลงสัญญาณภาพที่ได้จากกล้องร่วมกับการแปลงสัญญาณข้อมูลที่ได้จาก Ultrasonic ไปเป็นข้อมูลที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจสำหรับระบบการเคลื่อนที่ได้อย่างอัตโนมัติ โดย DJI GUIDANCE มีส่วนประกอบดังรูปที่ 4.21



(ก) ส่วนประกอบของ GUIDANCE Sensor



(ข) ส่วนประกอบของ GUIDANCE Core

รูปที่ 4.21 ส่วนประกอบของ DJI GUIDANCE

(ภาพจาก www.dji.com)

จากรูปที่ 4.21 แสดงส่วนประกอบของ DJI GUIDANCE มีทั้งหมด 2 ส่วน คือ GUIDANCE Sensor และ GUIDANCE Core ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) GUIDANCE Sensor ประกอบด้วยเซ็นเซอร์ 2 ชุด คือ กล้องถ่ายภายและ Ultrasonic ทำหน้าที่การเสมือนตาของระบบ โดยจะทำการแปลงข้อมูลรูปภาพร่วมกับข้อมูลสัญญาณวิทยุสท้องกลับไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า แล้วส่งไปยัง GUIDANCE Core เพื่อให้ GUIDANCE Core ทำการประมวลผลต่อไปตามลำดับ โดย GUIDANCE Sensor มีช่องทางการเชื่อมสัญญาณต่อดังต่อไปนี้

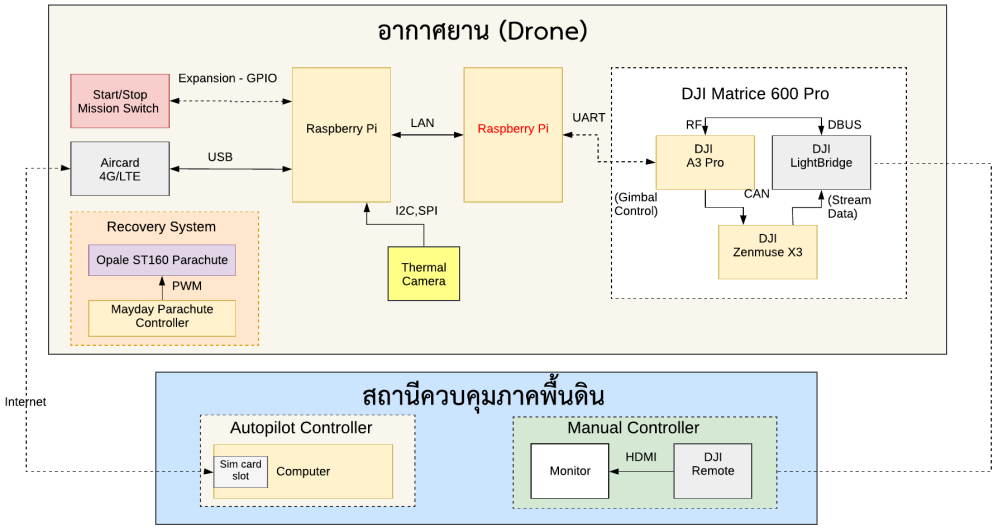
- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 1 คือ VBUS Port ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อกับ GUIDANCE Core
- สัญญาณไฟหมายเลข 2 คือ LED Indicator ทำหน้าที่ในการแสดงสถานะของ GUIDANCE Sensor

2) GUIDANCE Core ทำหน้าที่ในการแปลงข้อมูลที่ได้จาก GUIDANCE Sensor ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นข้อมูลจริง เพื่อทำการส่งให้กับอุปกรณ์ที่ทำร้องขอข้อมูลดังกล่าวผ่านช่องการเชื่อมต่อสัญญาณ UART USB หรือ CAN เป็นต้น โดยมีช่องการเชื่อมต่อสัญญาณดังต่อไปนี้

- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 1 คือ VBUS1 Port ทำหน้าในการเชื่อมต่อกับ GUIDANCE Sensor เพื่อทำการรับข้อมูล
- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 2 คือ XT60 ทำหน้าในการเชื่อมต่อกับแบตเตอร์รี่ ซึ่งจะใช้แรงดันในช่วง 11.1~25 V
- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 3 คือ USB Port ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์พัฒนาภายนอกที่ต้องการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ และสามารถทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้กับ DJI GUIDANCE ผ่านซอฟต์แวร์ DJI Guidance Assistant
- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 4 คือ UART Port ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์พัฒนาภายนอกที่ต้องการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์
- ช่องการเชื่อมต่อสัญญาณหมายเลข 5 คือ Can-bus Port ทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสัญญาณกับอุปกรณ์พัฒนาภายนอกที่ต้องการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์
- สัญญาณไฟหมายเลข 6 คือ LED Indicator ทำหน้าที่ในการแสดงสถานะของ GUIDANCE Core
- ปุ่มกดหมายเลข 7 คือ Reset Button จะสงวนไว้สำหรับการตรวจซ่อมเท่านั้น (กรุณาอย่ากดปุ่ม)

บทที่ 5 ผลการออกแบบภาพรวมในการทำงานของระบบ รูปแบบและวิธีการการให้บริการ

5.1 ผลการออกแบบภาพรวมในการทำงานของระบบ



รูปที่ 5.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 5.1 ภาพรวมการทำงานของระบบ ประกอบด้วย 3 ส่วนย่อย ได้แก่ สถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station) อากาศยานไร้นักบิน (Drone) และศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ (Server Center) โดยระบบส่วนย่อยทั้ง 3 ส่วน ทำการส่งข้อมูลและสื่อสารกันผ่านตัวกลางชื่อ UAV Server ซึ่งถูกติดตั้งอยู่ที่ศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ โดยสามารถอธิบายส่วนประกอบของทั้ง 3 ระบบส่วนย่อยได้ดังนี้

5.1.1 สถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station)

ระบบควบคุมภาคพื้นดิน ประกอบด้วย คอมพิวเตอร์ภาคพื้นดิน (Ground Station PC) ที่มีโปรแกรมสำหรับวางแผนและกำหนดเส้นทางการบินจากสถานีควบคุมภาคพื้นดิน ไปยังตำแหน่งเป้าหมายที่ได้รับแจ้งเหตุได้ โดยการรับภารกิจ การส่งไปข้อมูลเส้นทางการบิน รวมไปถึงการรับสัญญาณภาพจากตัวอากาศยานด้วยสัญญาณทั้งหมด ผ่าน 3G/4G Modem ซึ่งระบบควบคุมภาคพื้นดินนี้จะถูกติดตั้งกระจายอยู่ตามโรงพยาบาลต่างๆ เพื่อให้เข้าถึงผู้ประสบเหตุได้ทันการ

ด้านหน้า

ด้านหลัง

ด้านข้างซ้าย

ด้านข้างขวา

ด้านใน

รูปที่ 5.2 คอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุมพื้นดิน

รูปที่ 5.3 ช่องใส่ซิมการ์ด 3G/4G

ผู้ควบคุมที่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน สามารถสลับควบคุมอากาศยานแบบ Manual แทนการควบคุมแบบอัตโนมัติได้ โดยการใช้ Remote ควบคุมที่ภาคพื้นดิน

รูปที่ 5.4 Remote ควบคุมแบบ Manual ที่ภาคพื้นดิน

5.1.2 อากาศยาน (Drone)

อากาศยานซึ่งถูกติดตั้งเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (Automated External Defibrillator: AED) ไว้พร้อมสำหรับสถานการณ์ฉุกเฉิน โดยรอรับคำสั่งออกปฏิบัติการจากสถานีควบคุมภาคพื้นดินเป็นหลัก ในกรณีเกิดเหตุขัดข้องของตัวอากาศยานขณะปฏิบัติภารกิจ จะมีเจ้าหน้าที่นักบินดูสัญญาณภาพจากตัวอากาศยาน และคอยบังคับอากาศยานจากระยะไกลผ่านกล้องบนอากาศบานให้ลงจอดฉุกเฉิน หรือบินกลับมายังสถานีควบคุม

รูปที่ 5.5 อากาศยาน (Drone)

5.1.3 ศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ (Server Center)

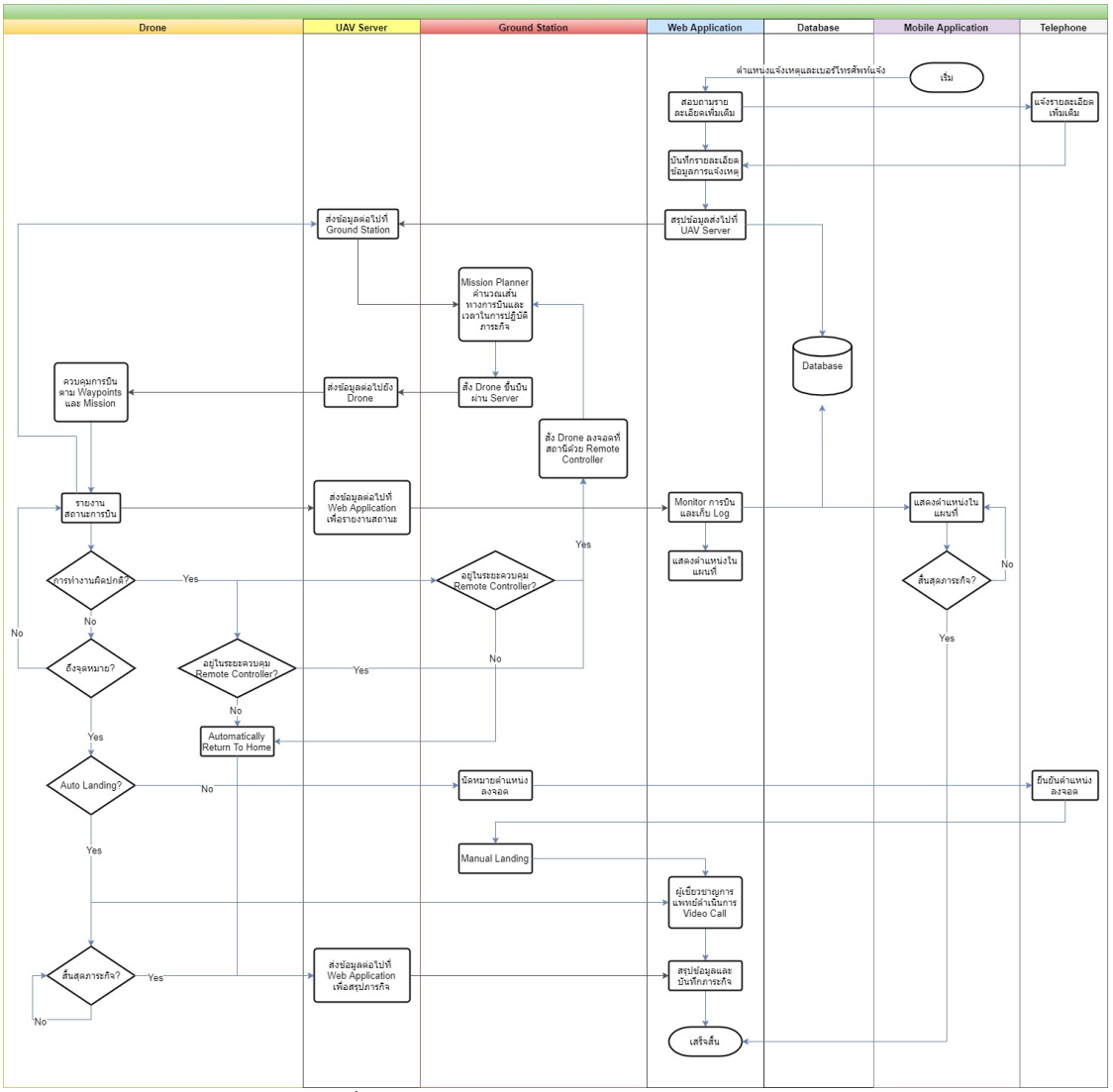
ศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักได้แก่ Call Center Server และ UAV Server ซึ่งมีหน้าที่การทำงานที่แตกต่างกันดังนี้

Call Center Server ทำหน้าที่เชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์จากเจ้าหน้าที่ Call Center หรือสมาร์ทโฟนเครื่องอื่นๆ เข้ากับฐานข้อมูล (Database) ผ่านหน้าต่างโปรแกรมในรูปแบบของ Call Center Web Application และมีการส่งรับส่งมูลกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station) และอากาศยานไร้นักบิน (Drone) ขณะปฏิบัติภารกิจ ผ่าน UAV Server

UAV Server ทำหน้าที่เชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station) อากาศยานไร้นักบิน (Drone) และศูนย์รับแจ้งเหตุ

รูปที่ 5.6 เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) สำหรับ Web Application

5.1.4 รูปแบบและวิธีการการให้บริการ



รูปที่ 5.7 ผังรูปแบบและวิธีการการให้บริการ

จากรูปที่ 5.7 ผังรูปแบบและวิธีการการให้บริการ การเริ่มต้นการทำงานเริ่มจากเมื่อได้รับการแจ้งเหตุจากผู้ประสบเหตุผ่าน Web Application บนสมาร์ทโฟน หรือได้รับโทรศัพท์แจ้งเหตุ ตัวระบบจะบันทึกรายละเอียดข้อมูลการแจ้งเหตุ ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นประกอบด้วยพิกัดที่เกิดเหตุ เบอร์โทรศัพท์ของผู้แจ้งเหตุ จากนั้นตัวแอปพลิเคชันจะทำการส่งข้อมูลไปที่สองส่วนได้แก่ ส่งข้อมูลไปที่สถานีภาคพื้นดิน (Ground Station) ผ่าน UAV Server และสำเนาข้อมูลส่งไปเก็บไว้ในระบบฐานข้อมูล

เมื่อสถานีภาคพื้นดิน (Ground Station) ได้รับภารกิจ ระบบจะทำการประมวลผลสร้างเส้นทางการบิน เวลาในการปฏิบัติภารกิจและตำแหน่งลงจอดที่ใกล้จุดเกิดเหตุมากที่สุด จากนั้นระบบจะส่งเส้นทางการบินไปที่ตัวอากาศยาน ผ่าน UAV Server เพื่อเริ่มปฏิบัติภารกิจ

เมื่ออากาศยานไร้นักบิน (Drone) ได้รับภารกิจ ระบบควบคุมบนอากาศยานจะรายงานสถานะการบินขณะทำการบินกลับมาที่ UAV Server รวมทั้งภาพถ่ายวีดีโอจากกล้องซึ่งติดตั้งอยู่บนอากาศยาน จากนั้นข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งต่อไปยัง สถานีควบคุมภาคพื้นดิน และศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ พร้อมกัน ซึ่งหากเกิดเหตุขัดข้อง ในระหว่างที่อากาศยานไร้นักบินกำลังปฏิบัติภารกิจ เจ้าหน้าที่นักบินประจำสถานีภาคพื้นดิน จะสามารถบังคับและควบคุมอากาศยานได้ผ่านชุดควบคุมรีโมท (DJI Remote Controller) ให้อากาศยานลงจอดยังเป้าหมาย หรือ ลงจอดฉุกเฉินได้ หรือบังคับให้อากาศยานไร้นักบินทำการบินกลับมายังสถานีควบคุมผ่านการควบคุมจากระยะไกล โดยอาศัยภาพถ่ายวีดีโอจากกล้องบนอากาศยาน ในกรณีเกิดเหตุขัดข้องบนอากาศยานนอกเขตระยะทำการของชุดควบคุมระยะไกล โปรแกรมควบคุมบนอากาศยานจะสั่งงานให้อากาศยานบินกลับมายังสถานีภาคพื้นดินโดยอัตโนมัติ

ในระหว่างทางหากมีสิ่งกีดขวางซึ่งไม่ได้มีข้อมูลปรากฏอยู่ในแผนที่ ตัวอากาศยานสามารถบินหลบหลักสิ่งกีดขวางและหาเส้นทางการบินใหม่ เพื่อทำการบินต่อไปยังจุดเป้าหมายได้เอง

เมื่ออากาศยานไร้นักบิน บินถึงจุดที่เกิดเหตุ ก่อนทำการลงจอด อากาศยานจะทำการตรวจสอบบริเวณพื้นที่ที่ทำการลงจอด ซึ่งถูกกำหนดไว้โดยสถานีภาคพื้นดิน ว่าสามารถทำการลงจอดได้หรือไม่ หากไม่มีสิ่งกีดขวาง อากาศยานก็สามารถทำการลงจอดแบบอัตโนมัติได้ แต่ในกรณีมีสิ่งกีดขวางไม่ว่าจะเป็นคน ยานพาหนะหรือสิ่งปลูกสร้าง อากาศยานจะแจ้งสถานะการลงจอดไปที่สถานีภาคพื้นดิน โดยเจ้าหน้าที่นักบินต้องติดต่อกลับไปยังผู้แจ้งเหตุ เพื่อขอตำแหน่งลงจอดใหม่และทำการแก้ไขตำแหน่งลงจอดใหม่ ส่งกลับมายังอากาศยานเพื่อทำการลงจอดต่อไป

เมื่ออากาศยานไร้นักบิน ลงจอดสำเร็จ ผู้แจ้งเหตุหรือบุคคลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงที่สามารถนำอุปกรณ์ช่วยเหลือทางการแพทย์ ไปช่วยผู้ป่วย หรือสามารถติดต่อขอคำปรึกษาข้อปฏิบัติในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น กับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญได้ จากสมาร์โฟนบนอากาศยาน ผ่านทางวีดีโอคอล

UAV Server ได้รับรายงานภารกิจ จากนั้นข้อมูลถูกส่งต่อไปยังสถานีภาคพื้นดิน และศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุเพื่อบันทึกภารกิจ

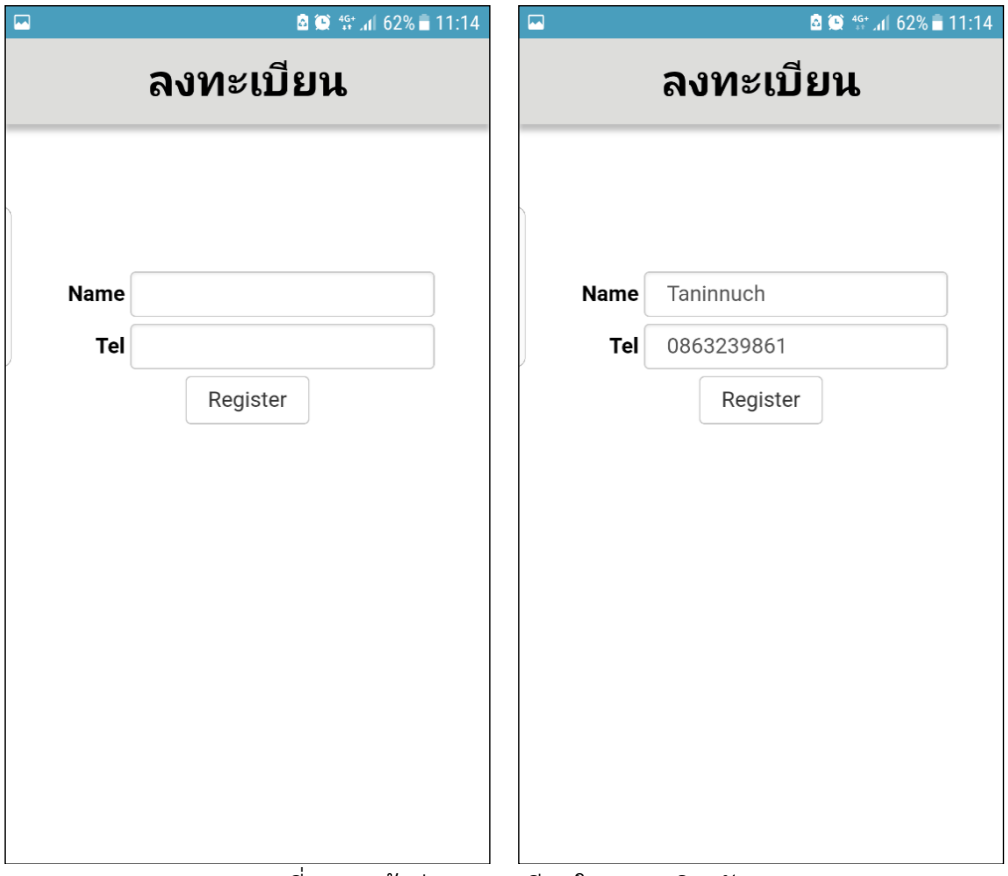
5.2 ผลการออกแบบและพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ

5.2.1 ผลการออกแบบและพัฒนา Mobile Application สำหรับการแจ้งเหตุ

การออกแบบฟังก์ชันการทำงานของ Mobile Application นั้น ผู้ออกแบบได้เน้นให้ผู้ใช้งานสามารถทำการแจ้งเหตุได้รวดเร็วที่สุด โดยสามารถแบ่งตามฟังก์ชันของการทำงานออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

5.2.1.1 การลงทะเบียน

ผู้ออกแบบได้ทำการออกแบบให้หน้าของส่วนลงทะเบียนแสดงเป็นหน้าแรก ในกรณีที่ผู้ใช้งานยังไม่ได้ทำการลงทะเบียนผู้ใช้งานบนโทรศัพท์มือถือเครื่องนั้นๆ โดยข้อมูลที่ผู้ใช้งานต้องทำการกรอกเพื่อลงทะเบียน ได้แก่ ชื่อผู้ใช้งาน และเบอร์โทรศัพท์ ซึ่งข้อมูลการลงทะเบียนนี้จะถูกบันทึกอยู่ในโทรศัพท์มือถือ โดยในการใช้งานครั้งถัดไป เมื่อผู้ใช้งานเปิดเข้ามาในแอปพลิเคชันอีกครั้งหลังจากทำการลงทะเบียนแล้ว ตัวแอปพลิเคชันจะไปดึงข้อมูลที่ผู้ใช้งานลงทะเบียนไว้ มาทำการเข้าสู่ระบบ และเปิดหน้าต่างของการแจ้งเหตุโดยอัตโนมัติ



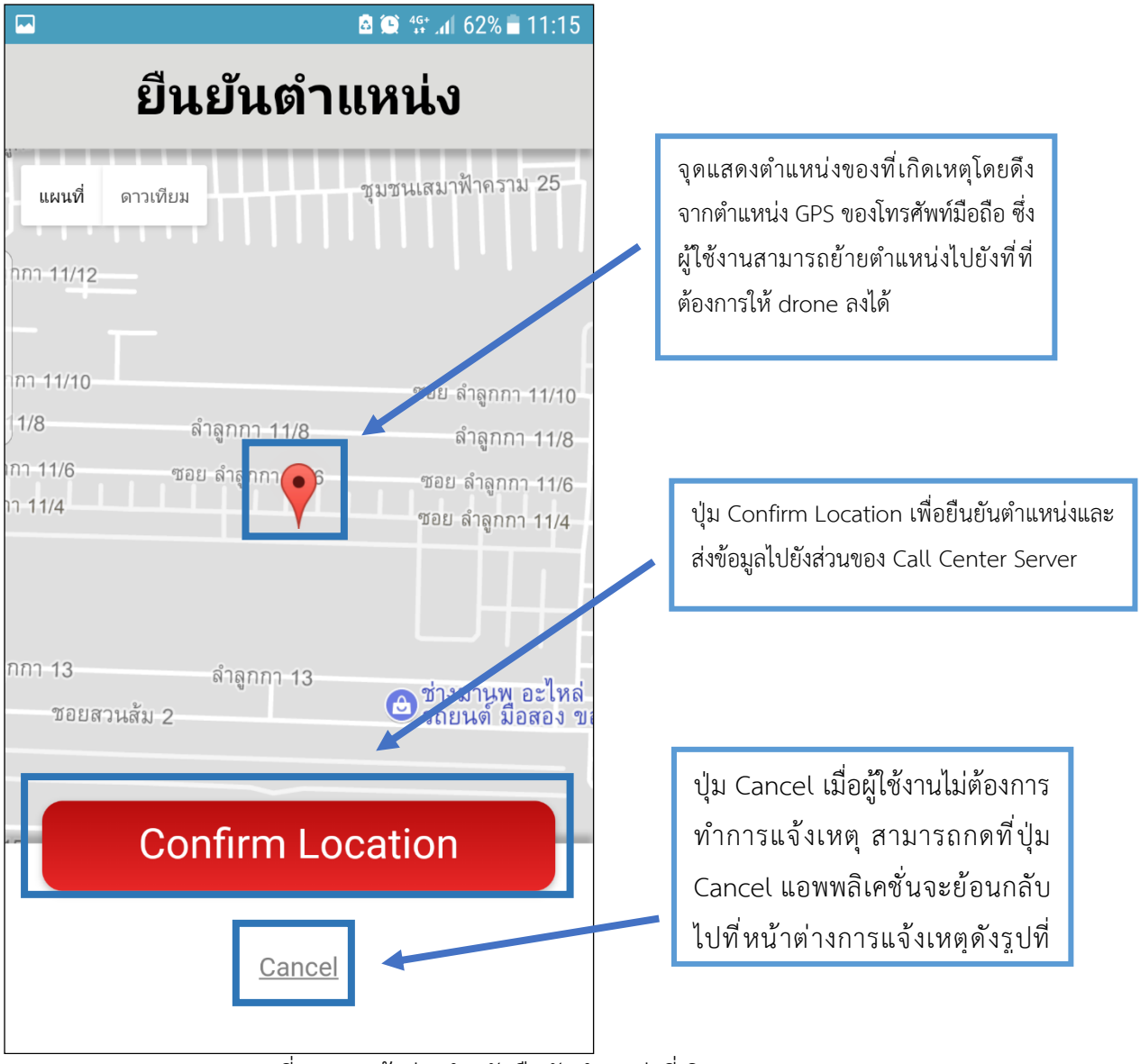
รูปที่ 5.8 หน้าต่างลงทะเบียนในแอปพลิเคชัน

5.2.1.2 การแจ้งเหตุ

เมื่อผู้ใช้งานทำการลงทะเบียน ในหน้าต่างลงทะเบียนเรียบร้อยแล้ว ในการใช้งานแอปพลิเคชันครั้งถัดไป แอปพลิเคชั่นจะแสดงหน้าต่างนี้ขึ้นมาทันที เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถทำการแจ้งเหตุได้อย่างรวดเร็วที่สุด โดยผู้ออกแบบ ได้ทำการออกแบบปุ่มสำหรับกดแจ้งเหตุให้มีขนาดใหญ่และสามารถเห็นได้ชัดเจน แสดงดังรูปที่ 5.9

รูปที่ 5.9 หน้าต่างการแจ้งเหตุในแอปพลิเคชัน

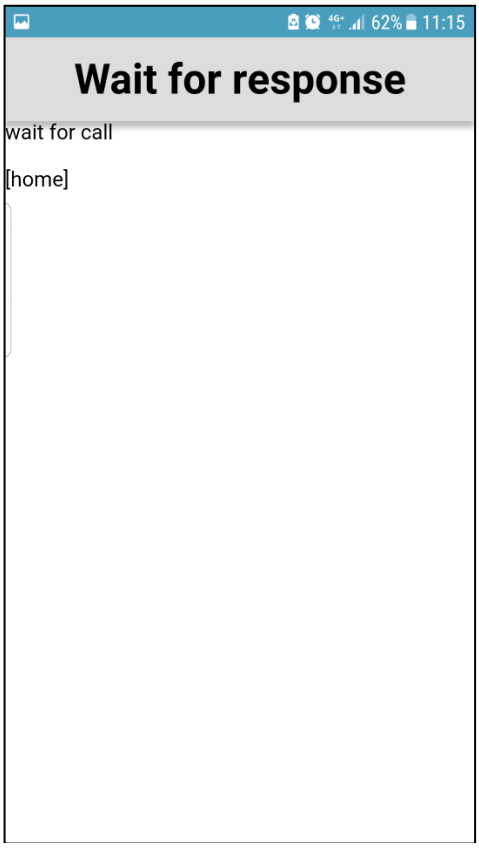
จากรูปที่ 5.9 เมื่อผู้ใช้งานกดปุ่ม “เรียกโดรน” แอปพลิเคชันจะเปิดหน้าต่างสำหรับตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของโทรศัพท์มือถือเครื่องนั้น ดังรูปที่ 5.10 ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความถูกต้องของตำแหน่งและสามารถแก้ไขเปลี่ยนแปลงตำแหน่งโดยการใช้นิ้วลากจุดให้ตรงกับตำแหน่งที่คาดว่าอากาศยานสามารถทำการลงจอดได้ หลังจากนั้นให้ผู้ใช้งานยืนยันตำแหน่ง โดยการกดปุ่ม “Confirm Location” แอปพลิเคชันจะทำการส่งข้อมูลการแจ้งเหตุไปที่ส่วนของ Call Center Server ของศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ



รูปที่ 5.10 หน้าต่างสำหรับยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุ

5.2.1.3 การยืนยันข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์

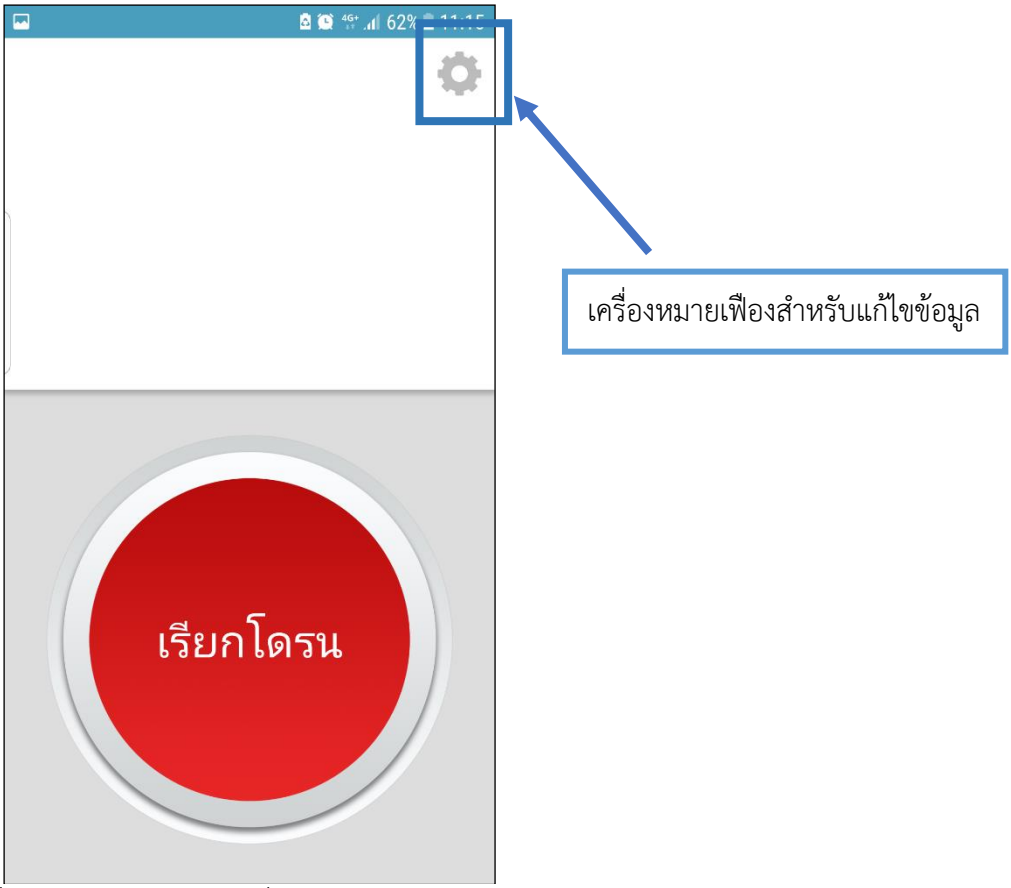
เมื่อผู้ใช้งานทำการยืนยันตำแหน่งจุดที่เกิดเหตุเรียบร้อยแล้ว ข้อมูลจะถูกส่งไปยังส่วนของ Call Center Server ซึ่งเมื่อศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ ได้รับข้อมูลการแจ้งเหตุ เจ้าหน้าที่ประจำศูนย์จะทำการติดต่อกลับไปยังเบอร์โทรศัพท์ของผู้ที่แจ้งเหตุเข้ามา เพื่อสอบถามข้อมูลเบื้องต้น ก่อนส่งข้อมูลต่อยังไปส่วนของ UAV Server เพื่อสั่งงานให้อากาศยานออกปฏิบัติภารกิจต่อไป และจะมีการยืนยันข้อมูลการออกปฏิบัติการของอากาศยานยืนยันกลับมาที่แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือของผู้แจ้งเหตุด้วย โดยหน้าต่างการยืนยันข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์แสดงดัง



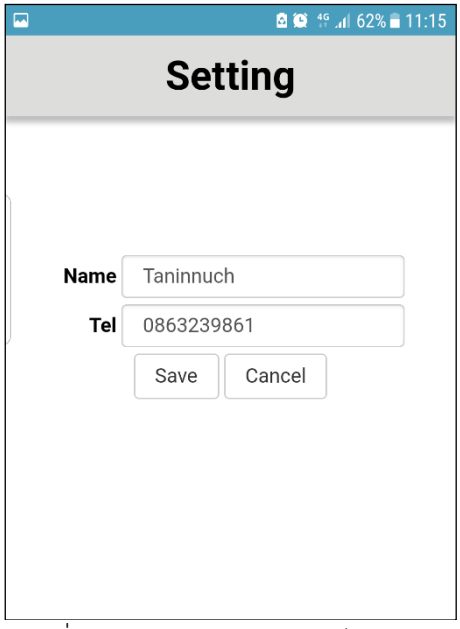
รูปที่ 5.11 หน้าต่างแจ้งให้รอการยืนยันข้อมูลจาก Call Center Server

5.2.1.4 การแก้ไขข้อมูล

ในกรณีที่ผู้ใช้งานเปลี่ยนเบอร์โทรศัพท์ ผู้ใช้งานสามารถทำการแก้ไขข้อมูลที่ลงทะเบียนไว้แล้วได้ โดยการกดเครื่องหมายเฟืองบริเวณมุมขวาบน ของหน้าต่างการแจ้งเหตุ ดังรูปที่ 5.12 เมื่อผู้ใช้งานกดที่เครื่องหมายเฟือง แอปพลิเคชันจะแสดงหน้าต่าง ซึ่งแสดงข้อมูลของผู้ใช้งานที่เคยลงทะเบียนไว้ ดังรูปที่ 5.13 โดยผู้ใช้งานสามารถแก้ไขข้อมูลและทำการบันทึกข้อมูลใหม่ได้ในหน้าต่างนี้



รูปที่ 5.12 แสดงตำแหน่งเครื่องหมายเฟืองสำหรับแก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานในหน้าต่างการแจ้งเหตุ



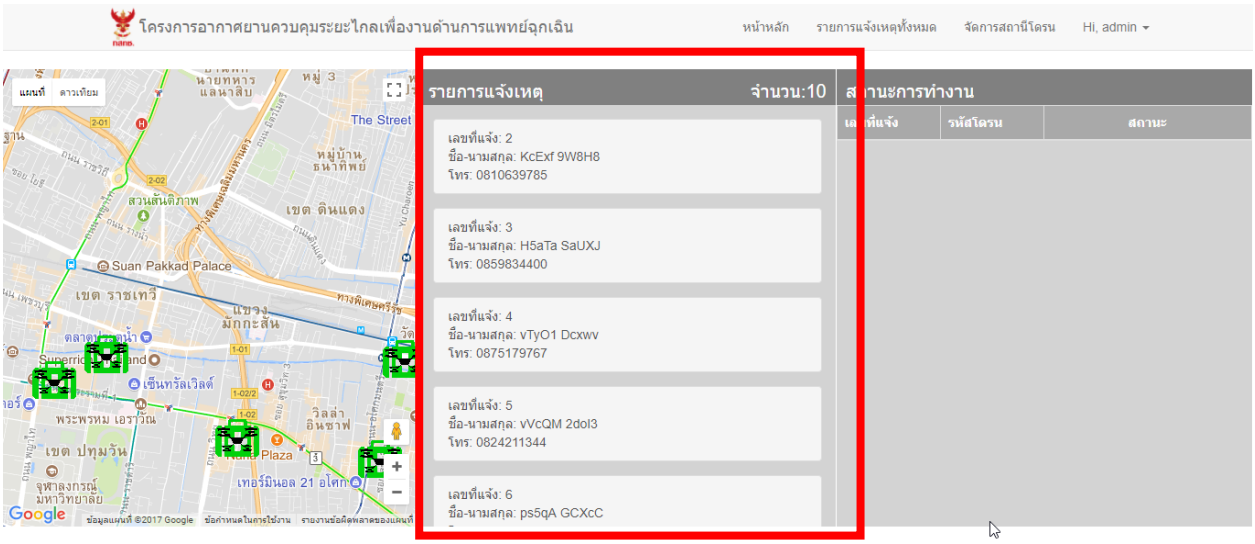
รูปที่ 5.13 หน้าต่างสำหรับแก้ไขข้อมูล

5.2.2 ผลการออกแบบและพัฒนา Call Center Web Application ในการรับแจ้งเหตุ

การออกแบบและพัฒนา Call Center Web Application ในการรับแจ้งเหตุ ผู้ออกแบบได้ทำการออกแบบให้ส่วนของการรับแจ้งเหตุสามารถรองรับการแจ้งเตือนได้ในหลายๆ เหตุการณ์ และรองรับการส่งข้อมูลไปที่สถานีภาคพื้นดินได้หลายสถานี โดย Call Center Web Application ประกอบด้วย 5 ส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

5.2.2.1 การรับแจ้งเหตุ

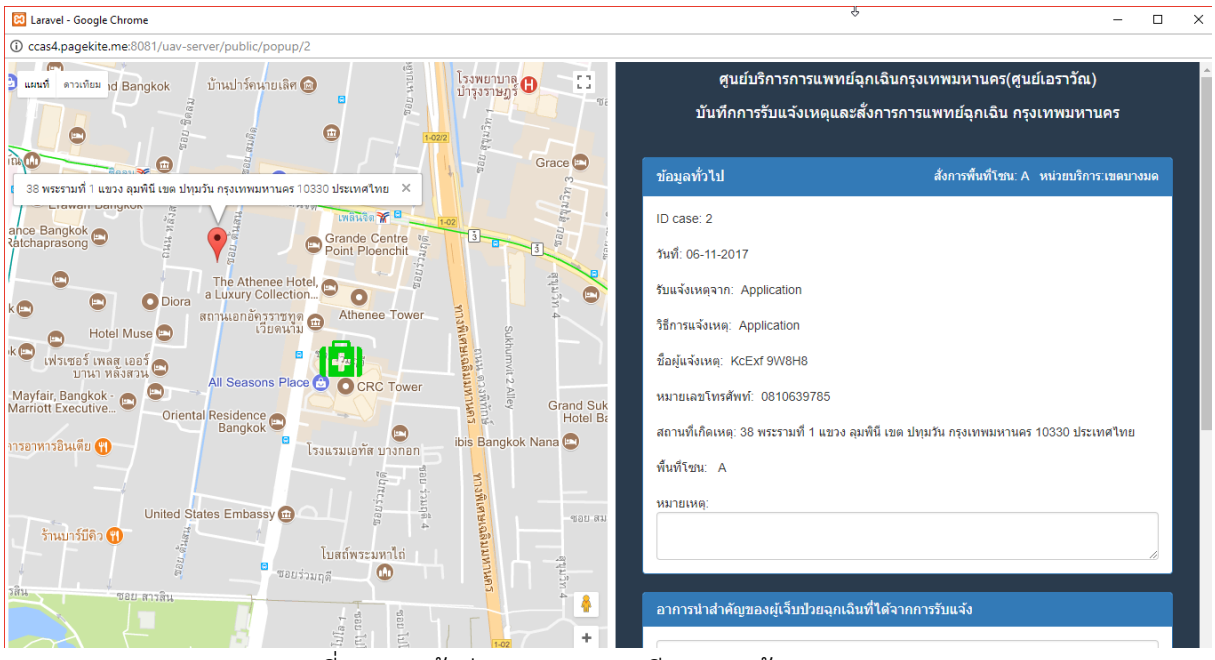
เมื่อมีการแจ้งเหตุจากแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ ข้อมูลการแจ้งเหตุจะแสดงในส่วนของรายการแจ้งเหตุดังรูปที่ 5.14 โดยการเรียงลำดับของเหตุการณ์ ตามเวลาที่มีการแจ้งเหตุเข้ามาตามลำดับก่อนหลัง กล่าวคือ เหตุการณ์ที่มีการแจ้งเหตุเข้ามาก่อน จะอยู่ในส่วนรายการแจ้งเหตุด้านบน และเหตุการณ์ที่มีการแจ้งเหตุเข้ามาหลังจากนั้น จะอยู่ในส่วนรายการถัดลงมาตามลำดับ



รูปที่ 5.14 หน้าต่างแสดงรายการแจ้งเหตุ

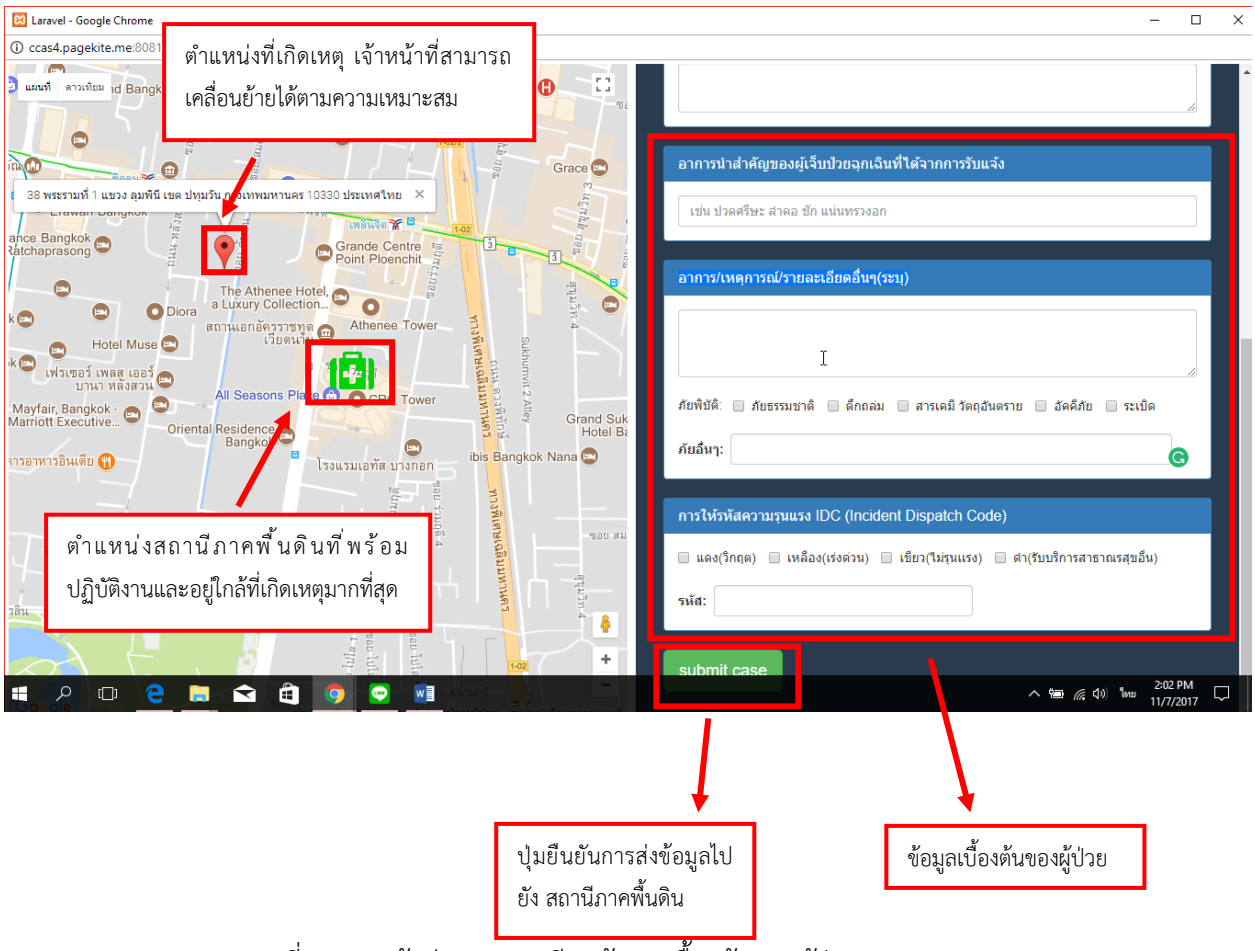
5.2.2.2 การสั่งให้อากาศยานปฏิบัติภารกิจ

เมื่อเจ้าหน้าที่ได้รับการแจ้งเหตุเข้ามา เจ้าหน้าที่จะทำการกดไปยังรายการการแจ้งเหตุ เพื่อดูรายละเอียดเพิ่มเติม ซึ่งโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างรายละเอียดของการแจ้งเหตุดังรูปที่ 5.15



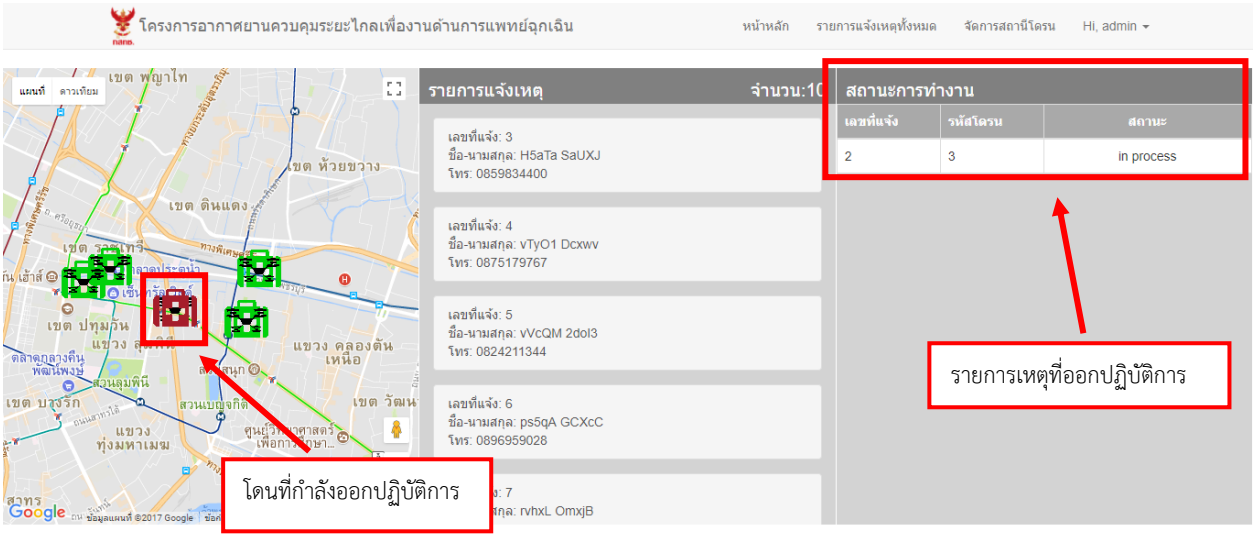
รูปที่ 5.15 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุ

จากรูปที่ 5.15 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุ แสดงตำแหน่งที่เกิดเหตุ และโปรแกรมจะแสดงตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดินที่อยู่ในสถานะพร้อมปฏิบัติงานและอยู่ใกล้กับจุดเกิดเหตุมากที่สุดมาแสดงโดยอัตโนมัติ โดยมีข้อมูลทั่วไปของผู้แจ้งเหตุ แสดงอยู่ในแถบด้านขวามือ ซึ่งในขั้นตอนนี้เจ้าหน้าที่จะติดต่อกลับไปยังเลขหมายโทรศัพท์ของผู้ที่แจ้งเหตุเข้ามาเพื่อสอบถามข้อมูลเบื้องต้น ดังที่ได้กล่าวไป โดยในหน้าต่างแสดงรายละเอียดนี้ เจ้าหน้าที่สามารถกรอกรายละเอียดของผู้ป่วยเบื้องต้น และทำการยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุกับผู้แจ้งเหตุอีกครั้งได้ โดยการขยับจุดแสดงตำแหน่งของจุดเกิดเหตุให้มีความถูกต้อง ก่อนข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งไปยัง UAV Server เพื่อสั่งให้อากาศยานปฏิบัติภารกิจต่อไป ซึ่งรายละเอียดของการบันทึกข้อมูลของเจ้าหน้าที่แสดงดังรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.16 หน้าต่างรายละเอียดข้อมูลเบื้องต้นของผู้ป่วย

จากรูปที่ 5.16 เมื่อเจ้าหน้าที่ทำการกดปุ่ม “Submit Case” ข้อมูลสถานะการทำงานของอากาศยานจะถูกแสดงในแถบสถานการทำงานด้านขวามือ จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปยัง UAV Server และส่งต่อยังไปสถานีภาคพื้นดินที่ระบบทำการเลือก เพื่อส่งอากาศยานออกปฏิบัติภารกิจ โดยเครื่องหมายตำแหน่งของสถานีภาคพื้นดินที่ถูกมอบหมายให้ปฏิบัติภารกิจจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง ดังรูปที่ 5.17



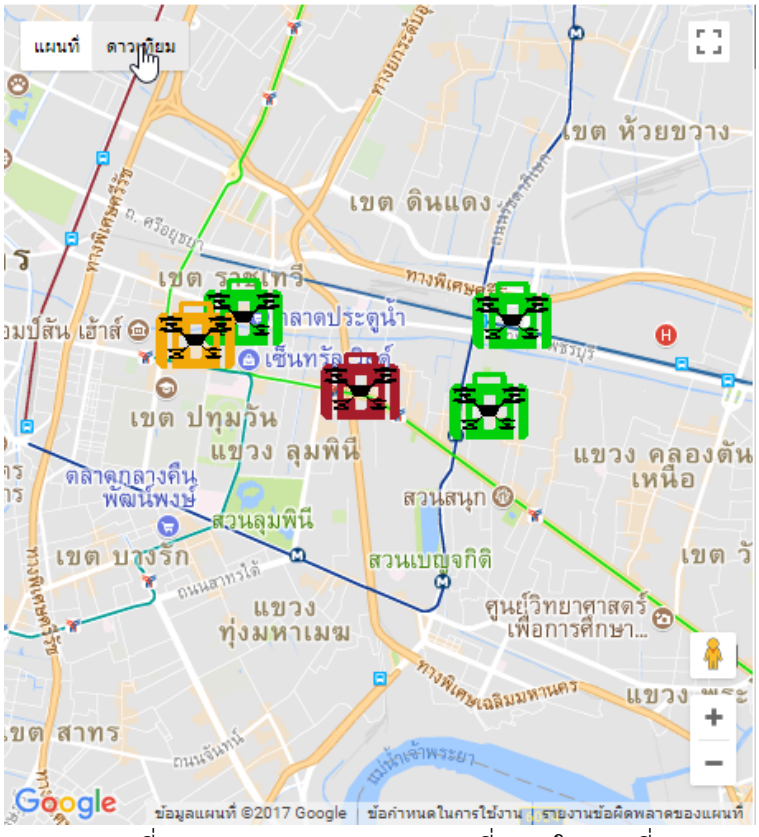
รูปที่ 5.17 หน้าต่างแสดงการปฏิบัติภารกิจ

5.2.2.3 การแสดงสถานะของอากาศยาน

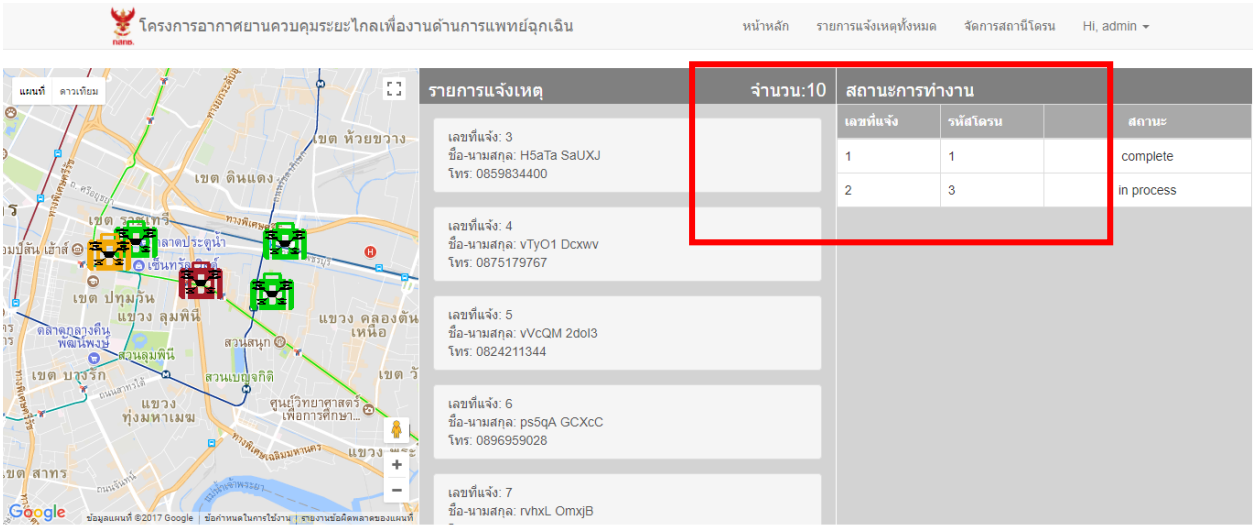
การแสดงสถานะของอากาศยาน แบ่งออกเป็น 3 สถานะ ได้แก่

- Ready : สถานะของอากาศยานที่พร้อมใช้งาน
- In Process : สถานะของอากาศยานที่กำลังออกปฏิบัติการ
- Completed : สถานะของอากาศยานที่ถึงสถานที่เกิดเหตุแล้ว และยังไม่กลับมาประจำสถานี

โดยอากาศยานที่อยู่ในสถานะ Ready บริเวณตำแหน่งของสถานีบนแผนที่จะมีสัญลักษณ์สีเขียว หากอากาศยานที่อยู่ในสถานะ In Process สัญลักษณ์บนแผนที่จะเปลี่ยนเป็นสีแดง และในกรณีที่อากาศยานอยู่ในสถานะ Completed สัญลักษณ์บนแผนที่จะถูกเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดังรูปที่ 5.18 นอกจากนี้อากาศยานที่อยู่ในสถานะ In Process และ Completed จะมีการแสดงสถานะในแถบสถานะการทำงานด้านขวามือ ดังรูปที่ 5.19



รูปที่ 5.18 สถานะของอากาศยานที่แสดงในแผนที่

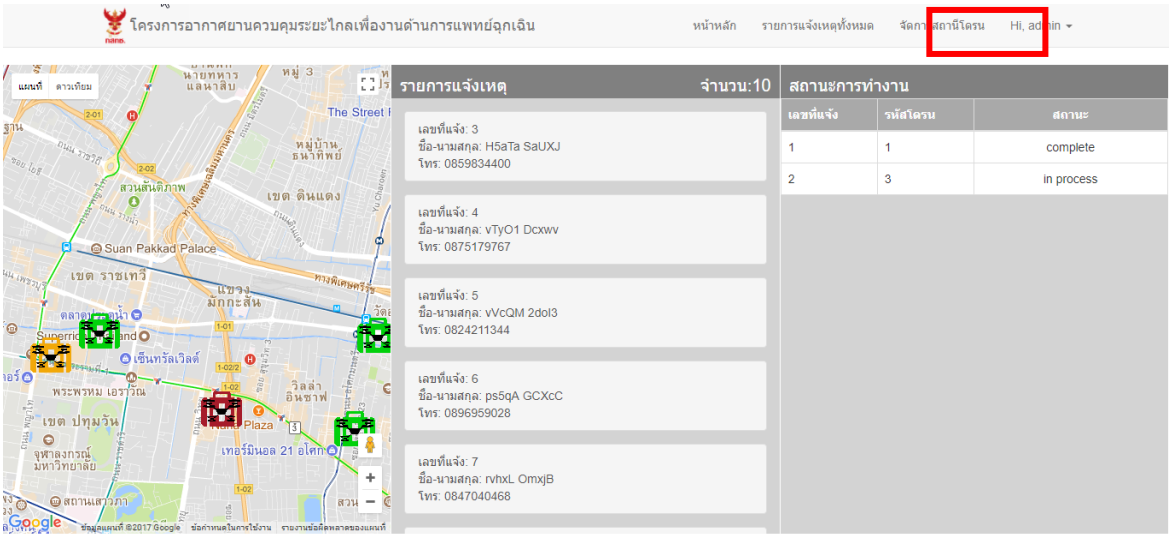


รูปที่ 5.19 สถานะของอากาศยานที่แสดงในแถบสถานะการทำงาน

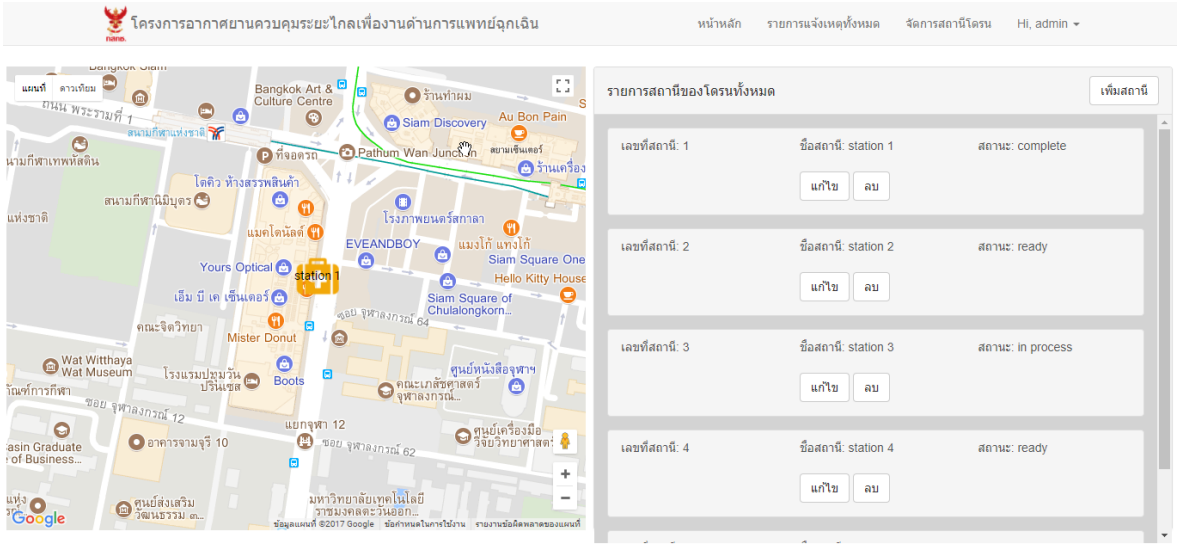
5.2.2.4 การตั้งค่าสถานีภาคพื้นดินและอากาศยาน

เนื่องจากส่วนของ Server Center ต้องสามารถติดต่อสื่อสารกับสถานีภาคพื้นดินได้มากกว่า 1 สถานี ดังนั้นผู้พัฒนาได้ทำการพัฒนาส่วนของโปรแกรม ไว้สำหรับใช้จัดการ

สถานีภาคพื้นดิน โดยการกดที่ข้อความ “จัดการสถานีโดรน” ดังรูปที่ 5.20 โดนหน้าต่างสำหรับจัดการสถานีภาคพื้นดินแสดงดังรูปที่ 5.21

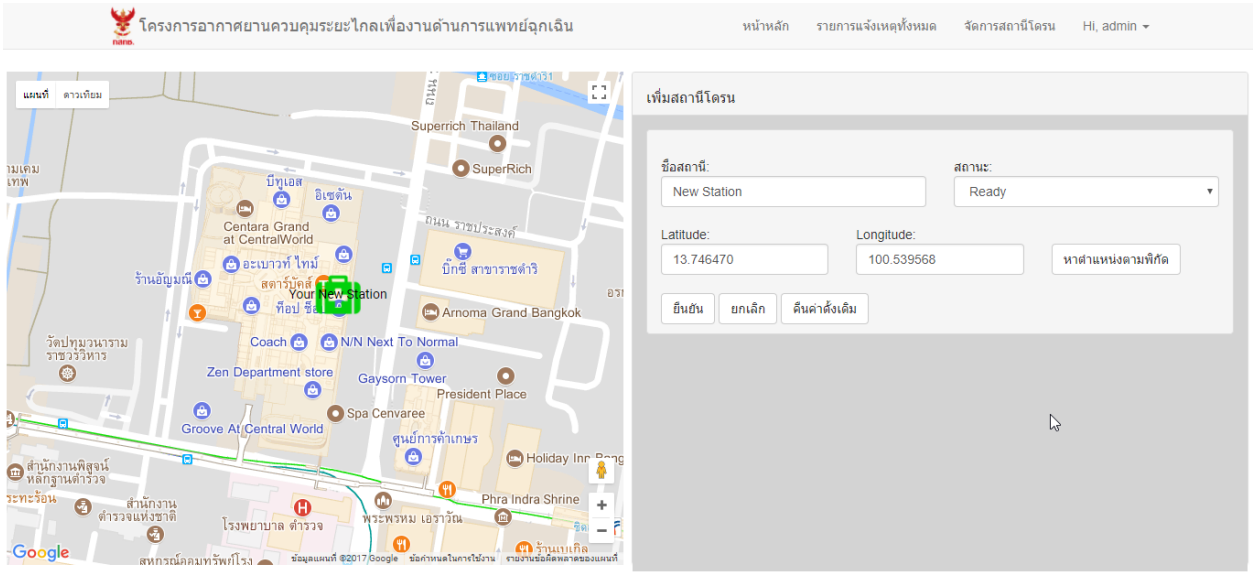


รูปที่ 5.20 ส่วนจัดการสถานีภาคพื้นดิน

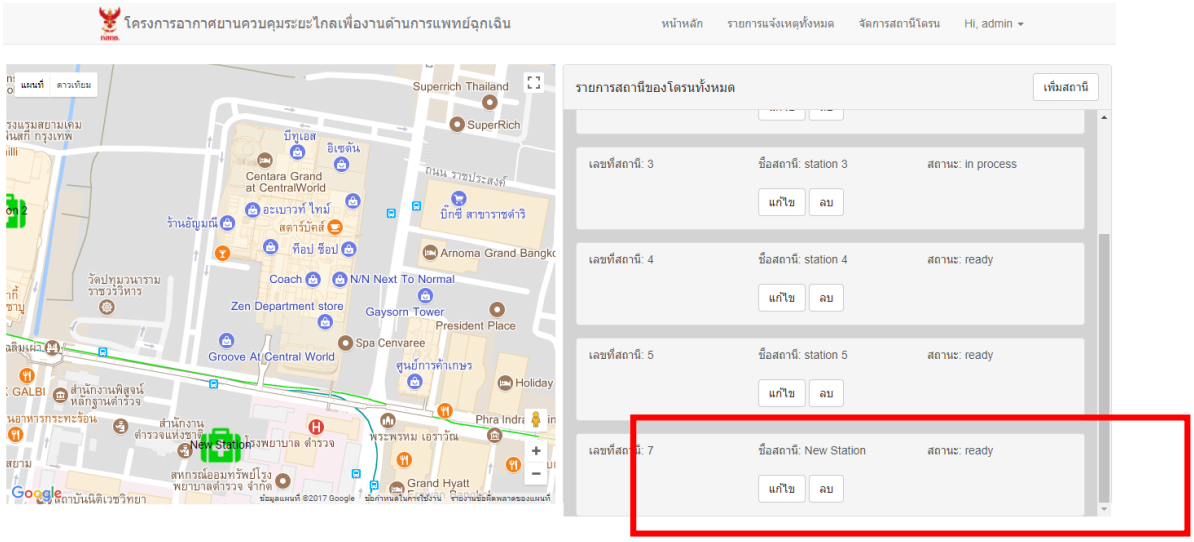


รูปที่ 5.21 หน้าต่างสำหรับจัดการสถานีภาคพื้นดิน

การจัดการสถานีภาคพื้นดิน ผู้ใช้งานสามารถเพิ่มสถานีได้ โดยการกดปุ่ม “สถานีโดรน” จากนั้นโปรแกรมจะแสดงหน้าต่างสำหรับการเพิ่มสถานีภาคพื้นดินขึ้นมา แสดงดังรูปที่ 5.22 และผู้ใช้งานสามารถเลือกตำแหน่งสถานีจากในแผนที่ หรือการกรอกค่าตำแหน่งพิกัด GPS ของสถานีลงไปในช่อง Latitude และ Longitude ได้ โดยสถานีภาคพื้นดินที่ถูกเพิ่ม จะแสดงอยู่ในตำแหน่งล่างสุดของรายการสถานีทั้งหมด ดัง

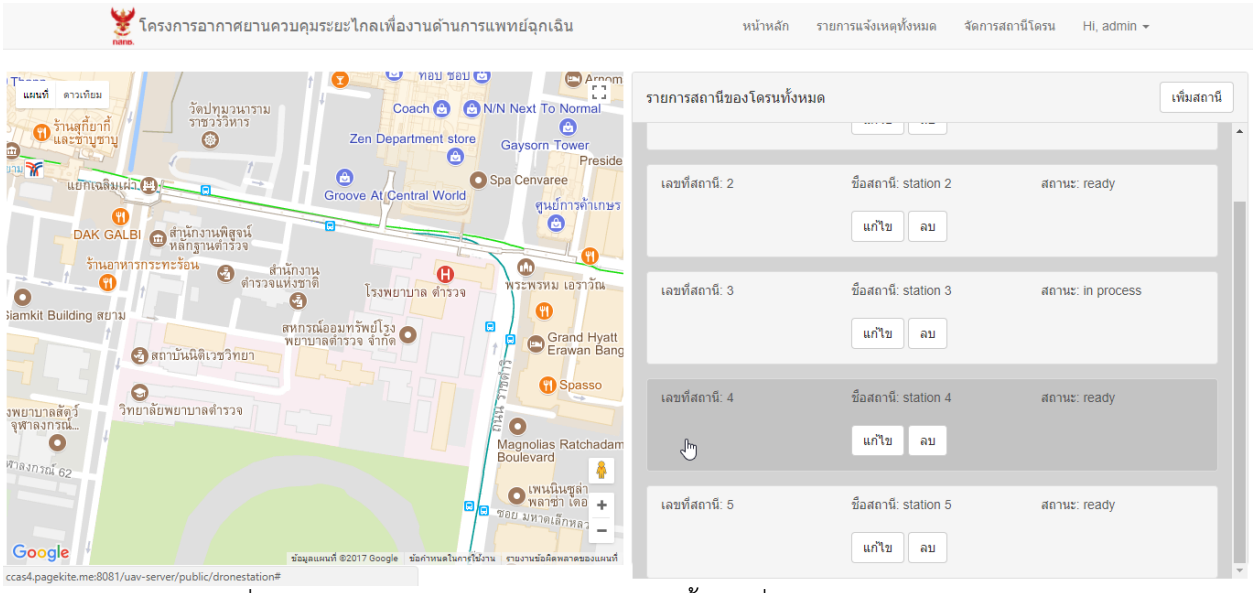


รูปที่ 5.22 หน้าต่างสำหรับเพิ่มสถานีภาคพื้นดิน



รูปที่ 5.23 รายการสถานีภาคพื้นดินที่สร้างใหม่

ในกรณีที่ผู้ใช้งาน ต้องการแก้ไขข้อมูลของสถานีภาคพื้นดิน ผู้ใช้งานสามารถกดปุ่ม “แก้ไข” โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างเพื่อให้ผู้ใช้งานทำการแก้ไขตำแหน่งของสถานี และในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการลบสถานี ให้ผู้งานกดปุ่ม “ลบ” สถานีภาคพื้นดินที่ถูกกดจะถูกลบออกจากฐานข้อมูล และไม่ถูกแสดงในรายการสถานี ดังรูปที่ 5.24



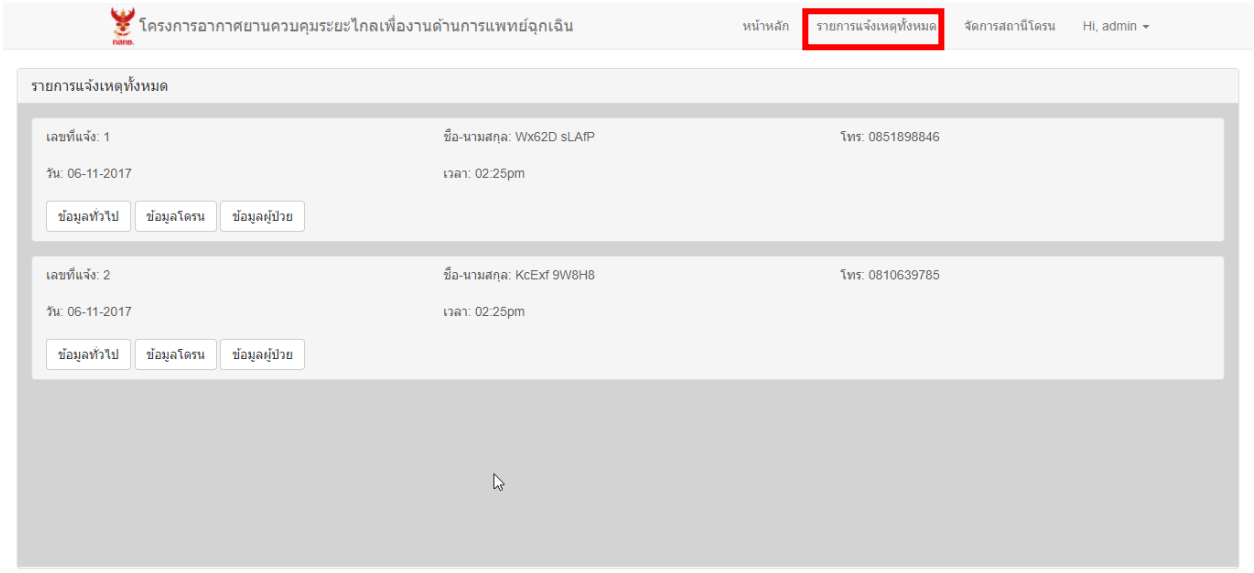
รูปที่ 5.24 หน้าต่างแสดงรายการสถานีภาคพื้นดินที่ถูกลบไปแล้ว

5.2.2.5 การออกรายงาน

การออกรายงาน สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- ข้อมูลทั่วไป : เป็นข้อมูลผู้ป่วยเบื้องต้นที่เจ้าหน้าที่ทำการบันทึก
- ข้อมูลโดรน : เป็นข้อมูลที่บันทึกการทำงานของอากาศยาน โดยข้อมูลที่ทำการบันทึก ถูกส่งมาจากอากาศยานขณะที่ออกปฏิบัติการ
- ข้อมูลผู้ป่วย : ข้อมูลส่วนนี้เจ้าหน้าที่สามารถเข้ามากรอกการปฏิบัติการการช่วยเหลือผู้ป่วยได้ในภายหลัง โดยข้อมูลส่วนนี้รวมไปถึงข้อมูลการช่วยเหลือผู้ป่วย เช่น โรงพยาบาลที่นำส่งผู้ป่วย เวลาที่นำส่งผู้ป่วย เป็นต้น

เมื่อเจ้าหน้าที่กดปุ่ม “รายงานการแจ้งเหตุทั้งหมด” โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างแสดงรายการเหตุที่ได้เข้าช่วยเหลือดังรูปที่ 5.25



รูปที่ 5.25 หน้าต่างแสดงรายการการแจ้งเหตุ

5.2.3 การส่งข้อมูลระหว่างแอพพลิเคชั่นแจ้งเหตุ, เว็บแอพพลิเคชั่นส่วนกลาง และสถานีโดรน

ในส่วนนี้คณะทำงานได้ทำการออกแบบรูปแบบการสื่อสารระหว่าง แอพพลิเคชั่นแจ้งเหตุ, เว็บแอพพลิเคชั่นส่วนกลาง และสถานีโดรน เพื่อให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2.3.1 ส่วนการติดต่อระหว่างแอพพลิเคชั่นแจ้งเหตุและเว็บแอพพลิเคชั่นส่วนกลาง

ประกอบด้วย 2 API สำหรับให้แอพพลิเคชั่นแจ้งเหตุเรียกใช้งาน ได้แก่

1) API แจ้งเหตุ

Request Method: POST

Url: /api/incident

ตารางที่ 11. Request Parameter

ชื่อ	รายละเอียด
name	ชื่อผู้แจ้งเหตุ
tel	หมายเลขโทรศัพท์ผู้แจ้งเหตุ
marker_lat	ตำแหน่ง latitude ของ marker ที่เกิดเหตุ
marker_lng	ตำแหน่ง longitude ของ marker ที่เกิดเหตุ
gps_lat	ตำแหน่ง latitude ตาม GPS ของผู้แจ้งเหตุ
gps_lng	ตำแหน่ง longitude ตาม GPS ของผู้แจ้งเหตุ

ตารางที่ 12. Response Parameter

ชื่อ	รายละเอียด
id	เลขที่รายการแจ้งเหตุ

2) API อัพเดตสถานะ

Request Method: GET

Url: /api/incident/{ เลขที่รายการแจ้งเหตุ }

ตารางที่ 13. Response Parameter

ชื่อ	รายละเอียด
drone_id	หมายเลขโดรนที่ได้รับ
responded	การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ (0 = ยังไม่ได้ติดต่อกับเจ้าหน้าที่, 1 = ติดต่อกับเข้าหน้าที่แล้ว)
status	สถานะโดรน (in process = กำลังบิน, complete = ถึงที่เกิดเหตุแล้วหรือกำลังกลับสถานี)
complete	โดรนทำงานเสร็จแล้วหรือไม่ (true = โดรนถึงที่เกิดเหตุแล้ว กำลังกลับสถานี หรือโดรนทำงานกับเหตุนี้เสร็จแล้ว, false = โดรนยังบินไม่ถึงที่เกิดเหตุ)
drone_lat	ตำแหน่ง latitude ของโดรน
drone_lng	ตำแหน่ง longitude ของโดรน
drone_speed	ความเร็วของโดรน (เมตรต่อวินาที)

5.2.3.2 ส่วนการติดต่อระหว่างเว็บแอพพลิเคชั่นส่วนกลางและสถานีโดรน

ประกอบด้วย 2 API ให้สถานีโดรนเรียกใช้งาน ได้แก่

1) API งานของสถานี

Request Method: GET

Url: /api/station/{ หมายเลขสถานี }

ตารางที่ 14. Response Parameter

ชื่อ	รายละเอียด
id	หมายเลขสถานี
name	ชื่อสถานี
status	สถานะสถานี (ready = พร้อมใช้งาน, in process = อยู่ระหว่างบิน หรือเตรียมออกบิน, complete = ถึงที่เกิดเหตุหรือกำลังกลับสถานี)
incident.id	หมายเลขรายการแจ้งเหตุ
incident.name	ชื่อผู้แจ้งเหตุ
incident.tel	หมายเลขโทรศัพท์ผู้แจ้งเหตุ
incident.marker_lat	ตำแหน่ง latitude ของ marker ที่เกิดเหตุ
incident.marker_lng	ตำแหน่ง longitude ของ marker ที่เกิดเหตุ
incident.gps_lat	ตำแหน่ง latitude ตาม GPS ของผู้แจ้งเหตุ
incident.gps_lng	ตำแหน่ง longitude ตาม GPS ของผู้แจ้งเหตุ

2) API อัพเดตสถานะของสถานีและโดรน

Request Method: POST

Url: /api/update_drone/{ หมายเลขสถานี }

ตารางที่ 15. Request Parameter

ชื่อ	รายละเอียด
status	สถานะสถานี (ready = พร้อมใช้งาน, in process = อยู่ระหว่างบิน หรือเตรียมออกบิน, complete = ถึงที่เกิดเหตุหรือกำลังกลับสถานี)
lat	ตำแหน่ง latitude ของโดรน
lng	ตำแหน่ง longitude โดรน
speed	ความเร็วของโดรน (เมตรต่อวินาที)

5.2.3.3 Data Dictionary ของฐานข้อมูลของระบบ Call Center Web

ตารางที่ 16. Data Dictionary

ตาราง	Field	รายละเอียด
drones		ข้อมูล Drone ในแต่ละลำ
	Id	Index ของตาราง
	Lat	Latitude ของ Drone
	Lng	Longitude ของ Drone
	Speed	ความเร็ว
	Status	สถานะ
	Ip	IP Network ของ Drone
	type	ประเภท
drone_station		ข้อมูล Station ที่ควบคุม Drone
	Id	Index ของตาราง
	Incident_id	เลขเหตุการณ์
	Name	ชื่อ Station
	Lat	Latitude ของ Station
	Lng	Longitude ของ Station
	Status	สถานะ
	IP	IP Network ของ Station
	type	ประเภท
Incident		ข้อมูลเหตุการณ์ที่แจ้ง

ตาราง	Field	รายละเอียด
	Id	Index ของตาราง
	Tel	เบอร์โทรศัพท์ผู้แจ้งเหตุ
	Name	ชื่อผู้แจ้งเหตุ
	Citizen_id	เลขบัตรประชาชนผู้แจ้งเหตุ
	Marker_lat	ตำแหน่ง Latitude ของเหตุการณ์ที่แจ้ง
	Marker_lng	ตำแหน่ง Longitude ของเหตุการณ์ที่แจ้ง
	Gps_lat	ตำแหน่ง Latitude ของเหตุการณ์จริงจาก GPS
	Gps_lng	ตำแหน่ง Longitude ของเหตุการณ์จริงจาก GPS
	Drone_id	หมายเลข Drone ที่ใช้ในภารกิจ
	Responded	เวลาที่ทำการส่ง Drone
	Deleted_at	เวลาที่ถูกลบ Transaction
	Created_at	เวลาที่ถูกสร้าง Transaction
	Updated_at	เวลาที่ Update Transaction
Incident_records		
	Id	Index ของตาราง
	Send_drone	หมายเลข Drone
	Place	สถานที่
	Field_area	พื้นที่
	Note	หมายเหตุ
	Symptom	Symptom
	Additional_event	ข้อมูลเหตุการ์เพิ่มเติม
	Disaster	โรคของผู้ป่วย
	Disaster_other	โรคอื่นๆ ของผู้ป่วย
	IDC_Color	IDC Color
	IDC_Code	IDC Code
	Drone_receive_time	เวลาที่ Drone ได้รับคำสั่ง

ตาราง	Field	รายละเอียด
	Drone_order_time	เวลาที่สั่งงาน Drone
	Drone_depart_time	เวลาที่ Drone บินออกไป
	Drone_arrive_time	เวลาที่ Drone บินถึงสถานที่
	Drone_depart_place_time	เวลาที่ Drone ออกจากสถานที่เกิดเหตุ
	Drone_back_time	เวลาที่ Drone ถึงตำแหน่งแรก
	Station_lat	ตำแหน่ง Latitude ของ Station
	Station_lng	ตำแหน่ง Longitude ของ Station
	Scene_lat	ตำแหน่ง Latitude ของเหตุการณ์
	Scent_lng	ตำแหน่ง Longitude ของเหตุการณ์
	Drone_distance1	ระยะทางที่ Drone บิน
	Drone_distance2	ระยะทางที่ Drone บิน
	Vehicle_type	ประเภทรถ
	Vehicle_other	รถอื่นๆ
	Operation_agency_name	ชื่อคนขับรถ
	Team_name	ชื่อคณะทำงาน
	Class	Class ของรถ
	Receive_time	เวลารับเรื่อง
	Order_time	เวลาสั่งงาน
	Depart_time	เวลาออก
	Arrive_time	เวลาถึง
	Depart_place_time	เวลาออกจากที่เกิดเหตุ
	Hospital_time	เวลาถึงโรงพยาบาล
	Back_time	เวลากลับ
	Distance1	ระยะทาง 1
	Distance2	ระยะทาง 2
	Distance3	ระยะทาง 3
	Doctor_name	ชื่อหมอ
	Nurse_name	ชื่อนางพยาบาล
	Staff1_name	ชื่อเจ้าหน้าที่ 1

ตาราง	Field	รายละเอียด
	Staff2_name	ชื่อเจ้าหน้าที่ 2
	Staff3_name	ชื่อเจ้าหน้าที่ 3
	RC_color	RC Color
	RC_code	RC Code
	Treatment	วิธีรักษา
	Treatment_information	ข้อมูลการรักษา
	Patient1_name	ชื่อผู้ป่วย 1
	Patient1_age	อายุผู้ป่วย 1
	Patient1_HN	เลข Hospital Number ของผู้ป่วย 1
	Patient1_id	เลขบัตรประชาชนผู้ป่วย 1
	hospital1_name	ชื่อโรงพยาบาลของผู้ป่วย 1
	Patient2_name	ชื่อผู้ป่วย 2
	Patient2_age	อายุผู้ป่วย 2
	Patient2_HN	เลข Hospital Number ของผู้ป่วย 2
	Patient2_id	เลขบัตรประชาชนผู้ป่วย 2
	Hospital2_name	ชื่อโรงพยาบาล 2
	Standard	มาตรฐาน
	Communicate	การสื่อสาร
	Car_license1	เลขทะเบียนรถคันที่ 1
	Car_province1	จังหวัดของเลขทะเบียนรถคันที่ 1
	Car_owner1	ชื่อเจ้าของรถ
	Car_license2	เลขทะเบียนรถคันที่ 2
	Car_province2	จังหวัดของเลขทะเบียนรถคันที่ 2
	Car_owner2	ชื่อเจ้าของรถคันที่ 2
	Recorder	ชื่อผู้บันทึก
	Accreditor	Accreditor

5.3 ผลการออกแบบอากาศยานควบคุมระยะไกล

5.3.1 ผลการออกแบบทางกล

ลักษณะทางกายภาพของ DJI Matrice 600 Pro ได้ถูกออกแบบโดยผู้ผลิตให้มีชุดควบคุมการทำงานของอากาศยานอยู่ในโครงสร้างหลัก มีชุดเสารับสัญญาณ GPS จำนวน 3 เสาอยู่ด้านบน มีแขนยื่น 6 แขนสำหรับติดตั้งมอเตอร์และใบพัดสำหรับส่งกำลัง โดยแขนทั้ง 6 สามารถพับเก็บเพื่อความสะดวกในการขนย้าย และมีขาตั้ง 2 ขาที่สามารถพับขึ้นระหว่างบินเพื่อรองรับการถ่ายภาพทางอากาศ

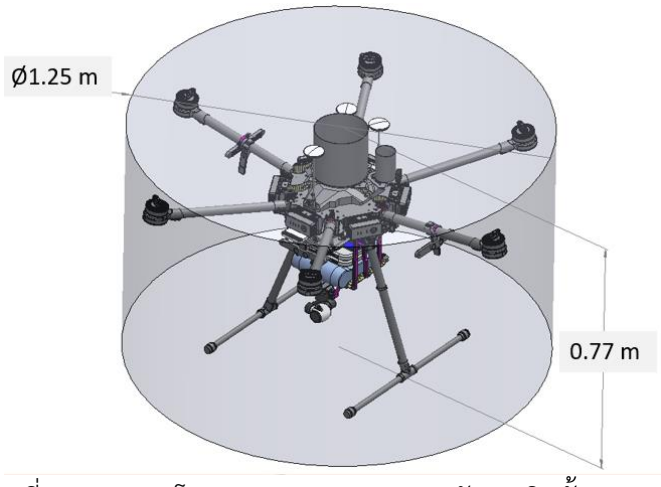
รูปที่ 5.26 แสดงโครงสร้างโดยรวมของ DJI Matrice 600 Pro

รูปที่ 5.27 แสดงชุดควบคุมการทำงาน และเสารับสัญญาณ GPS บนอากาศยาน

รูปที่ 5.28 แสดงการพับเก็บแขนเพื่อความสะดวกในการขนย้ายอากาศยาน

รูปที่ 5.29 แสดงการพับขาตั้งอากาศยานระหว่างบินเพื่อถ่ายภาพทางอากาศ

จากลักษณะทางกายภาพข้างต้นที่ออกแบบมาให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมได้สองส่วน คือ ส่วนด้านบนลำ และส่วนด้านล่างลำบริเวณระหว่างขาตั้งอากาศยานนั้น คณะผู้วิจัยฯ จึงได้ทำการออกแบบระบบทางกลของอากาศยานไร้นักบินเพิ่มเติมเพื่อติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มต่างๆ ในบริเวณดังกล่าว โดยคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน โดยไม่ลดทอนความสามารถของระบบเดิมที่จัดหามา และยังคงความสามารถในการเคลื่อนย้ายได้ดังเดิม โดยผลของการออกแบบทำให้อากาศยานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.25 เมตร ความสูง 0.77 เมตร เมื่อพับแขนของลำแล้วเส้นผ่านศูนย์กลางจะลดลงเหลือประมาณ 0.7 เมตร

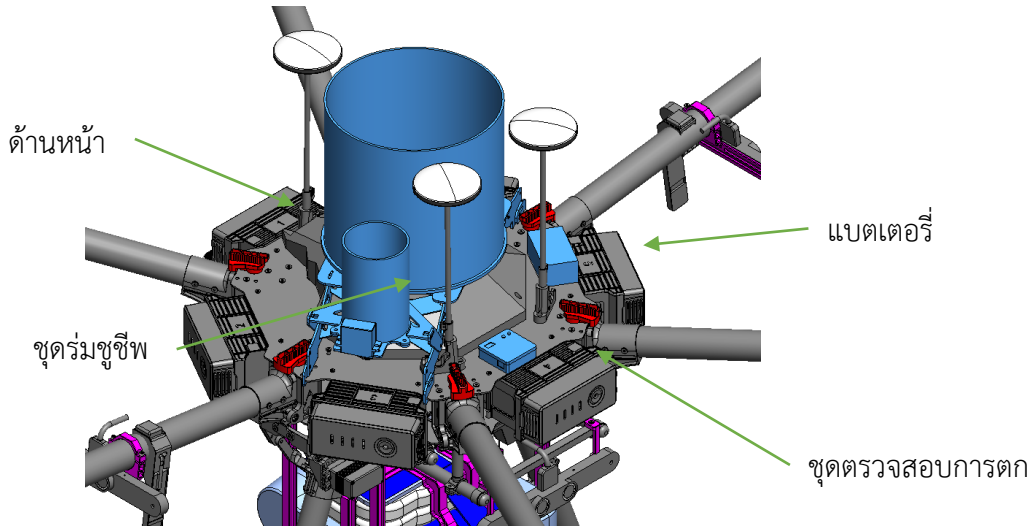


รูปที่ 5.30 ขนาดโดยรวมของอากาศยานหลังการติดตั้งอุปกรณ์

การออกแบบสามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อตามความสามารถในการทำงานของระบบได้ดังนี้

5.3.1.1 ระบบลดความเสียหายจากการตก

ระบบลดความเสียหายจากการตก ประกอบด้วยสามส่วนคือ ชุดร่มชูชีพ (Opale Safetech ST160) ชุดตรวจสอบการตก (MayDay) และแบตเตอรี่สำหรับจ่ายไฟชุดตรวจสอบการตก

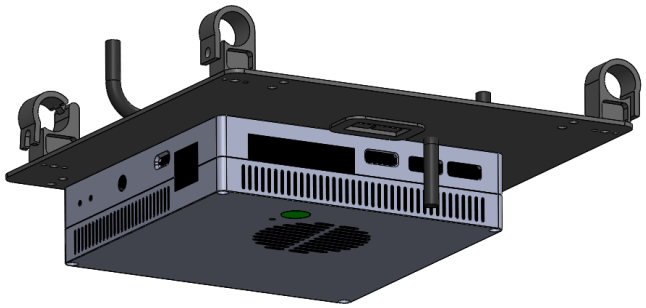


รูปที่ 5.31 แสดงส่วนประกอบของระบบลดความเสียหายจากการตก

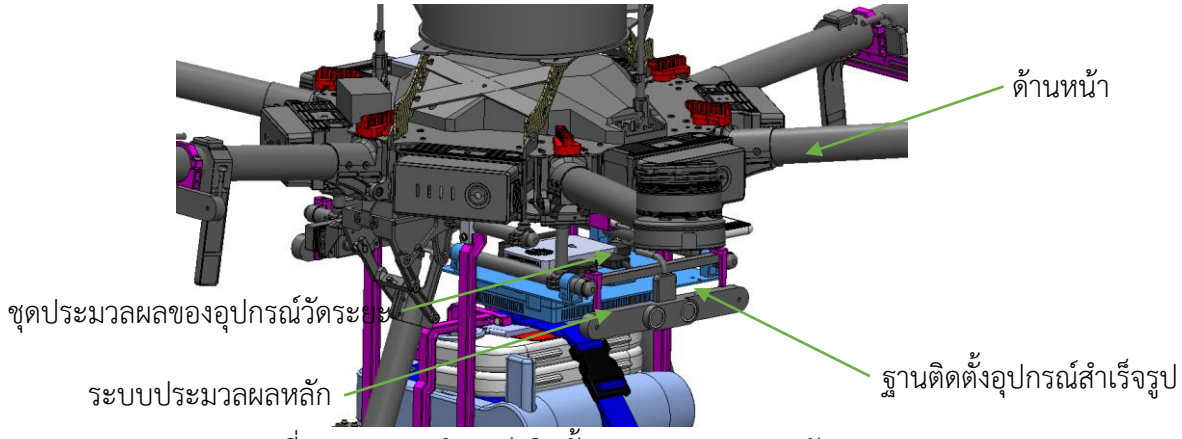
โดยชุดร่มชูชีพในท้องตลาดไม่มีรุ่นที่สามารถใช้ยึดเข้ากับอากาศยานได้โดยตรง คณะวิจัยฯ จึงได้เลือกรุ่นที่รองรับน้ำหนักของอากาศยานทั้งหมด และออกแบบชุดยึดแทนชุดยึดสำเร็จ เพื่อให้สามารถประกอบเข้ากับอากาศยานได้ ส่วนชุดตรวจสอบการตกและแบตเตอรี่ทำการยึดบนตัวลำด้วยเทปหนามเตย เพื่อให้สามารถถอดเปลี่ยนและซ่อมบำรุงได้ง่าย

5.3.1.2 ระบบประมวลผลหลักของอากาศยาน

ระบบประมวลผลหลักของอากาศยาน (DJI Manifold) ได้ทำการติดตั้งด้านล่างลำบริเวณระหว่างขาตั้งอากาศยาน โดยออกแบบจุดยึดเพิ่มเติมจากฐานติดตั้งอุปกรณ์สำเร็จรูป ซึ่งจะยึดเข้ากับแท่งคาร์บอนชุดล่างของโครงสร้างอากาศยาน ผู้จัดทำโครงการได้เลือกที่จะติดตั้งด้านล่างของชุดชิ้นงานเพื่อหลบการจัดวางอุปกรณ์ประมวลผลหลักของอุปกรณ์วัดระยะดังจะกล่าวในหัวข้อ 5.3.1.5



รูปที่ 5.32 แสดงฐานติดตั้งอุปกรณ์สำเร็จรูปและระบบประมวลผลหลัก



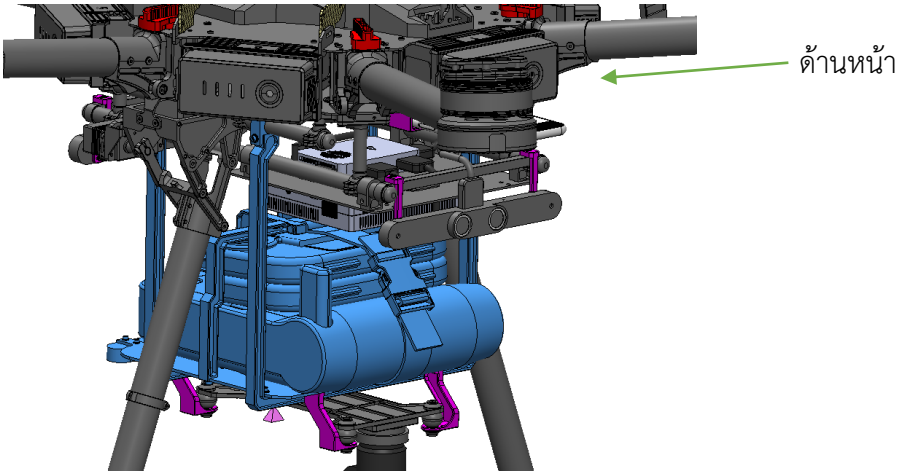
รูปที่ 5.33 แสดงตำแหน่งติดตั้งระบบประมวลผลหลัก

5.3.1.3 ชุดโครงสร้างสำหรับขนส่งเครื่อง AED

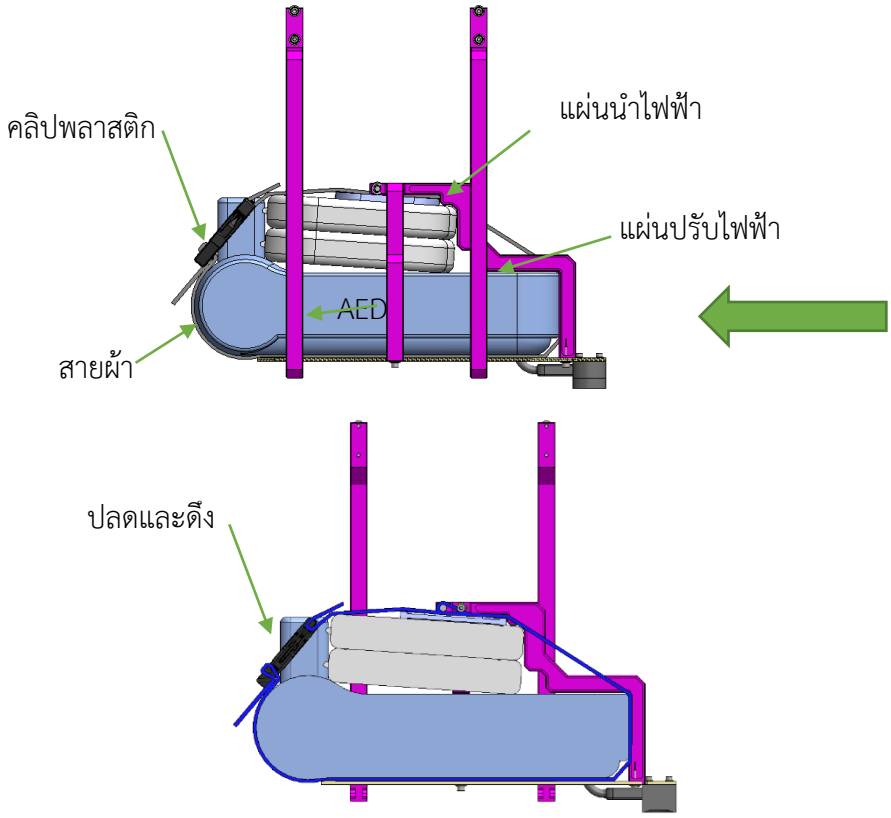
ชุดโครงสร้างสำหรับขนส่งเครื่อง AED ทำการติดตั้งด้านล่างลำบริเวณระหว่างขาตั้งอากาศยาน โดยยึดเข้ากับแท่งคาร์บอนชุดบนของโครงสร้างอากาศยาน และออกแบบชิ้นงานให้สามารถใส่อุปกรณ์ AED ได้ดังนี้

- เครื่อง AED 1 เครื่อง

- แผ่นนำไฟฟ้าสำหรับเป็นสื่อนำผ่านคนไข้ 2 ชุด
- แผ่นปรับกระแสไฟฟ้าสำหรับเด็กเล็ก 1 แผ่น



รูปที่ 5.34 แสดงตำแหน่งติดตั้งชุดโครงสร้าง AED

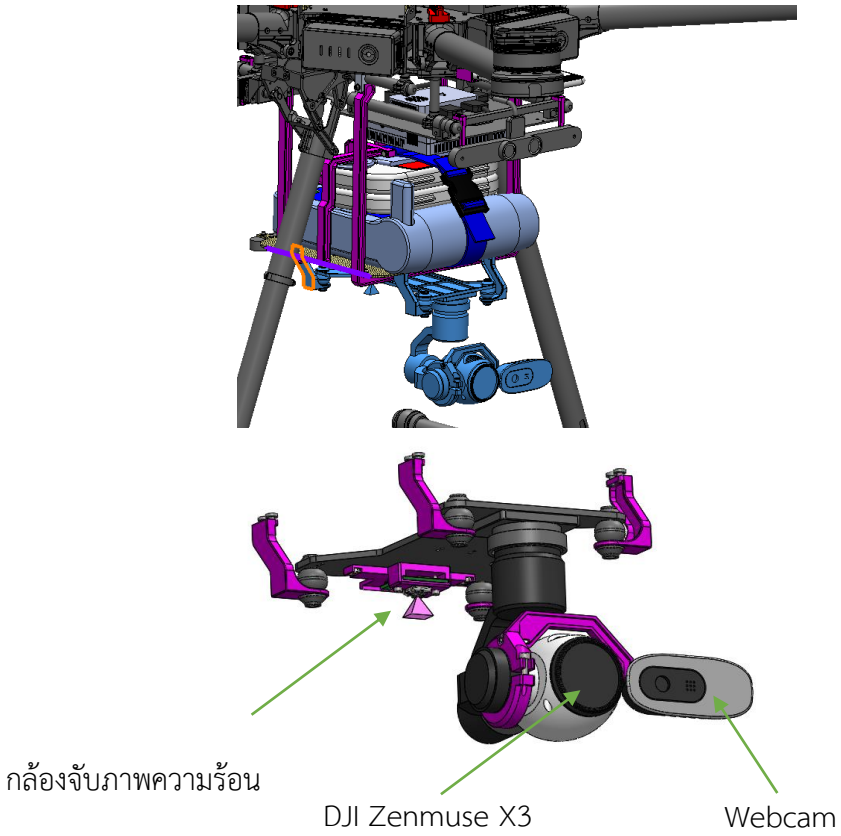


รูปที่ 5.35 แสดงตำแหน่งการใส่อุปกรณ์ และวิธีการนำอุปกรณ์ออก

อุปกรณ์ AED ทั้งหมดจะถูกล็อคให้อยู่กับชุดโครงสร้างด้วยสายผ้าและคลิปพลาสติก ดังรูปที่ 5.35 ซ้าย เมื่อผู้ใช้งานต้องการหยิบอุปกรณ์ AED จะสามารถหยิบได้โดยการปลดคลิปพลาสติกและดึงสายผ้าออกทางด้านหน้าของอากาศยาน สายผ้าจะทำหน้าที่ในการดึงอุปกรณ์ทั้งหมดออกมาเพื่อความสะดวกในการใช้งาน

5.3.1.4 ระบบกล้องถ่ายรอบตัวและกล้องจับภาพความร้อน

เนื่องจากผู้จัดทำโครงการได้เลือกระบบกล้องถ่ายจากอากาศยานเป็นรุ่นที่สามารถหมุนดูได้รอบทิศทาง (DJI Zenmuse X3) และมีกล้อง Webcam สำหรับส่งภาพเข้าระบบประมวลผลหลัก จึงทำการออกแบบชิ้นงานสำหรับยึดกล้องทั้งสองชุดเข้าด้วยกันเพื่อให้สามารถรับภาพมุมมองเดียวกันจากการสั่งการหมุนไปยังมุมมองต่างๆได้ อุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกติดตั้งด้านล่างของชุดโครงสร้างขนส่ง AED เพื่อให้สามารถสังเกตสภาพแวดล้อมของอากาศยานได้รอบ ชิ้นงานยึดระหว่างโครงสร้างกับชุดยึดกล้องออกแบบให้สั้นลงเพื่อลดระยะและทำให้กล้องอยู่สูงจากพื้นขณะจอด กล้องถ่ายภาพความร้อนจะถูกติดตั้งอยู่ด้านล่างของชุดยึดกล้อง เพื่อให้สามารถถ่ายภาพความร้อนของคนเพื่อหลบหลีกระหว่างจอดได้

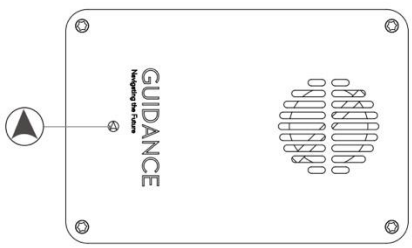


รูปที่ 5.36 แสดงตำแหน่งติดตั้งกล้องถ่ายรอบตัวและกล้องจับภาพความร้อน

5.3.1.5 ชุดอุปกรณ์วัดระยะห่างรอบอากาศยาน

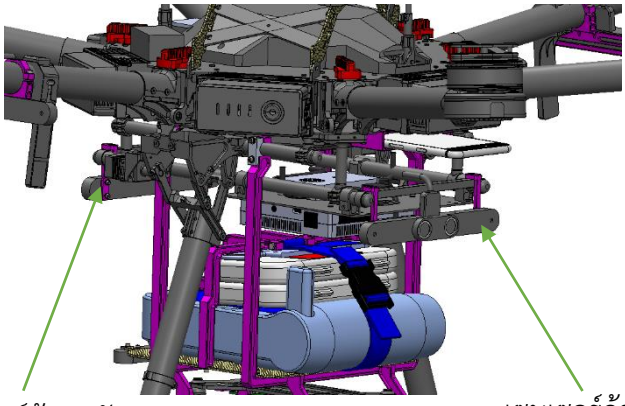
ชุดอุปกรณ์วัดระยะห่างรอบอากาศยานนั้นประกอบไปด้วย อุปกรณ์ประมวลผลหลัก และเซนเซอร์วัดระยะทั้ง 5 ทิศทาง คือ ด้านหน้า ด้านหลัง ด้านซ้าย ด้านขวา และด้านล่าง โดยการติดตั้งมีข้อกำหนดให้วางอุปกรณ์ตามทิศทางต่างๆ ตามที่บริษัทผู้ผลิตได้ระบุไว้ ดังนี้

1) อุปกรณ์ประมวลผลหลัก ต้องติดตั้งตามอุปกรณ์ตามทิศลูกศรที่กำหนด (รูปที่ 5.37) จึงทำการติดตั้งด้านบนของฐานติดตั้งอุปกรณ์สำเร็จรูป ดังแสดงในรูปที่ 5.33



รูปที่ 5.37 แสดงทิศทางที่กำหนดของอุปกรณ์ประมวลผลหลัก

2) เซนเซอร์ด้านหน้าและหลัง ติดตั้งบนชิ้นส่วนยึดแท่งคาร์บอนชุดล่างของอากาศยาน โดยให้ช่องต่อสายสัญญาณหันขึ้นด้านบน

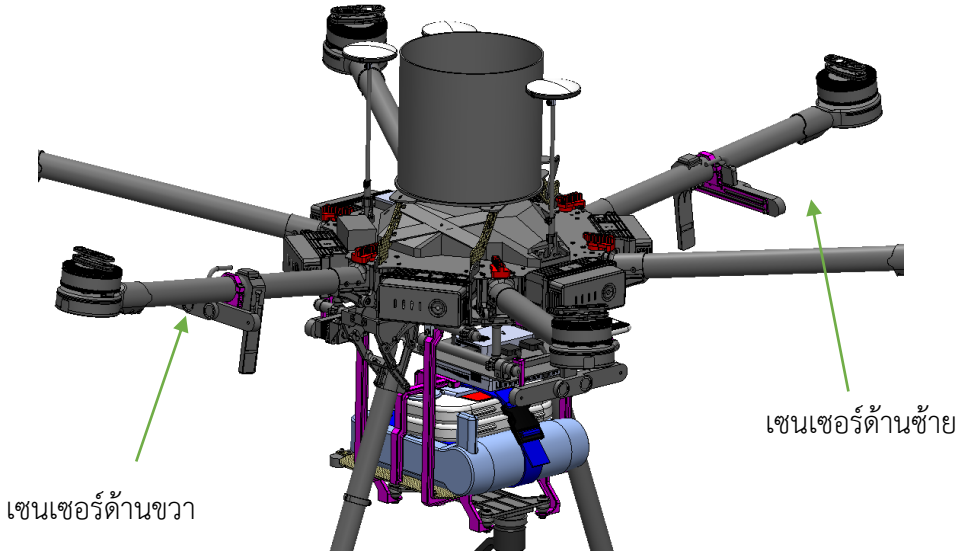


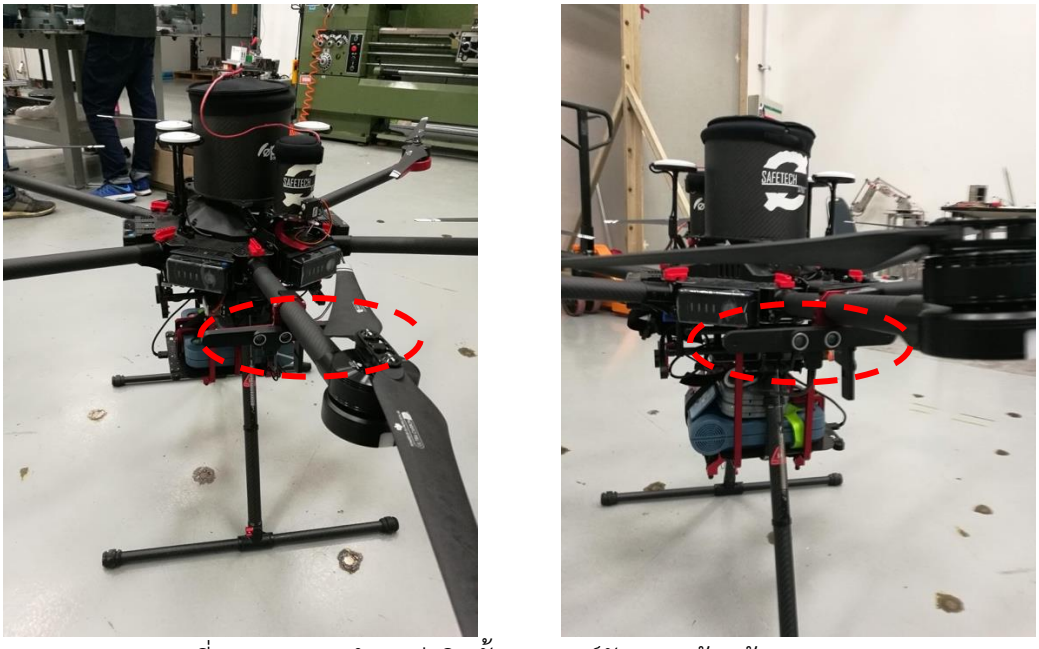
ด้านหลัง

ด้านหน้า

รูปที่ 5.38 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะด้านหน้าและหลัง

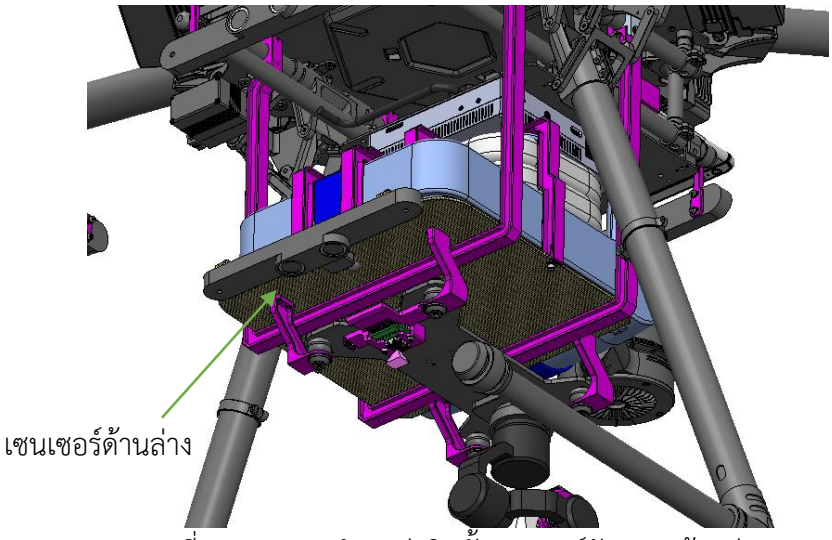
3) เซนเซอร์ด้านซ้ายและขวา ติดตั้งกับแขนของอากาศยานด้านว้ายและขวา ถัดจากเสาส่งสัญญาณวิทยุ โดยให้ช่องต่อสายสัญญาณหันขึ้นด้านบน





รูปที่ 5.39 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะด้านซ้ายและขวา

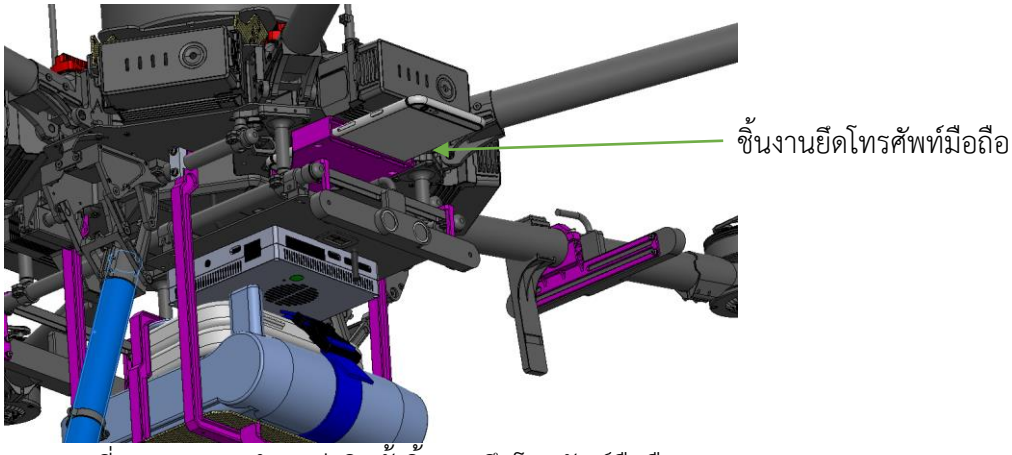
4) เซนเซอร์ด้านล่าง ติดตั้งด้านล่างของแผ่นโครงสร้าง AED โดยให้ช่องต่อสายสัญญาณหันไปด้านหน้า



รูปที่ 5.40 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์วัดระยะด้านล่าง

5.3.1.6 ชุดชิ้นงานยึดโทรศัพท์มือถือ

ชิ้นงานสำหรับยึดโทรศัพท์มือถือเพื่อใช้ในการสื่อสารกับผู้ช่วยชีวิตผู้ป่วย จะติดตั้งอยู่ด้านล่างของโครงสร้างหลักทางด้านหน้า เพื่อให้สามารถนำออกมาใช้งานได้ทิศทางเดียวกับเครื่อง AED โดยใช้สายผ้าและคลิปพลาสติกเช่นเดียวกับเครื่อง AED

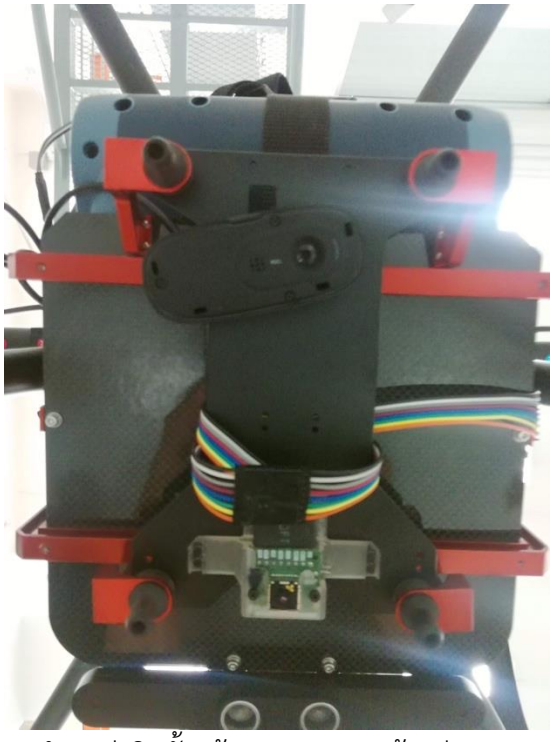


รูปที่ 5.41 แสดงตำแหน่งติดตั้งชิ้นงานยึดโทรศัพท์มือถือ

5.3.1.7 ชุดจับยึดกล้อง USB สำหรับถ่ายทอดภาพ และกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera)

ด้านล่างของอากาศยานถูกติดตั้งกล้อง USB สำหรับถ่ายทอดภาพและกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera) โดยกล้อง USB ทำการถ่ายทอดภาพระหว่างบินของอากาศยานมาที่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน ในขณะที่กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera) ทำหน้าที่ในการถ่ายความร้อนด้านล่างของอากาศยานระหว่างทำการลงจอด (Landing) โดยจะทำการตรวจสอบคนที่อยู่ด้านล่าง เพื่อให้ผู้ควบคุมทำการตรวจสอบด้วยสายตาอีกครั้ง

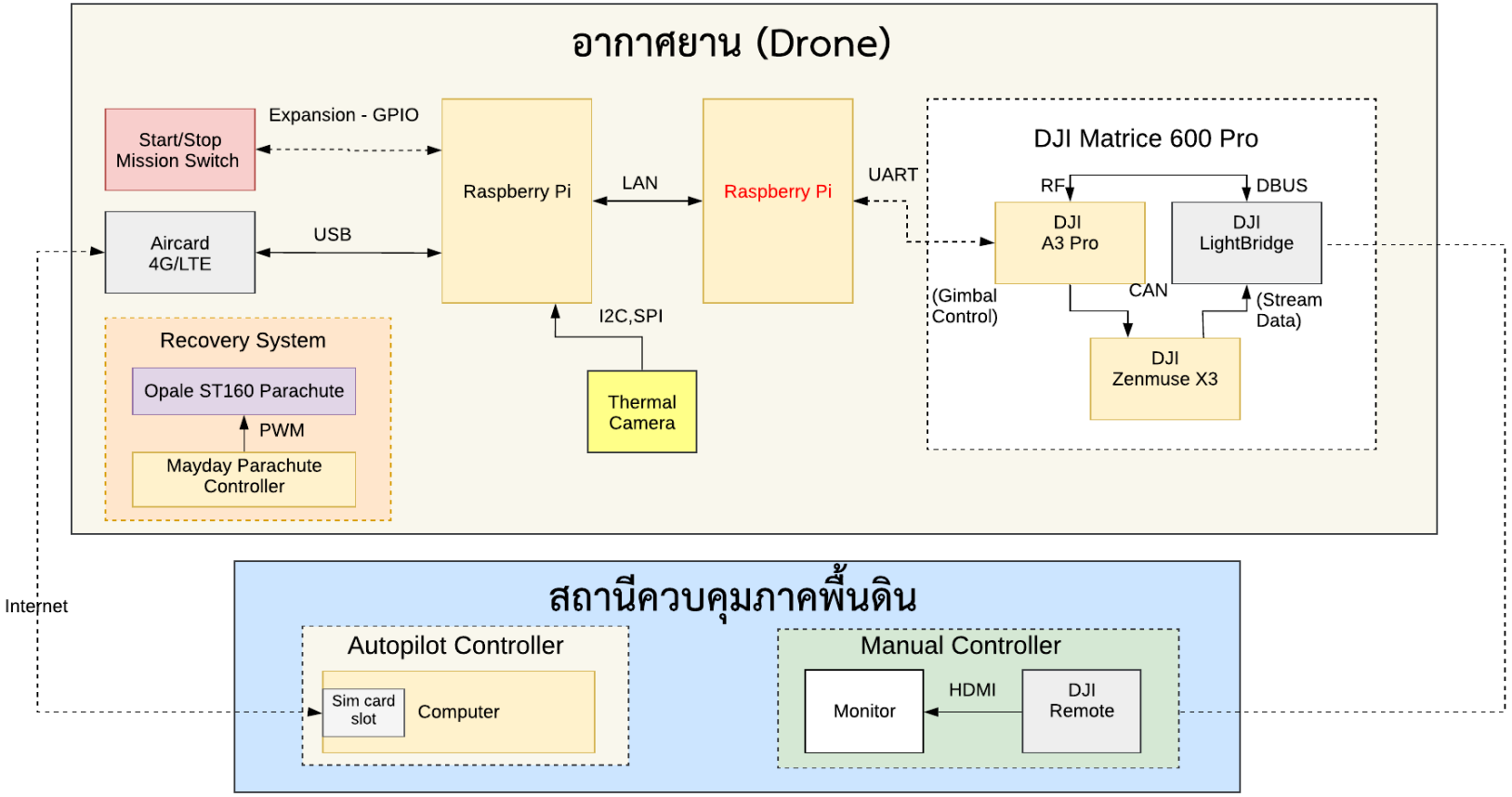
ในกรณที่มีคนอยู่ใต้อากาศยานระหว่างลงจอด ผู้ควบคุมที่ตรวจสอบที่จอแสดงผลของสถานีควบคุมภาคพื้นดิน สามารถทำการบังคับแบบ Manual เพื่อไม่ให้อากาศยานลงจอดได้ เพื่อป้องกันอันตรายกับคนที่อยู่ด้านล่างได้



รูปที่ 5.42 ตำแหน่งติดตั้งกล้อง USB และกล้องถ่ายภาพความร้อน

5.3.2 ผลการออกแบบทางไฟฟ้าและระบบควบคุม

อากาศยานควบคุมระยะไกลมีส่วนประมวลหลักคือ DJI A3 Pro ซึ่งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์พื้นฐานบนอากาศยาน เช่น อุปกรณ์รักษาเสถียรภาพของกล้อง (DJI Zenmuse X3) และอุปกรณ์สื่อสารกับชุดควบคุมรีโมท (DJI LightBridge) โดยมีส่วนประมวลผลแยกอีก 1 ส่วน เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่มีชื่อว่า DJI Manifold เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรมทำหน้าที่หลักคือประมวลผลชุดคำสั่งที่ผู้พัฒนาโปรแกรมเขียนเพิ่มเข้าไป เพื่อการตัดสินใจและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆ ที่ถูกติดตั้งเพิ่มนอกเหนือจากอุปกรณ์พื้นฐานบนอากาศยาน และมีบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก Raspberry Pi สำหรับต่อพ่วงอุปกรณ์สื่อสาร เพื่อนรับส่งข้อมูลกับสถานีภาคพื้นดินผ่านสัญญาณ สัญญาณ 3G/4G



รูปที่ 5.43 ภาพแสดงภาพรวมผลการออกแบบทางไฟฟ้าและระบบควบคุมของอากาศยานควบคุมระยะไกล

จากรูปที่ 5.43 บอร์ด DJI Manifold เชื่อมต่อกับประมวลผลหลัก DJI A3 Pro ผ่านพอร์ต Expansion UART ทำหน้าที่ส่งชุดคำสั่ง ที่ทางผู้พัฒนาของ DJI เปิดไว้ให้ใช้สำหรับการพัฒนาและสั่งงานอากาศยาน ซึ่งเรียกว่า DJI Open Protocol

นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์เซนเซอร์วัดระยะเพื่อใช้สำหรับหลบหลีกสิ่งกีดขวางขณะทำการบิน (DJI Guidance) เชื่อมต่อเข้าที่พอร์ต UART3

สำหรับการสื่อสารและการรับภาพใช้บอร์ด Raspberry Pi ในการต่อกับอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- กล้องถ่ายภาพ สำหรับถ่ายภาพระหว่างบิน โดยต่อผ่านพอร์ต I2C และ SPI
- กล้องความร้อน FLIR Lepton1 (Thermal Camera) เชื่อมต่อผ่านพอร์ต I2C และ SPI
- โมเดม สำหรับใส่ซิมการ์ด เชื่อมต่อผ่าน USB เพื่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภาคพื้นดิน ผ่านสัญญาณ 3G/4G
- ปุ่ม Input สำหรับเริ่มต้นให้อากาศยานทำงาน หรือหยุดการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ
- ชุดลดความเสียหายจากการตก (Recovery System) มีชุดประมวลผลแยกอิสระอีก 1 ชุดทำหน้าที่ตรวจสอบการตกและสั่งงานให้ร่มชูชีพ (Parachute) ทำงาน ผ่านขาสัญญาณ PWM

5.3.3 ผลการออกแบบพัฒนาของระบบสื่อสาร

การสื่อสารระหว่างสถานีควบคุมภาคพื้นดินและอากาศยาน ใช้วิธีการสื่อสารผ่าน TCP/IP โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินใส่ซิมการ์ด 3G/4G ที่เครื่องเพื่อใช้ในการออก Internet ในขณะที่อากาศยานมีการติดตั้ง Air card โดยใส่ซิมการ์ด 3G/4G โดยทั้งสองซิมเป็นแบบหมายเลข IP คงที่ เพื่อให้การสื่อสารระหว่างมีความสะดวกโดยทำการเรียกผ่านหมายเลข IP ที่คงที่

ในอากาศยานมีบอร์ดคอมพิวเตอร์ จำนวน 2 ชุด โดยมีหน้าที่ในแต่ละชุดดังนี้

- ชุดแรก Raspberry Pi สำหรับต่อกับกับ Air card เพื่อต่อ Internet สำหรับสื่อสารกับสถานควบคุมภาคพื้นดิน
- ชุดที่สอง Raspberry Pi สำหรับรสื่อสารกับ Raspberry Pi ชุดแรกและบอร์ดควบคุม A3 Pro ของอากาศยาน โดยการสื่อสารกับ Raspberry Pi ผ่านทาง

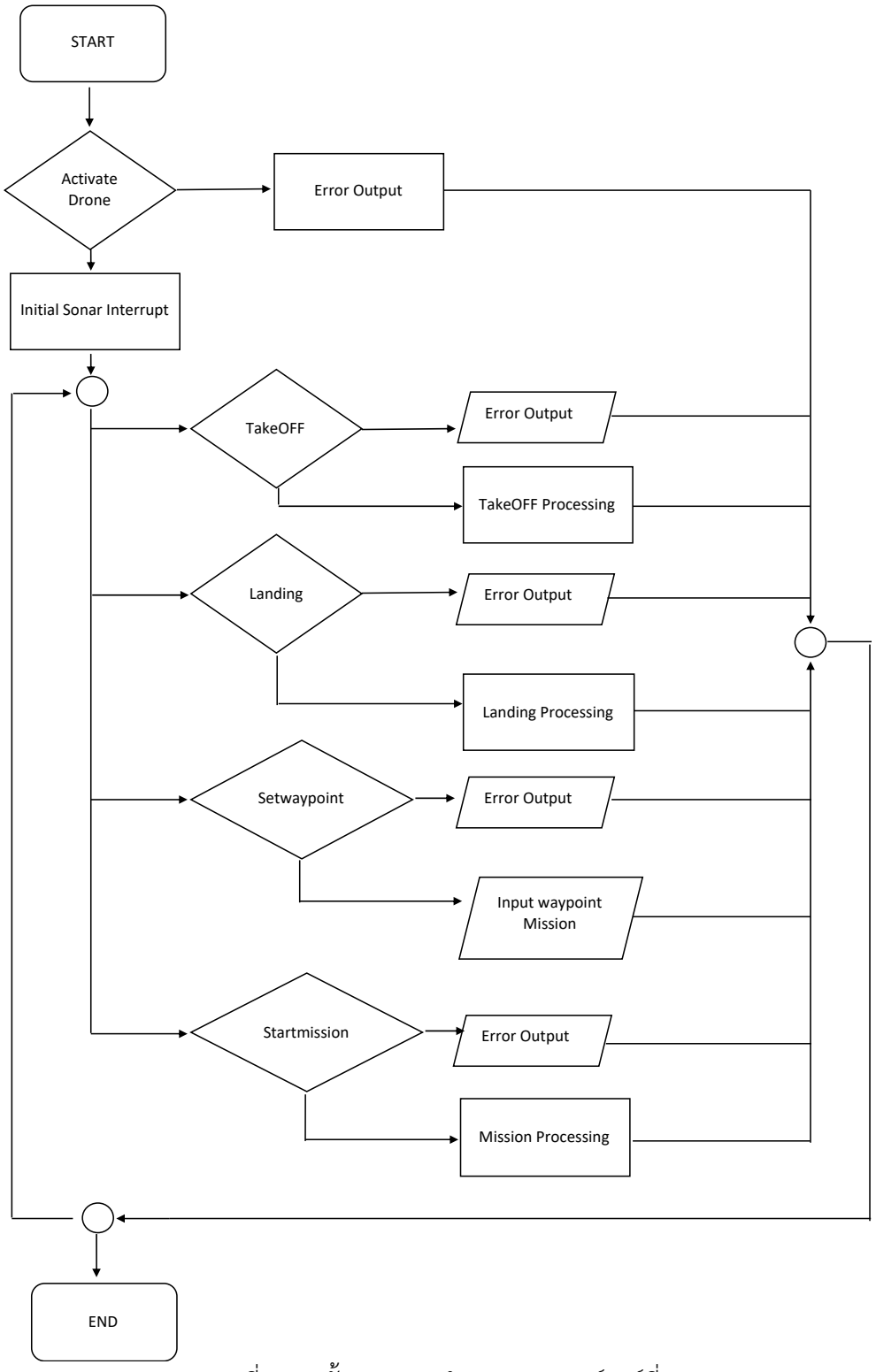
ช่องสื่อสาร LAN Port และใช้การสื่อสารแบบ Expansion UART ในการรับ/ส่งค่ากับชุด Controller A3 Pro ของอากาศยาน

5.3.4 ผลการพัฒนาซอฟต์แวร์อากาศยานระยะไกล

อากาศยานควบคุมระยะไกล ถูกพัฒนาและเขียนโปรแกรมด้วยภาษา C++บนระบบปฏิบัติการ Linux Ubuntu 14.04 LTS ซึ่งติดตั้งอยู่บนคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม ดังรูปที่ 5.44 โดยใช้ฟังก์ชั่นพื้นฐานจากชุดพัฒนาโปรแกรมของทาง DJI (DJI Software Development Kit:DJI SDK)

รูปที่ 5.44 บอร์ดคอมพิวเตอร์สำหรับพัฒนาโปรแกรม (เปลี่ยนแปลงจากเดิมที่ใช้ Manifold)

5.3.4.1 ขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์ที่อากาศยาน



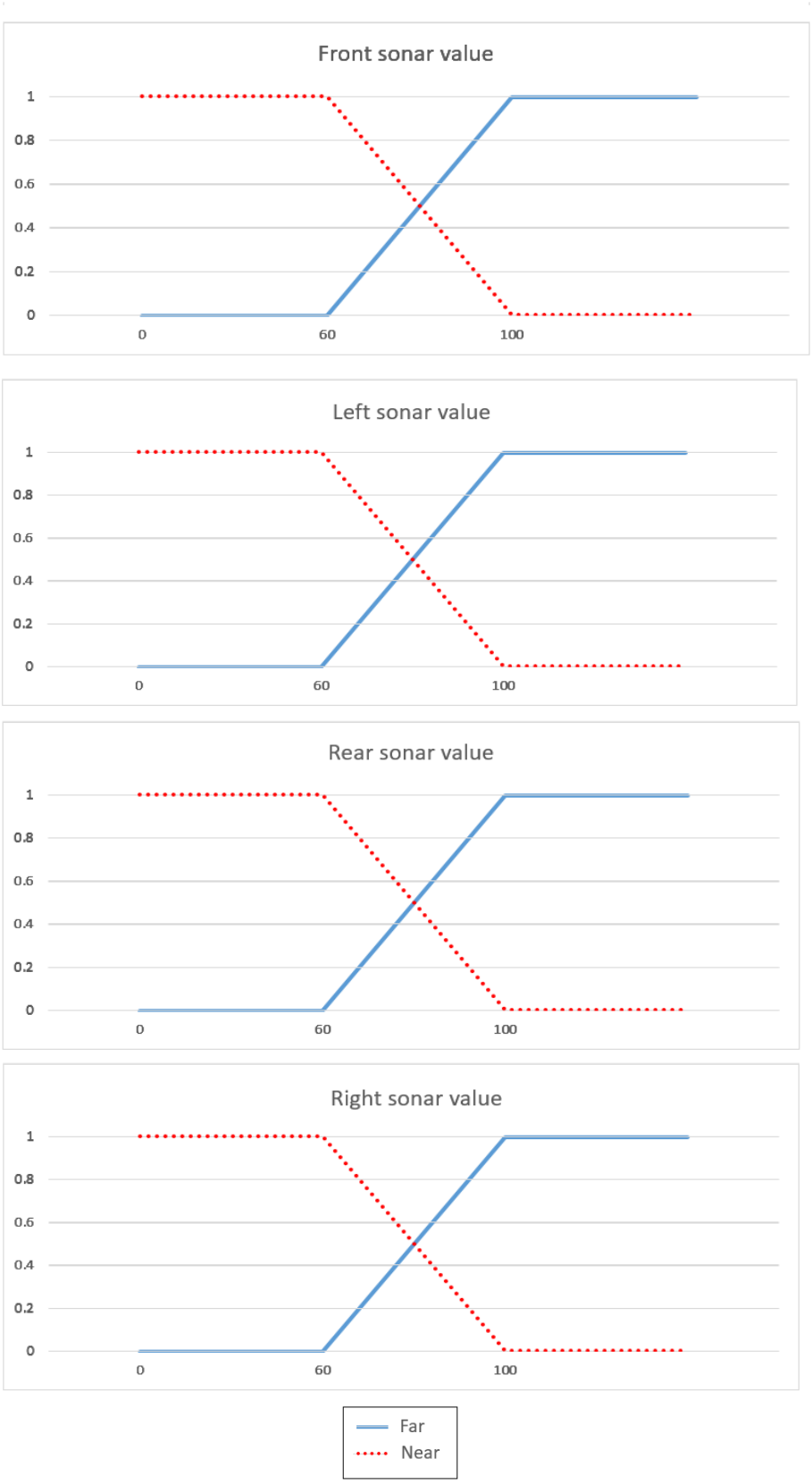
รูปที่ 5.45 ขั้นตอนการทำงานของซอฟต์แวร์ที่อากาศยาน

ตารางที่ 17. รายละเอียดของ Function ในแต่ละขั้นตอนของซอฟต์แวร์

Programing Function	รายละเอียด
Takeoff	ยกระดับโดรนขึ้นสูงเหนือพื้น 2 m
Landing	ลดระดับโดรนลงสู่พื้นพร้อมปิดการทำงานของมอเตอร์
Setwaypoint	กำหนดพิกัด Longitude และ Latitude ของการเส้นทางการบินของโดรนได้ทั้งหมด 1-30 จุด
Startmission	เริ่มการบินตามเส้นทางการบินที่ถูกกำหนดไว้ตามคำสั่ง Setwaypoint
Getdronedata	แสดงรายระเอียการทำงานของโดรนดังต่อไปนี้ 1. พิกัดของตำแหน่งโดรนตามระบอบ GPS 2. สถานะการทำงานของ GPS แบ่งออกเป็น 3 ระดับ - สถานะไม่พร้อมใช้งาน - สถานะใช้งานได้แต่สัญญาณรบกวนสูง - สถานะพร้อมใช้งาน
Status	ฟังก์ชันตรวจสอบสถานะการทำงานของโดรนแบ่งออกเป็น 3 ระดับ 1. On ground โดรนตั้งอยู่บนพื้นมอเตอร์ปิดการทำงานพร้อมเริ่มคำสั่ง Takeoff 2. On ground Motor On โดรนตั้งอยู่บนพื้นมอเตอร์เปิดการทำงาพร้อมเริ่มคำสั่ง Takeoff 3. In Air โดรนลอยตัวกลางอากาศ
ErrorChecking	ฟังก์ชันตรวจสอบสถานะความผิดปกติของโดรนอ้างอิงจากเอกสารอ้างอิง https://developer.dji.com/onboard-sdk/documentation/application-development-guides/flight-mission-ack-codes.html
Restart	เริ่มการทำงานของโปรแกรมควบคุมโดรนใหม่

5.3.4.2 Algorithm ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง (Obstacle Avoidance)

การหลบหลีกสิ่งกีดขวางของอากาศยาน ใช้ Fuzzy Logic Control เป็น Algorithm ในการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง โดยกฎ (Rules) ในการหลบหลีกมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 5.46 Membership Function ของ Fuzzy Logic

5.3.4.3 กฎ (Rules) ในการเคลื่อนของอากาศยาน

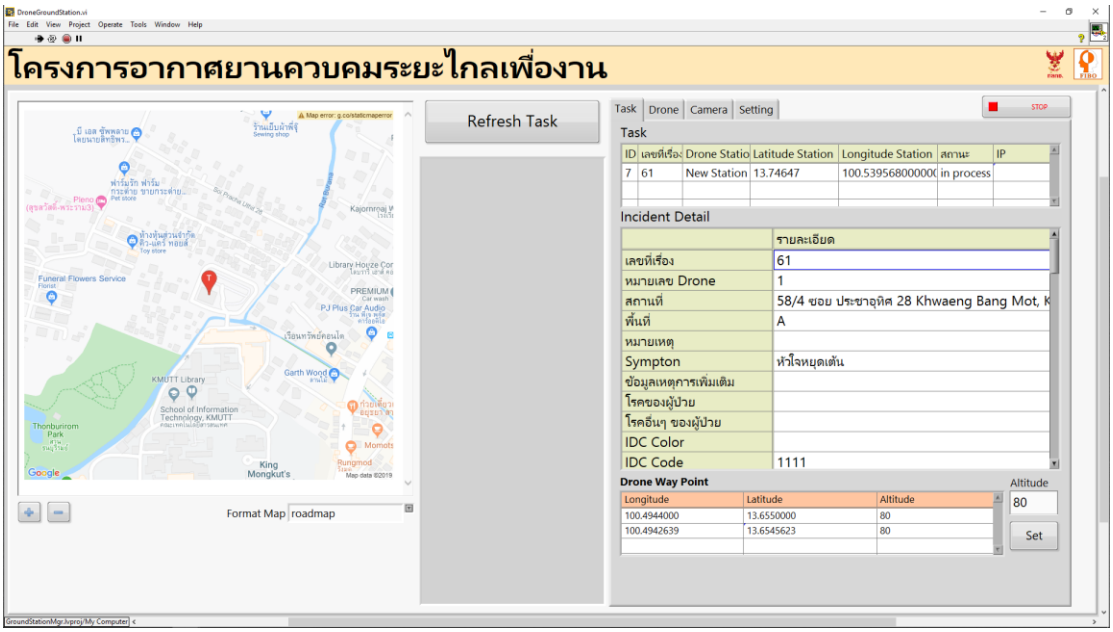
No.	SENSOR				ACTION			
1	FRONT	BACK	LEFT	RIGHT	MOVE FRONT	MOVE BACK	MOVE LEFT	MOVE RIGHT
2		Near			1 m/s			
3			Near					1 m/s
4				Near			1 m/s	
5	Near					1 m/s		
6	Near			Far	1 m/s			
7	Near			Near			2 m/s	
8	Far		Near					1 m/s
9	Far			Near	1 m/s		1 m/s	
10	near		Far	Near			2 m/s	

รูปที่ 5.47 กฎในการเคลื่อนของอากาศยาน

5.4 ผลการออกแบบซอฟต์แวร์ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดิน

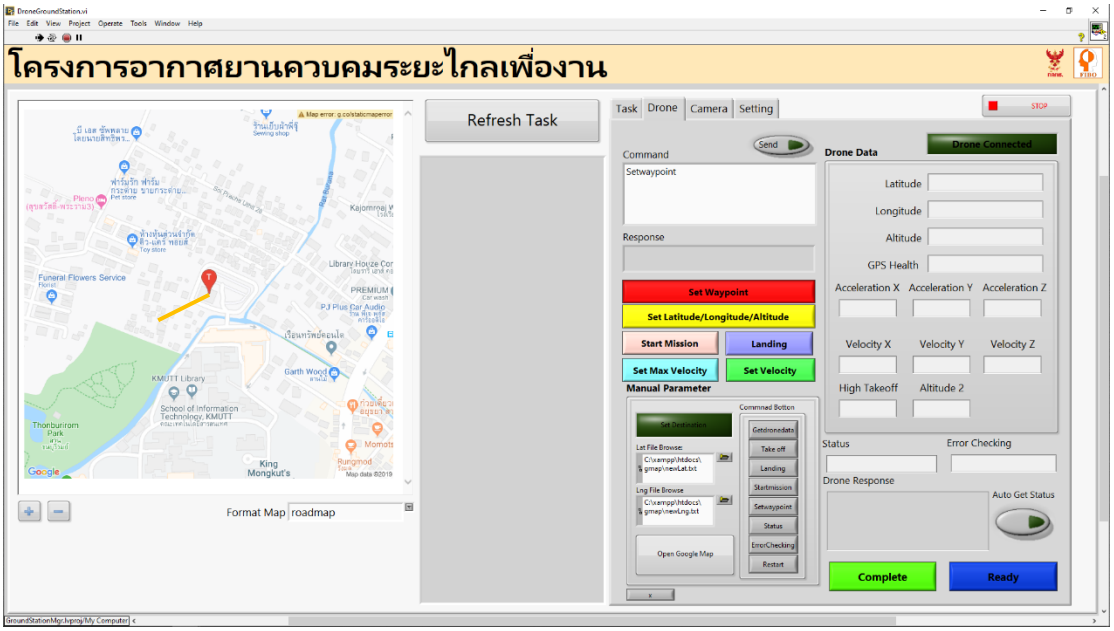
ซอฟต์แวร์ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินทำหน้าที่รับคำสั่งจากศูนย์รับแจ้งเหตุ หรือ Call Center Web Application โดยเมื่อเจ้าหน้าที่ส่วนกลางรับแจ้งเรื่องแล้ว จะทำการส่งข้อมูลผ่าน Internet ให้สถานีควบคุมภาคพื้นดินเพื่อปฏิบัติการ

ซอฟต์แวร์ที่สถานีควบคุมภาคพื้นดินแสดงเตือนผู้ปฏิบัติการว่ามีงานเข้ามา ดังรูปที่ 5.48 จากนั้นผู้ปฏิบัติการจะเตรียมอากาศยานและอุปกรณ์เพื่อขึ้นบิน

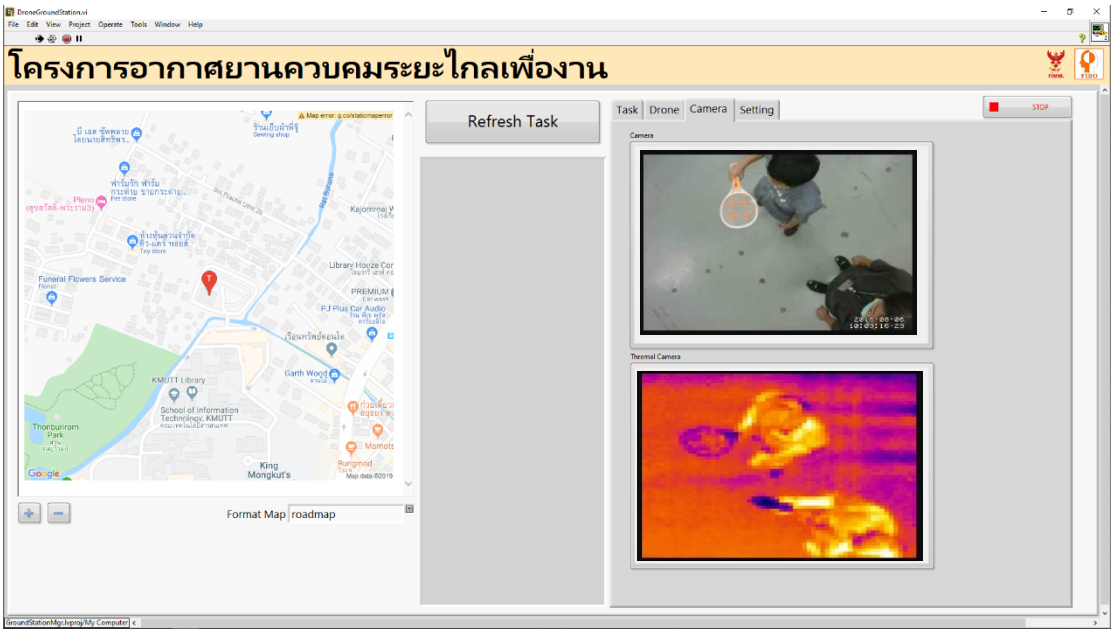


รูปที่ 5.48 เตือนมีงาน (Job) เข้ามา เพื่อเตรียมปฏิบัติงาน

ข้อมูลที่ได้รับจากศูนย์กลาง ได้มีการระบุพิกัดตำแหน่งปลายทางไว้แล้ว ซอฟต์แวร์จะทำการสร้างเส้นทางบินโดยอัตโนมัติ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทำการตรวจสอบเส้นทางบินของอากาศยานว่ามีความเหมาะสมหรือถูกต้องหรือไม่ ในกรณีที่ถูกต้อง ผู้ปฏิบัติงานสามารถสั่งให้อากาศยานขึ้นบินได้ทันที ดังรูปที่ 5.49



รูปที่ 5.49 เส้นทางการบิน



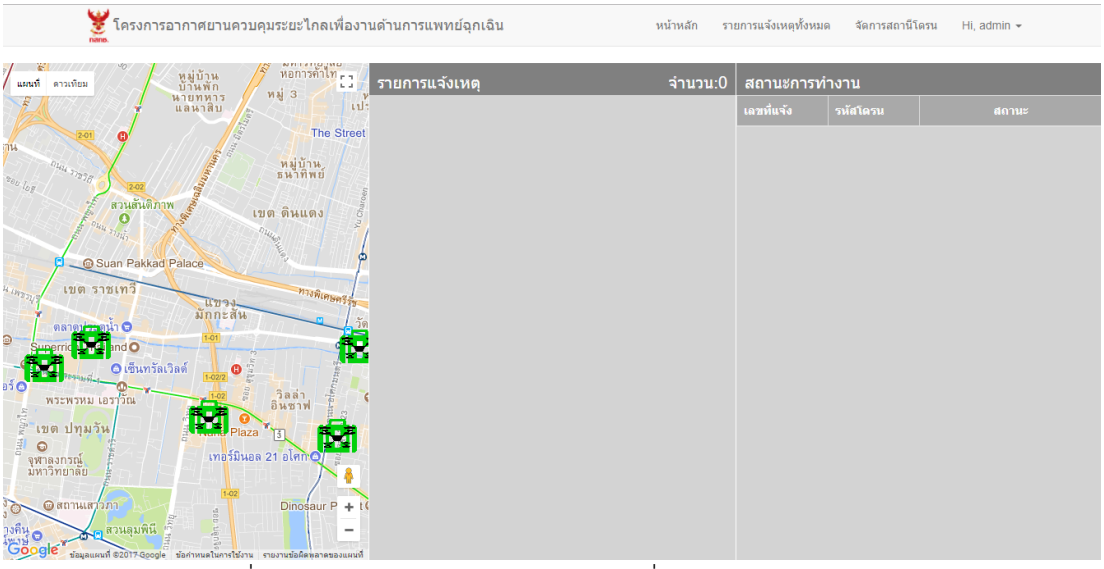
รูปที่ 5.50 ภาพจากกล้อง

ระหว่างทางบิน ภาพจากกล้อง USB และกล้องความร้อน (Thermal Camera) จะถูกแสดงที่ซอฟต์แวร์ เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบการบินได้สะดวกและมีความปลอดภัยมากขึ้น ดังรูปที่ 5.49

บทที่ 6 ผลการวิจัย และการวิจารณ์ผล

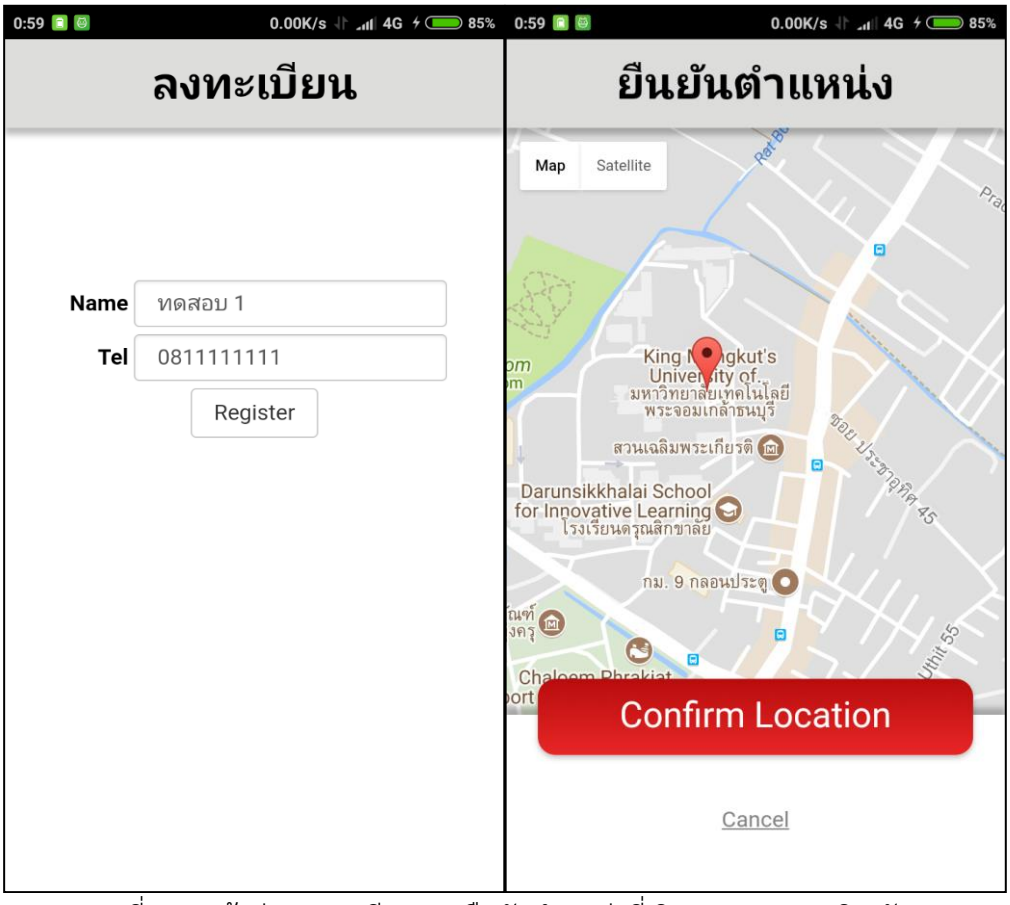
6.1 ผลการทดสอบระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ

การทดสอบการรับส่งข้อมูลระหว่างแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ กับ ศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ โดยเริ่มต้นการทดสอบจากระบบที่ยังไม่มีข้อมูลของการแจ้งเหตุ แสดงดังรูปที่ 6.1



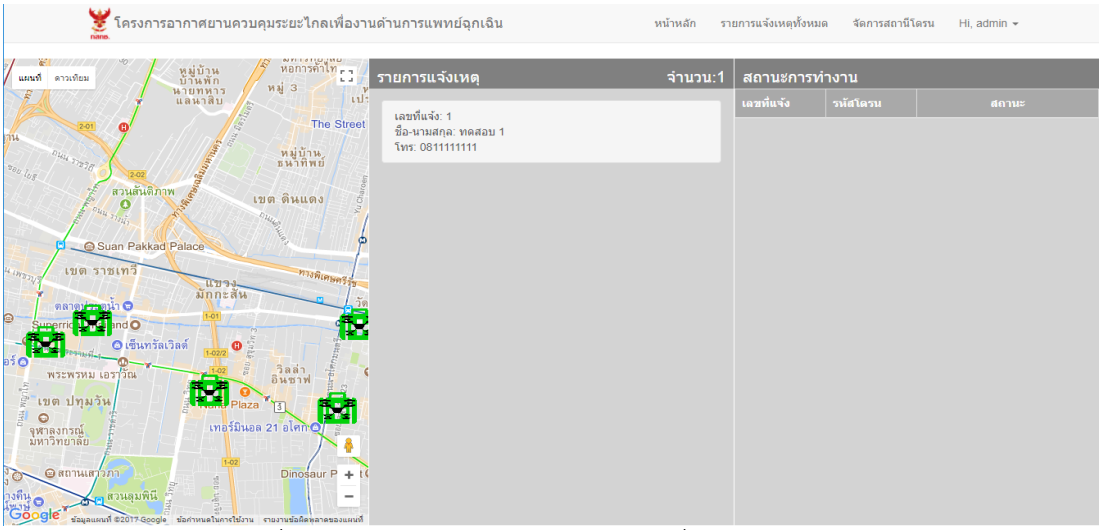
รูปที่ 6.1 หน้าต่างแสดงรายงานแจ้งเหตุที่ไม่มีข้อมูลการแจ้งเหตุ

จากนั้นให้ผู้ทดสอบทำการลงทะเบียนบนแอปพลิเคชัน เพื่อแจ้งเหตุขอความช่วยเหลือและยืนยันตำแหน่งจุดที่เกิดเหตุ ดังรูปที่ 6.2

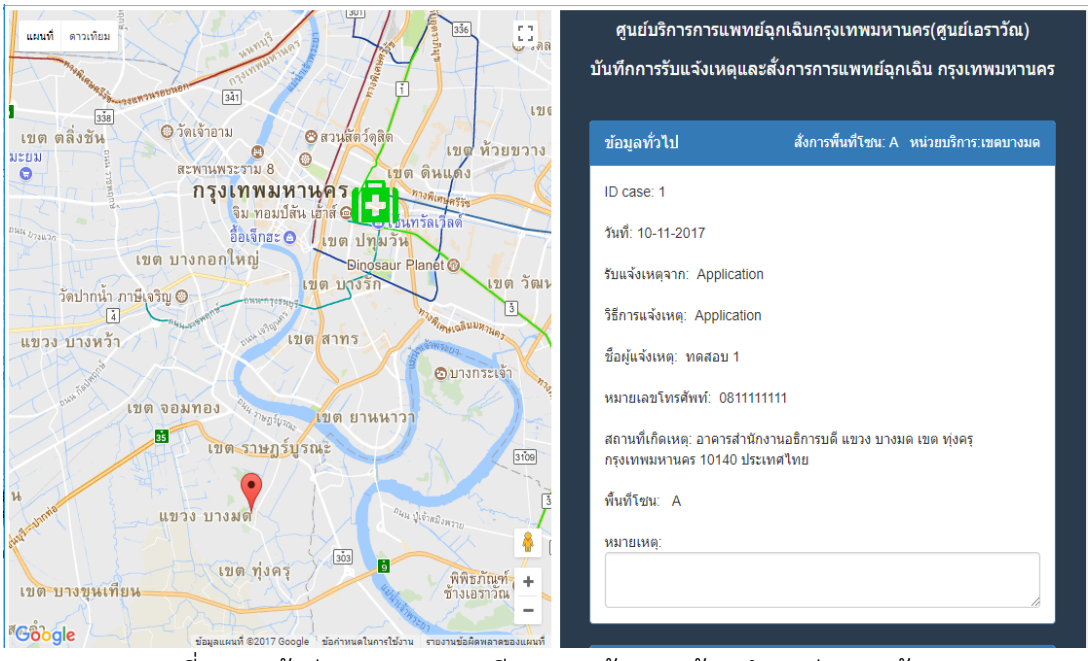


รูปที่ 6.2 หน้าต่างลงทะเบียนและยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุบนแอปพลิเคชัน

ส่วนของโปรแกรมการรับแจ้งเหตุ ของศูนย์สารสนเทศในการรับแจ้งเหตุ มีข้อมูลการแจ้งเข้ามาอยู่ในรายการแจ้งเหตุ แสดงดังรูปที่ 6.3 ซึ่งมีข้อมูลชื่อและเบอร์โทรศัพท์ ถูกต้องตามข้อมูลที่ได้ลงทะเบียนไว้ และเมื่อกดดูรายละเอียดการแจ้งเหตุ สามารถตรวจสอบตำแหน่งที่อยู่ของผู้แจ้งเหตุได้ ซึ่งข้อมูลถูกต้องตรงตามตำแหน่งการแจ้งเหตุที่ผู้แจ้งเหตุยืนยันเข้ามาในระบบจริง ดังแสดงในรูปที่ 6.4

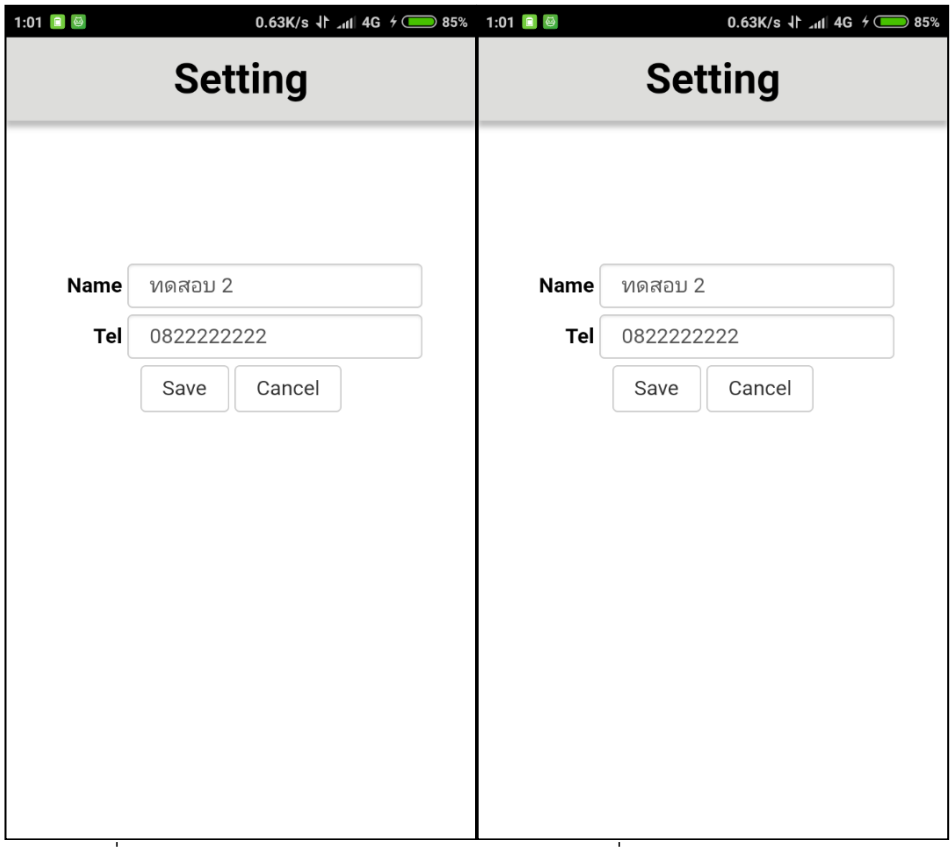


รูปที่ 6.3 หน้าต่างแสดงรายการแจ้งเหตุที่ถูกแจ้งเข้ามาใหม่

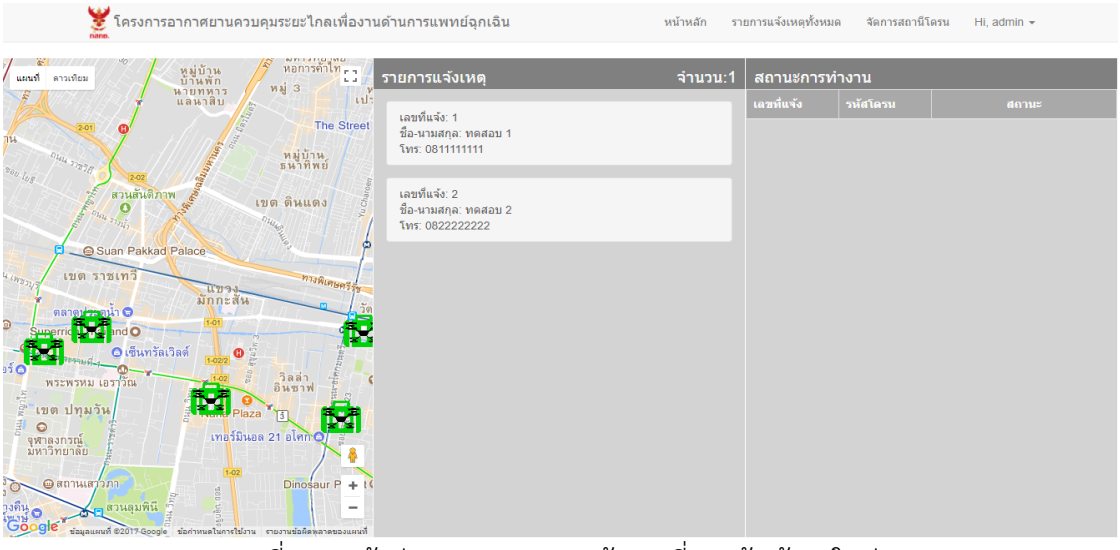


รูปที่ 6.4 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุพร้อมตำแหน่งการแจ้งเหตุ

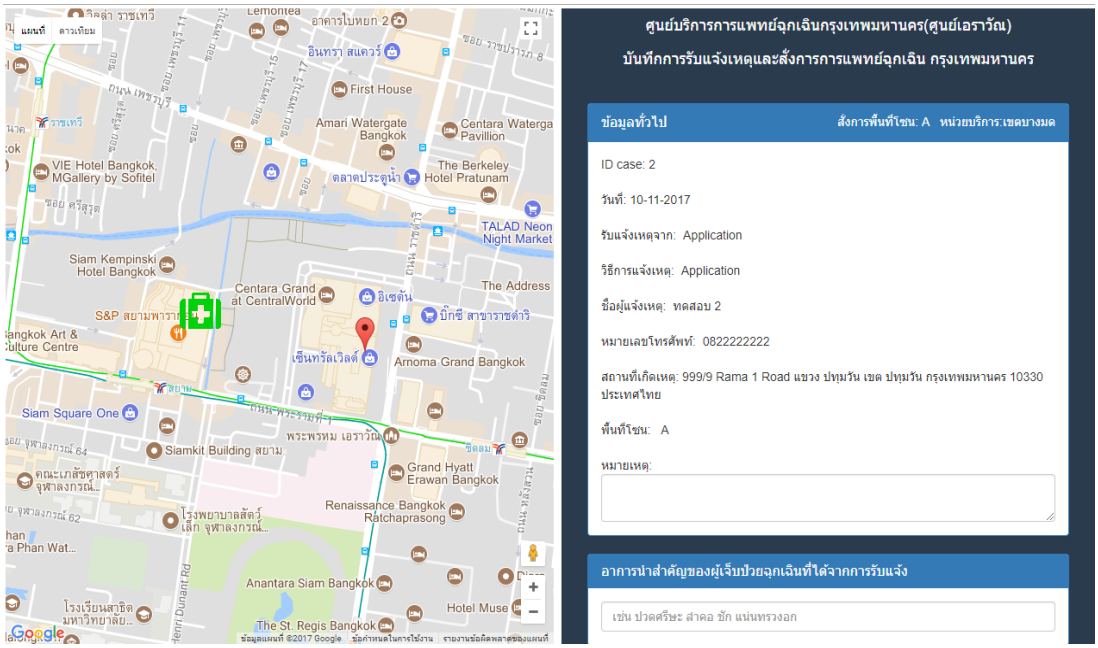
หลังจากนั้น ผู้ทดสอบเปลี่ยนสถานที่การแจ้งเหตุ พร้อมทั้งแก้ไขชื่อและเบอร์โทรศัพท์ และทำการแจ้งเหตุขอความช่วยเหลือพร้อมยืนยันตำแหน่งอีกครั้ง พบว่ามีข้อมูลรายการแจ้งเหตุใหม่เพิ่มเข้ามา และมีข้อมูลเป็นชื่อและเบอร์โทรศัพท์ตรงตามที่ได้แก้ไขข้อมูลไว้ โดยตำแหน่งที่ยืนยันเข้ามาในระบบก็ถูกต้องเช่นเดียวกัน ข้อมูลการทดสอบแสดงดัง



รูปที่ 6.5 หน้าต่างแก้ไขข้อมูลและยืนยันตำแหน่งที่เกิดเหตุในแอปพลิเคชัน



รูปที่ 6.6 หน้าต่างแสดงรายการแจ้งเหตุที่ถูกแจ้งเข้ามาใหม่



รูปที่ 6.7 หน้าต่างแสดงรายละเอียดการแจ้งเหตุพร้อมตำแหน่งการแจ้งเหตุ

6.2 ผลการทดสอบการบิน

6.2.1 ผลทดสอบการบินเบื้องต้นบนโปรแกรมจำลองการบิน (Simulation)

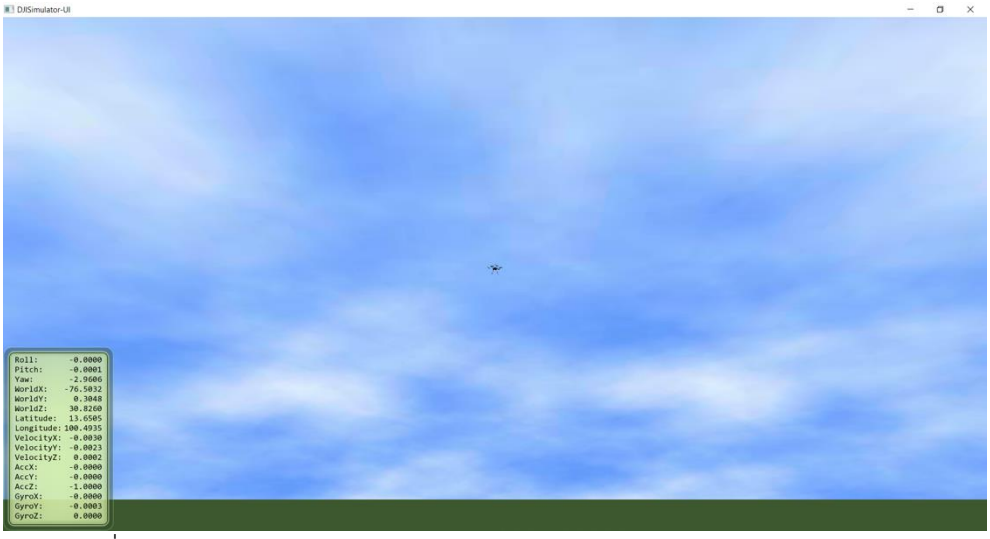
การเริ่มต้นพัฒนาโปรแกรมสำหรับควบคุมสั่งงานอากาศยาน ผู้พัฒนาได้พัฒนาโปรแกรมและทดสอบการบินบน Simulation ก่อนนำอากาศยานจริงไปบินทดสอบ โดยบน Simulation ได้ทดสอบฟังก์ชันการทำงานพื้นฐาน อาทิเช่น การทำ Auto Takeoff and Landing การบินรักษาระดับความสูง (Hovering) ตามความสูงที่กำหนด การบินไปในทิศทางที่กำหนด รวมไปถึงฟังก์ชันการ Return To Home (RTH) ของอากาศยาน

การทดสอบการบินเริ่มต้นให้อากาศยานทำการ Auto Takeoff และบินขึ้นไปที่ระดับความสูง 30 เมตรจากพื้นดิน และให้อากาศยานรักษาระดับความสูงที่ 30 เมตรไว้ เป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นโปรแกรมสั่งงานให้อากาศยานบินไปข้างหน้าเป็นระยะทาง 75 เมตร และโปรแกรมสั่งงานให้อากาศยานทำการ Return To Home เพื่อกลับมายังตำแหน่งเริ่มต้นและลงจอดอัตโนมัติ (Auto Landing) ซึ่งผลการทดสอบการบินบน Simulation ดังที่ได้กล่าวมา แสดงดังรูปที่ 6.8 ถึงรูปที่ 6.12

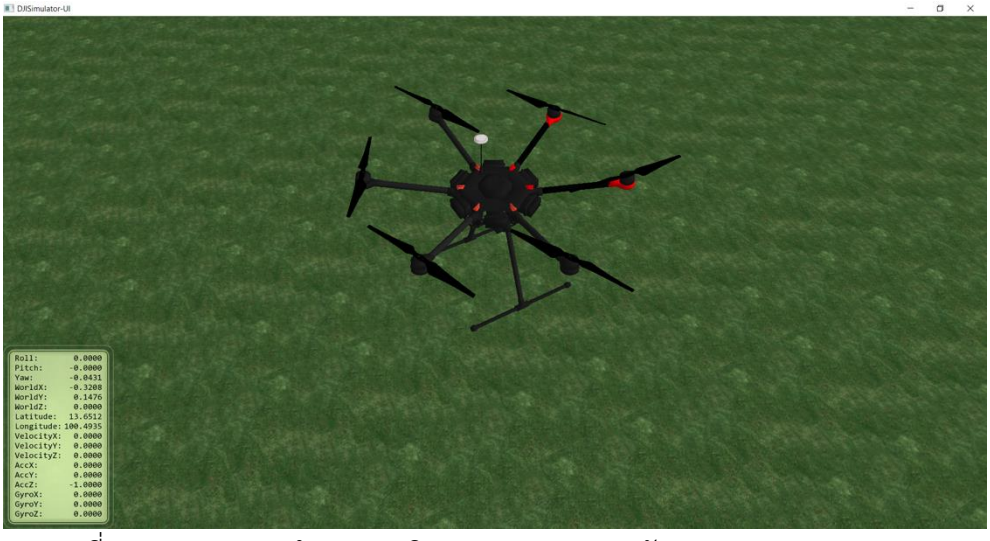
รูปที่ 6.8 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน ก่อนทำการ Auto Takeoff

รูปที่ 6.9 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน หลังทำการ Takeoff

รูปที่ 6.10 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน ขณะทำการ Hovering



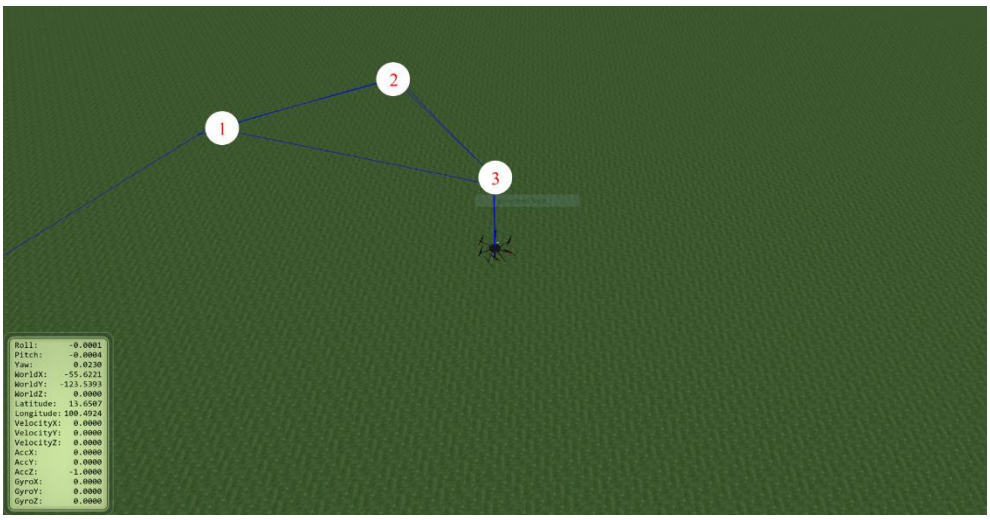
รูปที่ 6.11 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน ขณะทำการบินไปข้างหน้า



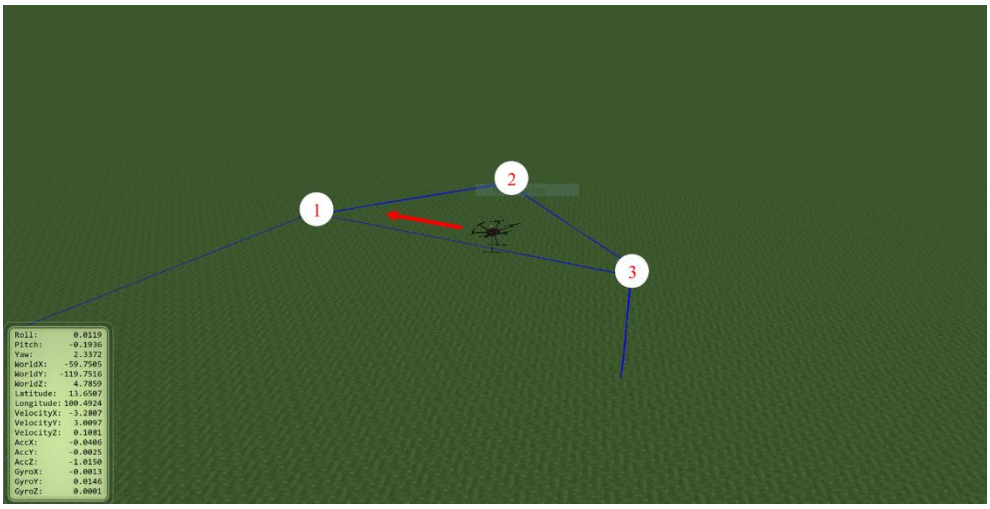
รูปที่ 6.12 แสดงภาพจำลองการบินของอากาศยาน หลังจาก Return To Home

6.2.2 ผลทดสอบการบินตามจุดของเส้นทาง(Waypoint) บนโปรแกรมจำลองการบิน (Simulation)

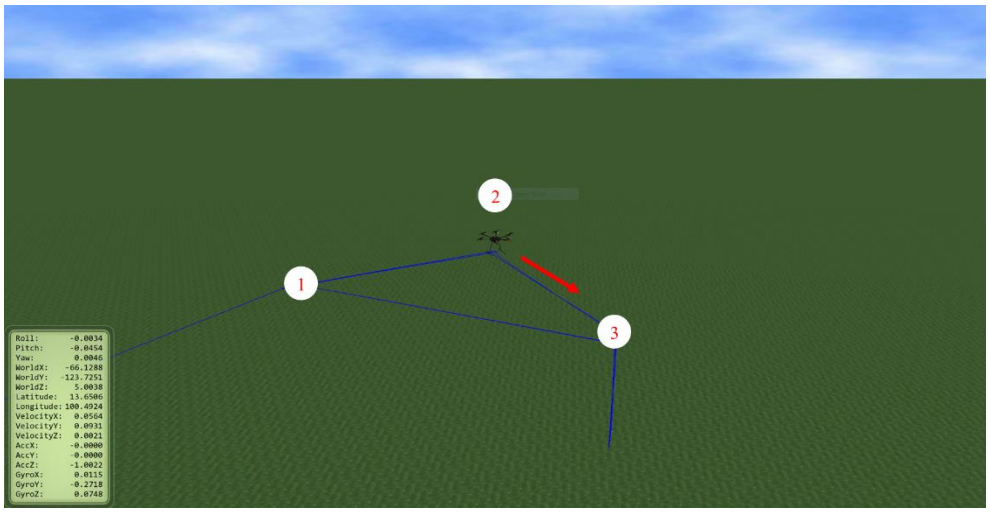
อากาศยานควบคุมระยะไกล สามารถบินตามจุดของเส้นทาง (Waypoint) ที่ผู้พัฒนาโปรแกรมกำหนดไว้ได้ ซึ่งในการทดสอบบินบนโปรแกรมจำลองการบินครั้งนี้ กำหนดให้อากาศยานบินจากตำแหน่งเริ่มต้น (Home) ที่อากาศยานอยู่ ณ ปัจจุบัน บินมายังตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นทางที่กำหนด (Start Point) จากนั้นให้อากาศยานบินไปตามจุดของเส้นทางที่กำหนดไว้ เป็นรูปสามเหลี่ยม และ สี่เหลี่ยม เมื่ออากาศยานทำภารกิจบินตามเส้นทางที่กำหนดเสร็จ จะกลับไปยังตำแหน่งเริ่มต้นของเส้นทางที่กำหนด ในกรณีนี้ผู้พัฒนาโปรแกรม กำหนดให้จุดสิ้นสุดเส้นทาง (End Point) เป็นจุดเดียวกับ (Start Point) ผลการทดสอบการบินบนโปรแกรมจำลองการบินทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 6.13 ถึงรูปที่ 6.14


1
2
3
Roll: -0.0001
Pitch: -0.0004
Yaw: 0.0230
WorldX: -55.6221
WorldY: -123.5393
WorldZ: 0.0000
Latitude: 13.6507
Longitude: 100.4924
VelocityX: 0.0000
VelocityY: 0.0000
VelocityZ: 0.0000
AccX: 0.0000
AccY: 0.0000
AccZ: -1.0000
GyroX: 0.0000
GyroY: 0.0000
GyroZ: 0.0000

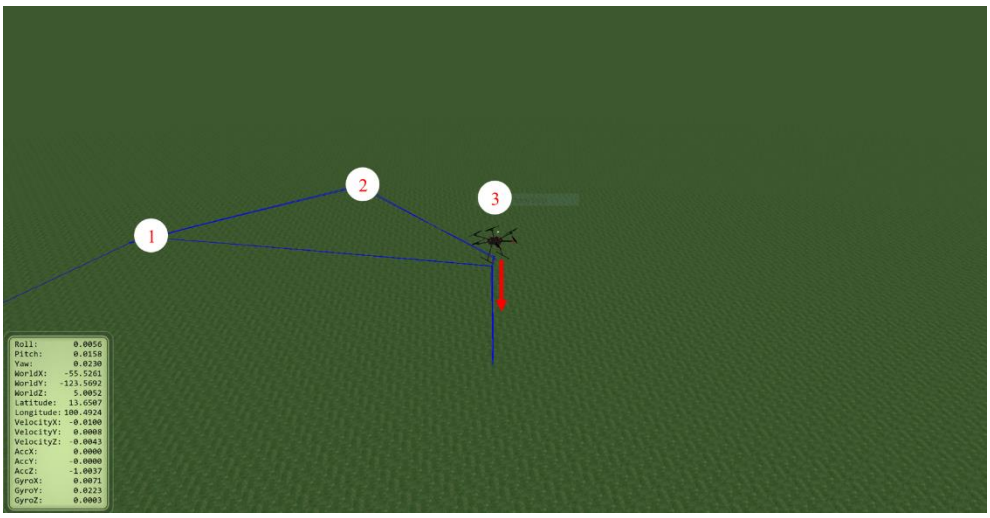
(ก)


1
2
3
Roll: 0.0119
Pitch: -0.1936
Yaw: 2.3372
WorldX: -59.7505
WorldY: -119.7516
WorldZ: 4.7859
Latitude: 13.6507
Longitude: 100.4924
VelocityX: -3.2807
VelocityY: 3.0097
VelocityZ: 0.1081
AccX: -0.0406
AccY: -0.0025
AccZ: -1.0150
GyroX: -0.0013
GyroY: 0.0146
GyroZ: 0.0001

(ข)

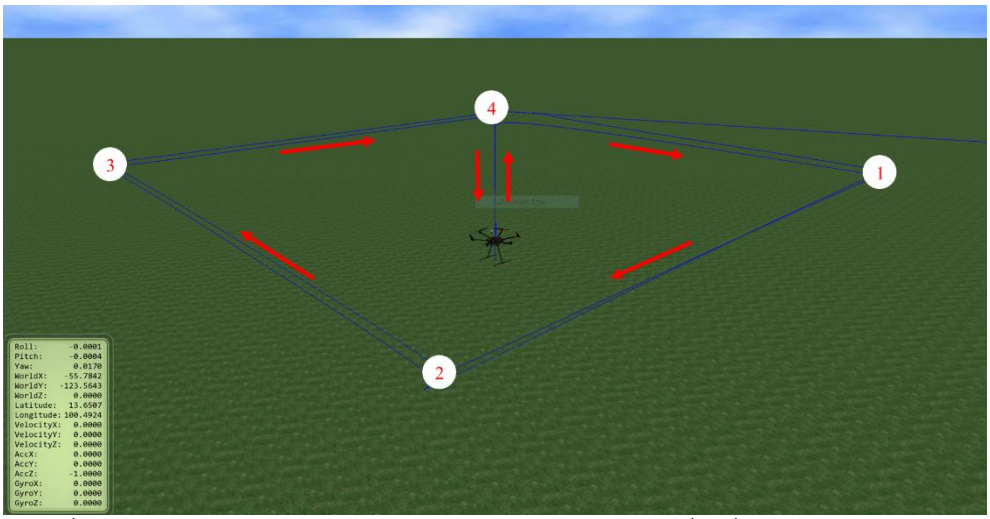

1
2
3
Roll: -0.0034
Pitch: -0.0454
Yaw: 0.0046
WorldX: -66.1288
WorldY: -123.7251
WorldZ: 5.0038
Latitude: 13.6506
Longitude: 100.4924
VelocityX: 0.0564
VelocityY: 0.0931
VelocityZ: 0.0021
AccX: -0.0000
AccY: 0.0000
AccZ: -1.0022
GyroX: 0.0115
GyroY: -0.2718
GyroZ: 0.0748

(ค)



(ง)

รูปที่ 6.13 ผลการทดสอบการบินตามจุดของเส้นทางเป็นรูปสามเหลี่ยม บน Simulation (ก) ก่อนทำการ Auto Takeoff (ข) ขณะบินเข้าจุด Waypoint#1 (ค) ขณะบินเข้าจุด End Point (ง) ขณะทำการ Auto Landing



รูปที่ 6.14 ผลการทดสอบการบินตามจุดของเส้นทางเป็นรูปสี่เหลี่ยม บน Simulation

6.2.3 ผลทดสอบการ Auto Takeoff and Landing

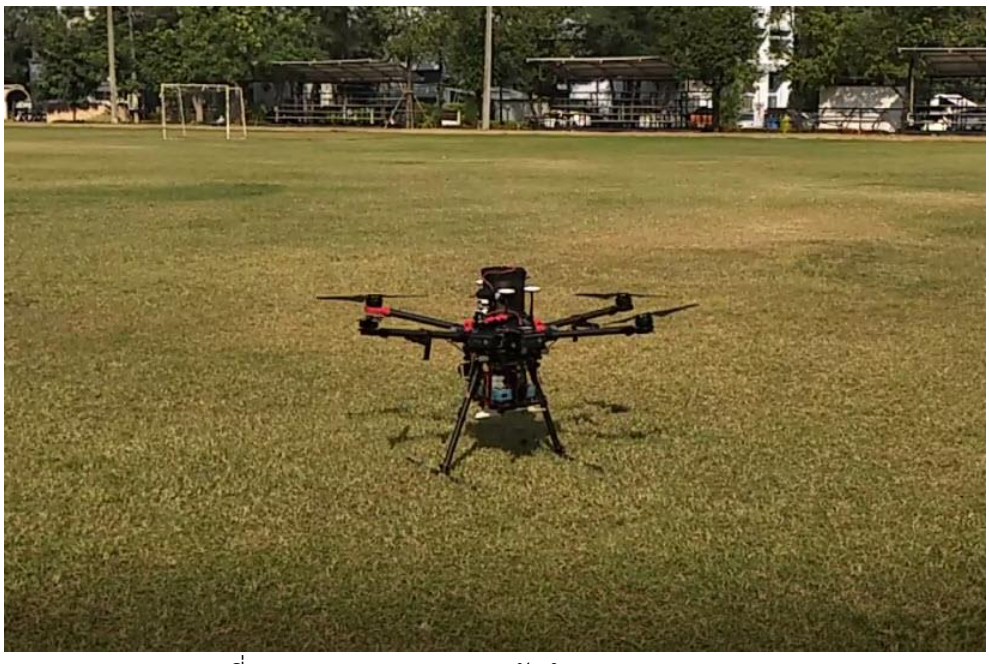
การพัฒนาและทดสอบการบินจริงของอากาศยาน เบื้องต้นผู้พัฒนาได้ทำการโปรแกรมให้อากาศยานทำการขึ้นบิน และลงจอดในตำแหน่งเดิม (Auto Takeoff and Landing) โดยไม่ใช้ชุดควบคุมรีโมท ภาพการทดสอบแสดงดังรูปที่ 6.15 ถึง รูปที่ 6.20

รูปที่ 6.15 ภาพอากาศยานก่อนทำการทดสอบ

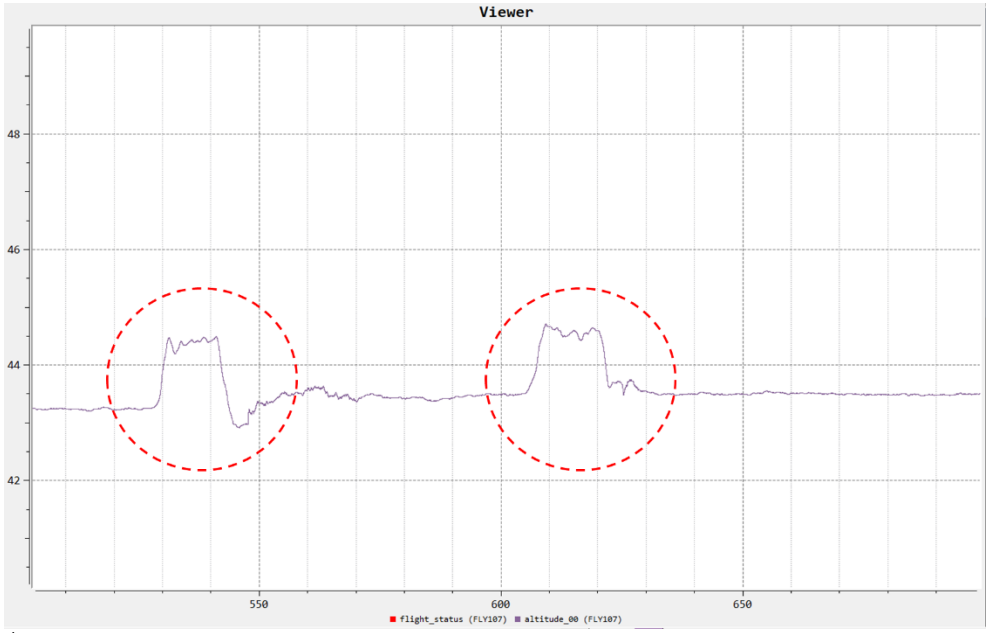
รูปที่ 6.16 ภาพทดสอบการ Auto Takeoff and Landing

รูปที่ 6.17 ภาพอากาศยานก่อนทำการ Auto Takeoff

รูปที่ 6.18 ภาพอากาศยานหลังทำการ Auto Takeoff



รูปที่ 6.19 ภาพอากาศยานหลังทำการ Auto Landing



รูปที่ 6.20 ภาพกราฟแสดงค่าความสูงของอากาศยานขณะทำการ Auto Takeoff and Landing

จากรูปที่ 6.20 ได้กระทำการทดสอบขึ้นบนแบบ Auto Takeoff and Landing จำนวน 2 ครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับผลการเปลี่ยนแปลงความสูงของอากาศยานที่วัดได้ โดยหลังจากสั่งงานให้อากาศยานทำการ Auto Takeoff แล้ว อากาศยานจะบินขึ้นสูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร และรอรับคำสั่งถัดไป ซึ่งในการทดสอบนี้ ผู้พัฒนาได้สั่งให้อากาศยานทำการ Auto Landing ทันที ซึ่ง

ขณะอากาศยานทำการ Auto Takeoff ตัวขา Landing Gear จะทำการพับเก็บขึ้นอัตโนมัติ และจะทำการพับลงมาเพื่อเตรียมลงจอดขณะทำการ Auto Landing

6.2.4 ผลทดสอบการ Hovering

การทดสอบการ Hovering ต้องเริ่มต้นจากการสั่งงานให้อากาศยานทำการ Auto Takeoff หลังจากนั้นสั่งงานให้อากาศยานลอยขึ้นไปรักษาระดับความสูง ณ ความสูงที่กำหนดไว้ในโปรแกรม เป็นเวลา 5 วินาที และสั่งงานให้อากาศยานทำการ Auto Landing โดยภาพการทดสอบการ Hovering แสดงดังรูปที่ 6.21 ถึง รูปที่ 6.26

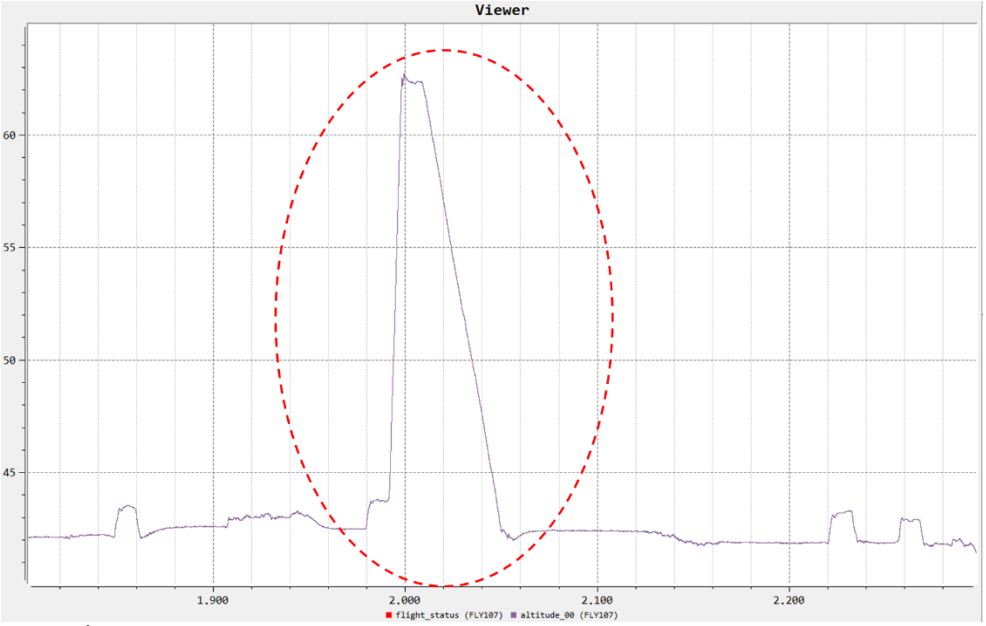
รูปที่ 6.21 ภาพอากาศยานก่อนการ Auto Takeoff

รูปที่ 6.22 ภาพอากาศยานหลังจากการ Takeoff ก่อนพับเก็บขา Landing Gear

รูปที่ 6.23 ภาพอากาศยานหลังจากการ Takeoff หลังพับเก็บขา Landing Gear

รูปที่ 6.24 ภาพอากาศยานหลังจากสั่งให้ขึ้นไปรักษาระดับความสูง (Hovering)

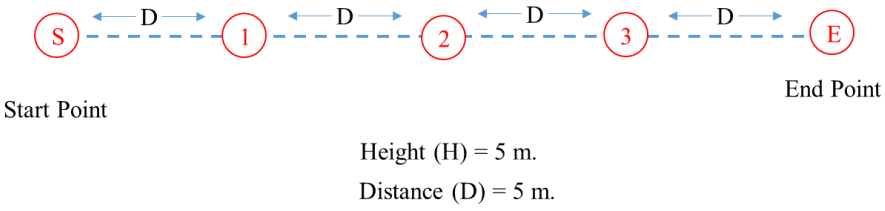
รูปที่ 6.25 ภาพอากาศยานหลังทำการ Landing



รูปที่ 6.26 ภาพกราฟแสดงค่าระดับความสูงของอากาศยานขณะทำการ Hovering

6.2.5 ผลทดสอบการบินตามจุดของเส้นทาง (Waypoint) ที่กำหนด

ในการทดสอบให้อากาศยานบินตามจุดของเส้นทางที่กำหนด ผู้พัฒนาโปรแกรมได้กำหนดจุดของเส้นทางไว้บริเวณสนามฟุตบอล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยกำหนดจุดเริ่มต้นของ Waypoint และจุดสิ้นสุดของ Waypoint ไว้เป็นจุดเดียวกัน และมีจุด Waypoint ที่ 1 Waypoint ที่ 2 และ Waypoint ที่ 3 ตามลำดับ ซึ่งสามารถแสดงจุดของเส้นทางทั้งหมดได้ดังรูปที่ 6.27 และรูปที่ 6.28



รูปที่ 6.27 แผนภาพจุดของเส้นทางที่กำหนดให้อากาศยานบินทดสอบ

รูปที่ 6.28 ภาพแสดงจุดของเส้นทางที่กำหนดให้อากาศยานทดสอบบิน บริเวณสนามฟุตบอล

จากรูปที่ 6.27 และรูปที่ 6.28 จุดของเส้นทางที่กำหนดให้อากาศยานบินทดสอบมีทั้งหมด 5 จุด ค่าความสูงที่กำหนดไว้ในแต่ละจุดมีค่าระดับความสูงเท่ากับ 5 เมตร และระยะทางระหว่างแต่ละจุด มีค่าเท่ากับ 5 เมตร อากาศยานเริ่มต้น Takeoff จากจุด Start Point บินขึ้นไปถึงที่ระดับความสูงที่กำหนด เมื่อถึงความสูงที่กำหนดแล้ว อากาศยานจะให้หน้าตัวลำไปในทิศทางของจุด Waypoint ถัดไป นั่นคือจุดWaypoint ที่ 1 เมื่ออากาศยานบินมาถึงตำแหน่ง Waypoint ที่ 1 อากาศยานก็จะหันหน้าตัวลำไปในทิศทางของจุด Waypoint ที่ 2 เช่นกัน และเมื่ออากาศยานบินมาถึงจุด End Point ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับจุดเริ่มต้น เป็นอันเสร็จสิ้นภารกิจการบินตามตำแหน่งจุดของเส้นทาง จากนั้นอากาศยานก็จะทำการลงจอดอัตโนมัติ ภาพผลทดสอบการบินทดสอบตามจุดของเส้นทางแสดงดังรูปที่ 6.29 ถึงรูปที่ 6.35

รูปที่ 6.29 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ก่อนการ Takeoff

รูปที่ 6.30 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint หลังจาก Takeoff

รูปที่ 6.31 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง Waypoint ที่ 1

รูปที่ 6.32 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง Waypoint ที่ 2

รูปที่ 6.33 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง Waypoint ที่ 3

รูปที่ 6.34 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint ในตำแหน่ง End Point

รูปที่ 6.35 ภาพการทดสอบอากาศยานบินตาม Waypoint หลังจาก Landing

6.2.6 ผลการทดสอบการตรวจสอบคนตอนลงจอดด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera) และกล้อง USB

รูปที่ 6.36 ภาพถ่ายความร้อนเพื่อแสดงว่ามีคนอยู่ที่พื้นใต้อากาศยานระหว่างลงจอด

6.3 ผลการทดสอบสมรรถนะในการบินแบบอัตโนมัติ

6.3.1 ความเร็วในการบิน

6.3.1.1 วัตถุประสงค์

1) ทดสอบความเป็นไปได้ในการบินที่อัตราเร็วสูงสุดของโดรนที่สามารถทำได้ (15 m/s)
2) ทดสอบหาอัตราเร่งของโดรนที่อัตราเร็ว 2 m/s, 5 m/s, 10 m/s, 13 m/s
3) ทดสอบหาเวลาการทำงานของโดรนในการบินเป็นเส้นตรงที่ความเร็ว 2 m/s, 5 m/s, 10 m/s, 15 m/s ที่ระยะทาง 140 m

6.3.1.2 พิกัด GPS

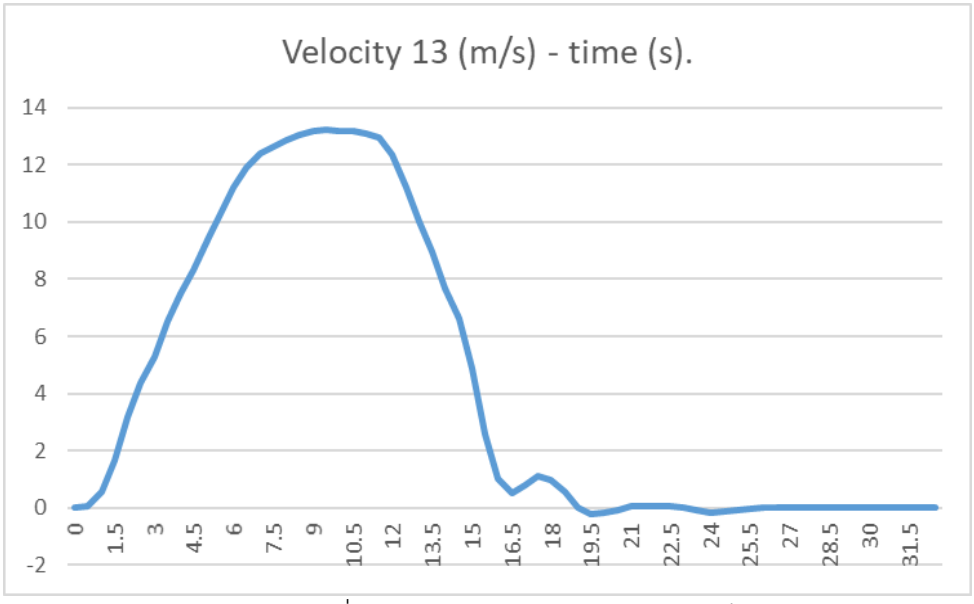
	ตำแหน่ง A	ตำแหน่ง B
longitude	100.492472	100.492469
latitude	13.650165	13.651421
altitude	20 m	20 m

รูปที่ 6.37 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความเร็วในการบิน

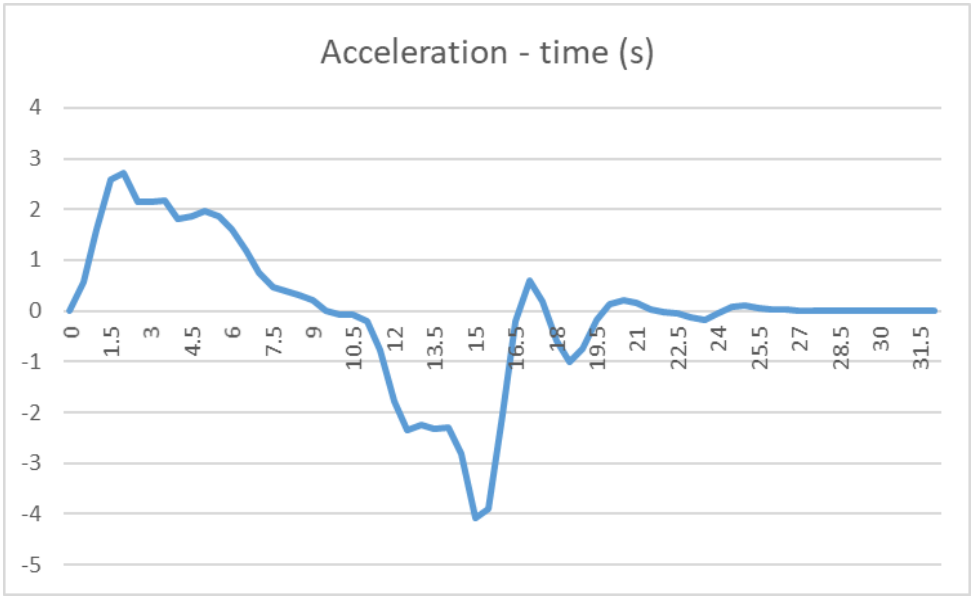
6.3.1.3 ผลการทดสอบ

1) โดรนมีความเร็วในการบินในแนวระนาบสูงสุดคือ 13 m/s
2) โดรนมีความเร่งและความหน่วงสูงสุดคือ 2.5 m/s^2

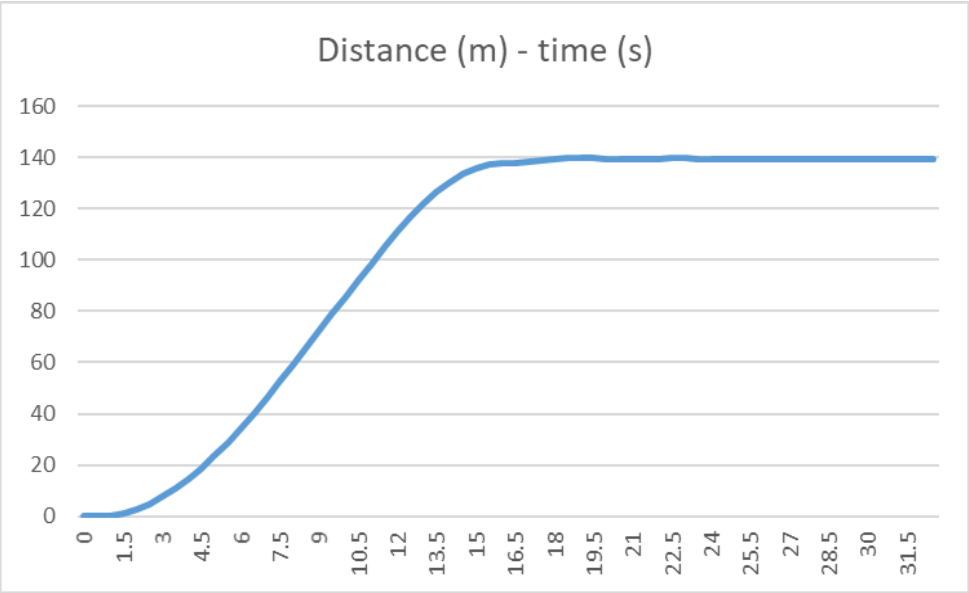
เวลาที่ใช้ในการบินที่ระยะ 140 m	
ความเร็ว (m/s)	13
เวลา (s)	19.5



รูปที่ 6.38 กราฟผลการทดลอง ความเร็ว/เวลา



รูปที่ 6.39 กราฟผลการทดลอง ความเร่ง/เวลา



รูปที่ 6.40 กราฟผลการทดลอง ระยะทาง/เวลา

จากผลการทดลอง ในกรณีที่ทำการบิน ระยะ 3 กิโลเมตร พบว่า ใช้เวลาในการบินประมาณ 287 วินาที หรือ 4 นาที 47 วินาที ดังนั้นด้วยเวลาในการบินที่จำกัด 5 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ผู้ป่วยมีโอกาสรอดชีวิตสูงสุด จึงมีระยะการบินสูงสุดไม่เกิน 3 กิโลเมตร

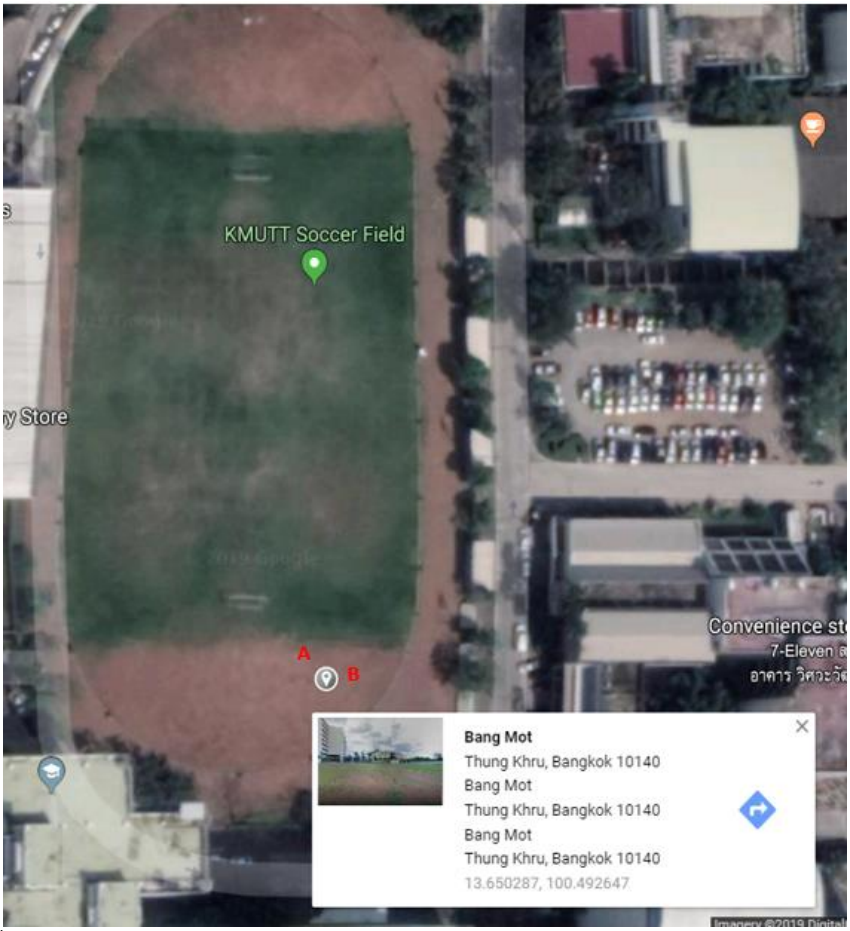
6.3.2 ความสามารถในการบินไต่ระดับ ในการบินแบบอัตโนมัติ

6.3.2.1 วัตถุประสงค์

ทดสอบอัตราเร็วและอัตราเร่งการ Take off ที่อัตราเร็ว 3 m/s, 2.5 m/s ที่ความสูง 120 m

6.3.2.2 พิกัด GPS

	ตำแหน่ง A	ตำแหน่ง B
longitude	100.492647	100.492647
latitude	13.650287	13.650287
altitude	0 m	30 m

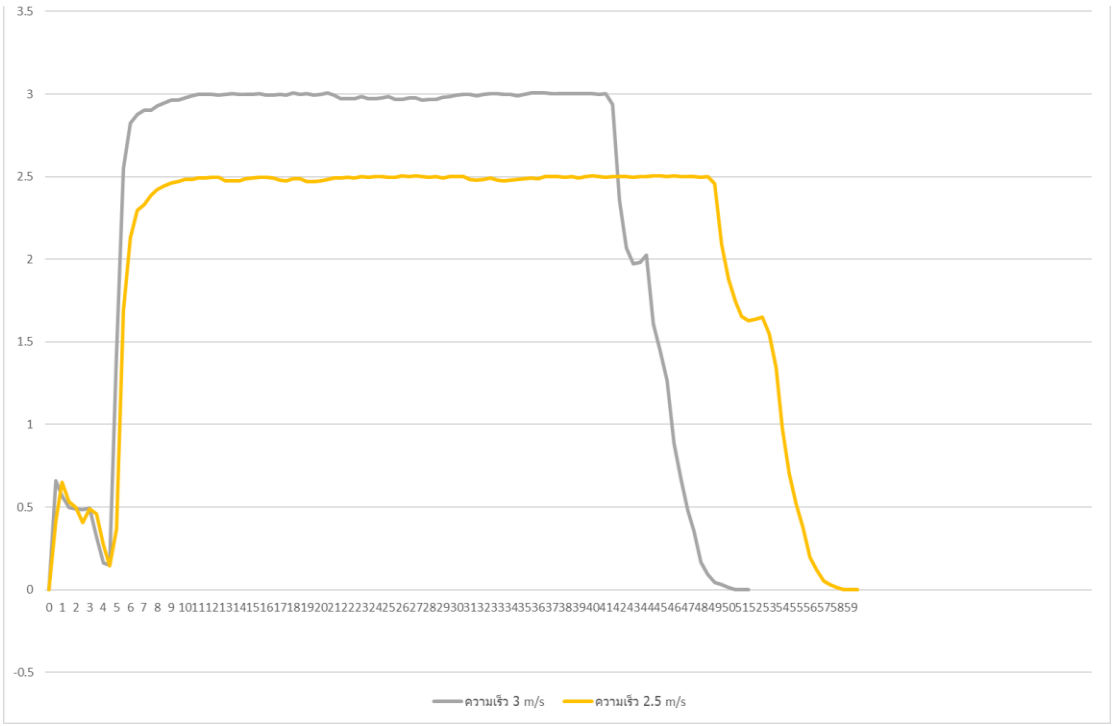


รูปที่ 6.41 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการบินไต่ระดับ

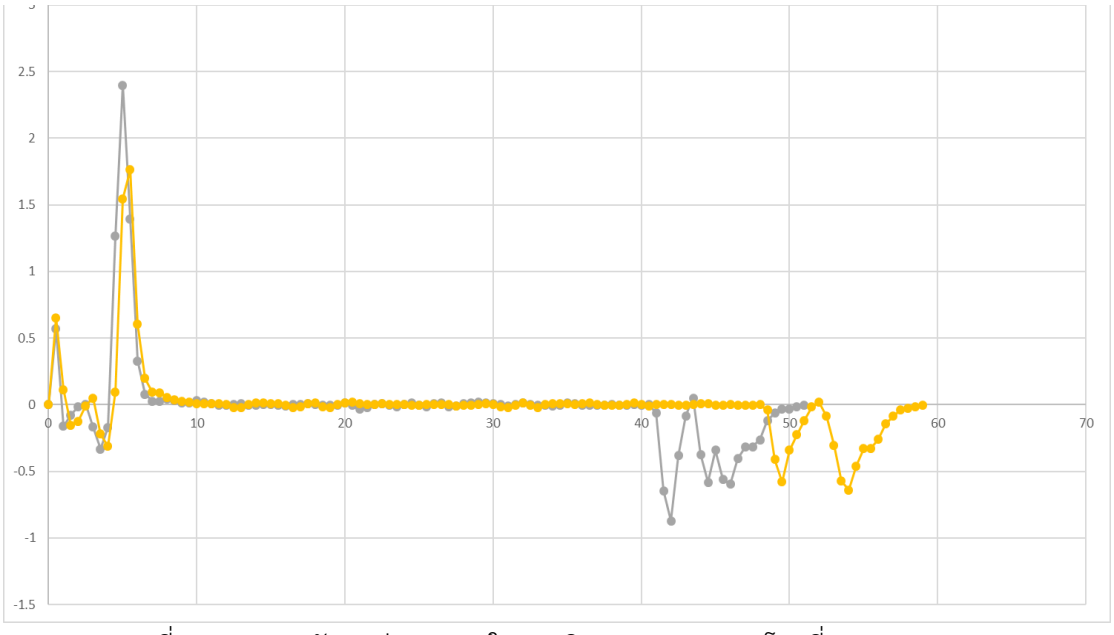
6.3.2.3 ผลการทดลอง

1) โดรนมีความเร็วในการบินขึ้นและลงจอดมากที่สุด 3 m/s
2) โดรนมีความเร่งในการบินขึ้นและลงจอดมากที่สุด 2.5 m/s^2

อัตราเร็ว (m/s)	2.5	3
เวลา(s)	58.5	49
เวลา(s)	58.5	50
เวลา(s)	58.5	50
เฉลี่ย (s)	58.5	49.83



รูปที่ 6.42 กราฟอัตราเร็ว – เวลาในการบิน Take off ของโดรนี่ความสูง 30 m



รูปที่ 6.43 กราฟอัตราเร่ง – เวลาในการบิน Take off ของโดรนี่ความสูง 30 m

6.3.3 ผลการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว ในการบินแบบอัตโนมัติ

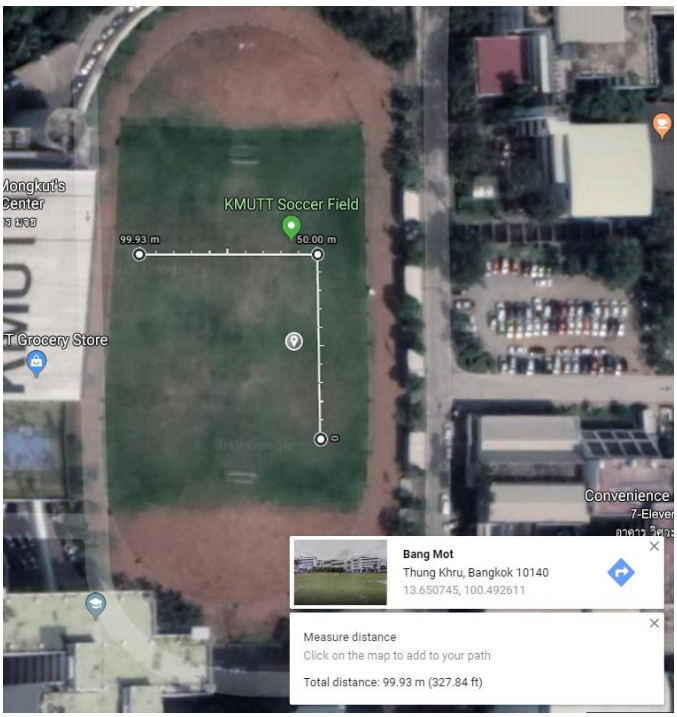
6.3.3.1 วัตถุประสงค์

ทดสอบหาความเร็วและความเร่งในการหักเลี้ยว 45 ,60 ,90 องศา

6.3.3.2 พิกัด GPS

การทดสอบ		ตำแหน่ง A	ตำแหน่ง B	ตำแหน่ง C
90 องศา	longitude	100.492669	100.492669	100.492206
	latitude	13.650509	13.650957	13.650957
	altitude	20 m	20 m	20 m
45 องศา	longitude	100.492669	100.492206	100.492470
	latitude	13.650509	13.650957	13.650957
	altitude	20 m	20 m	20 m
60 องศา	longitude	100.492708	100.492237	100.492470
	latitude	13.650466	13.650466	13.650856
	altitude	20 m	20 m	20 m
ระยะทางตรง 100 m	longitude	100.492625	100.492625	
	latitude	13.650433	13.651336	
	altitude	20 m	20 m	

	องศา 90	องศา 60	องศา 45	ทางตรง
เวลา (s)				27.5
เวลา (s)				28
เวลา (s)				27.5
ค่าเฉลี่ย (s)				27.67
เวลาหักเลี้ยว (s)	-27.67	-27.67	-27.67	

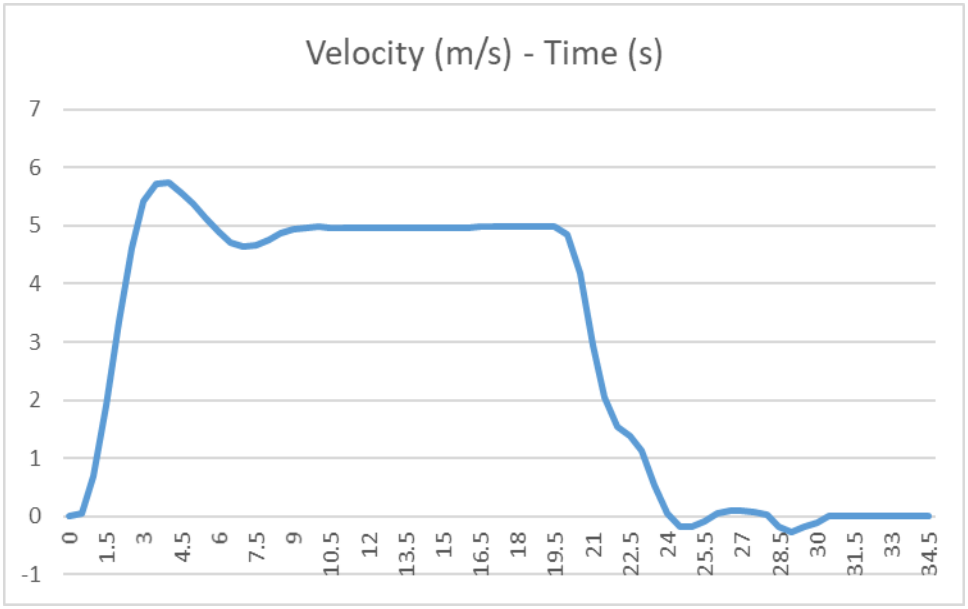


รูปที่ 6.44 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว 90 องศา

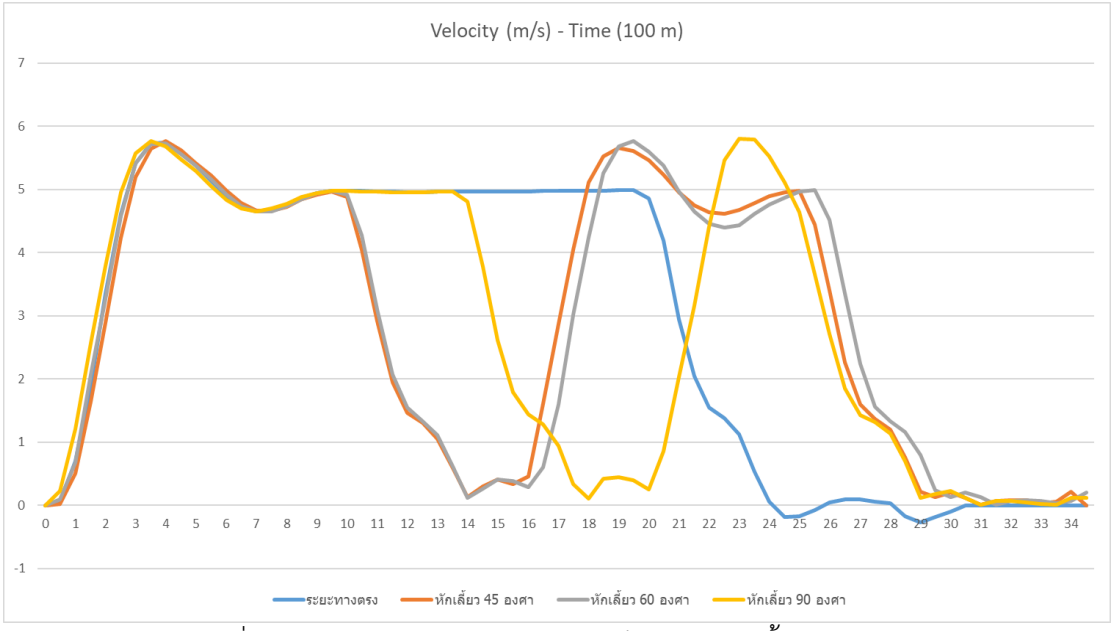
รูปที่ 6.45 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว

รูปที่ 6.46 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในการเลี้ยว

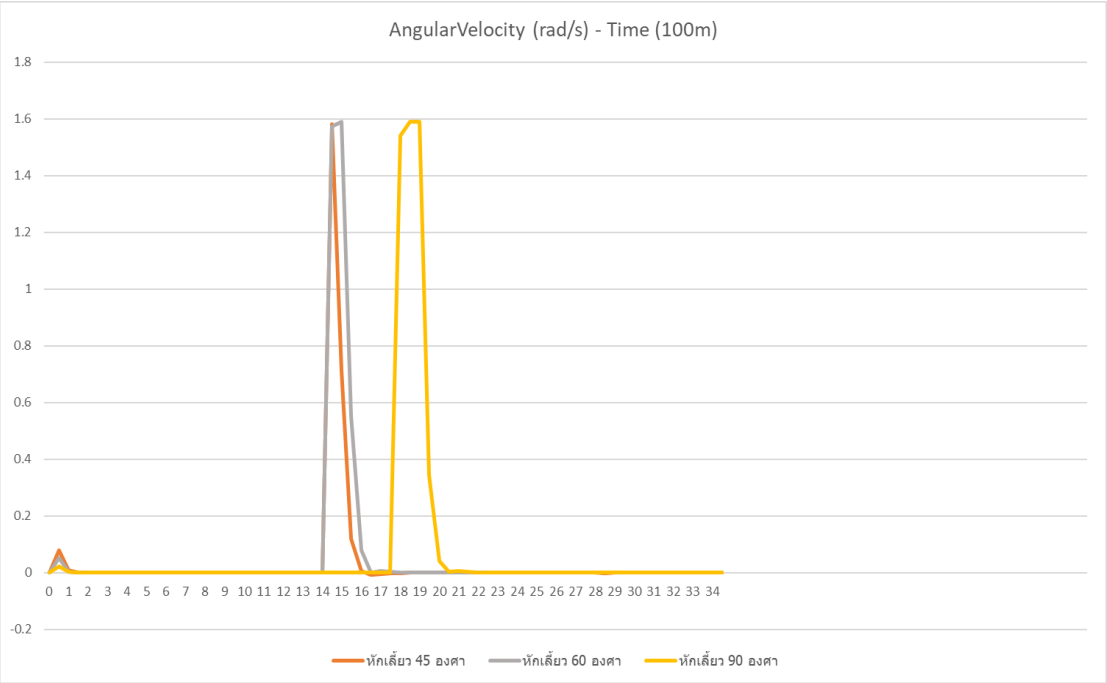
รูปที่ 6.47 ตำแหน่งและเส้นทางการบินในการทดสอบความสามารถในทางตรง



รูปที่ 6.48 กราฟความเร็ว-เวลา ในการบินทดสอบความสามารถในทางตรง



รูปที่ 6.49 กราฟผลการทดลอง ความเร็ว/เวลา หักเลี้ยว 90 องศา



รูปที่ 6.50 กราฟผลการทดลอง อัตราเร็วเชิงมุม/เวลา หักเลี้ยว 90 องศา

6.4 ผลการทดสอบการทำงานทั้งระบบ

6.4.1 การทดสอบขีดความสามารถการทำงานของโดรนที่ระยะ 4.5 กิโลเมตร ณ ความสูง 80 เมตร ในระยะสายตา

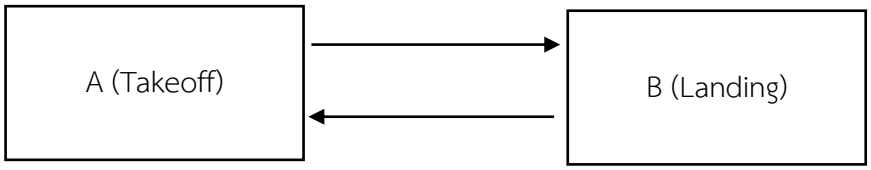
6.4.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองหาระยะทางสูงสุดที่โดรนสามารถปฏิบัติงานได้ในระยะเวลา 5 นาทีในระยะทางตรง ไป-กลับ

6.4.1.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ติดตั้งจุดเริ่มบินของโดรนที่จุด A
2) เริ่มทำการบินจากจุด A ไป B ไป A และไป B (1.5 กิโลเมตร)
3) จับเวลาและบันทึกผล หากเวลาที่ใช้น้อยกว่า 5 นาทีให้ทำการทดลองต่อไป

6.4.1.3 เส้นทางการบิน

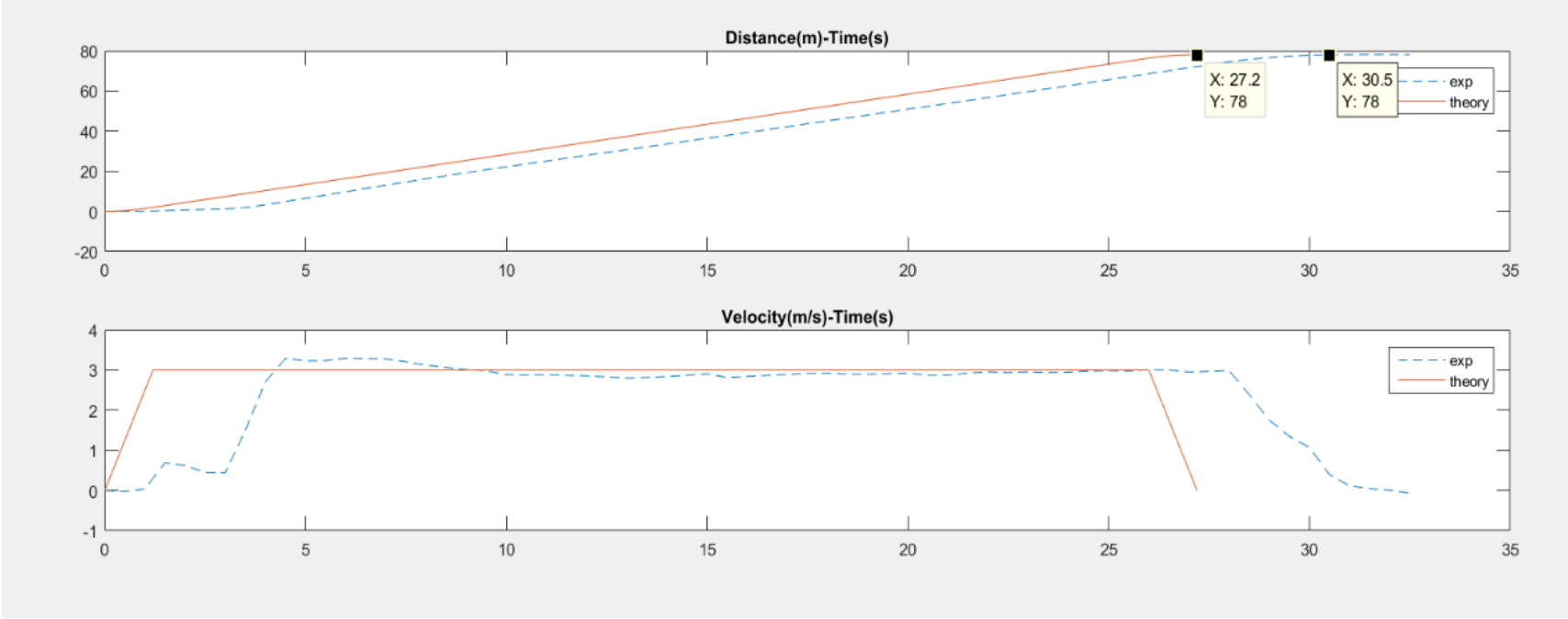


รูปที่ 6.51 เส้นทางการบินการทดสอบขีดความสามารถการทำงานของโดรนที่ระยะ 1 กิโลเมตร ณ ความสูง 80 เมตร ในระยะสายตา

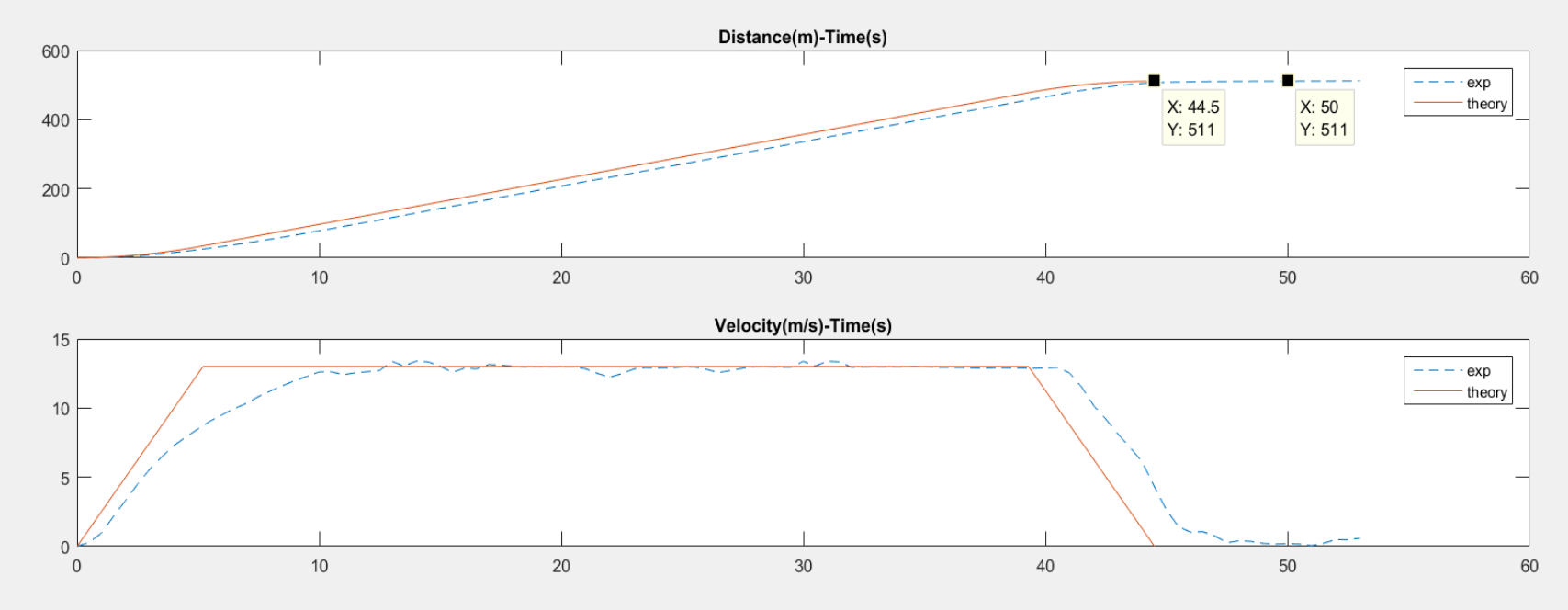
6.4.1.4 ผลการทดลอง

ระยะเวลาการปฏิบัติงานของโดรน			
ตำแหน่ง	เวลา(นาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
เริ่มปฏิบัติงาน	0:00:00	0:00:00	00:00.0
ใบพัดเริ่มหมุน	00:07.8	00:05.8	00:06.8
ถึงจุด A	00:40.3	00:36.2	00:38.2
ถึงจุด B	01:30.7	01:28.5	01:29.5
ถึงจุด A	02:17.9	02:17.1	02:17.5
ถึงจุด B	03:09.9	03:12.0	03:10.9
ยืนยันการเริ่มลงจอด	03:26.4	03:15.0	03:20.7
ลงจอดเสร็จสิ้น	04:40.0	04:20.0	04:30.0
ใบพัดหยุดหมุน	04:41.2	04:22.5	04:31.8
สิ้นสุดการบิน	04:41.2	04:22.5	04:31.8

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
Battery ก่อนการบิน	98%	71%	85%
Battery สิ้นสุดการบิน	72%	45%	59%
Battery ที่ถูกใช้	26%	26%	26%
อัตราเร็วลมบนตึก 7 ชั้น	2.57 m/s	2 m/s	2.28 m/s
อัตราเร็วบนพื้น	1.1 m/s	0 m/s	0.55 m/s
ระดับ GPS	16	16	16



รูปที่ 6.52 กราฟการ Takeoff ที่ความสูง 80 เมตร ผลการทดลอง-ทฤษฎี



รูปที่ 6.53 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ ผลการทดลอง-ทฤษฎี

กิจกรรม	ระยะเวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ย (วินาที)	ระยะเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎี (วินาที)	ความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ การทดลอง-ทฤษฎี (วินาที)
โดรนเริ่มบันทึกเส้นทางการบิน-ใบพัดเริ่มหมุน	7.82		
ใบพัดเริ่มหมุน-ถึงจุด A ที่ความสูง 80 m	32.44	27.8	16.69%
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	50.39	44.5	13.23%
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด A	47.24	44.5	6.16%
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	51.99	44.5	16.83%
ยืนยันการลงจอด	16.46		
ลงจอดเสร็จสิ้น	74	27.8	166.19%
ใบพัดหยุดหมุน	4:41		
การปฏิบัติงานรวม	4:41	3:09	48.67%
เฉลี่ยการเคลื่อนที่ 500 เมตร 1 รอบ	49.87	44.5	12.06%

6.4.1.5 สรุปผลการทดลอง

โดรนใช้เวลาเคลื่อนที่ที่ระยะทาง 1.5 กิโลเมตร ที่ความสูง 80 เมตร อัตราเร็วลม 2.28 m/s เท่ากับ 4 นาที 41 วินาที คิดเป็นค่าคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีเป็น 48.67% โดยโดรนใช้เวลาเคลื่อนที่ที่ระยะทาง 500 เมตร ที่ความสูง 80 เมตร อัตราเร็วลม 2.28 m/s เท่ากับ 49.87 วินาที คิดเป็นค่าคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีเป็น 12.06% โดรนใช้เวลาในการ takeoff ที่ความสูง 80 เมตร เป็นระยะเวลา 32.44 วินาที คิดเป็นความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 16.69%

6.4.1.6 วิจารย์ผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ระหว่างผลการทดลองจริงกับทฤษฎีมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก

1) การคำนวณช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎีไม่ได้นำ ช่วงเวลาการเริ่มบันทึกจุดการบิน

2) การยืนยันเพื่อเริ่มลงจอด และช่วงเวลาการยืนยันเสร็จภารกิจ(ใบพัดหยุดหมุน) มาคำนวณการลงจอดจากการปฏิบัติจริงใช้วิธีการลงจอดแบบคนบังคับ

6.4.2 การทดสอบขีดความสามารถการทำงานของโดรนที่ระยะ 4.5 กิโลเมตร ณ ความสูง 80 เมตร ในระยะสายตา

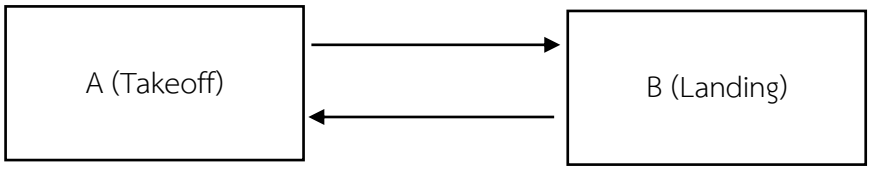
6.4.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดลองหาระยะทางสูงสุดที่โดรนสามารถปฏิบัติงานได้ในระยะเวลา 5 นาทีในระยะทางตรง ไป-กลับ

6.4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ติดตั้งจุดเริ่มบินของโดรนที่จุด A
2) เริ่มทำการบินจากจุด A ไป B ไป A ไป B ไป A ไป B ไป A ไป B ไป A ไป B (4.5 กิโลเมตร)
3) จับเวลาและบันทึกผล

6.4.2.3 เส้นทางการบิน



รูปที่ 6.54 เส้นทางการบินการทดสอบขีดความสามารถการทำงานของโดรนที่ระยะ 4.5 กิโลเมตร ณ ความสูง 80 เมตร ในระยะสายตา

6.4.2.4 ผลการทดลอง

ระยะเวลาการปฏิบัติงานของโดรน	
ตำแหน่ง	เวลา(นาที)
	ครั้งที่ 1
เริ่มปฏิบัติงาน	0:00:00
ใบพัดเริ่มหมุน	00:15.0
ถึงจุด A	00:47.8
ถึงจุด B	01:32.5
ถึงจุด A	02:21.4
ถึงจุด B	03:10.3
ถึงจุด A	04:01.8
ถึงจุด B	04:51.3
ถึงจุด A	05:42.0
ถึงจุด B	06:31.1
ถึงจุด A	07:23.0
ถึงจุด B	08:13.6
ยืนยันการเริ่มลงจอด	08:30.1
ลงจอดเสร็จสิ้น	09:39.1
ใบพัดหยุดหมุน	09:50.6
สิ้นสุดการบิน	09:50.6

	ครั้งที่ 1
Battery ก่อนการบิน	98%
Battery สิ้นสุดการบิน	46%
Battery ที่ถูกใช้	52%
อัตราเร็วลมบนตึก 7 ชั้น	1.01 m/s
อัตราเร็วบนพื้น	0 m/s
ระดับ GPS	14

โดรนสามารถเคลื่อนที่ 500 เมตร 1 รอบได้ในเวลา	**49.53 วินาที**
คิดเป็นความคลาดเคลื่อน	**11.30%**
การคาดคะเน	
ภายในระยะเวลา 5 นาที โดรนสามารถเคลื่อนที่ได้เป็นระยะทางทั้งหมด	1.5 กิโลเมตร
โดยแบ่งออกเป็นการเคลื่อนที่ดังนี้	
1. โดรนเริ่มบันทึกเส้นทางการบิน-ใบพัดเริ่มหมุน	14.98 วินาที
2. ใบพัดเริ่มหมุน-ถึงจุด A ที่ความสูง 80 m	32.83 วินาที
3. เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	49.53 วินาที
4. เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด A	49.53 วินาที
5. เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	49.53 วินาที
6. ยืนยันการลงจอด	16.54 วินาที
7. ลงจอดเสร็จสิ้น	69 วินาที
8. ใบพัดหยุดหมุน	11.50 วินาที
การปฏิบัติงานรวม	4 นาที 53 วินาที

กิจกรรม	**ระยะเวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ย (วินาที)**	**ระยะเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎี (วินาที)**
โดรนเริ่มบันทึกเส้นทางการบิน-ใบพัดเริ่มหมุน	**14.98**	
ใบพัดเริ่มหมุน-ถึงจุด A ที่ความสูง 80 m	**32.83**	**27.8**
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	**44.69**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด A	**48.88**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	**48.94**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด A	**51.44**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	**49.55**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด A	**50.68**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	**49.09**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด A	**51.93**	**44.5**
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	**50.55**	**44.5**

กิจกรรม	ระยะเวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ย (วินาที)	ระยะเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎี (วินาที)
ยืนยันการลงจอด	**16.54**	
ลงจอดเสร็จสิ้น	**69**	**27.8**
ใบพัดหยุดหมุน	**11.50**	
การปฏิบัติงานรวม	**9:52**	**7:36**
เฉลี่ยการเคลื่อนที่ 500 เมตร 1 รอบ	**49.53**	

6.4.2.5 สรุปผลการทดลอง

- โดรนสามารถเคลื่อนที่ได้ในระยะ 500 เมตร ในเวลาเฉลี่ย 49.53 วินาที
- โดรนสามารถบินไต่ระดับขึ้นไป 80 เมตร ในระยะเวลาเฉลี่ย 14.98 วินาที
- โดรนสามารถบินได้ระยะทางไกลที่สุดทั้งหมด 4.5 กิโลเมตร โดยที่ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ 52% หลังจากนั้นสมควรนำกลับไปชาร์จใหม่เพื่อใช้งานต่อไป
- คาดคะเนการทำงานของโดรน โดรนสามารถบินได้ 1.5 กิโลเมตร ภายในระยะเวลา 5 นาที

6.4.3 การทดสอบความสามารถในการบินอัตโนมัติ

6.4.3.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาระยะทางในการปฏิบัติงานของโดรนมากที่สุดในการบินแบบ waypoint ภายในระยะเวลา 5 นาที

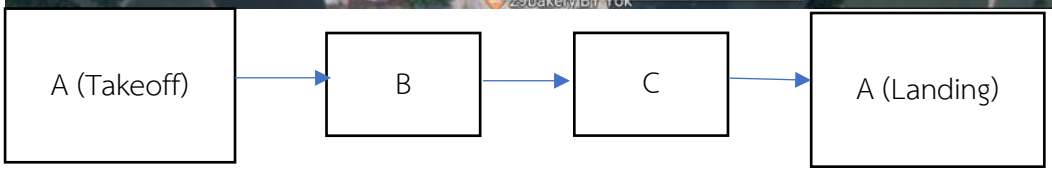
6.4.3.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) อ้างอิงระยะทางการบินของโดรนที่มากที่สุดแบบ ไป-กลับภายใน 5 นาทีจากการทดลองที่ 1 และเลือกเส้นทางการบินที่มีความยาวเท่ากับระยะทางนั้นๆ

2) ติดตั้งโดรนที่จุดเริ่มปฏิบัติการที่จุด A และเริ่มปฏิบัติการไปยังจุดตามเส้นทางการบิน

3) จับเวลาและบันทึกผล

6.4.3.3 เส้นทางการบิน

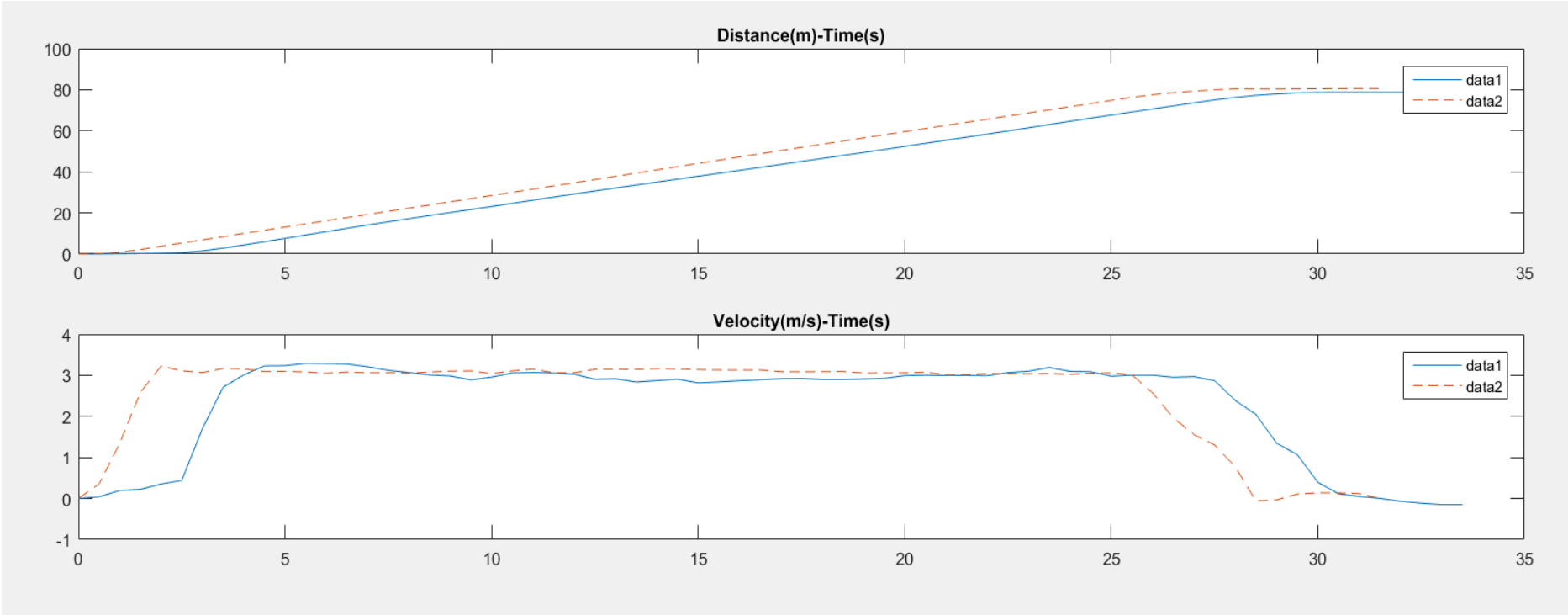


รูปที่ 6.55 เส้นทางการบินแบบ Waypoint ในระยะสายตา ที่ระยะทางมากที่สุดในระยะเวลา 5 นาที

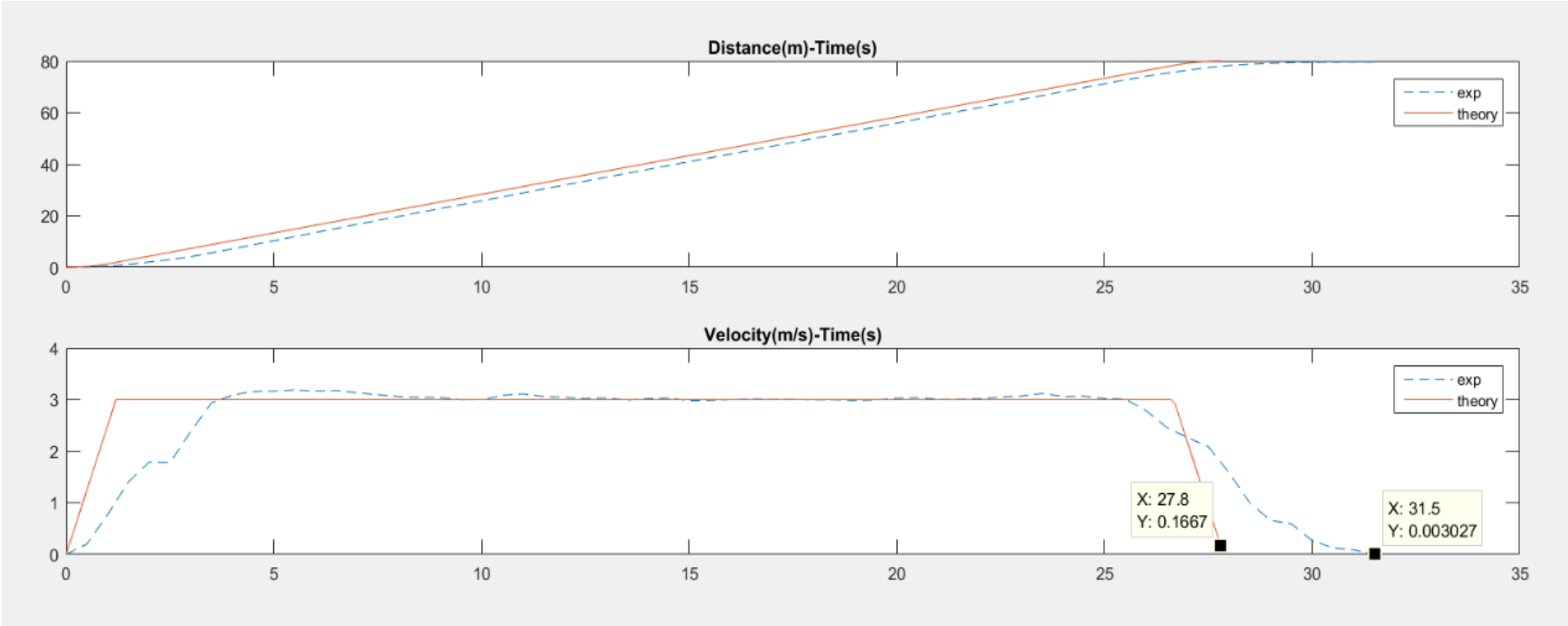
6.4.3.4 ผลการทดสอบ

ระยะเวลาการปฏิบัติงานของโดรน			
ตำแหน่ง	เวลา(นาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
เริ่มปฏิบัติงาน	0:00:00	0:00:00	00:00.0
ใบพัดเริ่มหมุน	00:16.6	00:06.7	00:11.7
ถึงจุด A	00:50.4	00:40.2	00:45.3
ถึงจุด B	01:37.8	01:26.0	01:31.9
ถึงจุด C	02:06.2	01:52.4	01:59.3
ถึงจุด A	02:46.8	02:31.9	02:39.4
ยืนยันการเริ่มลงจอด	02:52.8	02:38.5	02:45.7
ลงจอดเสร็จสิ้น	03:23.6	03:15.9	03:19.7
ใบพัดหยุดหมุน	03:29.8	03:19.9	03:24.8
สิ้นสุดการบิน	03:29.8	03:19.9	03:24.8

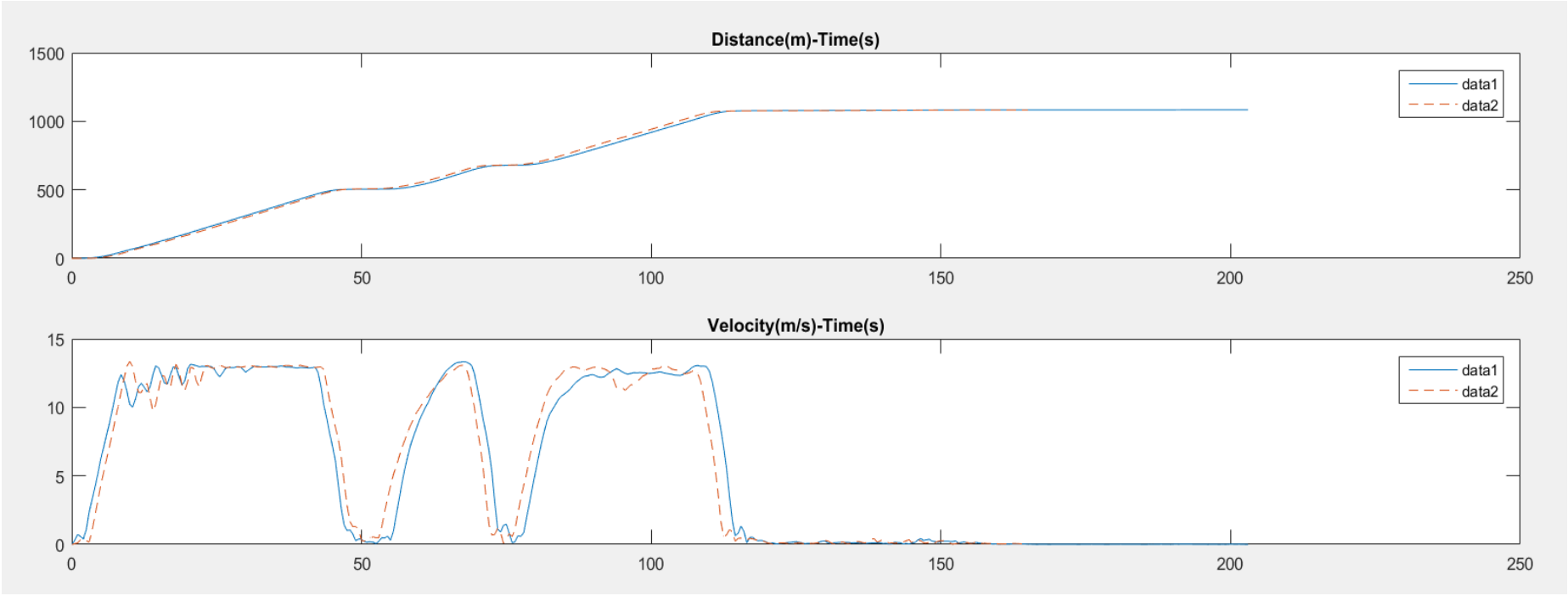
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
Battery ก่อนการบิน	78%	98%	88%
Battery สิ้นสุดการบิน	51%	73%	62%
Battery ที่ถูกใช้	27%	25%	26%
อัตราเร็วลมบนตึก 7 ชั้น	2.15 m/s	1.5 m/s	1.82 m/s
อัตราเร็วบนพื้น	0 m/s	0 m/s	0 m/s
ระดับ GPS	16	19	17%



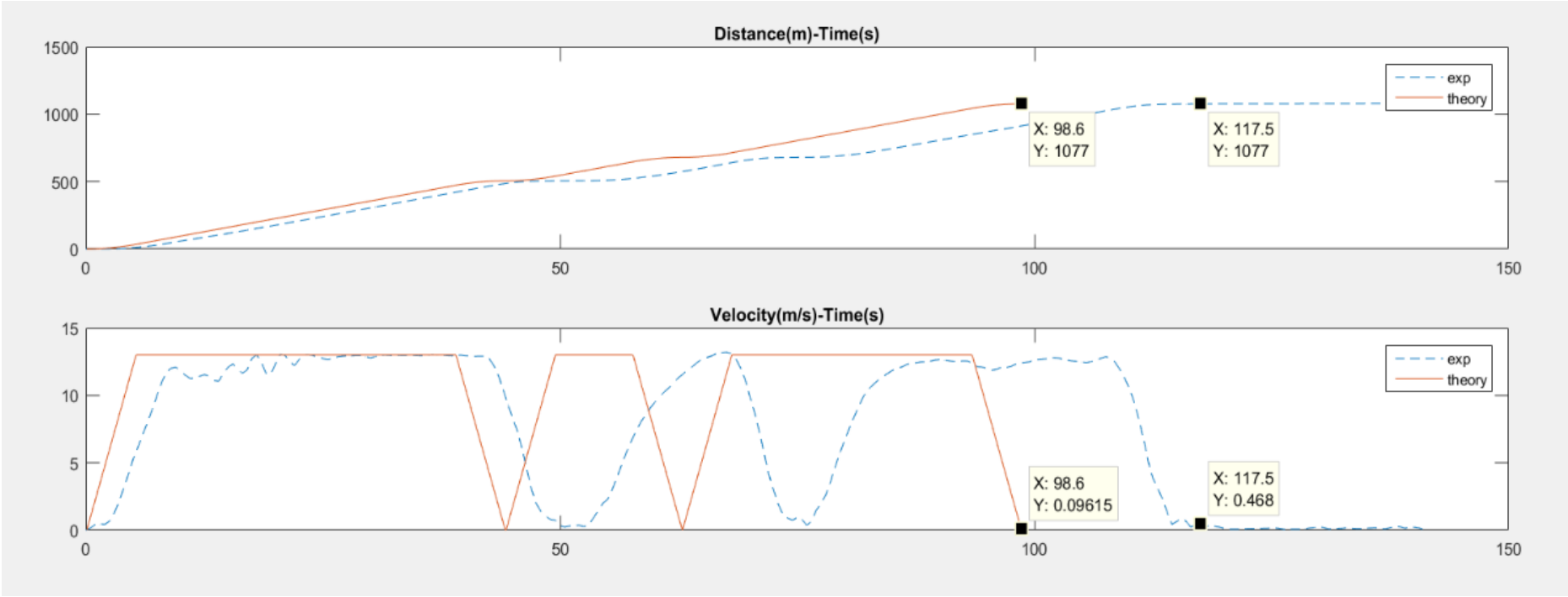
รูปที่ 6.56 กราฟการ Takeoff ที่ความสูง 80 เมตร



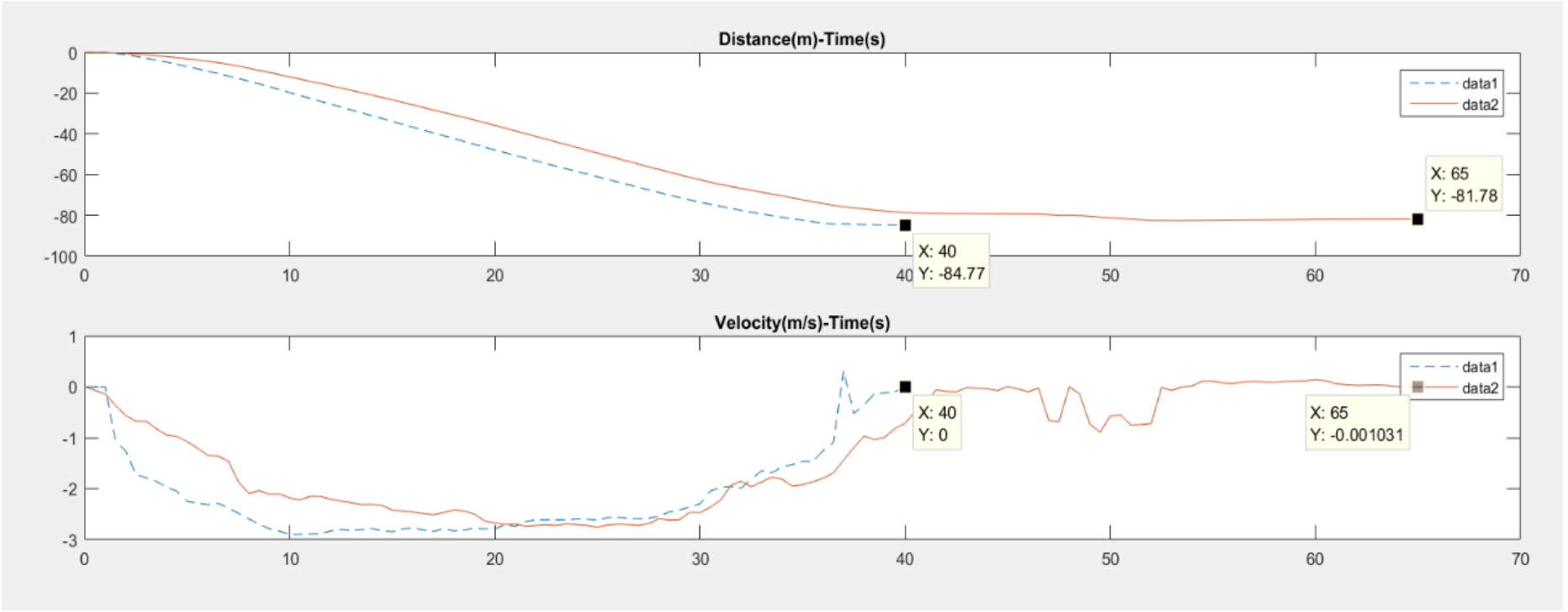
รูปที่ 6.57 กราฟการ Takeoff ที่ความสูง 80 เมตร ผลการทดลอง-ทฤษฎี



รูปที่ 6.58 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ



รูปที่ 6.59 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ ผลการทดลอง-ทฤษฎี



รูปที่ 6.60 กราฟการลงจอดที่ความสูง 80 เมตร

กิจกรรม	ระยะเวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ย (วินาที)	ระยะเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎี (วินาที)	ความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ การทดลอง-ทฤษฎี (วินาที)
โดรนเริ่มบันทึกเส้นทางการบิน-ใบพัดเริ่มหมุน	11.67		
ใบพัดเริ่มหมุน-ถึงจุด A ที่ความสูง 80 m	33.6	27.8	20.86%
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	46.66	44.2	5.56%
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด C	27.36	18.6	47.09%
เคลื่อนที่จากจุด C ไปยังจุด A	40.06	35.7	12.21%
ยืนยันการลงจอด	6.32		
ลงจอดเสร็จสิ้น	34.12	27.8	22.73%
ใบพัดหยุดหมุน	5.1		
การปฏิบัติงานรวม	3:24	2:34	32.47%

6.4.3.5 สรุปผลการทดลอง

โดรนใช้เวลาเคลื่อนที่ที่ระยะทาง 1.03 กิโลเมตร ที่ความสูง 80 เมตร อัตราเร็วลม 1.82 m/s เท่ากับ 3 นาที 24 วินาที คิดเป็นค่าคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีเป็น 32.47%

6.4.3.6 วิจารย์ผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ระหว่างผลการทดลองจริงกับทฤษฎีมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก

1) การคำนวณช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎีไม่ได้นำ ช่วงเวลาการเริ่มบันทึกจุดการบิน การยืนยันเพื่อเริ่มลงจอด และช่วงเวลาการยืนยันเสร็จภารกิจ(ใบพัดหยุดหมุน) มาคำนวณ

2) การลงจอดจากการปฏิบัติจริงใช้วิธีการลงจอดแบบคนบังคับ

3) การเคลื่อนที่จากจุดนึงไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งนั้น การคำนวณทางทฤษฎีมิได้นำช่วงเวลาการกลับตัวของโดรนมาคิดร่วม

และจากการทดลองทำให้ทราบได้ว่า โดรนสามารถปฏิบัติงานในระยะ 1 กิโลเมตร ได้ โดยเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย 3 นาที 24 วินาที น้อยกว่า เวลา 5 นาที

6.4.4 การทดลองความสามารถในการบินแบบ waypoint นอกระยะสายตา ที่ระยะทางมากที่สุดในระยะเวลา 5 นาที

6.4.4.1 วัตถุประสงค์

เพื่อหาระยะทางในการปฏิบัติงานของโดรนมากที่สุดในการบินแบบ waypoint ภายในระยะเวลา 5 นาที

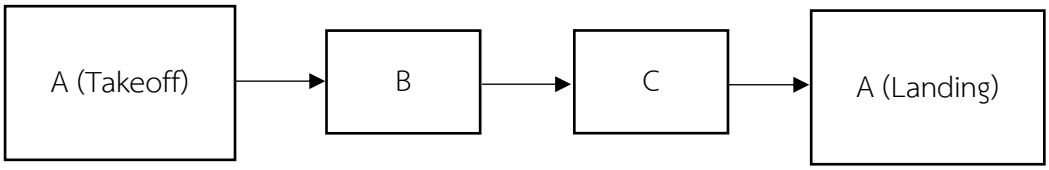
6.4.4.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) อ้างอิงระยะทางการบินของโดรนที่มากที่สุดแบบ ไป-กลับภายใน 5 นาทีจากการทดลองที่ 1 และเลือกเส้นทางการบินที่มีความยาวเท่ากับระยะทางนั้นๆ

2) ติดตั้งโดรนที่จุดเริ่มปฏิบัติการที่จุด A และเริ่มปฏิบัติการไปยังจุดตามเส้นทางการบิน

3) จับเวลาและบันทึกผล

6.4.4.3 เส้นทางการบิน

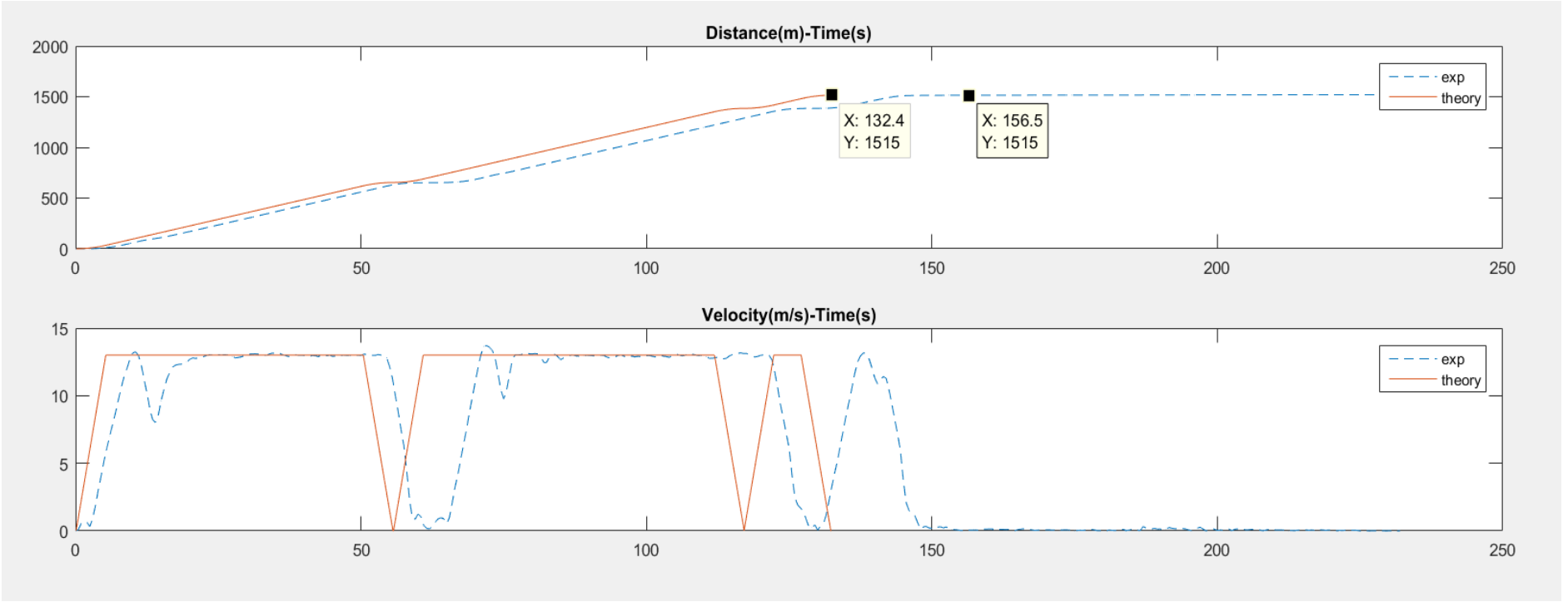


รูปที่ 6.61 เส้นทางการบินแบบ Waypoint นอกระยะสายตา ที่ระยะทางมากที่สุดในระยะเวลา 5 นาที

6.4.4.4 ผลการทดสอบ

ระยะเวลาการปฏิบัติงานของโดรน	
ตำแหน่ง	**เวลา(นาที)**
	ครั้งที่ 1
เริ่มปฏิบัติงาน	0:00:00
ใบพัดเริ่มหมุน	00:06.0
ถึงจุด A	00:42.0
ถึงจุด B	01:41.0
ถึงจุด C	02:51.0
ถึงจุด A	03:11.0
ยืนยันการเริ่มลงจอด	03:26.0
ลงจอดเสร็จสิ้น	04:06.0
ใบพัดหยุดหมุน	04:12.0
สิ้นสุดการบิน	04:12.0

	ครั้งที่ 1
Battery ก่อนการบิน	98%
Battery สิ้นสุดการบิน	72%
Battery ที่ถูกใช้	26%
อัตราเร็วลมบนตึก 7 ชั้น	1.5 m/s
อัตราเร็วบนพื้น	1.1 m/s
ระดับ GPS	16



รูปที่ 6.62 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ

	ระยะเวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ย (วินาที)	ระยะเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎี (วินาที)	ความคลาดเคลื่อนการเคลื่อนที่ การทดลอง-ทฤษฎี (วินาที)
โดรนเริ่มบันทึกเส้นทางการบิน-ใบพัดเริ่มหมุน	6		
ใบพัดเริ่มหมุน-ถึงจุด A ที่ความสูง 80 m	36	27.8	29.49%
เคลื่อนที่จากจุด A ไปยังจุด B	59	55.8	5.73%
เคลื่อนที่จากจุด B ไปยังจุด C	1:10	1 นาที 2	12.90%
เคลื่อนที่จากจุด C ไปยังจุด A	20	15.2	31.57%
ยืนยันการลงจอด	15		
ลงจอดเสร็จสิ้น	40	27.8	43.88%
ใบพัดหยุดหมุน	6		
การปฏิบัติงานรวม	4:12	3:14	29.89%

6.4.4.5 สรุปผลการทดลอง

โดรนใช้เวลาเคลื่อนที่ที่ระยะทาง 1.60 กิโลเมตร ที่ความสูง 80 เมตร อัตราเร็วลม 1.5 m/s เท่ากับ 4 นาที 12 วินาที คิดเป็นค่าคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีเป็น 29.89% และจากการทดลองทำให้ทราบได้ว่า โดรนสามารถปฏิบัติงานในระยะ 1.6 กิโลเมตร ได้ โดยเวลาปฏิบัติงานเฉลี่ย 4 นาที 12 วินาที น้อยกว่า เวลา 5 นาที

6.4.4.6 วิจารย์ผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ระหว่างผลการทดลองจริงกับทฤษฎี มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจาก

1) การคำนวณช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามทฤษฎีไม่ได้นำ ช่วงเวลาการเริ่มบันทึกจุดการบินการยืนยันเพื่อเริ่มลงจอด และช่วงเวลาการยืนยันเสร็จภารกิจ(ใบพัดหยุดหมุน) มาคำนวณ

2) การลงจอดจากการปฏิบัติจริงใช้วิธีการลงจอดแบบคนบังคับ

3) การเคลื่อนที่จากจุดนึงไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งนั้น การคำนวณทางทฤษฎีมิได้นำช่วงเวลาการกลับตัวของโดรนมาคิดร่วม

6.4.5 การทดสอบการปฏิบัติงานจริงของโดรนขนส่ง AED ในระยะ 1 กิโลเมตร ในระยะสายตา

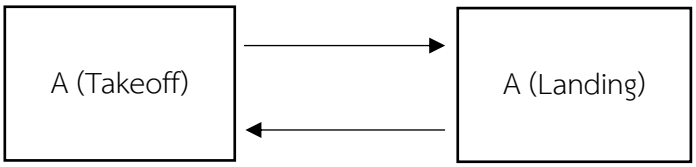
6.4.5.1 วัตถุประสงค์

เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ของการทำงานจริงของโดรนในระยะ 1 กิโลเมตร ภายใน 5 นาที

6.4.5.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ติดตั้งโดรนที่จุด A
2) จำลองสถานการณ์ผู้ป่วยหัวใจล้มเหลวเฉียบพลัน
3) เริ่มจับเวลา
4) ส่งคำสั่งเรียกผ่านแอพโทรศัพท์เข้าสู่ศูนย์ประจำการของโดรน
5) ส่งโดรนเพื่อเข้าถึงผู้ป่วย
6) ผู้แจ้งเหตุถอดอุปกรณ์ AED และนำไปติดตั้งพร้อมใช้งานที่ผู้ป่วย
7) บันทึกผลการจับเวลา

6.4.5.3 เส้นทางการบิน

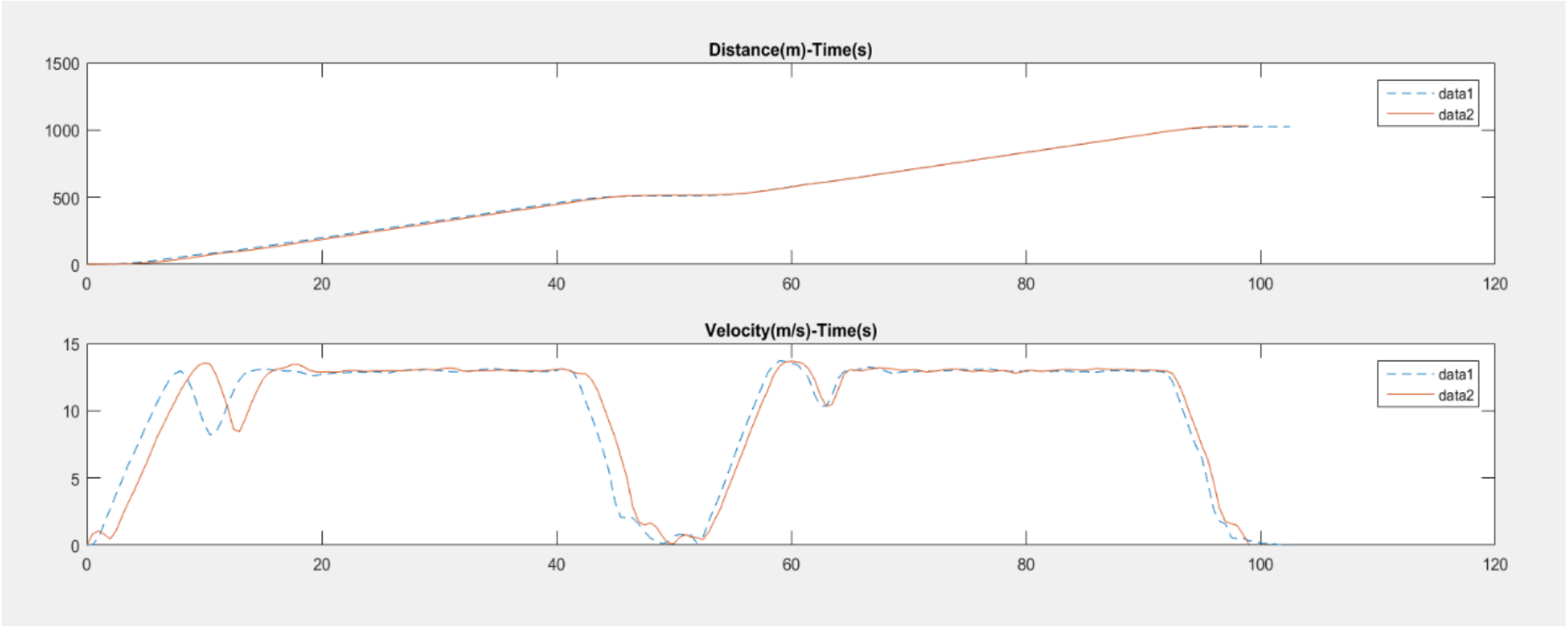


รูปที่ 6.63 เส้นทางการบินการทดสอบการปฏิบัติงานจริงของโดรนขนส่ง AED ในระยะ 1 กิโลเมตร ในระยะสายตา

6.4.5.4 ผลการทดสอบ

ระยะเวลาการปฏิบัติงานของโดรน			
ตำแหน่ง	เวลา(นาที)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
ผู้แจ้งเหตุเริ่มเรียกโดรนผ่านแอพ	0:00:00	0:00:00	00:00.0
ศูนย์แจ้งเหตุรับเรื่อง	00:01.0	00:01.0	00:01.0
ซักถามอาการผู้ป่วยจากผู้แจ้งเหตุ	00:12.0	00:13.0	00:12.5
ยืนยันการส่งโดรน	00:33.0	00:31.0	00:32.0
เริ่มปฏิบัติภารกิจ	00:45.0	00:49.0	00:47.0

ระยะเวลาการปฏิบัติงานของโดรน			
ตำแหน่ง	**เวลา(นาที)**		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**เฉลี่ย**
ใบพัดเริ่มหมุน	00:59.0	00:55.0	00:57.0
ถึงจุด A ความสูง 80 m	01:35.0	01:33.0	01:34.0
ถึงจุด B ความสูง 80 m	02:20.0	02:14.0	02:17.0
ถึงจุด A ความสูง 80 m	03:13.0	03:05.0	03:09.0
ยืนยันการลงจอด	03:17.0	03:07.0	03:12.0
ลงจอดเสร็จสิ้น	04:03.0	04:05.0	04:04.0
ใบพัดหยุดหมุน	04:13.0	04:10.0	04:12.5
ผู้แจ้งเหตุยืนยันการรับโดรนผ่านแอพ	04:17.0	04:12.0	04:14.5
ผู้แจ้งเหตุวิ่งไปยังโดรนและถอดอุปกรณ์ AED	04:22.0	04:19.0	04:20.5
ผู้แจ้งเหตุถึงตัวผู้ป่วยพร้อมอุปกรณ์ AED	04:37.0	04:35.0	04:36.0
ติดตั้งอุปกรณ์ AED บนตัวผู้ป่วยพร้อมเริ่มใช้งาน	04:57.0	04:50.0	04:53.5
ปั๊มหัวใจครั้งแรกเสร็จสิ้น	05:12.0	05:09.0	05:10.5
สิ้นสุดภารกิจ	05:12.0	05:09.0	05:10.5



รูปที่ 6.64 กราฟการเคลื่อนที่ในแนวระดับ

ระยะเวลาการปฏิบัติงานเฉลี่ย	
ผู้แจ้งเหตุเริ่มเรียกโดรนผ่านแอพ - ศูนย์แจ้งเหตุรับเรื่อง	1 วินาที
ซักถามอาการผู้ป่วยจากผู้แจ้งเหตุ	11.5 วินาที
ยืนยันการส่งโดรน	19.5 วินาที
เริ่มปฏิบัติภารกิจ	15 วินาที
ใบพัดเริ่มหมุน	10 วินาที
ถึงจุด A ความสูง 80 m	37 วินาที
ถึงจุด B ความสูง 80 m	43 วินาที
ถึงจุด A ความสูง 80 m	52 วินาที
ยืนยันการลงจอด	3 วินาที
ลงจอดเสร็จสิ้น	52 วินาที
ใบพัดหยุดหมุน	8.5 วินาที
ผู้แจ้งเหตุยืนยันการรับโดรนผ่านแอพ	2 วินาที
ผู้แจ้งเหตุวิ่งไปยังโดรนและถอดอุปกรณ์ AED	6 วินาที
ผู้แจ้งเหตุถึงตัวผู้ป่วยพร้อมอุปกรณ์ AED	15.5 วินาที
ติดตั้งอุปกรณ์ AED บนตัวผู้ป่วยพร้อมเริ่มใช้งาน	17.5 วินาที
ปั้มหัวใจครั้งแรกเสร็จสิ้น	17 วินาที
การปฏิบัติงานรวม	5 นาที 10 วินาที

ระยะเวลาการทำงานศูนย์รับแจ้งเหตุ	
ผู้แจ้งเหตุเริ่มเรียกโดรนผ่านแอพ - ศูนย์แจ้งเหตุรับเรื่อง	1 วินาที
ซักถามอาการผู้ป่วยจากผู้แจ้งเหตุ	11.5 วินาที
ยืนยันการส่งโดรน	19.5 วินาที
การปฏิบัติงานรวม	32 วินาที

ระยะเวลาการรับอุปกรณ์จนถึงเริ่มการใช้งานครั้งแรก	
ผู้แจ้งเหตุยืนยันการรับโดรนผ่านแอพ	2 วินาที
ผู้แจ้งเหตุวิ่งไปยังโดรนและถอดอุปกรณ์ AED	6 วินาที
ผู้แจ้งเหตุถึงตัวผู้ป่วยพร้อมอุปกรณ์ AED	15.5 วินาที
ติดตั้งอุปกรณ์ AED บนตัวผู้ป่วยพร้อมเริ่มใช้งาน	17.5 วินาที
ปั๊มหัวใจครั้งแรกเสร็จสิ้น	17 วินาที
การปฏิบัติงานรวม	58 วินาที

6.4.5.5 สรุปผลการทดลอง

โดรนสามารถปฏิบัติภารกิจที่มีระยะทางขนส่งภายในระยะ 1 กิโลเมตร ได้โดยมีระยะเวลาปฏิบัติงาน 1 กิโลเมตร เท่ากับ 5 นาที 10 วินาที โดยแบ่งออกเป็นการปฏิบัติงานทั้งหมด 3 ส่วนคือ

1) การปฏิบัติงานของศูนย์แจ้งเหตุ 32 วินาที
2) การปฏิบัติงานของโดรน 3 นาที 40 วินาที
3) การปฏิบัติงานของผู้แจ้งเหตุ 58 วินาที

6.4.5.6 วิจารย์ผลการทดลอง

จากการทดลองโดรนสามารถปฏิบติงานในระยะ 1 กิโลเมตร ได้แต่มีระยะเวลาปฏิบัติงานเกินกว่าที่คาดหวัง 10 วินาที ในการทดลองผู้รับบทเป็นบุคคลคนเดียวกันทั้ง 2 ครั้ง ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบเป็นการใช้งานจริงอาจทำให้ระยะเวลาการปฏิบัติแตกต่างไปจากการทดลองนี้ในการลงจอดของโดรน การทดลองใช้วิธีการลองจอดแบบคนบังคับ

6.4.6 การทดลองเปรียบเทียบเวลาการนำส่ง AED ถึงผู้ป่วยระหว่างการใช้โดรนขนส่งและรถยนต์ขนส่ง

6.4.6.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

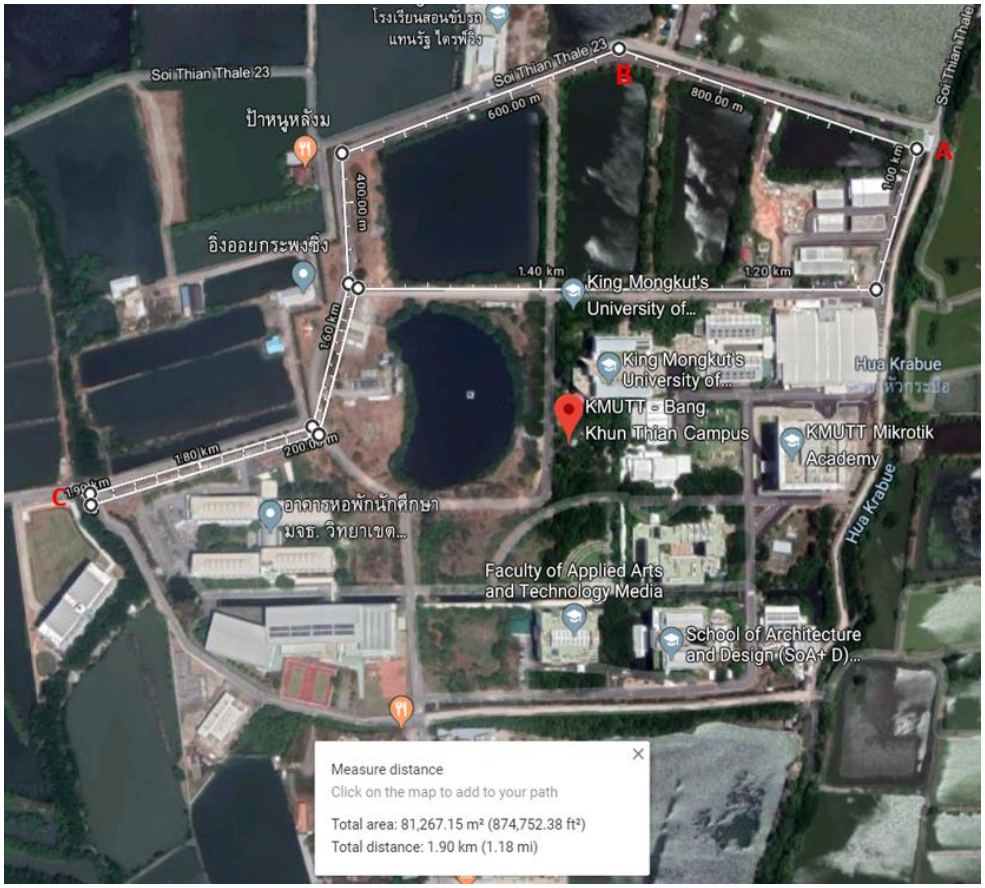
เพื่อเปรียบเทียบระยะเวลาการนำส่ง AED ถึงผู้ป่วยระหว่างการใช้โดรนขนส่งและรถยนต์ขนส่ง

6.4.6.2 ขั้นตอนการทดลอง

1) ขับรถยนต์ตามเส้นทางที่กำหนดพร้อมจับเวลา
2) บันทึกผลการจับเวลาการเดินทาง
3) เปรียบเทียบผลการทดลอ0E07

รูปที่ 6.65 ทำการจับเวลาในสถานการณ์จำลองรถพยาบาลขับไปจุดเกิดเหตุ

6.4.6.3 เส้นทางการเดินทางของรถ



รูปที่ 6.66 เส้นทางการขับของรถจาก

	รถยนต์	โดรน
ความเร็วเฉลี่ย (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	28	34.84
ระยะทาง (กิโลเมตร)	1.9	1.6

6.4.6.4 ผลการทดสอบ

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	เฉลี่ย
A	00:00.0	00:00.0	00:00.0
B	00:14.0	00:11.0	00:12.5
C	02:08.0	01:36.0	01:52.0
A	04:22.0	03:46.0	04:04.0
สิ้นสุด	04:22.0	03:46.0	04:04.0

6.4.6.5 เปรียบเทียบผลการทดลอง

จากการทดลองการทดลองความสามารถในการบินแบบ waypoint นอกระยะสายตา ที่ระยะทางมากที่สุดในระยะเวลา 5 นาที โดรนใช้เวลาการบินทั้งสิ้น 4 นาที 12 วินาที เมื่อเปรียบเทียบกับรถยนต์ใช้เวลา 4 นาที 4 วินาที โดรนใช้เวลาปฏิบัติงานมากกว่ารถยนต์ 8 วินาที

6.4.6.6 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองโดรนใช้เวลาปฏิบัติงานที่ระยะ 1.6 km มากกว่ารถยนต์ 8 วินาที ที่เส้นทางเป้าหมายของโดรนและรถยนต์เดียวกัน โดรนสามารถทำความเร็วในการเคลื่อนที่แนวระนาบได้มากกว่ารถยนต์ 6.84 km/hr แต่การปฏิบัติงานรวมช้ากว่าเนื่องมาจากโดรนมีขีดจำกัดความเร็วในการบินไต่ระดับและการลดระดับ

6.4.6.7 วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองนี้ไม่อาจใช้เทียบระหว่างการปฏิบัติงานจริงของโดรนและรถฉุกเฉินได้เพราะ

1) รถยนต์ที่ใช้ในการทดลองเป็นรถยนต์ส่วนตัวไม่ใช่รถฉุกเฉิน
2) สภาพการจราจรของการทดลองคือภานในเขตมหาวิทยาลัยซึ่งไม่ใช่พื้นที่ปฏิบัติงานจริง

3) ในสถานที่ปฏิบัติงานจริงมีความหลากหลายทางพื้นที่ทำให้ยากในการเปรียบเทียบเช่น หากสถานที่เป็นพื้นที่ที่รถฉุกเฉินเข้าถึงได้ยากโดรนจะมีความเหมาะสมมากกว่าในการปฏิบัติงานเนื่องจากโดรนมีเส้นทางการบินทางอากาศ, โดรนสามารถบินได้ในระยะทางที่สั้นที่สุดเพื่อไปยังเป้าหมายโดยอาศัยระยะทางกระจัดเมื่อเทียบกับรถยนต์ที่ต้องวิ่งตามพื้นถนน

6.4.7 ผลการทดสอบการบินต้านแรงลม

6.4.7.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1) ทดสอบประสิทธิภาพการบินต้านลม
2) ทดสอบการรักษาตำแหน่งการบินของโดรน

6.4.7.2 ขั้นตอนการทดสอบ

เนื่องจากในการทำการทดสอบการบินต้านลม ไม่สามารถกำหนดเวลาที่จะทดสอบที่พบแรงลมตามต้องการได้ ดังนั้นทางคณะวิจัยจึงได้ทำการใช้พัดลมอุตสาหกรรม ทำการพัดเพื่อสร้างแรงลมไปที่โดรน จำนวน 10 ตัว ดังรูปที่ 6.67 ซึ่งเมื่อทำการวัดแรงลมที่เป่าออกมาถึงจุดที่โดรนบิน ค่าความเร็วลมมีค่าประมาณ 7 เมตร/วินาที ดัง โดยทำการเปิดพัดลมเพื่อสร้างแรงลมให้กับโดรนตลอดเวลา

รูปที่ 6.67 พัดลมที่ใช้สร้างแรงลม เพื่อจำลองกระแสลมในการทดสอบ

รูปที่ 6.68 ค่าแรงลมตำแหน่งที่โดรนทำการบินประมาณ 7 เมตร/วินาที

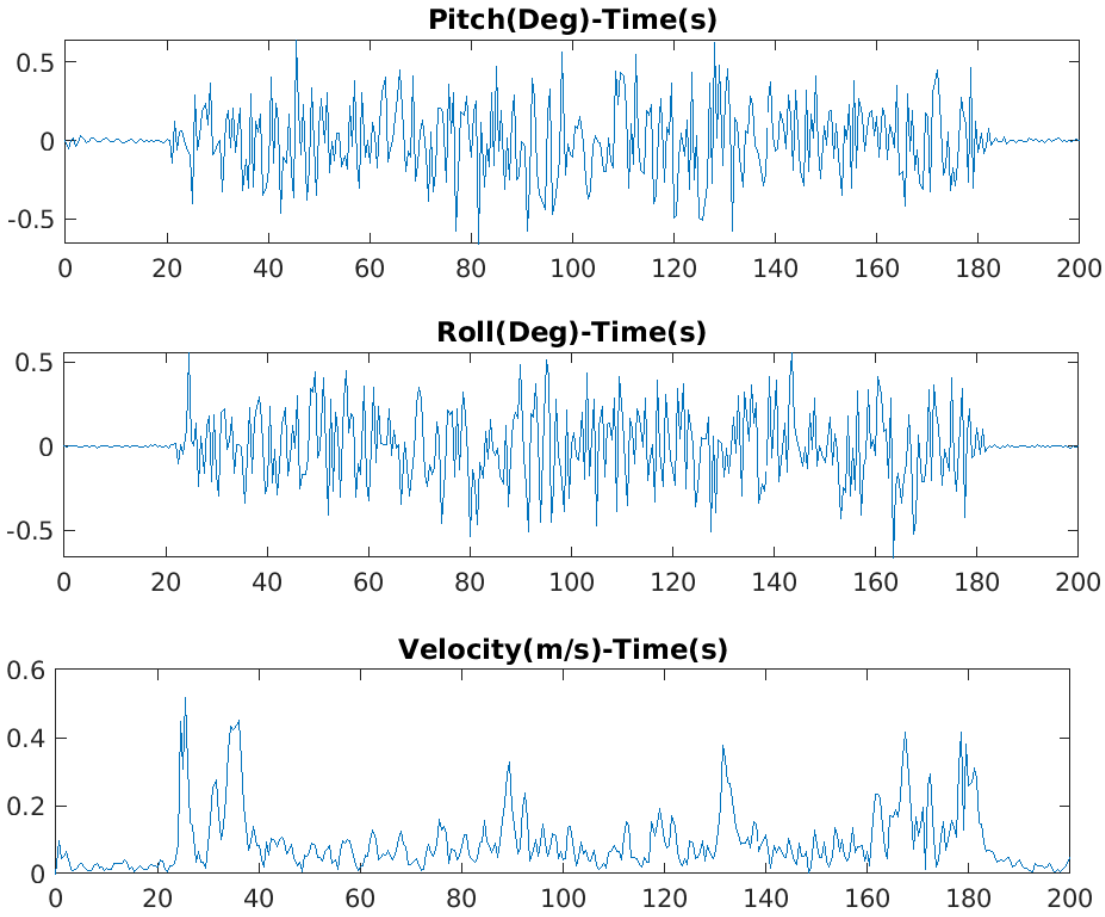
6.4.7.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบ ให้โดรนทำการบินเพื่อรักษาตำแหน่งขณะโดนลมจากพัดลม ขนาด 7 เมตร/วินาที พบว่า โดรนสามารถทำการบินต้านแรงลมได้ และคงตำแหน่งการบินในแนวละติจูดและลองติจูดได้ดี แต่ระยะความสูงอาจจะมีการขึ้นลงอยู่ในช่วง 0.5 เมตร สาเหตุที่ทางคณะวิจัยสันนิษฐานเบื้องต้น อาจจะเกิดเซนเซอร์วัด Altitude อาจจะมี Noise บางเล็กน้อย ทำให้มีระยะความสูงของการบินในบางครั้งมีขยับบ้างเล็กน้อย แต่ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบิน ดังรูปที่ 6.69

รูปที่ 6.69 การบินทดสอบต้านแรงลมของโดรน

ทางคณะวิจัยได้ทำการทดสอบการบินแบบบินขึ้น (Take off) ขณะมีแรงลม พบว่าโดรนบินขึ้นและสามารถต้านแรงลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่พบปัญหาในการทำการบินแต่อย่างใดดัง

รูปที่ 6.70 ทดสอบการบินต้านลมขณะทำการบินขึ้น (Take off)



รูปที่ 6.71 Log ทำการบินของโดรนขณะทำการบนต้านแรงลม

6.4.7.4 สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการบินต้านแรงลมพบว่า โดรนสามารถบนต้านแรงลมที่ประมาณ 7 เมตร/วินาที ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รักษาตำแหน่งการบินได้อย่างมั่นคง และบินไปข้างหน้าหรือถอยหลังได้

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า จากคุณสมบัติทางเทคนิคของโดรน ที่กำหนดจากบริษัทผู้ผลิต โดรนสามารถบินต้านแรงลมขนาด 8 เมตร/วินาที และจากการทำการทดสอบที่แรงลมขนาด 7 เมตร/วินาที สามารถสรุปได้ว่าโดรนทำการบินได้อย่างสมบูรณ์

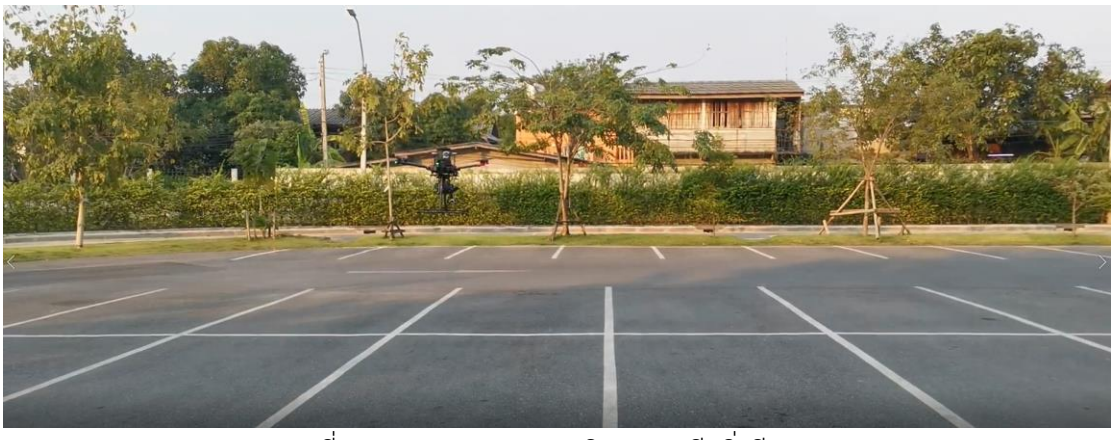
6.4.8 ผลการทดสอบการบินหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

6.4.8.1 วัตถุประสงค์การทดสอบ

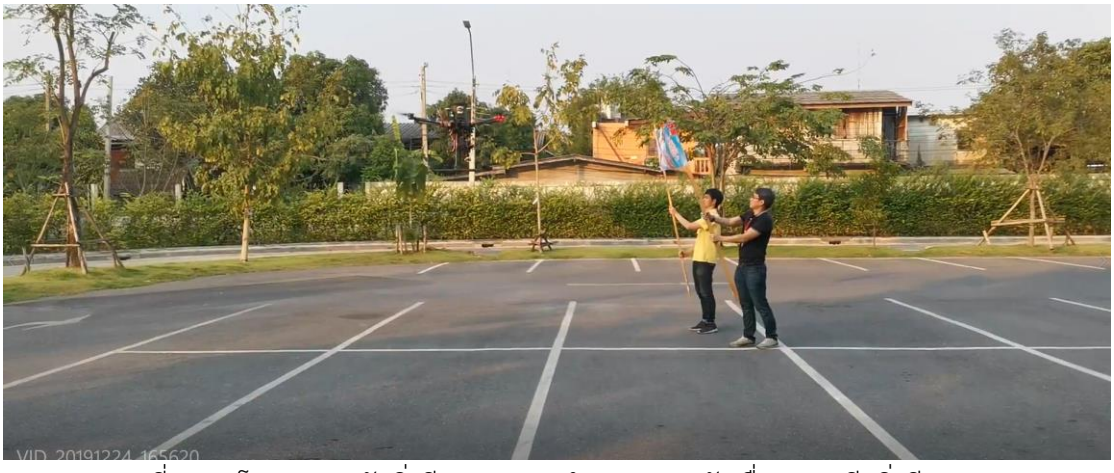
1) เพื่อทำการทดสอบการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง
2) เพื่อทำการทดสอบการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

6.4.8.2 ขั้นตอนการทดสอบ

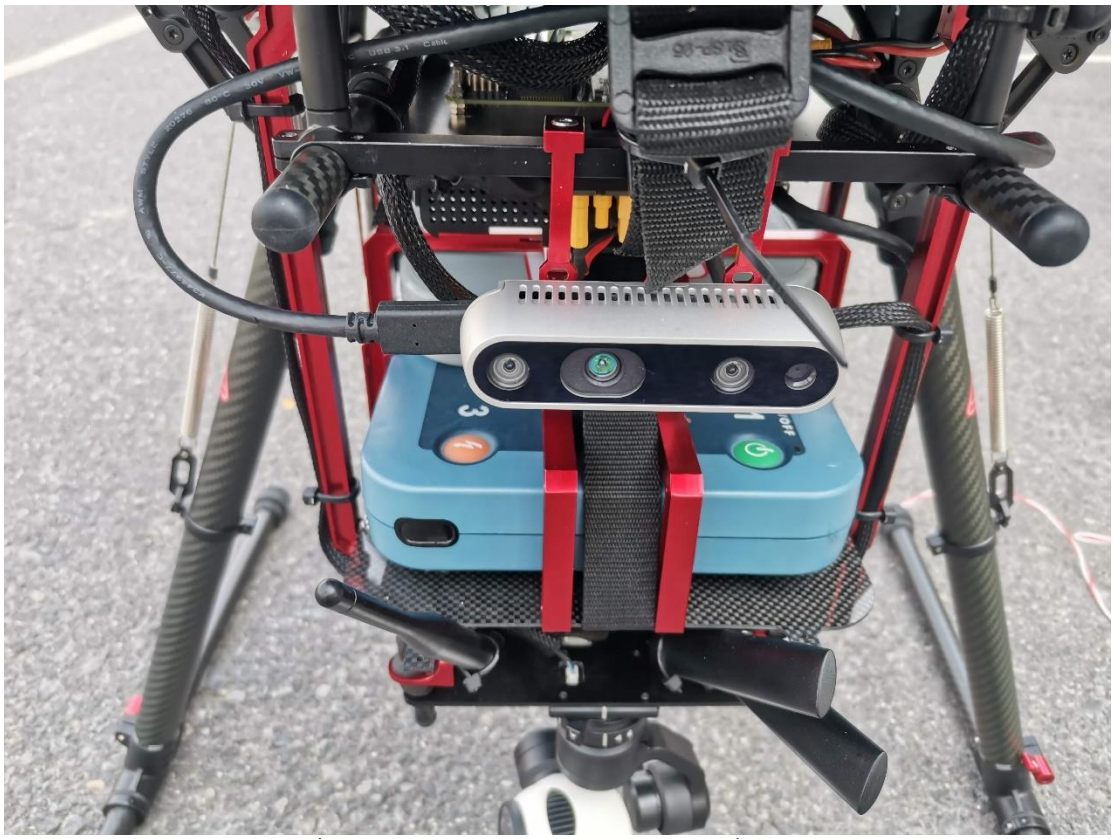
เนื่องจากการทดสอบการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง เป็นการทดสอบมีความอันตรายในการทดสอบมาก รวมถึงการทดสอบการบิน จำเป็นต้องขออนุญาตการบินจากกรมการบิน ดังนั้นทางคณะวิจัย จึงได้ทำการทดสอบการบินหลบสิ่งกีดขวาง โดยการจำลองการตรวจจับสิ่งกีดขวาง โดยการใช้ผ้าใบกาง เพื่อจำลองสิ่งกีดขวางด้านหน้าของโดรน ดังรูปที่ 6.72 และรูปที่ 6.73 และได้ใช้กล้อง 3 มิติ ในการตรวจสอบสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้าของโดรน ดัง



รูปที่ 6.72 การทดสอบการบินหลบหลีกสิ่งกีดขวา



รูปที่ 6.73 โดรนตรวจจับสิ่งกีดขวางและทำการถอยหลังเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง



รูปที่ 6.74 กล้อง 3 มิติ สำหรับตรวจสอบสิ่งกีดขวาง

6.4.8.3 ผลการทดสอบ

จากการทดสอบ พบว่าโดรนสามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางที่อยู่ด้านหน้าได้โดยใช้กล้อง 3 มิติ และสามารถที่จะหลบหรือถอยหลังเพื่อรักษาระยะห่างระหว่างโดรนและสิ่งกีดขวางให้อยู่ในระยะที่กำหนดไว้ได้

6.4.8.4 สรุปผลการทดสอบ

จากกล้อง 3 มิติที่ใช้ พบว่าสามารถตรวจจับสิ่งกีดขวางได้ในระยะ 5-10 เมตร ขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งกีดขวาง เช่น ในกรณีที่สิ่งกีดขวางมีขนาดใหญ่ เช่น ตึก โดรนจะสามารถตรวจจับได้ที่ระยะไกลขึ้น ในขณะที่สิ่งกีดขวางมีขนาดเล็กลง ระยะทางในการตรวจจับจะมีระยะทางสั้นลง

แต่ในการบินของโดรนในภารกิจจริง พบว่าโดรจบินด้วยความเร็วอย่างน้อย 10 เมตร/วินาที จึงจำเป็นต้องใช้ระยะในการหยุดมากกว่า 10 เมตร ถึงจะทำการหยุดโดรนได้ ซึ่งเซนเซอร์หรือกล้องที่ทางคณะวิจัยใช้ มีคุณสมบัติการตรวจจับสิ่งกีดขวางได้เพียง 10 เมตร จึงสรุปได้ว่า โมดูลการหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ไม่เหมาะสมที่ใช้ในการบินภารกิจ ซึ่งทางคณะวิจัยได้วางแผนให้โดรนทำการบินที่ระดับการบินประมาณ 80 เมตร ซึ่งมีความสูงมากกว่าอาคารโดยทั่วไป

ในอนาคตกรณีที่ต้องการพัฒนาต่อยอดงานวิจัยชิ้นนี้ จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนเซนเซอร์หรืออุปกรณ์ตรวจจับสิ่งกีดขวางที่มีระยะการตรวจจับที่ไกลมากขึ้น จึงจะเหมาะสมที่จะใช้ในการบินภารกิจจริง

6.4.9 ผลการทดสอบบนหลบสิ่งกีดขวางในแนวระดับในสถานที่จริง

6.4.9.1 วัตถุประสงค์การทดลอง

1) เพื่อทดสอบการหลบหลีกสิ่งกีดขวางในด้านหน้าของตัวโดรน

2) เพื่อจำลองการปฏิบัติงานจริงเมื่อในระหว่างการปฏิบัติงานมีสิ่งกีดขวางในเส้นทางการบินของโดรน

6.4.9.2 ขั้นตอนการทดสอบ

รูปที่ 6.75 การทดลองหลบหลีกสิ่งกีดขวางในแนวระดับ

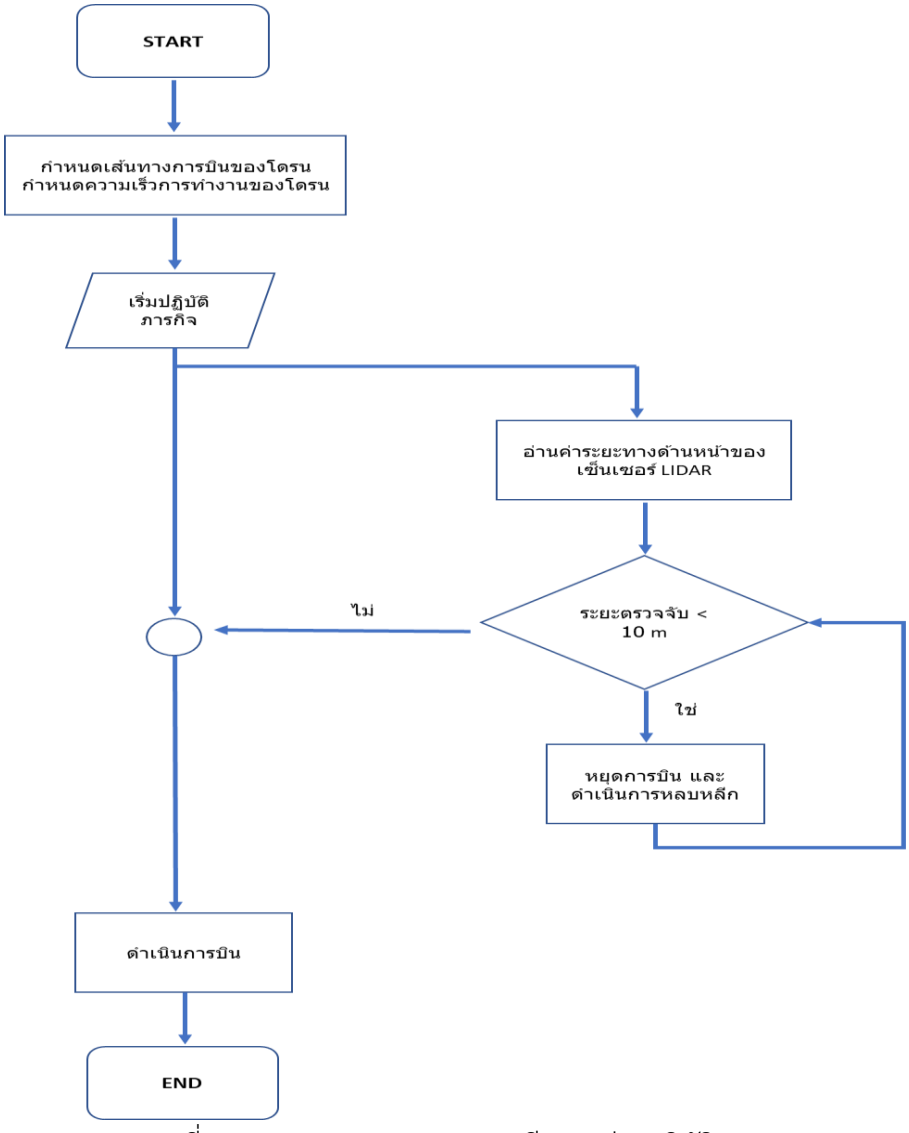
1) ติดตั้งโดรนในจุด A ตามรูป โดยวางโดรนห่างจากตัวตึกเป็นระยะอย่างน้อย 55 เมตร

2) เริ่มสั่งโดรนบินไปยังเป้าหมายจุด B ตามรูปที่ 6.75 โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง

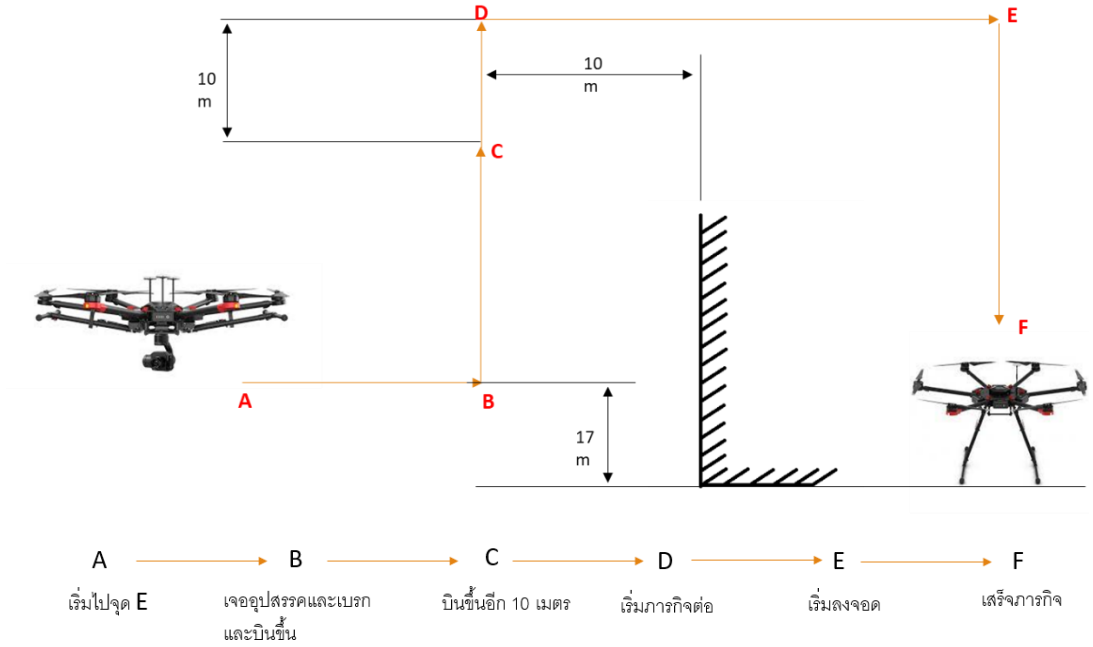
- กำหนดความเร็วในการบินของโดรนเท่ากับ 1 เมตร/วินาที และความสูงในการบินเท่ากับ 17 เมตร
- กำหนดความเร็วในการบินของโดรนเท่ากับ 2 เมตร/วินาที และความสูงในการบินเท่ากับ 17 เมตร

3) บันทึกผลการบินของโดรนโดยแบ่งออกเป็นหัวข้อการบันทึกผลดังนี้

- ความเร็วในการเคลื่อนที่ใต่ระดับความสูงของโดรน
- ความเร็วในการเคลื่อนที่ในแนวระนาบพื้นของโดรน
- ระยะห่างระหว่างโดรนกับตึกจากเซ็นเซอร์ที่วัดได้ของโดรน



รูปที่ 6.76 Flowchart การหลบหลีกระหว่างปฏิบัติงาน

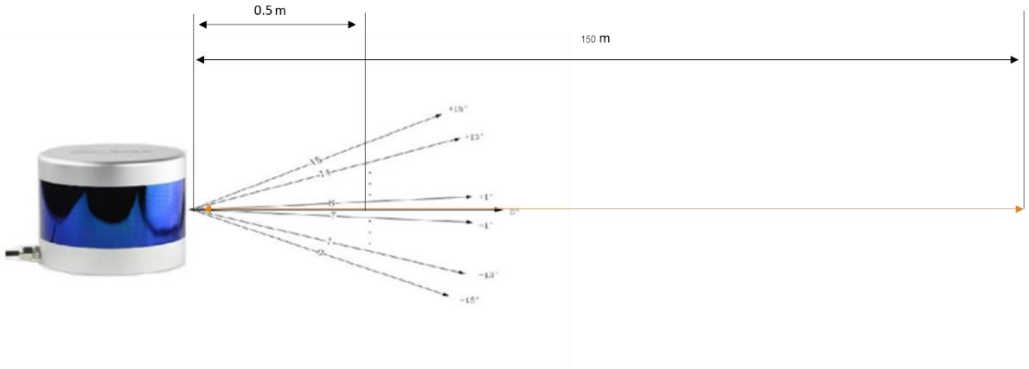


รูปที่ 6.77ขั้นตอนการหลบหลีก

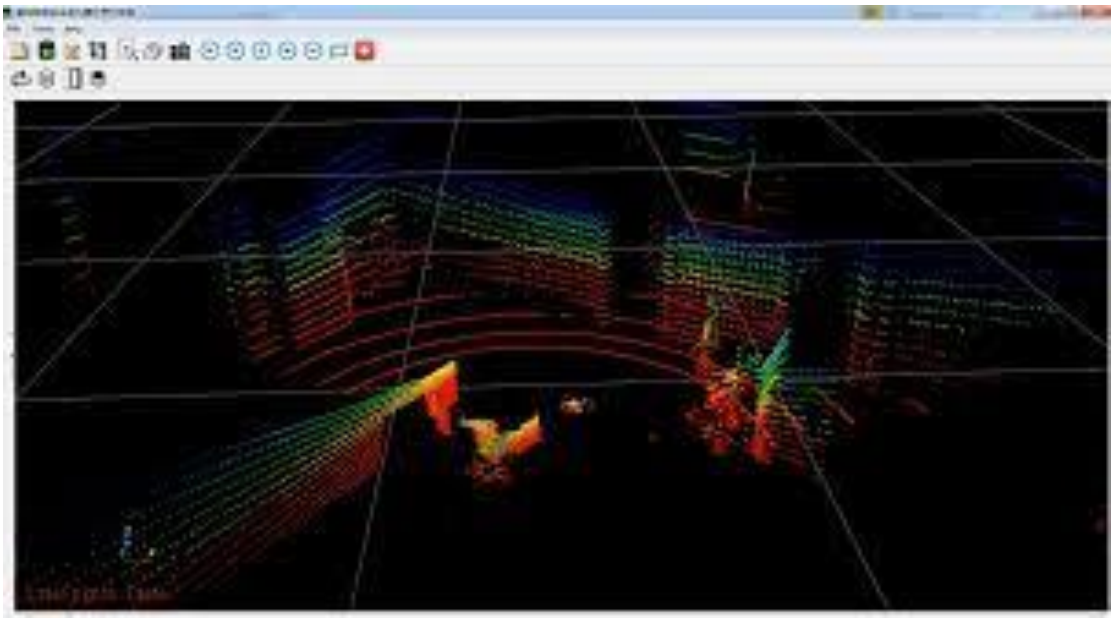
6.4.9.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบสิ่งกีดขวาง ใช้ Lidar 3 มิติ รุ่น LS-Lidar C-151B ซึ่งมีคุณสมบัติหลักดังนี้

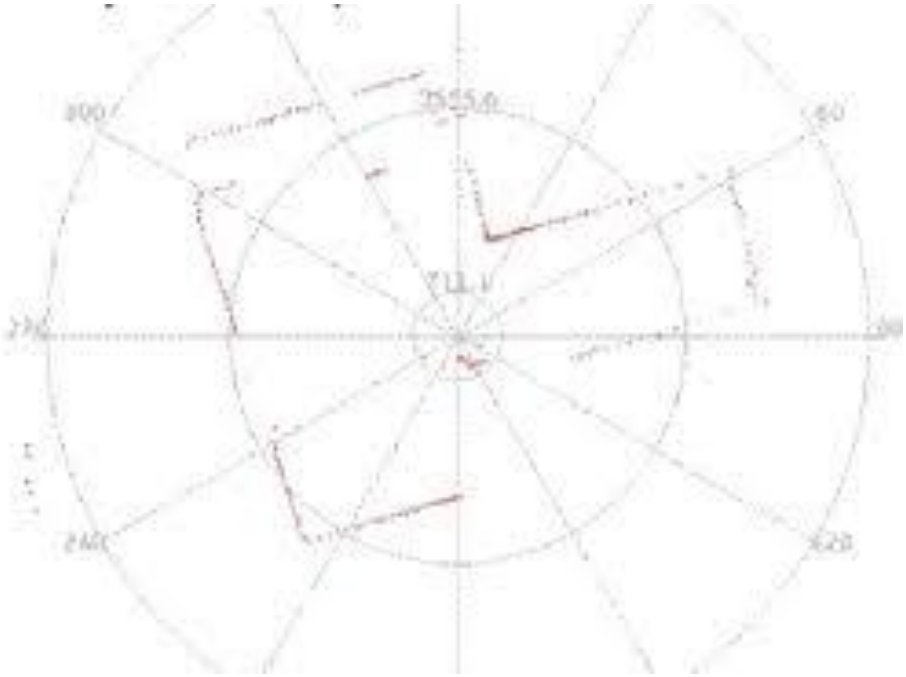
1) ระยะสูงสุดในการตรวจจับ 150 เมตร
2) ระยะต่ำสุดในการตรวจจับ 0.5 เมตร
3) ชั้นในการตรวจจับทั้งหมด 16 ชั้น แต่ละชั้นห่างกัน 15 องศา
4) ความถี่ในการอ่านข้อมูล 20 Hz



รูปที่ 6.78 LS-Lidar C-151B



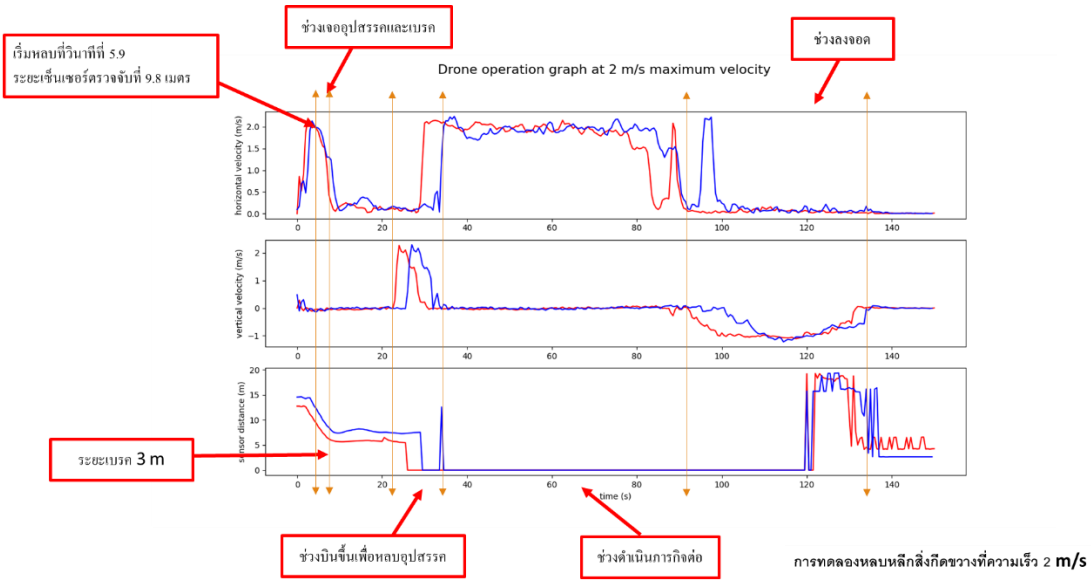
รูปที่ 6.79 ค่าตรวจจับแบบ Point Cloud 16 channels



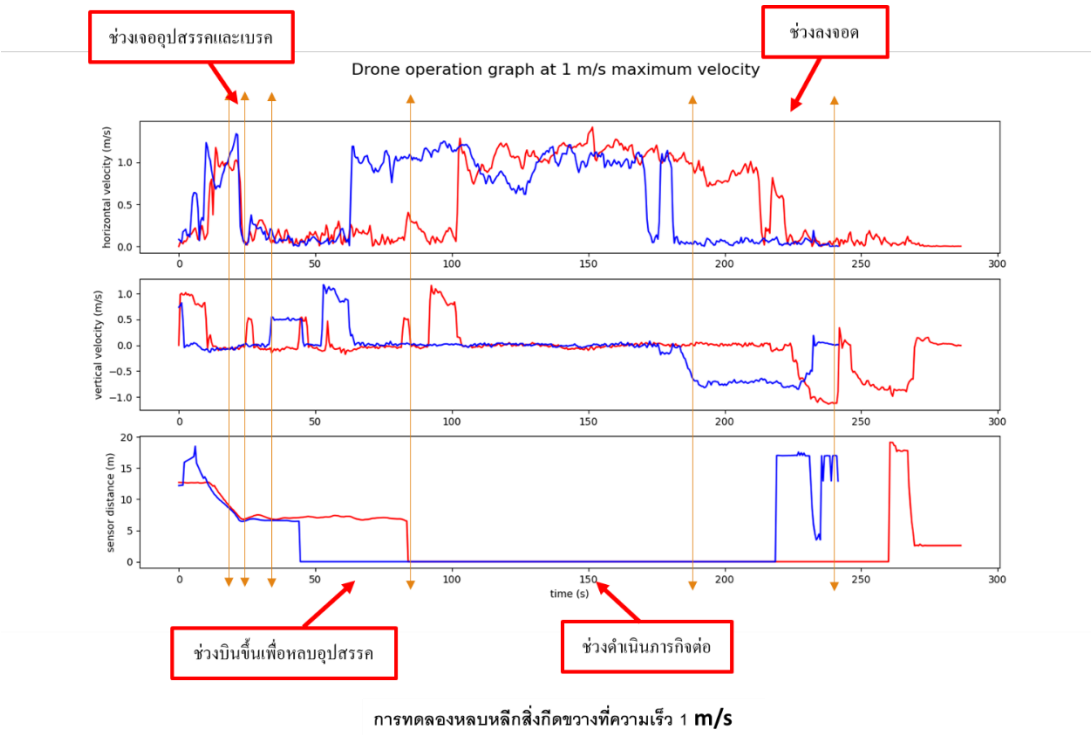
รูปที่ 6.80 การตรวจจับรอบตัว 360 องศา

6.4.9.4 ผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบที่ความเร็ว 2 เมตร/วินาที และ 1 เมตร/วินาที พบว่าค่าที่ได้จาก Sensors สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องตามขั้นตอนการทำงานที่ได้กำหนดไว้ ดังรูป



รูปที่ 6.81 การทดลองหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่ความเร็ว 2 เมตร/วินาที



รูปที่ 6.82 การทดลองหลบหลีกสิ่งกีดขวางที่ความเร็ว 1 เมตร/วินาที

รูปที่ 6.83 ผลการบินหลบหลีกสิ่งกีดขวาง

จากผลการทดสอบการบินสามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

1) โดรนสามารถตรวจจับและหลบหลีกสิ่งกีดขวางด้านหน้าที่มีความสูงอย่างน้อย 20 เมตร ได้ โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่สูงสุด 2 เมตร/วินาที และอัตราเร่งและอัตราหน่วง 2.5 เมตร/วินาที^{2}

2) โดรนมีระยะหยุดก่อนเข้าถึงอุปสรรคเท่ากับ 3 เมตร

3) โดรนเริ่มหลบอุปสรรคที่ระยะ 10 เมตร

6.4.9.5 สรุปผลการทดสอบ

การทดลองโดรนจำกัดความเร็วการบินมากที่สุดคือ 2 เมตร/วินาที และระยะเริ่มหลบหลีกคือ 10 เมตร แต่จากขีดจำกัดของอุปกรณ์เซ็นเซอร์และตัวโดรนเอง สามารถทำงานได้ที่ความเร็วสูงสุด 13 เมตร/วินาที และระยะเริ่มหลบหลีกที่ 33.8 เมตร จึงมีความเป็นไปได้ที่โดรนจะสามารถทำงานที่ได้ที่ความเร็วดังกล่าว

6.5 สรุปผลการทดลอง

1. โดรนสามารถปฏิบัติงานได้ในระยะ 1 กิโลเมตร ภายใน 5 นาที เพื่อขนส่งอุปกรณ์เครื่องกระตุ้นหัวใจ (AED) โดยแบ่งช่วงเวลาการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ช่วงคือ

1.1. ช่วงการปฏิบัติงานของศูนย์รับแจ้งเหตุ ใช้เวลาเฉลี่ย 30 วินาที

1.2. ช่วงการปฏิบัติงานของโดรน ใช้เวลาเฉลี่ย 3 นาที 30 วินาที

1.3. ช่วงการปฏิบัติงานของผู้แจ้งเหตุ 1 นาที

2. โดรนสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องที่ความสูง 80 เมตร ได้ไกลที่สุด 4.5 กิโลเมตร โดยจะใช้พลังงานแบตเตอรี่ทั้งสิ้น 52% ของแบตเตอรี่ทั้งหมด หลังจากนั้นควรหยุดพักการบินเพื่อนำไปชาร์จ

3. โดรนสามารถบินต้านลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่แรงลมต่ำกว่า 7 เมตร/วินาที

4. โดรนสามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางได้ที่ระยะ 5-10 เมตร แต่ในภารกิจจริง ไม่สามารถทำการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ เนื่องจากโดรนบินด้วยความเร็วมากกว่า 10 เมตร/วินาที จำเป็นต้องใช้ระยะหยุดมากกว่า 10 เมตร ซึ่งเกินระยะทำการของอุปกรณ์ตรวจสอบสิ่งกีดขวาง ในอนาคตจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ตรวจสอบสิ่งกีดขวางใหม่ ที่มีระยะตรวจสอบที่ไกลมากกว่า 20-30 เมตรจึงเหมาะสมที่ใช้ในภารกิจจริง

5. การทดสอบในเมืองหรือชุมชน ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกฎหมายการบิน ที่ได้ถูกกำหนดภายหลังจากที่ทางคณะวิจัยได้ทำการเสนอโครงการ มีความเข้มงวดในการบินโดรนในพื้นที่ที่เป็น

ชุมชน จึงเป็นอุปสรรคในการทำการทดสอบ เนื่องจากการทำการขออนุญาตการบินทำได้ล่าช้า และด้วยระยะเวลาในการส่งมอบงาน ทำให้ทางคณะวิจัยไม่สามารถดำเนินการทดสอบในชุมชนได้

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

ภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน (Sudden Cardiac Arrest: SCA) ถือว่าเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยถึงแก่ชีวิตได้ หากไม่ได้รับการช่วยเหลือที่รวดเร็วพอ จากข้อมูลของ Sudden Cardiac Arrest Foundation พบว่ามากกว่า 50% ของการเสียชีวิตมีสาเหตุมาจาก SCA โดยปกติหากผู้ที่เป็น SCA อยู่ภายใต้การดูแลของแพทย์และพยาบาล การช่วยเหลือสามารถกระทำได้ง่ายและทันท่วงที่ อย่างไรก็ตาม มีหลายครั้งที่ผู้ป่วยอยู่ในพื้นที่นอกเหนือจากสถานพยาบาล (ในพื้นที่สาธารณะ เช่น บนท้องถนน อาคารสำนักงาน ห้างและร้านค้าต่างๆ) อาจนำไปสู่การเสียชีวิตได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะแวดล้อมของเมืองใหญ่ (กรุงเทพมหานครและปริมณฑล) ซึ่งไม่เอื้อต่อการเข้าถึงของการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน (Emergency Medical Service : EMS) เนื่องจากมีการจราจรหนาแน่นและติดขัด

จากการที่ทางสถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม (ฟีโบ้) ได้ทำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแบบบูรณาการ โดยการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ Application บน Smartphone เพื่อแจ้งเหตุผ่านเครือข่าย 3G/4G เข้าไปที่ระบบ Web Application ที่ศูนย์ Call Center ซึ่งอำนวยความสะดวกในการสื่อสาร ระหว่างการติดต่อกับผู้เชียวชาญ (แพทย์และพยาบาล) กับผู้ช่วยเหลือที่อยู่นอกสถานพยาบาล ทำให้การแจ้งเหตุสามารถลดเวลาลดได้

หลังจากระบบ Web Application ได้รับข้อมูลการแจ้งเหตุแล้ว ระบบจะทำการส่งข้อมูลไปที่สถานที่ควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Station) เพื่อทำการควบคุมอากาศยานไร้นักบิน หรือ Drone : ซึ่งใช้เป็นพาหนะในการขนส่งเครื่องกระตุกหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (AED) ไปที่จุดแจ้งเหตุ เพื่อปฐมพยาบาลเบื้องต้นให้กับผู้ป่วย

จากผลการวิจัยและการทดสอบ พบว่าระบบอากาศยานควบคุมระยะไกลเพื่องานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน (สำหรับผู้มีภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลัน) มีการทำงานที่รวดเร็ว สามารถส่งอุปกรณ์ช่วยชีวิต เครื่องกระตุ้นหัวใจไฟฟ้าชนิดอัตโนมัติ (AED) ได้รวดเร็ว มีความเหมาะสมในการใช้งานในสถานที่ที่รถพยาบาลเข้าถึงยาก เช่น การจารจรที่ติดขัด ถนนแคบ ทำให้รถพยาบาลไม่สามารถทำความเร็วได้ ซึ่งระบบดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในกรณีดังกล่าวได้ เพื่อลดอัตราการเสียชีวิตจากภาวะหัวใจหยุดเต้นเฉียบพลันของผู้ป่วยได้

สรุปผลการทดสอบของโดรนได้ดังนี้

1) โดรนสามารถปฏิบัติงานได้ในระยะ 1 กิโลเมตร ภายใน 5 นาที เพื่อขนส่งอุปกรณ์เครื่องกระตุ้นหัวใจ (AED) โดยแบ่งช่วงเวลาการปฏิบัติงานออกเป็น 3 ช่วงคือ
   - ช่วงการปฏิบัติงานของศูนย์รับแจ้งเหตุ ใช้เวลาเฉลี่ย 30 วินาที

- ช่วงการปฏิบัติงานของโดรน ใช้เวลาเฉลี่ย 3 นาที 30 วินาที
- ช่วงการปฏิบัติงานของผู้แจ้งเหตุ 1 นาที

2) โดรนสามารถทำงานอย่างต่อเนื่องที่ความสูง 80 เมตร ได้ไกลที่สุด 4.5 กิโลเมตร โดยจะใช้พลังงานแบตเตอรี่ทั้งสิ้น 52% ของแบตเตอรี่ทั้งหมด หลังจากนั้นควรหยุดพักการบินเพื่อนำไปชาร์จ
3) โดรนสามารถบินต้านลมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ที่แรงลมต่ำกว่า 7 เมตร/วินาที
4) โดรนสามารถตรวจสอบสิ่งกีดขวางได้ที่ระยะ 5-10 เมตร แต่ในภารกิจจริง ไม่สามารถทำการหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ เนื่องจากโดรนบินด้วยความเร็วมากกว่า 10 เมตร/วินาที จำเป็นต้องใช้ระยะหยุดมากกว่า 10 เมตร ซึ่งเกินระยะทำการของอุปกรณ์ตรวจสอบสิ่งกีดขวาง ในอนาคตจำเป็นต้องทำการเปลี่ยนอุปกรณ์ตรวจสอบสิ่งกีดขวางใหม่ ที่มีระยะตรวจสอบที่ไกลมากกว่า 20-30 เมตรจึงเหมาะสมที่ใช้ในภารกิจจริง
5) การทดสอบในเมืองหรือชุมชน ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกฎหมายการบิน ที่ได้ถูกกำหนดภายหลังจากที่ทางคณะวิจัยได้ทำการเสนอโครงการ มีความเข้มงวดในการบินโดรนในพื้นที่ที่เป็นชุมชน จึงเป็นอุปสรรคในการทำการทดสอบ เนื่องจากการทำการขออนุญาตการบินทำได้ล่าช้า และด้วยระยะเวลาในการส่งมอบงาน ทำให้ทางคณะวิจัยไม่สามารถดำเนินการทดสอบในชุมชนได้

7.2 สรุปปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการดำเนินโครงการ

1) การทดสอบในเมืองหรือชุมชน ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากกฎหมายการบิน ที่ได้ถูกกำหนดภายหลังจากที่ทางคณะวิจัยได้ทำการเสนอโครงการ มีความเข้มงวดในการบินโดรนในพื้นที่ที่เป็นชุมชน จึงเป็นอุปสรรคในการทำการทดสอบ เนื่องจากการทำการขออนุญาตการบินทำได้ล่าช้า และด้วยระยะเวลาในการส่งมอบงาน ทำให้ทางคณะวิจัยไม่สามารถดำเนินการทดสอบในชุมชนได้

2) ความล่าช้าในขั้นตอนการขอขึ้นทะเบียนผู้บังคับอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ทำให้ทางคณะวิจัยล่าช้าในการวิจัย เนื่องจากไม่สามารถทำการบินได้เพราะอากาศยานไม่ได้ขึ้นทะเบียน ทำให้การทดสอบการบินเพื่อทำการวิจัยมีความล่าช้า

3) บอร์ดคอมพิวเตอร์ Manifold เสียระหว่างการทดสอบ จำเป็นต้องทำการส่งซ่อมต่างประเทศ ทำให้ทางคณะวิจัยต้องสูญเสียเวลาในการหาอุปกรณ์ทดแทนและพัฒนาซอฟต์แวร์ขึ้นมาใหม่

4) ปัญหาการสื่อสารในระยะทางไกล เนื่องด้วยสถานที่ทดสอบมีอาคารสูงและไกลทำให้ประสิทธิภาพการสื่อสารไม่เป็นไปตามที่ออกแบบไว้เท่าที่ควร

5) ข้อจำกัดทางด้านกฎหมายเกี่ยวกับอากาศยานที่ไม่มีนักบิน หรือ Unmanned Aerial Vehecle (UAV) ที่ทางสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย หรือ CAAT (The Civil Aviation Authority of Thailand) ได้ประกาศเรื่อง หลักเกณฑ์การอนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ทำให้การขออนุญาติบินเพื่อทำการทดสอบในเขตชุมชนไม่สามารถทำได้ต้องได้รับการอนุญาติก่อน ส่งผลให้การทดสอบของคณะวิจัยไม่สามารถทำการทดสอบในเขตชุมชนได้ ทางคณะวิจัย จึงได้ทำการทดสอบบินในพื้นที่มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียนแทน

6) จากการประชุมร่วมกับคณะบุคลากรในหน่วยฉุกเฉินของโรงพยาบาลนครปฐม เพื่อกำหนดเส้นทางการบิน พบอุปสรรคเรื่องข้อจำกัดทางกฎหมายการบิน และการขออนุญาตจากผู้ว่าราชการจังหวัด ทำให้ไม่สามารถทำการทดสอบการบินในสถานที่จริงได้

ประวัตินักวิจัย

กองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ

(สำนักงาน กสทช.)