

การประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูง

**HIGH ALTITUDE OBSERVATION IMAGE PROCESSING**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2562

## การประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูง

นายกาญจน์	นพวิง	59010099
นายเจษฎา	อิงไพบุลย์	59010237
นายอวิษฐ์	สุขโสภา	59011531
อาจารย์วัชร	ฉัตรวิริยะ	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2562

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างระบบตรวจจับสิ่งผิดปกติที่เข้ามาในบริเวณพื้นที่เฝ้าระวังโดยใช้บอลูนถ่ายภาพจากมุมสูง มีการทำงานโดยใช้บอลูนเพื่อเก็บภาพ เลือกบริเวณที่ต้องการสังเกตการณ์แล้วทำการตรวจสอบสิ่งผิดปกติจากภาพที่ได้ เมื่อมีสิ่งผิดปกติเข้ามาในพื้นที่เช่นคน หรือรถเข้ามาในเขตพื้นที่ระบบจะทำการตรวจจับ โดยวิธีการตรวจจับสิ่งเคลื่อนไหวด้วยภาพจากกล้องที่ไม่อยู่กับที่รวมเข้ากับการติดตามพื้นที่ที่เลือกไว้ แสดงผลการตรวจจับ และทำการบันทึกภาพเก็บไว้เพื่อตรวจสอบในภายหลัง รวมทั้งการรายงานข้อมูลอื่นๆของบอลูนทั้ง Gps ความสูง และแบตเตอรี่ให้ผู้ใช้งานทราบ ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งภาพ ตรวจจับสิ่งผิดปกติได้ในความสูงไม่ต่ำกว่า 50 เมตรและรายงานสถานะของบอลูนได้ สามารถแก้ไขการสั่นและหมุนของกล้องได้ในเบื้องต้น

# HIGH ALTITUDE OBSERVATION IMAGE PROCESSING

Mr. Karn      Noppawing      59010099

Mr. Jadsada      Ungpaibul      59010237

Mr. Awit      Suksopa      59011531

Dr. Watchara      Chatwiriya      Advisor

Academic Year 2019

## ABSTRACT

The purpose of HIGH ALTITUDE OBSERVATION IMAGE PROCESSING is to surveillance and detect an anomaly event in a wide area with a video streaming from a high altitude balloon and display it to the user in real time

HIGH ALTITUDE OBSERVATION IMAGE PROCESSING is working in 3 parts; Image processing to detect anomalies, ground station to communicate with a Microcomputer on balloon, and the part on a balloon which used to carry the camera. The surveillance area is chosen by the user at the ground station where the software will track the area chosen and detect any movement at the boundary of the area. All whilst receiving real time live streaming from the camera, GPS data, and battery left from the microcontroller on the balloon.. The detected movement at the boundary of the area will be saved and can be shown to the user. The system can transmit live stream and detect the anomaly in the area from 50 meters and higher and report the status of the balloon.

# สารบัญ

	หน้า
การประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูง .....	I
HIGH ALTITUDE OBSERVATION IMAGE PROCESSING .....	II
สารบัญ .....	III
สารบัญตาราง .....	V
สารบัญรูป .....	VI
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์โครงการ .....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	1
1.4 ขอบเขตของโครงการ .....	2
บทที่ 2 วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	3
2.1 รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph) .....	3
2.2 บอลลูนสำหรับถ่ายภาพ .....	4
2.3 การประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing) .....	8
2.4 Outdoor Access Point CPE210 .....	19
2.5 UranusLink Protocol .....	19

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบระบบและพัฒนาระบบ .....	20
3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ .....	21
3.2 การออกแบบระบบ.....	25
3.3 การพัฒนาส่วนการทำงานของกล้องและการหมุนของกิมบอล.....	27
3.4 การพัฒนาส่วนการติดต่อสื่อสารข้อมูล.....	31
3.5 การพัฒนาการประมวลผลภาพ (Image processing) .....	34
บทที่ 4 การพัฒนาและการทดสอบระบบ .....	41
4.1 การทดสอบบอลดูน.....	41
4.2 การทดสอบระบบ.....	44
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ .....	52
5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน.....	52
5.2 ปัญหาที่พบและการแก้ไข.....	52
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	53
บรรณานุกรม.....	54

# สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 Use case แสดงภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลูน.....	23
3.2 Use case เลือกบริเวณตรวจจับสิ่งผิดปกติ.....	23
3.3 Use case บันทึกภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลูน .....	24
3.4 Use case การแสดงภาพเคลื่อนไหวซึ่งผ่านการประมวลผลแล้ว.....	24
3.5 Use case การแสดงสถานะของบอลูน.....	25
3.6 ตารางคำในอ่านได้จาก NMEA protocol .....	29
3.7 ข้อความส่งสถานะระหว่างส่วนบอลูนและภาคพื้นดิน .....	32
3.8 ข้อความคำสั่งหมุนกิมบอล.....	33
4.1 ตารางน้ำหนักรหัสที่ขุดได้ของบอลูนเมื่อเวลาผ่านไป .....	44
4.2 การทำ ground truth .....	51

# สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศ.....	3
2.2 ภาพตัวอย่างบอลูน .....	5
2.3 หลักการทำงานของ Helikites.....	6
2.4 รูปตัวอย่างของ Helikites .....	7
2.5 ภาพถ่ายสีก่อนนำไปแปลงเป็นโทนสีเทา .....	8
2.6 ภาพถ่ายหลังจากแปลงเป็นโทนสีเทา .....	9
2.7 Background Subtraction.....	9
2.8 ภาพก่อนและหลังการทำ Foreground detection.....	10
2.9 การทำงานของ Morphological Dilation.....	11
2.10 การทำงานของ Morphological Erosion.....	11
2.11 ภาพก่อนและหลังการทำ Morphological Open.....	12
2.12 การสร้าง Background Model ของ Dual-Mode SGM .....	12
2.13 2 เฟรมที่เลือกมา.....	13
2.14 จุดที่ได้จากการใช้อัลกอริทึม FAST .....	13
2.15 จุดจะนำมาใช้ของทั้งสองเฟรมจากการใช้ FREAK.....	14
2.16 ภาพที่ได้หลังจากการทำ Geometric transform.....	14
2.17 การเปรียบเทียบระหว่าง 4-connectivity และ 8-connectivity .....	15
2.18 การทำงานของ Stitcher class ใน OpenCV .....	18
2.19 TP-LINK CPE210.....	19
3.1 ภาพรวมของโครงการ .....	20
3.2 แผนภาพ Use case ของระบบ.....	22
3.3 Block diagram ของระบบ.....	28
3.4 รูปแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ .....	28

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
3.5 ตัวอย่างสัญญาณ PPM.....	30
3.6 แผนภาพการเชื่อมต่อของระบบส่วนบอลลูน .....	30
3.7 อุปกรณ์ส่งข้อมูลที่ติดตั้งบนบอลลูน .....	31
3.8 แผนภาพการส่งรูปจากบอลลูนให้กับภาคพื้นดิน .....	31
3.9 ตัวอย่างการทำงานของการทำงาน stabilization (ซ้าย-ก่อน ขวา-หลังทำ).....	34
3.10 ผลงานการแสดงผลการทำงานของ Motion-Based Multiple Object tracking .....	35
3.11 ผลงานการแสดงผลการทำงานของ Motion-Based Multiple Object tracking + stabilization .....	36
3.12 ผลงานการแสดงผลการทำงานของ Area based Motion-Based Multiple Object tracking with stabilization.....	37
3.13 ตัวอย่างการทำงานของการทำงานการเลือกพื้นที่และตรวจจับสิ่งผิดปกติ 1.....	38
3.14 ตัวอย่างการทำงานของการทำงานการเลือกพื้นที่และตรวจจับสิ่งผิดปกติ 2.....	38
3.15 ตัวอย่างการทำงานของการทำงานการเลือกพื้นที่และตรวจจับสิ่งผิดปกติ 3.....	39
3.16 ตัวอย่างภาพที่เก็บเมื่อพบสิ่งผิดปกติ 1.....	39
3.17 ตัวอย่างภาพที่เก็บเมื่อพบสิ่งผิดปกติ 2.....	40
4.1 ปล่องบอลลูนความสูง 100 เมตร .....	41
4.2 ชั้นส่วนประกอบของบอลลูนส่วน โครงว่าว.....	45
4.3 วิธีการต่อส่วนประกอบของบอลลูนส่วน โครงว่าว.....	45
4.4 ภาพการต่อโครงว่าว (1) .....	46
4.5 ภาพการต่อโครงว่าว (2) .....	46
4.6 ภาพหลังเติมแก๊สเข้าบอลลูน .....	47
4.7 การต่ออุปกรณ์บนบอลลูน.....	48
4.8 รูปการปล่องบอลลูนและกรวยด้กลม .....	48
4.9 การวัดความเร็วลมด้วย Anemometer .....	49

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
4.10 ตัวอย่างภาพที่จับได้.....	50
4.11 บันทึกการจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในเขตเฟียร์วัง .....	50



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบันนี้การใช้งานวิจัยที่ใช้โดรนเพื่อเก็บภาพถ่ายระยะไกลเริ่มมีการใช้งานมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้โดรนถูกนำมาใช้ในงานต่างๆมากมาย เช่น การสำรวจทางภูมิศาสตร์, การจัดทำแผนที่ 3 มิติ, การทำภาพถ่ายทางอากาศ หรือ การสำรวจกู้ภัย เพราะสามารถใช้งานง่าย แต่โดรนซึ่งใช้งานทั่วไปมีข้อจำกัดทางอายุแบตเตอรี่ทำให้ไม่สามารถทำงานได้ในระยะเวลาอันยาวนาน และไม่เหมาะกับการแบกน้ำหนัก การทำโครงการนี้มีจุดมุ่งหมายในการใช้บอลูนมาแทนการโดรน เพราะบอลูนสามารถทำงานได้นานมากกว่าโดรนและสามารถยกน้ำหนักของแบตเตอรี่ที่จ่ายพลังงานให้กับอุปกรณ์ที่ใช้ ทำให้เราสามารถเก็บภาพถ่ายระยะไกล ,ทำการประมวลผลภาพ รวมถึงการควบคุมกล้อง ให้สามารถทำงานได้คล้ายคลึงกับโดรน แต่สามารถทำงานได้นานกว่ากัน เพื่อที่จะทำให้เหมาะกับงานที่ใช้เวลานานๆเช่น การตรวจสอบสิ่งผิดปกติ หรือ การเก็บภาพอย่างต่อเนื่อง เป็นต้น

นอกจากนี้การตรวจสอบสิ่งผิดปกติภายในพื้นที่จากภาพมุมสูงจะมีข้อได้เปรียบมากกว่าการตรวจจับสิ่งผิดปกติจากภาพวงจรปิดที่ระดับพื้นทั่วไป เพราะว่าภาพจากมุมสูงจะสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่า และสามารถแจ้งเตือนเกี่ยวกับสิ่งผิดปกติที่อยู่ในพื้นที่ได้มากกว่ากล้องวงจรปิดทั่วไป

จากความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาข้างต้น ทำให้กลุ่มนักศึกษาเห็นความสำคัญของการประยุกต์ใช้บอลูนถ่ายภาพระยะไกล เพื่อเป็นแนวทางการแก้ปัญหาของการใช้โดรน และส่งเสริมการประยุกต์ใช้บอลูนถ่ายภาพให้ดีขึ้นและผู้ที่ศึกษาในภายหลังสามารถพัฒนาต่อออกจากโครงการนี้

### 1.2 วัตถุประสงค์โครงการ

เพื่อการวิจัยและพัฒนาระบบตรวจการจากที่สูงโดยใช้บอลูน

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้ระบบตรวจการระยะสูงที่สามารถทำงานในระยะเวลาสั้นกว่าโดรน
- 2) ได้โปรแกรมตรวจจับสิ่งผิดปกติ ด้วยการประมวลผลภาพ
- 3) ทำให้ได้ซอฟต์แวร์สามารถตรวจสอบสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น
- 4) รูปแบบการสื่อสารระหว่างบอลูนและระบบภาคพื้นดิน

### 1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1) ระยะห่างระหว่างบอลูนและระบบภาคพื้นดินไม่ต่ำกว่า 50 เมตร
- 2) การสื่อสารระหว่างบอลูนและระบบภาคพื้นดินผ่านระบบไร้สาย (wireless)
- 3) สภาพอากาศปลอดโปร่ง แรงลมไม่เกิน 5 เมตรต่อวินาที
- 4) ส่งข้อมูลใกล้เคียงเรียลไทม์ ควบคุมรับและส่งข้อมูลไม่เกิน 3 วินาที
- 5) ทำการกับภาพคมชัดมากกว่า 840\*840 พิกเซล (pixel)

## บทที่ 2

# วรรณกรรมหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photograph)

รูปถ่ายทางอากาศ หมายถึง รูปถ่ายของภูมิประเทศที่ปรากฏบนพื้นผิวโลกที่ได้จากการถ่ายรูปทางอากาศด้วยวิธีนำกล้องถ่ายรูปทางอากาศติดไปกับอากาศยาน เช่น เครื่องบิน เครื่องบินที่ไม่มีคนขับ บอลลูน และให้อากาศยานบินในระดับความสูงไม่ต่ำกว่า 5,000 ฟุต โดยบินไปเหนือภูมิประเทศที่จะทำการถ่ายรูป และทำการถ่ายรูปตามตำแหน่งทิศทางและความสูงของการบินตามที่ได้วางแผนไว้ก่อนแล้ว เรียกรูปถ่ายที่ได้นี้ว่า รูปถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายทางอากาศ



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างภาพถ่ายทางอากาศ

(ที่มา: Suphamatprasoetnun)

รายละเอียดของภาพที่ได้จะเหมือนกับการมองจากที่สูงลงมาที่ต่ำเนื่องจากเป็นรูปที่ถ่ายลงมา จากที่สูง รูปถ่ายทางอากาศแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ

### 2.1.1 รูปถ่ายตั้ง

รูปถ่ายที่ใช้ประโยชน์มากที่สุด เพราะให้รายละเอียดที่ตรงความเป็นจริงมากที่สุด รูปถ่ายตั้งนี้แกนกล้องจะเอียงไม่เกิน +/- 3 องศา

### 2.1.2 รูปถ่ายเฉียงน้อย

รูปถ่ายที่เอียงเกิน +/- 3 องศา แต่ไม่เห็นเส้นขอบฟ้า

### 2.1.3 รูปถ่ายเฉียงมาก

รูปถ่ายที่ถ่ายเอียงมากและเห็นเส้นขอบฟ้า มีข้อดีคือ ครอบคลุมบริเวณได้กว้างกว่ารูปถ่ายตั้ง แต่ให้รายละเอียดที่ไม่ตรงตามความเป็นจริง

### 2.1.4 รูปถ่ายผสม

รูปถ่ายที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศหลายตัว ให้ทั้งรูปถ่ายตั้งและรูปถ่ายเฉียง การศึกษาข้อมูลจากรูปถ่ายทางอากาศสามารถทำได้ 2 วิธี คือ ศึกษาด้วยตาเปล่าและศึกษาด้วยกล้องสามมิติ เนื่องจากรูปถ่ายทางอากาศไม่มีคำอธิบายใดๆ ดังนั้นผู้ใช้ต้องมีความรู้เกี่ยวกับการแปลความหมายภาพในรูปถ่ายทางอากาศ และควรศึกษารูปถ่ายทางอากาศควบคู่กับการใช้แผนที่

## 2.2 บอลลูนสำหรับถ่ายภาพ

บอลลูนสำหรับถ่ายภาพ คือ บอลลูนที่มีการติดกล้องหรืออุปกรณ์ถ่ายภาพจากระยะไกลเพื่อให้สามารถถ่ายภาพจากมุมสูงได้ โดยบอลลูนนั้นอาศัยกลไกทางฟิสิกส์เรื่องการลอยตัวของก๊าซ

### 2.2.1 ส่วนประกอบและประเภทของบอลลูน

บอลลูนมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนคือ ตัวบอลลูนรูปทรงกลมหรือเรียกว่า “envelope” ทำจากผ้าไนลอนชนิด rip-stop nylon ที่ไม่ฉีกขาดง่าย ถักทอแบบร่างแห ทำให้มีน้ำหนักเบาและเหนียวทนทาน มีการเคลือบภายในด้วยพลาสติกเพื่อช่วยเก็บอากาศร้อน วัสดุที่ใช้ทำ envelope ของบอลลูนนี้จะแตกต่างจาก envelope รูปซิการ์บรรจุก๊าซฮีเลียมของเรือเหาะที่ทำจากวัสดุผสมโพลีเอสเตอร์ซึ่งเป็นวัสดุชนิดเดียวกับวัสดุที่ใช้ทำเสื้อของนักดับเพลิง บอลลูนมีส่วนเปิดบริเวณด้านล่างได้บอลลูนเรียกว่า “skirt” เป็นผ้าที่ทำจากไนลอนเช่นกัน และเคลือบด้วยเส้น

ใยอะรามิด ซึ่งทนต่ออุณหภูมิสูงและไม่ติดไฟ เช่น Nomex® เพื่อป้องกันเปลวไฟ จากหัวเผาเชื้อเพลิงที่เรียกว่า “burner” ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของบอลูน การบังคับวาล์วก๊าซนั้นเป็นแบบใช้มือเปิดปิด envelope ติดกับตะกร้าโดยสารด้วยสายเคเบิลเหล็กกล้า และมีการออกแบบโดยใช้ผ้าสีเส้นสดใสที่มีรูปแบบทรงเรขาคณิตเย็บติดกัน ถูกม้วนพับเก็บรักษาอย่างดีเพื่อกันเชื้อรา (Allsopp Helikites Ltd , 2555)



รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างบอลูน

ประเภทของบอลูนที่ศึกษามีอยู่ 2 ประเภท

#### 2.2.1.1 บอลูนอากาศร้อน

เป็นอากาศยานชนิดให้ความร้อนด้วยอุณหภูมิความร้อนใช้หลักการความดันอากาศในการประดิษฐ์อาศัยการเผาไหม้ของก๊าซเพื่อให้บอลูนลอยตัวขึ้นไปในอากาศ

#### 2.2.1.2 บอลูนบังคับ

เป็นประเภทหนึ่งของบอลูนที่สามารถควบคุมการทำงาน โดยใช้รีโมทควบคุม

### 2.2.2 บอลลูนว้าว (Helikites)

โดยบอลลูนว้าว(Helikites)นั้นคือการรวมกันระหว่างบอลลูนและว้าว โดยนำเอกลักษณ์ของทั้งสองอย่างไว้ซึ่งบอลลูนว้าวนั้นมีน้ำหนักเบาว่าบอลลูนทั่วไปแต่สามารถทนต่อแรงลมได้มากกว่าบอลลูนทั่วไป ทำให้มีประสิทธิภาพในการต้านลมได้มากกว่าบอลลูนทั่วไป ว้าวปกติได้รับแรงผลักดันจากลม แต่ลมมาถล่มเปลี่ยนหรือลดแรงมากเกินไปหรือแรงเกินไปสำหรับการปรับตัว Helikites สามารถบินไปยังที่สูงได้อย่างไม่มีลมและจากนั้นรับลมที่อาจมีอยู่ในที่สูง จากนั้นพวกเขาสามารถใช้สายลมนั้นในการบินสูงหลายพันฟุตได้อย่างง่ายดาย



รูปที่ 2.3 หลักการทำงานของบอลลูนว้าว

(ที่มา : Allsopp.co.uk)

บอลลูนที่ใช้โดยนั้นอ้วนและโค้งมนนี่เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยยกฮีเลียมให้ดี (ประมาณสองเท่าของเรือเหาะที่มีขนาดเท่ากัน) นอกจากนี้ยังรับประกันว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบต่อบอลลูนว้าวให้น้อยที่สุด ลูกโป่งที่มีรูปร่างคล้ายกับว่าจะขยุ้มเมื่อโดนลมเย็น เนื่องจากการหดตัวของก๊าซภายในและการสูญเสียแรงดันจึงจำเป็นต้องรักษารูปร่างไว้ นี่ไม่ใช่ปัญหากับบอลลูนว้าวดังนั้นมันจึงสามารถทำงานในสภาพแวดล้อมที่จำกัดได้ดีกว่า



รูปที่ 2.4 รูปตัวอย่างของ Helikites

### 2.2.3 การลอยตัวของบอลลูน

การลอยตัวของบอลลูน อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์ตามกฎของชาร์ลส์ คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ปริมาตรของแก๊สจะเพิ่มขึ้น โดยบอลลูนอากาศร้อนมีอุณหภูมิลอยอยู่ในบริเวณฐานบอลลูน ทำให้อากาศภายในบอลลูนร้อนขึ้น อากาศจึงขยายตัวมีปริมาตรมากขึ้น มวลต่อหน่วยปริมาตร หรือความหนาแน่นจึงลดลง ทำให้ความหนาแน่นของอากาศภายในบอลลูนต่ำกว่าความหนาแน่นของอากาศภายนอก เกิดแรงลอยตัว บอลลูนอากาศร้อนจึงลอยได้ บอลลูนในปัจจุบันให้ความร้อนแก่อากาศโดยการเผาไหม้แก๊สโพรเพนซึ่งจัดให้เป็นของเหลวบรรจุในถังที่มีน้ำหนักเบา และติดตั้งไว้ในตะกร้าของบอลลูน ถ้าทำให้อากาศภายในบอลลูนร้อนอยู่เสมอ บอลลูนก็จะลอยสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถ้าปล่อยให้อากาศภายในบอลลูนเย็นลง บอลลูนก็จะลงสู่พื้นดินได้ นอกจากนี้ด้านบนของบอลลูนยังมีวาล์วระบายอากาศ ซึ่งนักบินบอลลูนสามารถควบคุมปริมาณการปล่อยอากาศร้อนด้วยเชือกควบคุมวาล์วระบายอากาศ ทำให้อบอลลูนลอยต่ำลงได้ เราสามารถอธิบายการทำให้บอลลูนอากาศร้อนลอยได้โดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โมเลกุลของแก๊สจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้น เคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น ชั้นผนังบอลลูนได้บอบขึ้นและแรงขึ้น เป็นผลให้ความดันของแก๊สในบอลลูนสูงขึ้น ความดันอากาศภายในบอลลูนจึงมากกว่าความดันอากาศภายนอก แก๊สในบอลลูนจึงขยายตัวมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเพื่อให้ความดันภายในและภายนอกบอลลูนเท่ากัน ทำให้ความหนาแน่นอากาศภายในบอลลูนต่ำกว่าความหนาแน่นอากาศภายนอก และเกิดแรงลอยตัว

## 2.3 การประมวลผลด้วยภาพ (Image Processing)

การประมวลผลด้วยภาพเป็นการวิเคราะห์ภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อให้ได้ภาพที่สนใจ โดยในโครงการนี้จะนำมาใช้เพื่อตรวจจับสิ่งผิดปกติภายในภาพ

### 2.3.1 การสร้างภาพโทนสีเทา (Grayscale Image)

กระบวนการในการประมวลผลภาพที่ได้นำมาใช้งานในโครงการนี้โดยส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้ภาพที่มีโทนสีเทาในการประมวลผล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแปลงภาพถ่ายที่ได้ให้เป็นโทนสีเทาด้วยวิธี Weight method ซึ่งเป็นการแปลงค่า RGB ของภาพสีที่มีให้เป็นค่า Grayscale ด้วยการถ่วงน้ำหนักค่าสี โดยจะได้ผลลัพธ์ดังนี้



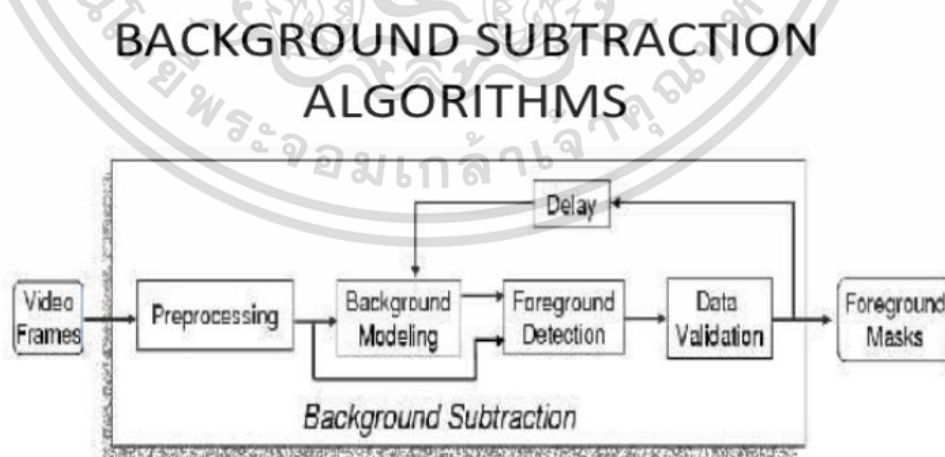
รูปที่ 2.5 ภาพถ่ายสีก่อนนำไปแปลงเป็นโทนสีเทา



รูปที่ 2.6 ภาพถ่ายหลังจากแปลงเป็นโทนสีเทา

### 2.3.2 การลบพื้นหลัง (Background Subtraction)

ในโครงการนี้ได้มีการใช้งานการลบพื้นหลังเพื่อการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่เข้ามาในพื้นที่เฟิร์สวาง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างภาพของเฟรมวิดีโอหนึ่งกับโมเดลพื้นหลังเพื่อตัดสินใจว่าแต่ละ พิกเซล นั้นเป็นวัตถุเบื้องหน้าหรือเป็นพื้นหลัง โดยเดลพื้นหลังจะได้อมาจากการคำนวณหาว่า พิกเซล ใดๆในภาพเป็นวัตถุหรือไม่

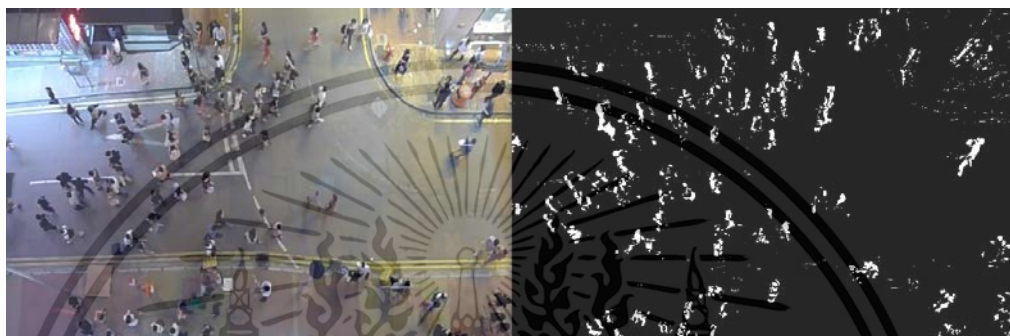


รูปที่ 2.7 Background Subtraction

(ที่มา: Raviraj singh shekhawat)

และหลังจากนั้นทำการคำนวณพื้นที่เบื้องต้น และจะสามารถตรวจจับวัตถุเบื้องต้นได้จากภาพที่ได้จากกล้องที่นิ่งด้วยการใช้การลบพื้นหลังออกและผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นภาพ Binary โดยจะกำหนดให้ส่วนพิกเซลที่ถูกระบุว่าเป็นวัตถุเบื้องต้นเป็นสีขาว

วิธีนี้เป็นการตรวจจับทุกสิ่งที่เคลื่อนไหวภาพในวิดีโอที่ได้ ดังนั้นตัววิดีโอที่ได้จำเป็นต้องถ่ายจากกล้องที่มีความนิ่ง หรือผ่านการทำให้นิ่งมาแล้วเท่านั้น

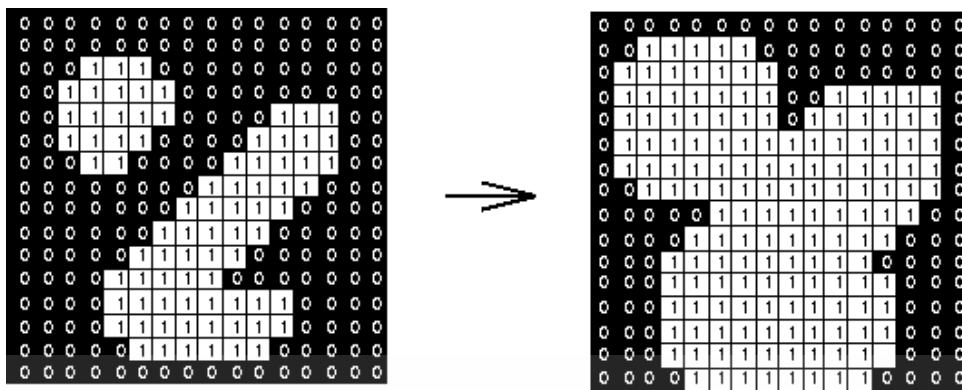


รูปที่ 2.8 ภาพก่อนและหลังการทำ Foreground detection

### 2.3.3 การเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของภาพ (Morphological reconstruction)

เป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงร่างของภาพเพื่อลบวัตถุขนาดเล็ก แบ่งวัตถุออกจากกัน และทำให้วัตถุชัดเจนขึ้น โดยในโครงงานนี้มีการเปลี่ยนโครงสร้างอยู่ 2 ลักษณะ ได้แก่ การขยาย(Dilation)และการกร่อนขนาด (Erosion)

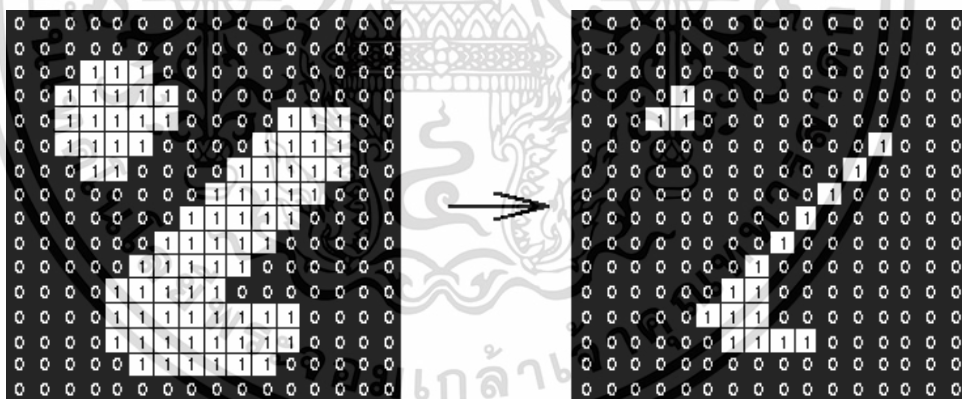
การขยาย(Dilation)เป็นการขยายวัตถุให้ใหญ่ขึ้นโดยการเพิ่มพิกเซลที่วัตถุในภาพในขณะที่การกร่อน(Erosion) เป็นการลบพิกเซลบนวัตถุในภาพ โดยจำนวนพิกเซลที่ถูกเพิ่มและลดจะขึ้นอยู่กับขนาดและรูปร่างของส่วนประกอบโครงสร้าง(Structuring Element) ที่ถูกนำมาใช้ในการประมวลผลภาพ การทำงานของการขยาย(Dilation) จะมีลักษณะการทำงานดังภาพต่อไป ซึ่งในภาพตัวอย่างจะกำหนดให้ส่วนประกอบโครงสร้างเป็น 3\*3



รูปที่ 2.9 การทำงานของ Morphological Dilation

(ที่มา: HYPERMEDIA IMAGE PROCESSING, 2004 Robert Fisher)

จากภาพ จะเห็นได้ว่าทุกพิกเซลสีขาวจากภาพทางซ้ายจะมีการขยายขนาดเป็น 3\*3 พิกเซล การทำงานของการกร่อน (Erosion) จะมีลักษณะการทำงานดังภาพต่อไป ซึ่งในภาพตัวอย่างจะกำหนดให้ส่วนประกอบโครงสร้างเป็น 3\*3

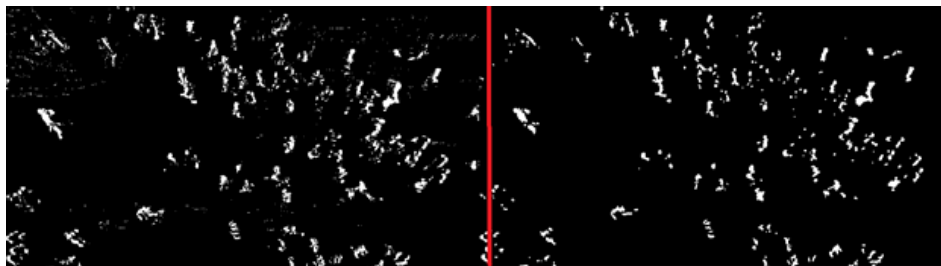


รูปที่ 2.10 การทำงานของ Morphological Erosion

(ที่มา: HYPERMEDIA IMAGE PROCESSING, 2004 Robert Fisher)

จากภาพ จะเห็นได้ว่าตัวพิกเซลที่เหลืออยู่จะเป็นพิกเซลที่ล้อมรอบไปด้วยพิกเซลสีขาว ในขนาด 3\*3 จากภาพทางซ้าย

ในโครงงานนี้มีการใช้งานกระบวนการ Morphological Opening ซึ่งเป็นการทำการกร่อน แล้วขยายภาพเพื่อลบจุดเล็กที่ไม่สนใจออกซึ่งได้ผลดังนี้

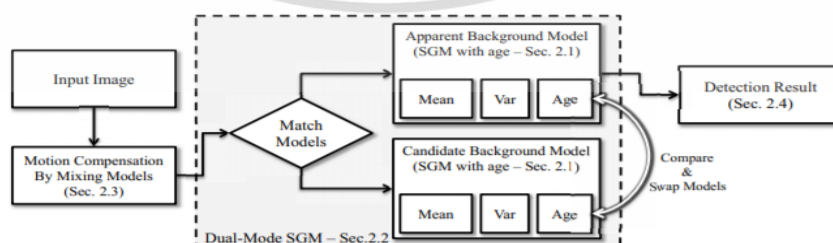


รูปที่ 2.11 ภาพก่อนและหลังการทำ Morphological Open

### 2.3.4 การตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวภายในภาพจากกล้องที่ไม่อยู่กับที่

ในการตรวจจับสิ่งผิดปกติภายในโครงการนี้ ผู้จัดทำได้เลือกใช้อัลกอริทึมในการตรวจจับในการทดลอง ได้แก่ MOG (Mixture of Gaussians), MOG2 (Mixture of Gaussians 2) และ Dual-mode SGM (Single Gaussian Model) ซึ่งวิธีแรกและวิธีที่สองนั้น มีการทำงานคล้ายกัน ซึ่งเป็นการใช้การผสมกันระหว่าง  $K$  Gaussian distribution model โดยค่า  $K$  เป็นระหว่าง 3 และ 5 ซึ่งมีหลักการคือให้นำหนักการกระจายตัวเทียบกับเวลาที่ พิกเซล ใด ๆ มีสีหนึ่งอยู่ โดยหากว่าการกระจายตัวน้ำหนักของพิกเซลนั้นน้อยจะถือว่าเป็น Foreground ซึ่งต่อมา MOG2 มีการพัฒนาจาก MOG คือการทำให้จำนวนของการกระจายของ Gaussian distribution ซึ่งทำให้สามารถรองรับสีที่ซับซ้อนได้มากขึ้น

Dual-mode SGM เป็นการทำงานด้วยการสร้าง SGM ขึ้นมา 2 โมเดลโดยให้ Learning Rate ไม่เท่ากันซึ่งทำให้สามารถสร้าง Background model ได้แม่นยำมากขึ้น



รูปที่ 2.12 การสร้าง Background Model ของ Dual-Mode SGM

(ที่มา: Detection of Moving Objects with Non-Stationary Cameras in 5.8ms)

### 2.3.5 การลดการสั่นของภาพ (Stabilization)

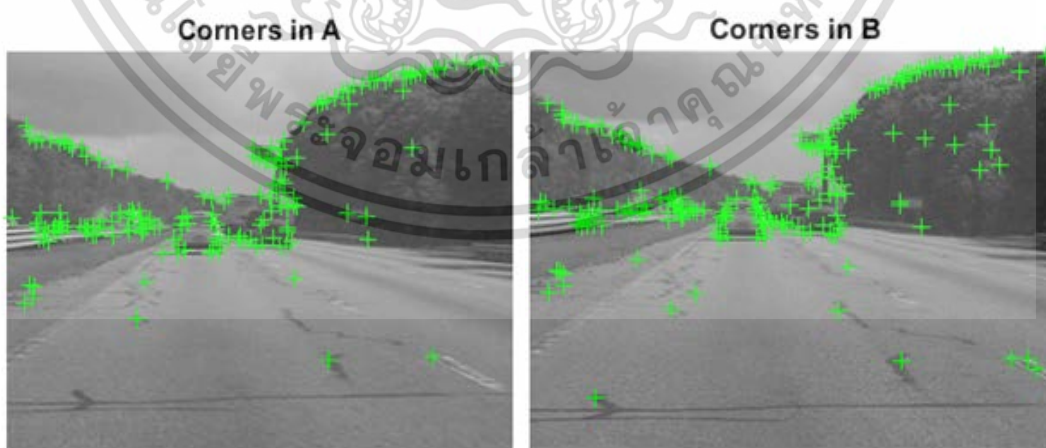
การทำให้ภาพนิ่งเป็นการลดการสั่นของวิดีโอที่ได้มาโดยใช้วิธีการ Point feature matching โดยจะมีการบวนการคืออ่านเฟรมที่ได้มาทีละสองเฟรม



รูปที่ 2.13 2 เฟรมที่เลือกมา

(ที่มา: Mathlab Team. 2019)

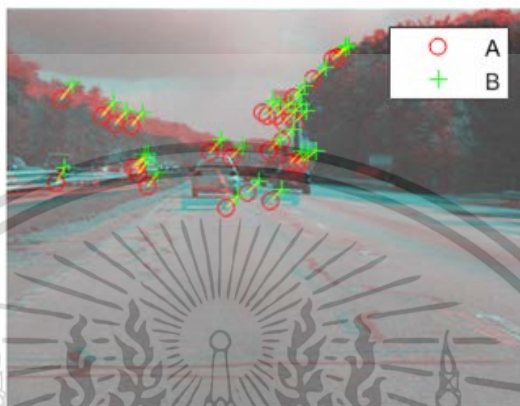
แล้วทำการหาจุดอ้างอิงภายในแต่ละเฟรมซึ่งในที่นี้จะใช้อัลกอริทึม FAST ในเลือกจุดสนใจ โดย FAST จะไปทำการเลือกจุดที่เป็นมุมภายในภาพ



รูปที่ 2.14 จุดที่ได้จากการใช้อัลกอริทึม FAST

(ที่มา: Mathlab Team. 2019)

และใช้ Fast Retina Keypoint (FREAK) ซึ่งจะทำงานโดยการเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างจุดสนใจที่ได้มาจากการใช้ FAST แต่ละจุดและประเมินระยะห่างของแต่ละจุดจากนั้นเลือกจุดที่มีความใกล้เคียงกันและนำมาใช้ต่อไป



รูปที่ 2.15 จุดจะนำมาใช้ของทั้งสองเฟรมจากการใช้ FREAK

(ที่มา: Matlab Team. 2019)

หลังจากนั้นทำการเลื่อนภาพให้ตรงกันโดยใช้การทำ Geometric transform ด้วยอัลกอริทึม M-estimator SAmple Consensus ที่จะทำงานโดยการหาจุด Keypoint ที่ใกล้กันของทั้งสองเฟรมแล้วทำการแปลงภาพให้จุดทั้งสองจุดเข้าใกล้กันมากที่สุด ซึ่งจะทำงานในลักษณะนี้ตลอดทั้งวิดีโอ โดยจะได้ผลลัพธ์ดังนี้

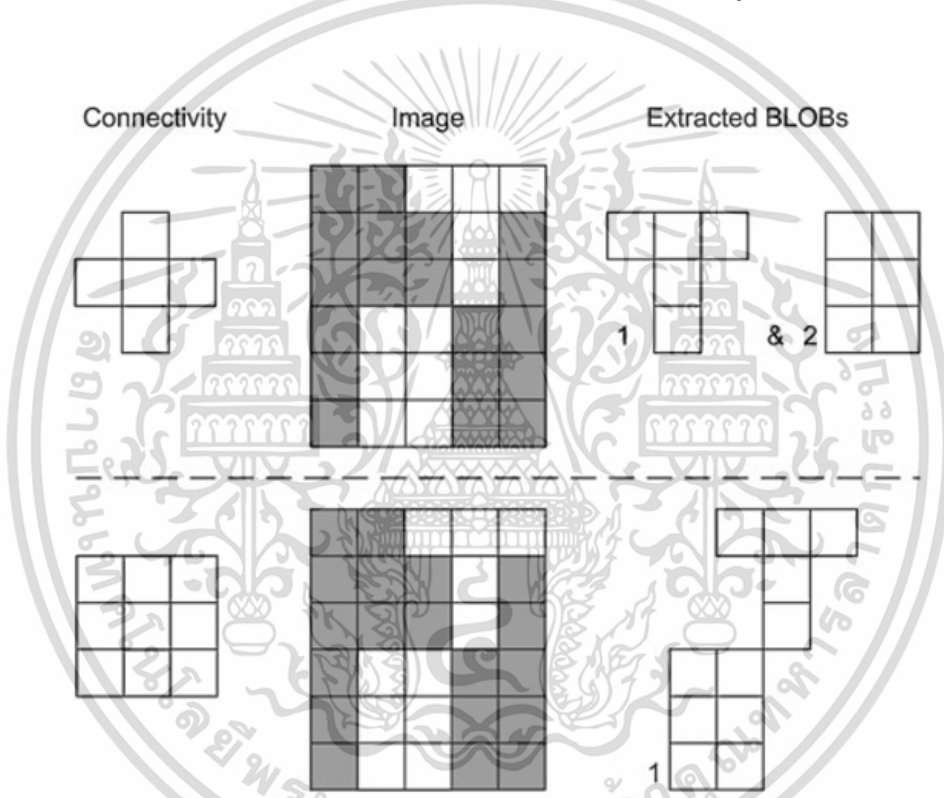


รูปที่ 2.16 ภาพที่ได้หลังจากการทำ Geometric transform

(ที่มา: Matlab Team. 2019)

### 2.3.6 การตรวจจับด้วย Blob Analysis

Blob Analysis จะเป็นการแยกและหาวัตถุภายในภาพ binary ซึ่งตัววัตถุที่ถูกแยกออกมาจะเรียกว่า blob โดยประกอบด้วยกลุ่มของพิกเซลที่ติดกันซึ่งจะถูกตัดสินว่าติดกันหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับ การเชื่อมต่อ (connectivity) โดยจะเป็นตัวบอกว่าพิกเซลใดต่อกันหรือไม่ต่อกันซึ่งการตัดสินการเชื่อมต่อที่นิยมจะมีอยู่ 2 รูปแบบได้แก่ 4-connectivity และ 8-connectivity โดย 8-connectivity จะเป็นที่ยอมรับมากกว่าแต่ 4-connectivity เป็นที่นิยมมากกว่าเนื่องจากใช้การคำนวณที่น้อยกว่า ดังนั้นจึงสามารถประมวลผลภาพได้เร็วกว่าซึ่งผลที่ได้จะเป็นไปตามรูป



รูปที่ 2.17 การเปรียบเทียบระหว่าง 4-connectivity และ 8-connectivity

(ที่มา: <http://what-when-how.com>)

### 2.3.7 การติดตามวัตถุ (Object Tracking)

เป็นการทำเพื่อติดตามวัตถุในภาพ ซึ่งในโครงการจะเป็นการติดตามพื้นที่ที่สนใจ โดยมีแนวคิดคือ การใช้งานจะจำเป็นต้องติดตามพื้นที่ที่สนใจ จึงมีการใช้การติดตามวัตถุ โดยที่จะมีอัลกอริทึมที่ใช้ในการติดตามวัตถุ ได้แก่

### 2.3.7.1 BOOSTING Tracker

เป็นอัลกอริทึมที่ HAAR cascade ใช้ในการตรวจจับใบหน้า โดยอัลกอริทึมนี้จำเป็นต้องมีการเทรนในขณะที่ใช้งานด้วยภาพที่ตัวอย่างที่ถูกต้องและภาพตัวอย่างที่ผิดโดย Bounding box จะถูกกำหนดโดยผู้ใช้อัลกอริทึมตรวจจับวัตถุอื่น และจะถูกนำไปใช้เป็นภาพที่เป็นตัวอย่างวัตถุ และข้างนอก bounding box จะถูกนับว่าเป็นพื้นหลัง และในเฟรมถัดไป Classifier จะทำงานกับทุกพิกเซลรอบข้างตำแหน่งของ bounding box ในเฟรมก่อนหน้า แล้วบันทึกคะแนนของการตรวจจับ และทำการเลือกตำแหน่งที่ได้คะแนนสูงที่สุดเป็นตำแหน่งตัวอย่างวัตถุในเฟรมใหม่ โดยในตอนนี้จะมีภาพที่ถูกต้องของวัตถุมากขึ้นและเมื่อมีเฟรมเข้ามา Classifier จะถูกเพิ่มข้อมูลภาพที่ถูกต้องเข้าไปเพิ่ม

### 2.3.7.2 MIL Tracker

เป็นการตรวจจับที่มีแนวคิดคล้ายกับ BOOSTING ข้างต้น แต่ความแตกต่างคือ แทนที่จะคิดว่าตำแหน่งปัจจุบันเป็นตำแหน่งที่เป็นตัวอย่างวัตถุ มันมองไปในพื้นที่เล็กรอบๆ ตำแหน่งปัจจุบันเพื่อสร้างตัวอย่างที่เป็นไปได้สำหรับตำแหน่งตัวอย่างวัตถุและต่อไป เป็นการทำงานของ MIL ใน MIL จะไม่ใช่ตัวอย่างที่ถูกและผิด แต่เป็นการใช้กลุ่มของภาพที่ถูกและผิด โดยภายในกลุ่มของภาพที่ถูกจะไม่ถูกใส่แค่ภาพตัวอย่างที่ถูก แต่ภาพตัวอย่างที่ถูกจำเป็นต้องอยู่ในกลุ่มถูกแค่ภาพเดียว ตัวอย่างเช่น กลุ่มตัวอย่างภาพที่ถูกต้องต้องมีตัวอย่างกลุ่มภาพที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่วัตถุและกลุ่มภาพรอบข้าง ถึงแม้ว่าตำแหน่งปัจจุบันของวัตถุที่ติดตามจะไม่แม่นยำ เมื่อตัวอย่างรอบข้างของตำแหน่งปัจจุบันอยู่ในกลุ่มถูก จะมีโอกาสสูงที่อย่างน้อยจะมีภาพที่มีวัตถุอยู่ตรงกลางภาพอยู่ในกลุ่มถูกนำไปใส่ไว้ในกลุ่ม

### 2.3.7.3 KCF Tracker

การติดตามวัตถุนี้ถูกสร้างบนพื้นฐานของแนวคิดของทั้งสองการติดตามข้างต้น การติดตามวัตถุนี้ใช้ประโยชน์จากความจริงที่ตัวอย่างวัตถุที่ถูกต้องถูกใช้ใน MIL มีพื้นที่ที่ทับซ้อนกันมาก ซึ่งการทับซ้อนกันนี้ถูกนำมาใช้คำนวณเพิ่มด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์เพื่อทำให้การติดตามเร็วขึ้นและแม่นยำขึ้นในเวลาเดียวกัน

#### 2.3.7.4 TLD Tracker

TLD มาจากคำว่า Tracking, learning และ detection ซึ่งจากชื่อ การติดตามแบบนี้ แบ่งการทำงานออกของการติดตามเป็นสามส่วนสั้นๆ ซึ่งจากเอกสารของผู้เขียน “ตัวติดตามตาม วัตถุจากเฟรมต่อเฟรม ตัวระบุจำกัดลักษณะทั้งหมดที่ถูกสังเกตและแก้ไขการตรวจจับหากจำเป็น การเรียนรู้ประเมินความผิดพลาดของตัวระบุและแก้ไขมันเพื่อเลี่ยงปัญหาความผิดพลาดในอนาคต” ผลลัพธ์ของการติดตามนี้จะมีการเคลื่อนไปมาเล็กน้อย เช่นหากว่าตรวจจับคนเดินถนนคนหนึ่งในภาพที่มีมากกว่าหนึ่งคนบนถนน ในบางครั้งจะมีการติดตามคนเดินถนนคนอื่นในภาพแทน ซึ่งข้อดีของมันคือสามารถตรวจจับวัตถุในระดับที่ใหญ่ มีการเคลื่อนที่ และถูกบังเป็นบางช่วงได้

#### 2.3.7.5 MOSSE Tracker

Minimum Output Sum of Squared Error (MOSSE) ใช้ adaptive correlation ในการติดตามวัตถุซึ่งสร้าง Correlation filter เมื่อเริ่มทำงานบนเฟรมหนึ่ง ตัวติดตาม MOSSE จะสามารถทำงานกับการเปลี่ยนแปลงของแสง ขนาด รูปร่าง และลักษณะได้ และสามารถตรวจจับการบังซึ่งทำให้สามารถหยุดและตรวจจับวัตถุเมื่อวัตถุกลับมาแสดง และ MOSSE สามารถทำงานกับเฟรมเรทที่สูงถึง 450 และมากกว่าได้ นอกจากนี้ยังมีความแม่นยำที่สูงและเร็วกว่าการติดตามแบบอื่น แต่ในด้านการทำงานยังไม่เทียบเท่ากับการติดตามที่ใช้ Deep learning

#### 2.3.7.6 CSRT Tracker

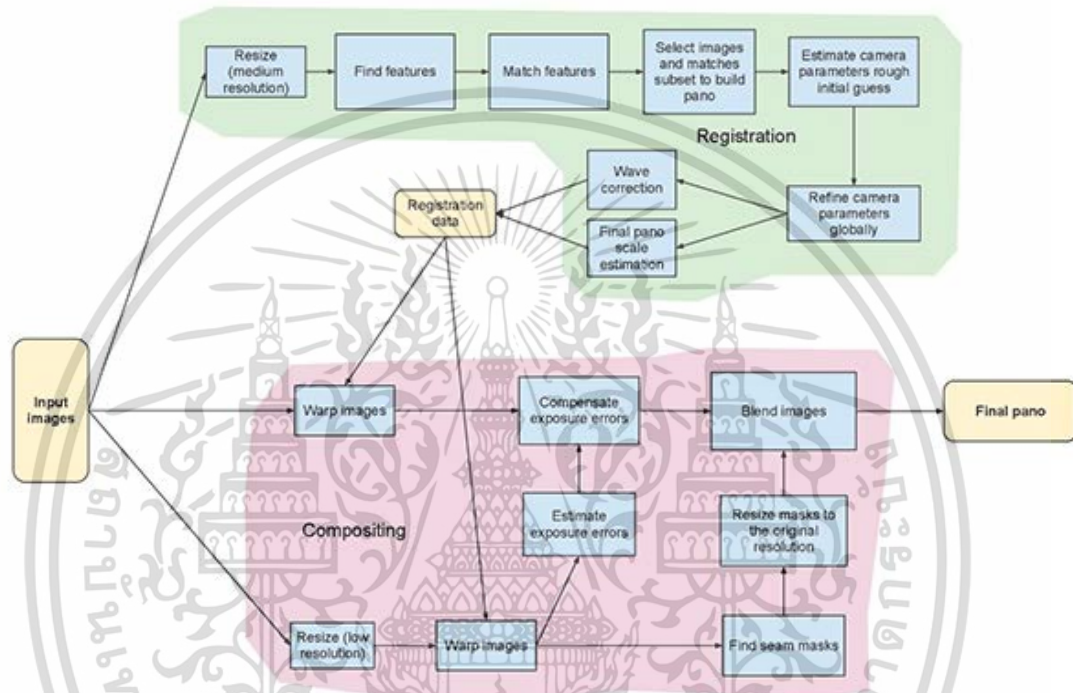
ในการติดตามแบบนี้ใช้ spatial reliability map สำหรับการปรับ filter support ให้พื้นที่ที่ถูกเลือกจากเฟรมสำหรับการติดตาม เพื่อรองรับการขยายและการจำกัดของพื้นที่ที่เลือกและพัฒนาการติดตามสำหรับพื้นที่ที่ไม่ใช่สี่เหลี่ยมหรือวัตถุ ซึ่งการติดตามนี้ใช้ 2 feature ได้แก่ HoG และ Colornames การติดตามนี้สามารถทำงานที่เฟรมเรทที่ 25 เฟรมต่อวินาที และต่ำกว่าแต่่าสามารถให้ความแม่นยำที่สูงสำหรับการติดตามวัตถุ

### 2.3.8 การต่อภาพ (Image Stitching)

การต่อภาพเป็นการทำให้ภาพถ่ายสองภาพที่มีการถ่ายในมุมที่ใกล้เคียงกันสามารถนำมารวมกันเป็นภาพใหญ่ได้ ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้การต่อภาพแบบ Feature Based Panoramic Image Stitching โดยจะมีหลักการทำงานคร่าวๆได้แก่

- 1) ตรวจสอบและจับคู่ Feature ระหว่างภาพสองภาพ
  - 2) ประเมินการแปลง Geometric transformation ระหว่างภาพทั้งสองภาพ
  - 3) คำนวณการแปลงภาพที่ทำให้ภาพทั้งสองภาพมาต่อกันเป็นภาพเดียวได้
- ซึ่งจากหลักการทำงานข้างต้นจะคล้ายกันกับการทำงานของคลาส Stitcher ของ

OpenCV



รูปที่ 2.18 การทำงานของ Stitcher class ใน OpenCV

(ที่มา: Opencv.org)

จากภาพ จะมีการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือฝ่าย Registration และ Compositing ซึ่งฝ่าย Registration จะเป็นการทำงานเพื่อหา Feature ของภาพหลายภาพแล้วนำมาจับคู่กัน จากนั้นนำมาต่อภาพที่ฝ่าย Compositing

## 2.4 Outdoor Access Point CPE210



รูปที่ 2.19 TP-LINK CPE210

(ที่มา :Tp-link)

Outdoor CPE (Customer Premises Equipment) คือประเภทอุปกรณ์ที่ออกแบบให้เป็นตัวรับส่งสัญญาณจากสถานีฐานที่อยู่ห่างออกไปหลายกิโลเมตร เพื่อกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ตให้กับ Access point ของผู้ใช้บริการ ทนการทำงานกลางแจ้งเช่นแดด ฝน อากาศร้อนหรือเย็น ผู้ทำได้เลือกใช้ TP-LINK CPE210 ซึ่งมีคุณสมบัติการส่งสัญญาณในระยะไกลมากกว่า 5 กิโลเมตร และมี throughput 300Mbps เพื่อเป็นตัวช่วยส่งสัญญาณให้กับสถานีภาคพื้นดิน

## 2.5 UranusLink - Communication Protocol for UAV with Small Overhead and Encryption Ability

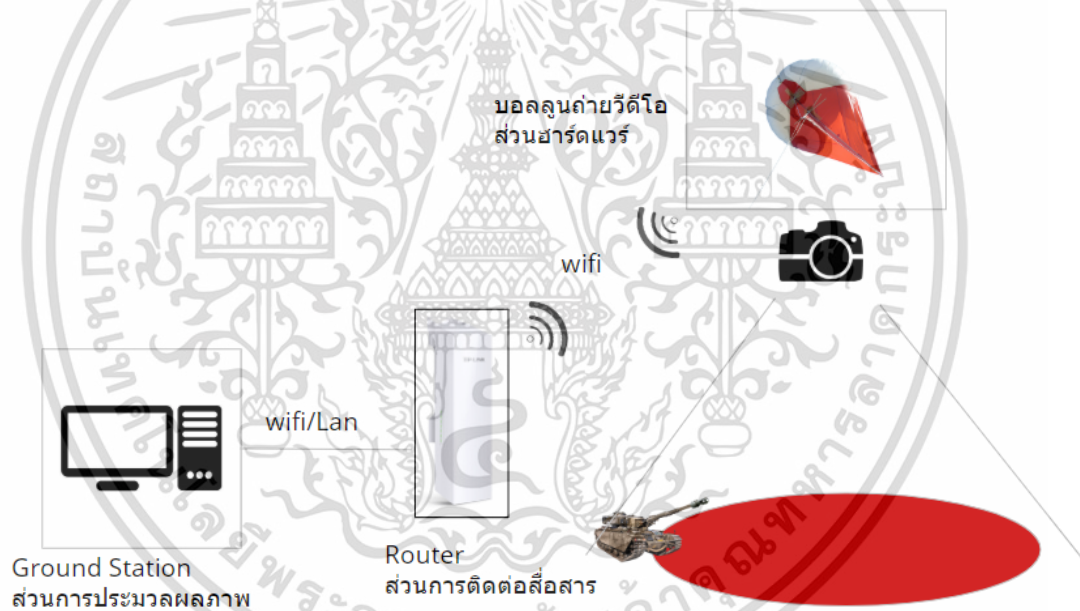
UranusLink เป็นตัวอย่างโปรโตคอลที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อการติดต่อสื่อสารระหว่างโดรนและสถานีภาคพื้นดิน สามารถทำงานได้ด้วยการส่งข้อมูลทางวิทยุที่มีอัตราการส่งข้อมูลต่ำ สามารถตรวจสอบและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เสียหาย รวมถึงการให้ความปลอดภัยกับข้อมูล

ความต้องการคือสามารถสื่อสารสองทางได้ ข้อมูลไม่ล่าช้า และมีระยะไกลขั้นต่ำ 100 เมตร ข้อมูลที่ต้องการส่งมีน้อย เนื่องจากมีเพียงคำสั่งจากสถานีภาคพื้นดินส่งให้กับโดรนสี่ใบพัด และสถานะจากโดรนส่งให้สถานีภาคพื้นดินเท่านั้น ข้อมูลไม่ล่าช้าเป็นความต้องการสำคัญในการควบคุมการเคลื่อนที่ของโดรนสี่ใบพัด

### บทที่ 3

## การออกแบบและพัฒนาระบบ

จากจุดประสงค์เพื่อการประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูงโดยใช้บอลูนของโครงการ การประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูง โดยมีภาพรวมระบบที่ต้องการออกแบบคือต้องการ ออกแบบบอลูนที่สามารถส่งภาพและสถานะให้กับสถานีภาคพื้นดินสามารถหั่นกล่องเข้าหาพื้นที่ เฝ้าระวังตลอดเวลาโดยอัตโนมัติและแก้ไขปัญหาหากล่องสั้นจากบอลูนได้โดยมีสถานีภาคพื้นดินทำหน้าที่ตรวจสอบพื้นที่เฝ้าระวังและติดต่อสื่อสารกับผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.1 ภาพรวมของโครงการ

ได้แบ่งการออกแบบและพัฒนาของโครงการออกเป็น 5 ส่วนได้แก่

- 1) การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ โดยแบ่งออกเป็นความต้องการของระบบออกเป็น ความต้องการส่วนซอฟต์แวร์ ความต้องการส่วนฮาร์ดแวร์ และ use case ของระบบ
- 2) การออกแบบระบบ โดยแบ่งออกเป็นการออกแบบระบบส่วนฮาร์ดแวร์ ส่วนประมวลผลภาพ และส่วนการติดต่อสื่อสาร

- 3) การพัฒนาส่วนการทำงานของอุปกรณ์บนบอลูน โดยแบ่งออกเป็น รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ และรายละเอียดการพัฒนาอุปกรณ์
  - 4) การพัฒนาส่วนการติดต่อสื่อสาร โดยแบ่งออกการพัฒนาการส่งข้อมูล และการพัฒนาโปรโตคอล
  - 5) การพัฒนาส่วนการประมวลผลภาพ
- โดยมีรายละเอียดการออกแบบและพัฒนาโครงการดังต่อไปนี้

### 3.1 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ

#### 3.1.1 ซอฟต์แวร์

##### 3.1.1.1 functional

- 1) การแสดงผลภาพที่จับจากกล้องในส่วนของบอลูน
  - 2) การประมวลผลภาพเพื่อให้เหมาะสมการการเฝ้าระวังพื้นที่
  - 3) การบันทึกภาพที่ได้จากกล้องในรูปแบบภาพนิ่งหากมีการเข้าในพื้นที่สังเกตการณ์ และระบุสิ่งที่เข้ามาในพื้นที่
  - 4) มี Interface สำหรับการแสดงผลสถานะที่ถูกส่งมาจากส่วนบอลูน
- ตัวอย่างเช่น ความสูงของบอลูน ตำแหน่งทาง GPS ของบอลูน

##### 3.1.1.2 non-functional

- 1) มี Interface ใช้งานได้
- 2) การแสดงผลสถานะของระบบได้แก่ค่า GPS และคำสั่งที่ส่งไปยังส่วนบอลูน
- 3) การแสดงขอบเขตของถ่ายภาพจากความสูงไม่น้อยกว่า 50 เมตร
- 4) การแสดงผลภาพความละเอียด 840\*840 พิกเซล
- 5) โดยมีจำนวนเฟรมต่อวินาทีไม่ต่ำกว่า 10 เฟรมต่อวินาที

### 3.1.2 ฮาร์ดแวร์

#### 3.1.2.1 functional

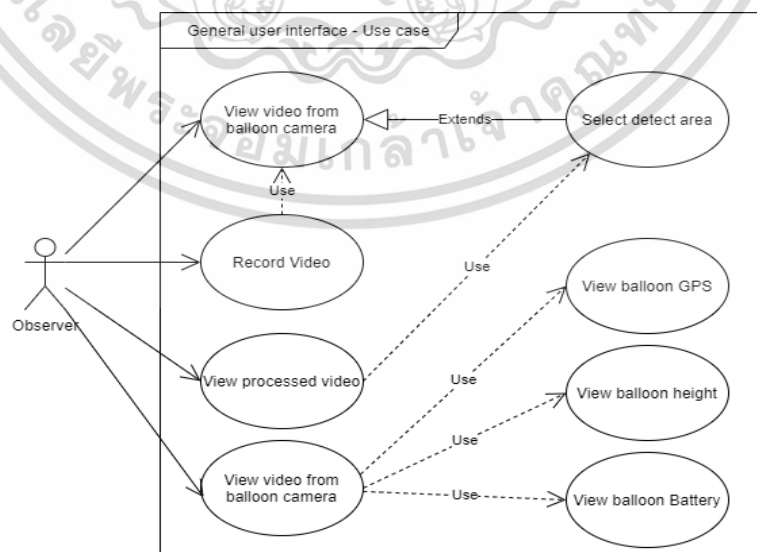
- 1) ส่วนควบคุมที่อยู่ติดกับบอลูน
- 2) มี Protocol ในการส่งข้อมูลสถานะไปยังสถานีภาคพื้นดิน
- 3) การควบคุม gimbal ให้ปรับทิศทางตามพื้นที่เป้าหมายได้
- 4) อ่านค่าสถานะในส่วนของบอลูนตำแหน่ง GPS กับความเอียงของหน้ากล้อง

#### 3.1.2.2 non-functional

- 1) รองรับการทำงานที่ระยะไม่ต่ำกว่า 50 เมตร
- 2) อุปกรณ์สื่อสารสามารถส่งข้อมูลได้ในลักษณะ real-time หรือ near real-time ภายในระยะเวลาไม่ต่ำกว่า 2 วินาที
- 3) Protocol รองรับการงานกรณีเกิดความผิดพลาดในการรับ-ส่งข้อมูล เช่น checksum

### 3.1.3 Use case ของระบบ

#### 3.1.3.1 แผนภาพ Use case



รูป 3.2 แผนภาพ Use case ของระบบ

ตาราง 3.1 Use case แสดงภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลลูน

ID	UCI
Title	View video from balloon camera
Description	แสดงผลภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากกล้องบนบอลลูน
Actor	ผู้สังเกตการณ์
Pre-conditions	ได้รับข้อมูลภาพเคลื่อนไหวส่งมาจากส่วนบนบอลลูน
Main success scenario	1. ภาคพื้นดินรับภาพเคลื่อนไหวที่ได้รับการบันทึกแบบเรียลไทม์จากบอลลูน 2. สถานีภาคพื้นดินแสดงผลภาพออกทางจอภาพ

ตาราง 3.2 Use case เลือกบริเวณตรวจจับสิ่งผิดปกติ

ID	UCI
Title	Select detect area
Description	กำหนดบริเวณที่ต้องการตรวจจับผิดปกติที่เข้ามาในพื้นที่
Actor	ผู้สังเกตการณ์
Pre-conditions	ได้รับข้อมูลภาพเคลื่อนไหว
Main success scenario	1. ภาคพื้นดินรับแสดงผลภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลลูน 2. ผู้สังเกตการณ์กำหนดบริเวณที่ต้องการตรวจจับผิดปกติ
Post-condition	ซอฟต์แวร์จัดจำบริเวณที่ต้องการตรวจจับสิ่งผิดปกติ

ตาราง 3.3 Use case บันทึกภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลลูน

ID	UCI
Title	Record video
Description	บันทึกภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลลูน
Actor	ผู้สังเกตการณ์
Pre-conditions	ได้รับข้อมูลภาพเคลื่อนไหวส่งมาจากส่วนบนบอลลูน
Main success scenario	ผู้สังเกตการณ์สั่งให้บันทึกภาพเคลื่อนไหวที่ได้จากบอลลูน
Post-conditions	ได้รับไฟล์ภาพเคลื่อนไหวบันทึกไว้ในหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์

ตาราง 3.4 Use case การแสดงผลภาพเคลื่อนไหวซึ่งผ่านการประมวลผลแล้ว

ID	UCI
Title	View processed video
Description	แสดงผลภาพเคลื่อนไหวซึ่งผ่านการประมวลผลด้วยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นแล้ว
Actor	ผู้สังเกตการณ์
Pre-conditions	ได้รับข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจากกล้องที่ติดบนบอลลูน
Main success scenario	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.ภาคพื้นดินรับแสดงผลภาพเคลื่อนไหวที่ส่งจากบอลลูน</li> <li>2.ผู้สังเกตการณ์กำหนดบริเวณที่ต้องการตรวจจับผิดปกติ</li> <li>3.สถานีภาคพื้นดินประมวลผลภาพเคลื่อนไหวด้วยอัลกอริทึมที่พัฒนาขึ้นแบบเรียลไทม์และแสดงขึ้นจอภาพ</li> </ol>

ตาราง 3.5 Use case การแสดงสถานะของบอลลูน

ID	UCI
Title	View balloon status
Description	แสดงสถานะของบอลลูนให้กับผู้ใช้งาน
Actor	ผู้สังเกตการณ์
Pre-conditions	ได้รับสถานะของบอลลูนจากส่วนส่งข้อมูล
Main success scenario	1. สถานีภาคพื้นดินบันทึกสถานะของบอลลูนจากส่วนส่งข้อมูล ได้แก่สถานะ GPS สถานะความสูง และแบตเตอรี่คงเหลือ 3. สถานีภาคพื้นดินแสดงผลสถานะของบอลลูนที่ได้รับออกทางจอภาพ

### 3.2 การออกแบบระบบ

การออกแบบภาพรวมของระบบตรวจการณ์จากที่สูงที่ต้องการพัฒนาในโครงการฉบับนี้สามารถแบ่งระบบออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนฮาร์ดแวร์ ทำหน้าที่ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆและการเก็บค่าสถานะของระบบ, ส่วนติดต่อสื่อสาร ทำหน้าที่ควบคุมการส่งข้อมูลภาพและการติดต่อสื่อสารระหว่างซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ และส่วนการประมวลผลภาพ ทำหน้าที่ประมวลผลภาพที่ได้จากฮาร์ดแวร์มาตรวจสอบพื้นที่เฝ้าระวัง โดยมีรายละเอียดตามต่อไปนี้

#### 3.2.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ในโครงการนี้ ได้อ้างอิงระบบการตรวจสอบพื้นที่จากระยะสูงจากโครงการ The tethered aerostat โครงสร้างปีกและบอลลูนของระบบดังกล่าวมีการใช้บอลลูนซึ่งทำมาจากพาราไคท์และมีส่วนที่มีลักษณะคล้ายปีกยื่นออกมาจากด้านล่างของบอลลูน ตามรูปแบบของ Helikites เพื่อลดการหมุนของบอลลูนอันเนื่องจากลมที่ปะทะบอลลูนซึ่งเป็นวัตถุประสงค์

กลม และได้มีการติดตั้งการทำงานถ่ายรูปและการสื่อสาร ได้แก่ กล้อง, กิมบอล, ไมโครคอนโทรลเลอร์และตัวรับส่งไวไฟ

### 3.2.2 ส่วนการประมวลผลภาพ

การออกแบบการประมวลผลภาพในการตรวจจับสิ่งผิดปกติในพื้นที่ได้ทำการออกแบบโดยตั้งอยู่บนระบบการตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนไหวในพื้นที่ที่มีการใช้งานในกล้องวงจรปิดโดยมีหลักการทำงานคือจะทำการตรวจจับสิ่งใดๆที่ปรากฏในขอบเขตภาพซึ่งภาพที่ใช้ในโครงการนี้เป็นภาพถ่ายจากมุมสูงจึงจำเป็นต้องมีการเลือกพื้นที่ที่ทำการตรวจจับเนื่องจากตัวโครงการนี้กล้องจะมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาต่างจากกล้องวงจรปิดทั่วไปจึงทำให้การตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวแบบเดียวกับที่ใช้ในกล้องวงจรปิดนั้นทำได้ไม่ดีเท่าที่ควรดังนั้นผู้จัดทำจึงมีการใช้การเลือกและติดตามพื้นที่และใช้การตรวจจับวัตถุเคลื่อนไหวที่แตกต่างไปจากที่ใช้ในกล้องวงจรปิดทั่วไปเพื่อที่จะทำให้สามารถใช้งานภายในโครงการนี้ได้

### 3.2.3 ส่วนติดต่อสื่อสาร

ส่วนติดต่อสื่อสารทำการรับส่งภาพและข้อมูลสถานะจากภาคบอลูนไปให้กับภาคพื้นดินแบบไร้สาย ข้อมูลที่ต้องการส่งระหว่างสองส่วนแบ่งเป็นสองประเภทใหญ่ได้แก่

- 1) การส่งข้อมูลภาพเคลื่อนไหว โดยส่งจากกล้องที่ต่อกับส่วนบอลูนให้กับส่วนพื้นดิน
- 2) การส่งข้อมูลข้อความทั้งจากส่วนบอลูนส่งค่าสถานะให้กับส่วนพื้นดิน และจากส่วนพื้นดินส่งคำสั่งการหมุนกล้องให้กับส่วนบอลูน

เนื่องจากต้องการระยะส่งข้อมูลไกล จึงเลือกส่งข้อมูลในช่วงคลื่นความถี่ 2.4 ghz ที่มีระยะส่งสัญญาณมากกว่า 5.0ghz โดยข้อเสียของช่วงคลื่นความถี่ 2.4 ghz คือมีสัญญาณรบกวนมาก การส่งข้อมูลมีโอกาสเกิดความผิดพลาดระหว่างการรับส่งข้อมูลสูง จึงเลือกส่งข้อมูลด้วยวิธีที่อิง TCP protocol เป็นหลัก ซึ่งเป็น protocol ที่ช่วยยืนยันความถูกต้องของข้อมูล ช่วยให้ภาพที่ได้รับไม่มีสัญญาณรบกวน และรับประกันความถูกต้องของข้อความ ไม่จำเป็นต้องตรวจสอบและกู้คืนข้อความด้วยตนเองอีก

### 3.3 การพัฒนาส่วนการทำงานของอุปกรณ์บนบอลูน

#### 3.3.1 รายการอุปกรณ์ที่ใช้

1. บอลูน
2. ปริมาณแก๊สฮีเลียมที่ใช้ 2 ลูกบาศก์เมตร
3. เชือกคิงบอลูนขนาด 30m , 50m , 80m
4. Raspberry pi4
5. Gimbal Tarot t-2d
6. Arduino mega 2560
7. แบตเตอรี่ lifepo4 12v 2200mAh
8. Router Tp-link CPE210
9. Wifi antenna D-link DWA-137
10. Gpsbee module
11. Computer notebook

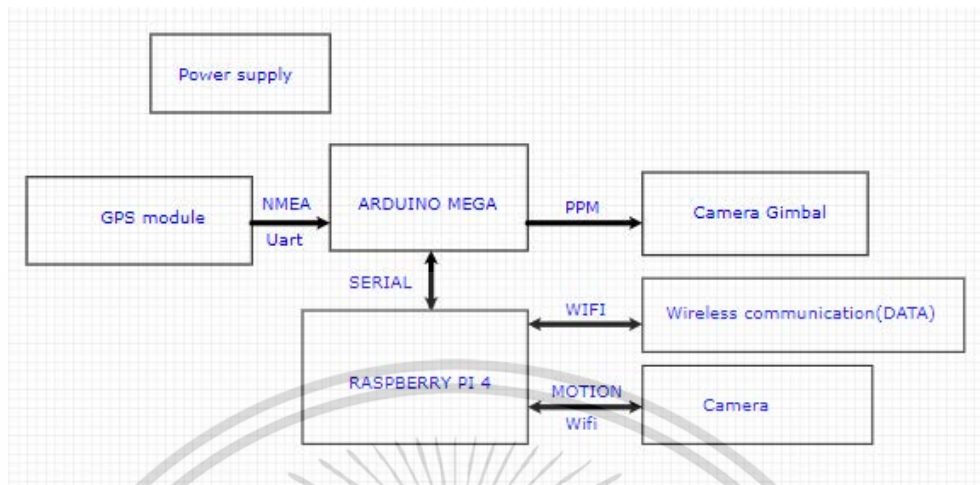
#### 3.3.2 การพัฒนาส่วนของอุปกรณ์ติดตั้งบนบอลูนและกล่อง

การพัฒนาในส่วนนี้จะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน คือการพัฒนาบอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์ และการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

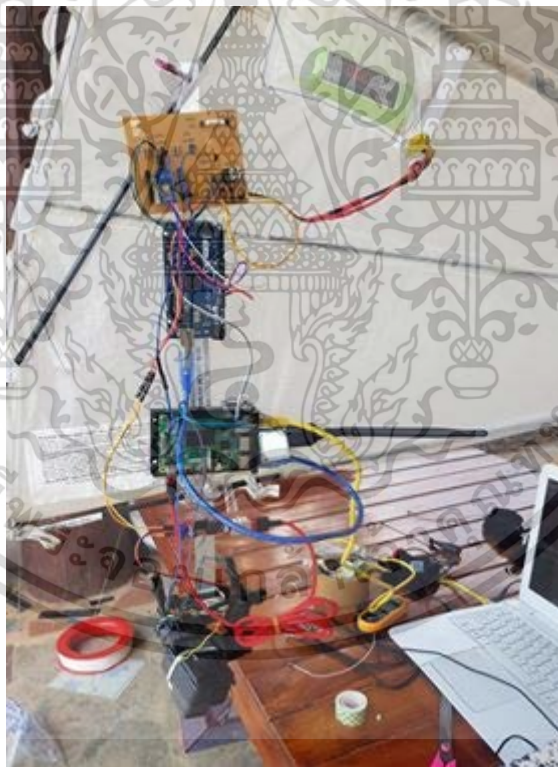
##### 3.3.2.1 การพัฒนาบอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์

บอร์ดสำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์มีหน้าที่ดังนี้

- 1) แปลง Connector สำหรับอุปกรณ์ที่มี Connector ต่างกัน ให้สามารถเชื่อมต่อ
- 2) แปลงแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าต่างกัน แปลงไฟ 12 v ให้เหลือ 5 v เพื่อให้เหมาะสมกับอุปกรณ์
- 3) เพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณ PPM ที่ใช้สื่อสารกันของอุปกรณ์ สื่อสารที่ใช้ แรงดันไฟฟ้าแปลงสัญญาณ PPM ที่ออกจาก Arduino เพราะตัวกิมบอลไม่สามารถรับสัญญาณขนาด 5 v ได้จึงต้องลดเหลือ 3.3 v
- 4) เป็นตัวกลางในการทำงานเพื่อที่ให้อุปกรณ์ทำงานหลายส่วนพร้อมๆกันได้โดย ใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด



รูปที่ 3.3 Block diagram ของระบบ



รูปที่ 3.4 รูปแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่างๆ

### 3.3.2.2 การพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์

#### 3.3.2.2.1 อ่านค่าจากกล้องและส่งภาพด้วย Http Livestreaming

โปรโตคอลการสื่อสารสตรีมมิ่งคือ HTTP คล้ายกับรูปแบบ MPEG-DASH ในการทำงานโดยแบ่งกระแสข้อมูลโดยรวมเป็นลำดับของการดาวน์โหลดไฟล์ขนาดเล็กของ HTTP การดาวน์โหลดแต่ละครั้งจะโหลดข้อมูลสั้นๆ

#### 3.3.2.2.2 อ่านค่าจาก GPS ด้วย NMEA Protocol

การอ่านค่าตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดจาก GPS Module ใช้การสื่อสารข้อมูลแบบ NMEA protocol โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะสามารถอ่านค่าจาก GPS Module ทุกครั้งที่ได้รับคำสั่งจากและเก็บค่าที่อ่านได้ไว้เพื่อส่งต่อไปให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อไป

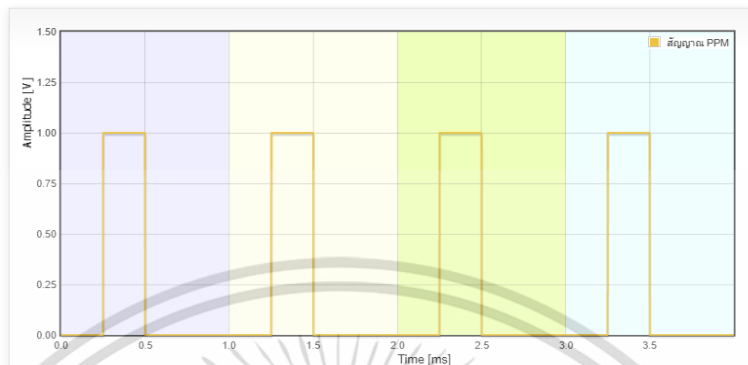
#### ตาราง 3.6 ตารางค่าในอ่านได้จาก NMEA protocol

\$GPRMC,161229.487,A,3723.2475,N,12158.3416,W,0.13,309.62,120598,,*10			
Table 1.9 – RMC Data Format			
Name	Example	Units	Description
Message ID	\$GPRMC		RMC protocol header
UTC position	161229.487		hhmmss.sss
Status	A		A=data valid or V data not valid
Latitude	3723.2475		ddmm.mmmmm
N/S Indicator	N		N=north or S=south
Longitude	12158.3416		dddmm.mmmmm
E/W	W		E=east or W=west
Speed Over Ground	0.13	knots	
Course Over Ground	309.62	degrees	True
Date	120598		ddmmyy
Magnetic Variation		degrees	E=east or W=west
Checksum	*10		
<CR><LF>			End of message termination

#### 3.3.2.2.3 ควบคุมกิมบอลด้วย PPM

สัญญาณ PPM (Pulse position modulation) คือการผสมบิตข้อมูลเข้ากับสัญญาณโดยแทนรูปแบบของบิตข้อมูลด้วยตำแหน่งของพัลส์ที่เกิดขึ้นในสัญญาณ ซึ่งการใช้ตำแหน่งของพัลส์แทนรูปแบบของบิตทำให้สามารถส่งมุลได้มากกว่าครั้งละ 1 บิตในหนึ่งช่วงเวลา

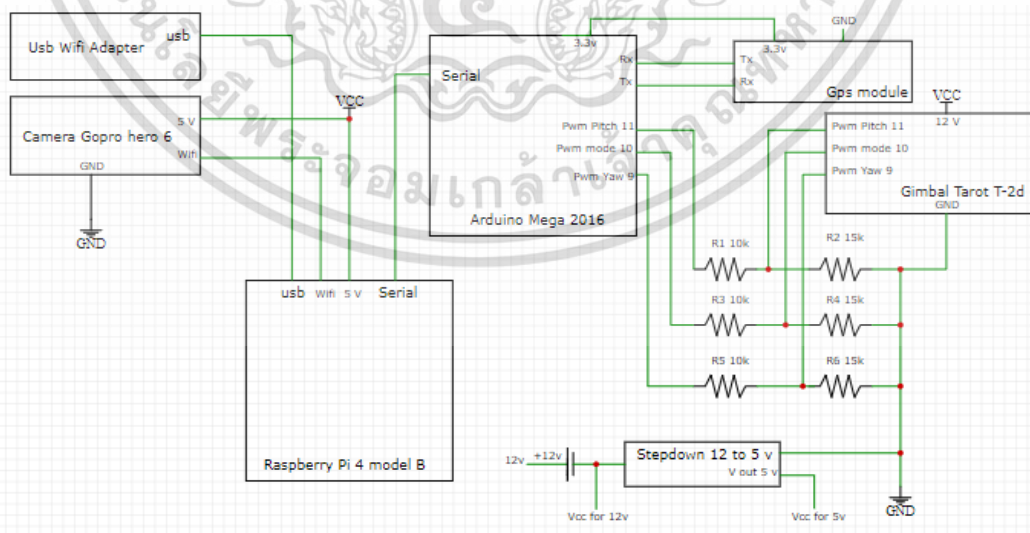
bit pattern	encoding	pulse's position
00	1000	1 <sup>st</sup> position
01	0100	2 <sup>nd</sup> position
10	0010	3 <sup>rd</sup> position
11	0001	4 <sup>th</sup> position



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างสัญญาณ PPM

โดยการเรียกใช้งานด้วยไลบรารีสำหรับการสั่งใช้งาน เซอร์โว (Servo) โดยการตั้งค่าสำหรับส่งสัญญาณ PPM ด้วยคำสั่ง `Servo.attach(pin)` แล้วควบคุมผ่านคำสั่งเปลี่ยนทิศทางด้วยคำสั่ง `Servo.write(angle)`

### 3.3.3 Wiring Diagram



รูปที่ 3.6 แผนภาพการเชื่อมต่อของระบบส่วนบอลูน

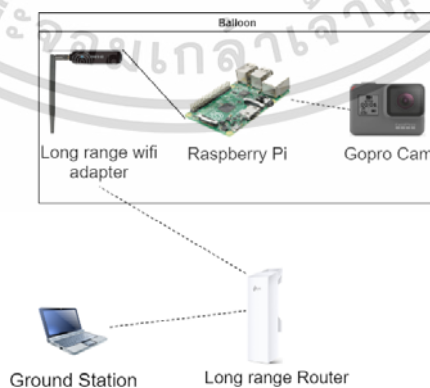
### 3.4 การพัฒนาส่วนการติดต่อสื่อสารข้อมูล



รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ส่งข้อมูลที่ติดตั้งบนบอลลูน

ในระยะแรกของการพัฒนา ทางกลุ่มได้เลือกใช้ Melon N4000 Long range wifi adapter เป็นตัวส่งสัญญาณจากภาคบอลลูนให้กับภาคพื้นดินเพื่อให้ได้ระยะทางไกลเพียงพอกับการส่งข้อมูล แต่เนื่องจากข้อจำกัดที่ Melon N4000 Long range wifi adapter มีน้ำหนัก 900 กรัมและขนาดใหญ่ทำให้ไม่สะดวกกับการบรรทุกขึ้นบนบอลลูน ในการทดสอบปล่อยบอลลูนระยะแรกที่ต้องการระยะห่างระหว่างบอลลูนกับสถานีภาคพื้นดิน 30-50 เมตร จึงเปลี่ยนไปใช้ DWA-137 Long range wifi adapter ที่สามารถส่งข้อมูลในระยะทางสั้นลง แต่มีขนาดเล็กและเบากว่า

#### 3.4.1 การส่งภาพจากบอลลูนให้กับภาคพื้นดิน



รูปที่ 3.8 แผนภาพการส่งรูปจากบอลลูนให้กับภาคพื้นดิน

ในการส่งภาพที่บันทึกจากบอลลูนให้กับภาคพื้นดิน ได้เลือกใช้ราสเบอร์รี่พายติดตั้งบนบอลลูนเป็นเซิร์ฟเวอร์ส่งภาพเคลื่อนไหวด้วย HTTP Live Streaming protocol ให้กับเน็ตเวิร์คใช้ซอฟต์แวร์ Motion โดยรับภาพเคลื่อนไหวจากกล้อง GoPro HERO6 บนบอลลูน ฝ่ายพื้นดินซึ่งเชื่อมต่อกับวงเน็ตเวิร์คเดียวกันจะรับภาพเคลื่อนไหวที่ได้ไปใช้งานต่อ ได้แก่การแสดงผลภาพให้กับผู้ใช้งาน เลือกพื้นที่เฟิร์มแวร์ และประมวลผลสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในบริเวณพื้นที่เฟิร์มแวร์

### 3.4.2 การออกแบบ protocol การส่งข้อมูลระหว่างภาคพื้นดินกับบอลลูน

จากความต้องการในการส่งข้อมูลจากสองฝ่าย ได้แก่ ฝ่ายบอลลูน ข้อความที่ต้องการส่งคือสถานะของบอลลูน ได้แก่ความสูง ละติจูด และลองจิจูด ซึ่งอ่านได้จากเซนเซอร์ โดยออกแบบให้มีการส่งข้อมูลทุก 3 วินาที มีรูปแบบข้อความดังต่อไปนี้

#### ตาราง 3.7 ข้อความส่งสถานะระหว่างส่วนบอลลูนและภาคพื้นดิน

ข้อความส่งสถานะจากบอลลูนให้กับภาคพื้นดิน

ประเภทของสถานะ	ตัวย่อระบุสถานะ	ค่าของสถานะ	ความยาว string สูงสุด
ตำแหน่งตามหน่วย ลองจิจูด	X	000.0000	8
ตำแหน่งตามหน่วย ละติจูด	Y	000.0000	8
ตำแหน่งความสูง	Z	000.0000	8

ตัวอย่าง string ส่งสถานะของบอลลูน

“X0100.0000” ส่งสถานะว่า ขณะนี้บอลลูนอยู่ในตำแหน่งลองจิจูด 100

“Y0220.0000” ส่งสถานะว่า ขณะนี้บอลลูนอยู่ในตำแหน่งละติจูด 220

“Z075.1500” ส่งสถานะว่า ขณะนี้บอลลูนอยู่ในความสูง 75.15

เมื่อภาคพื้นดินได้รับข้อความสถานะจะนำไปแสดงให้กับผู้ใช้เห็นทางส่วนแสดงผลต่อไป ฝ่ายพื้นดิน ส่งคำสั่งให้гимบอลหมุนกล็องเมื่อPi บนบอลหมุนได้รับข้อความจะตอบสนองโดยสั่งให้อาคุยโน้หมุนгимบอลตามทิศทางที่ได้รับ ข้อความคำสั่งจากภาคพื้นดินจะถูกส่งทุก 3 วินาที

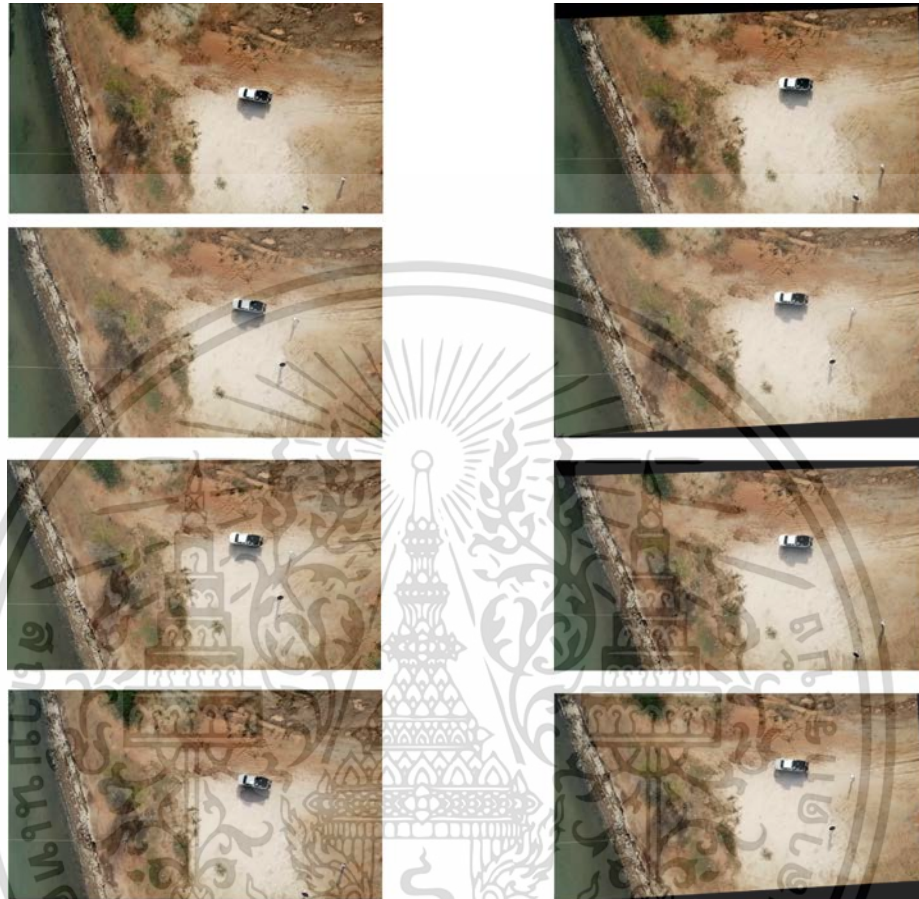
ตาราง 3.8 ข้อความคำสั่งหมุนгимบอล

คำสั่ง	ความหมาย
U	สั่งหมุนกล็องทิศทาง pitch +10 องศา
D	สั่งหมุนกล็องทิศทาง pitch -10 องศา
S	ไม่ขยับมุมกล็องจากเดิม

คำสั่งหมุนกล็องมาจากการทำงานร่วมกับส่วนการวิเคราะห์ภาพโดยโปรแกรมตรวจจับว่าพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าดูใกล้หลุดออกจากจอกล็อง โปรแกรมจะส่งคำสั่งให้ส่วนบอลหมุนกล็องกลับไปยังตำแหน่งที่ต้องการจับภาพ หากไม่ต้องการหมุนกล็องจะส่งคำสั่ง S เพื่อบอกให้ไม่ต้องหมุนในแกนนั้นๆ เกิดเมื่อพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าดูอยู่ที่จุดกึ่งกลางของกล็องแล้ว หรือเกิดเหตุขัดข้องอื่นๆ ทำให้ไม่สามารถประมวลผลภาพได้ในขณะนั้น

### 3.5 การพัฒนาการประมวลผลภาพ (Image processing)

#### 3.5.1 การพัฒนาระบบการ stabilization จากภาพ

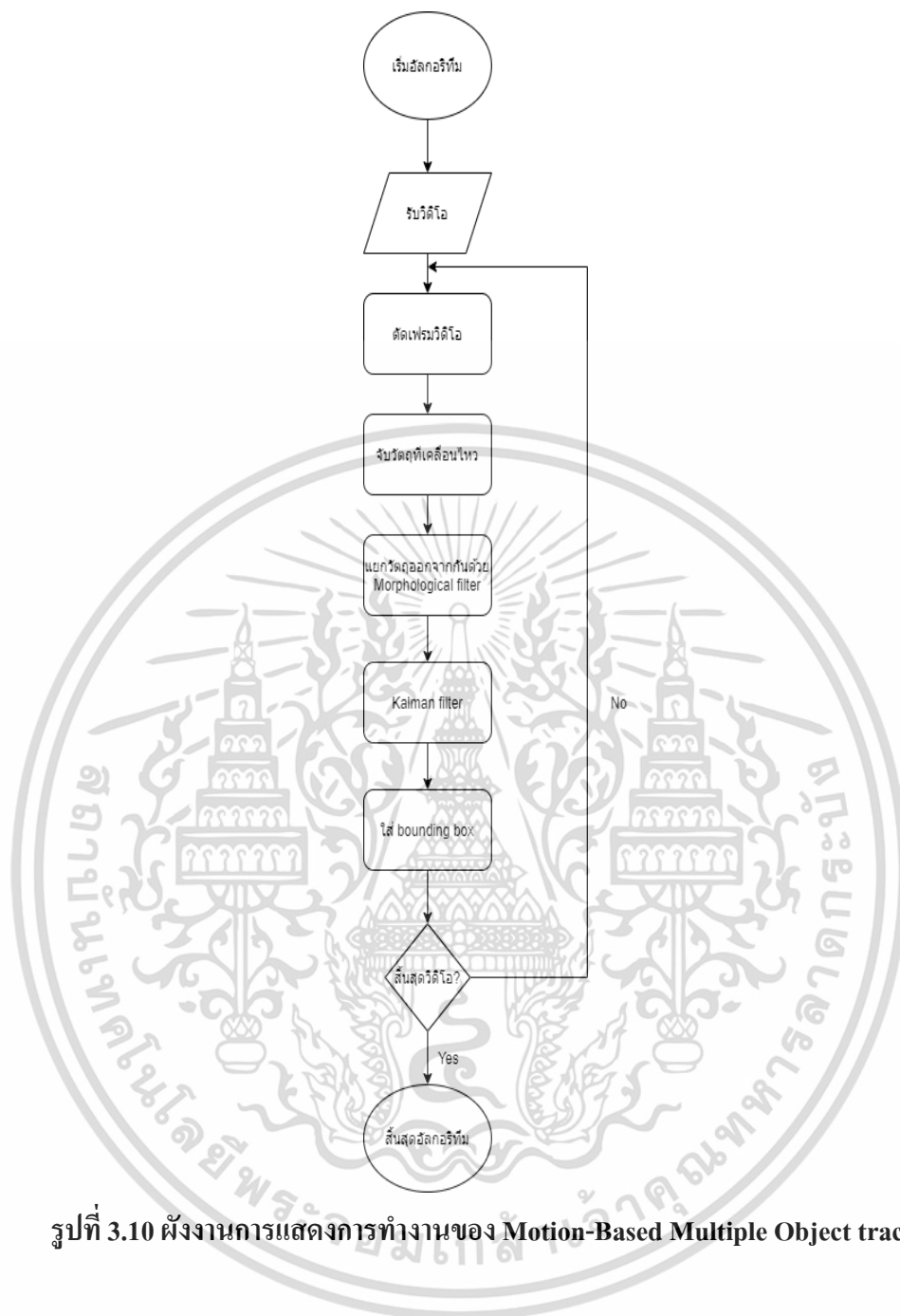


รูปที่ 3.9 ตัวอย่างการทำงานของการทำงาน stabilization (ซ้าย-ก่อน ขวา-หลังทำ)

ผู้จัดทำได้ใช้ไลบรารี vidstab บน python ในการทำการ stabilization ให้ภาพนิ่ง ซึ่งภาพที่ใช้ในการประมวลผลมีขนาด 840\*840 พิกเซล โดยจะใช้เวลาในการประมวลผลโดยเฉลี่ยเฟรมละ 6 ms จากรูปตัวอย่างการทำงานจากรูปที่ 4.7 ทางฝั่งซ้ายเป็นภาพก่อนการทำ stabilization และทางฝั่งขวาเป็นภาพหลังจากการทำ stabilization โดยเฟรมตัวอย่างที่แสดงเป็นเฟรมที่ต่อเนื่องกันจำนวน 4 เฟรม

#### 3.5.2 Motion-Based Multiple Object tracking

เป็นตัวอย่างการทำงานการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ที่ทาง Matlab มีให้ศึกษา โดยจะมีหลักการทำงานดังผังงาน(Flowchart)ดังนี้



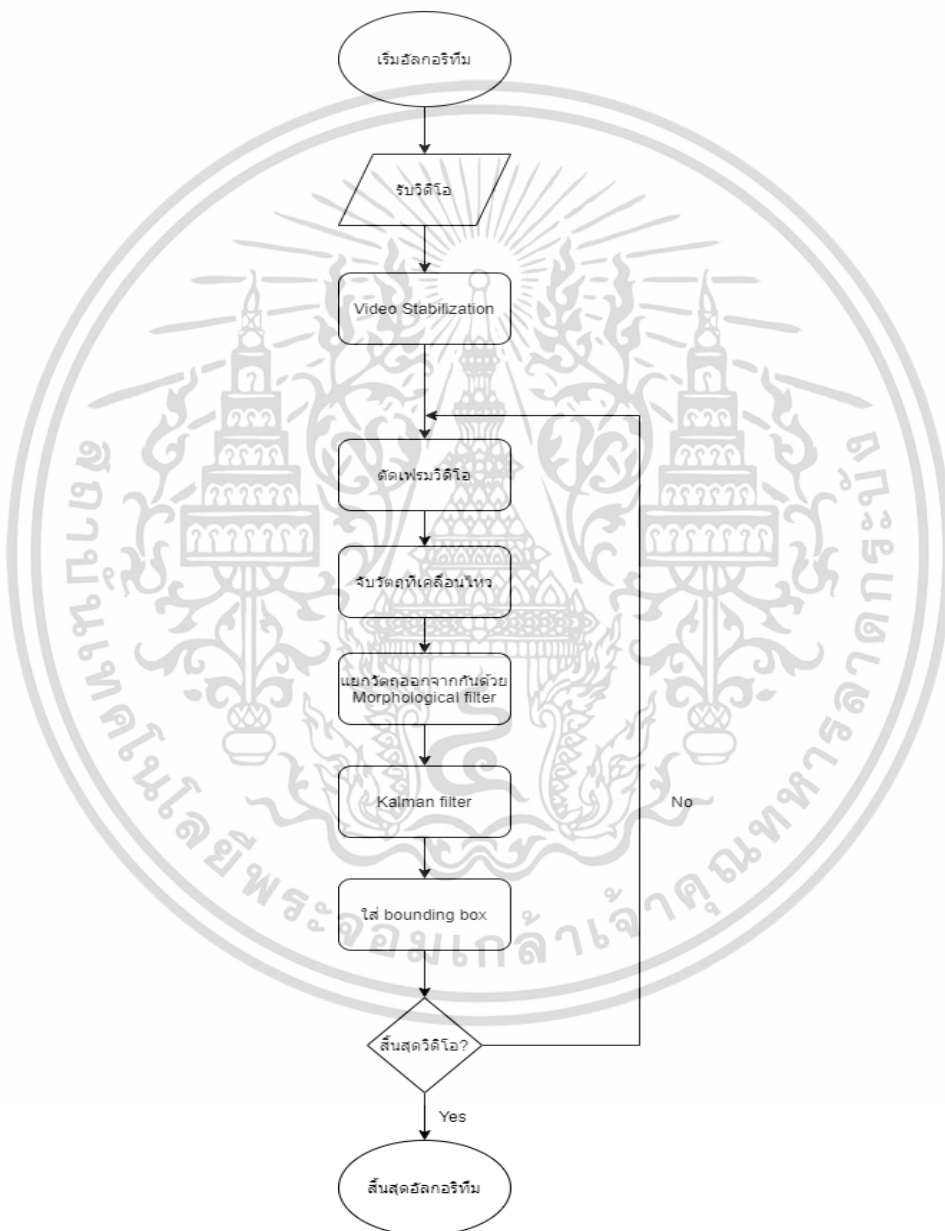
รูปที่ 3.10 ผังงานการแสดงผลการทำงานของ Motion-Based Multiple Object tracking

จากภาพผังงาน การทำงานจะเริ่มจากการที่รับวิดีโอเข้ามาแล้วทำการตัดเฟรมวิดีโอมา เพื่อทำการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ จากนั้นทำการแยกวัตถุออกจากกันและลบ Noise ด้วยการทำ Morphological opening จากนั้นทำการสร้าง kalman filter ขึ้นมาเพื่อทำนายการเคลื่อนไหวกของวัตถุ ในภาพซึ่งในขั้นตอนนี้จะสามารถตัด noise จากการตรวจจับที่ผิดพลาดได้บางส่วน และทำการตีกรอบรอบวัตถุที่พบในภาพ และหลังจากนั้นทำกับทุกภาพในวิดีโอพบว่าความแม่นยำจะลดลงเมื่อ

มีจำนวนคนในวิดีโอมากขึ้น และไม่สามารถทำงานกับวิดีโอที่ไม่นิ่งได้เพราะว่าการตรวจจับจากการเคลื่อนไหว

### 3.5.3 Motion-Based Multiple Object tracking with stabilization

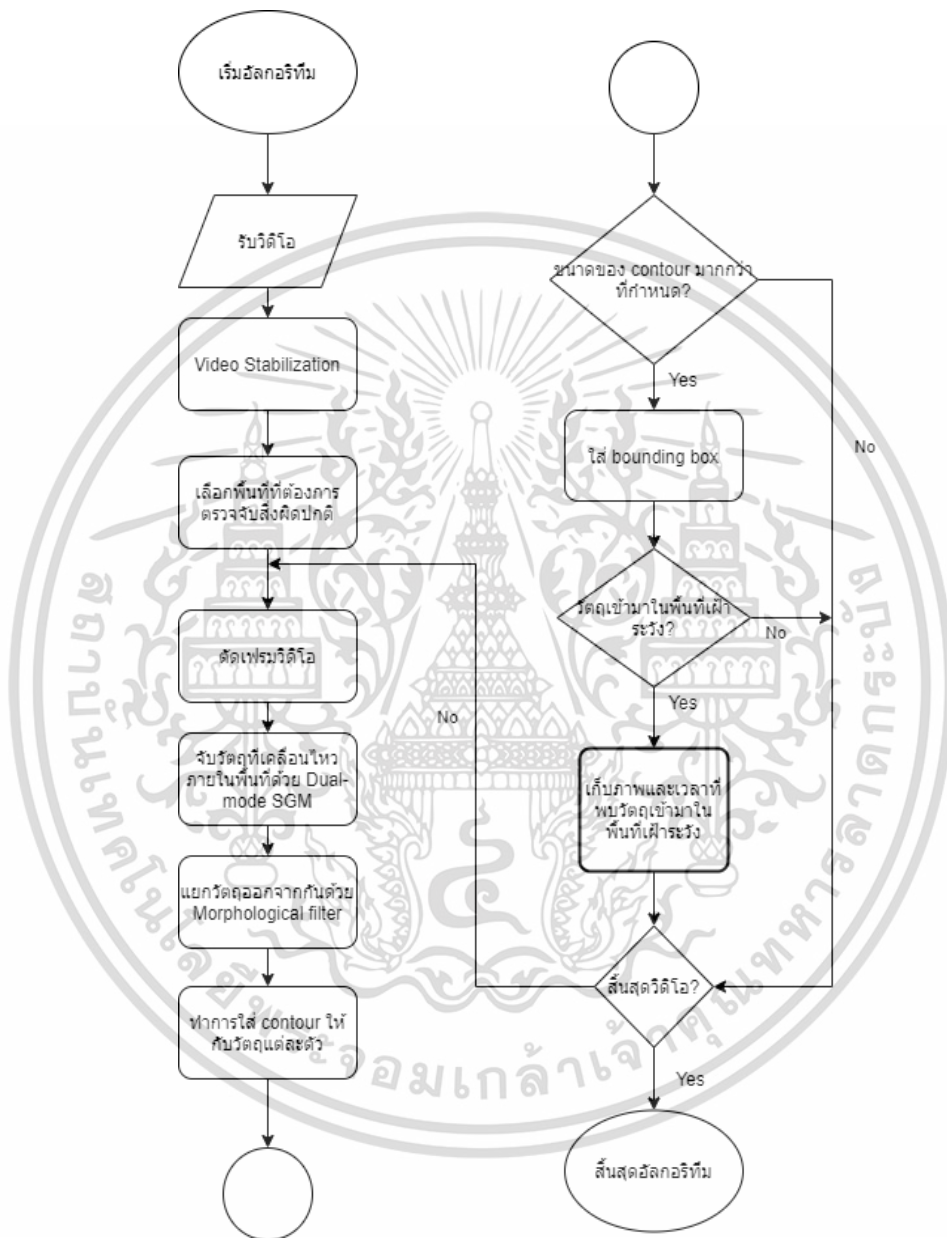
ได้ทำการเพิ่มขั้นตอนการทำงานการstabilizeเข้าไปก่อนที่จะมีการประมวลผลเพื่อตรวจจับวัตถุในวิดีโอ



รูปที่ 3.11 ฟังงานการแสดงผลการทำงานของ Motion-Based Multiple Object tracking + stabilization

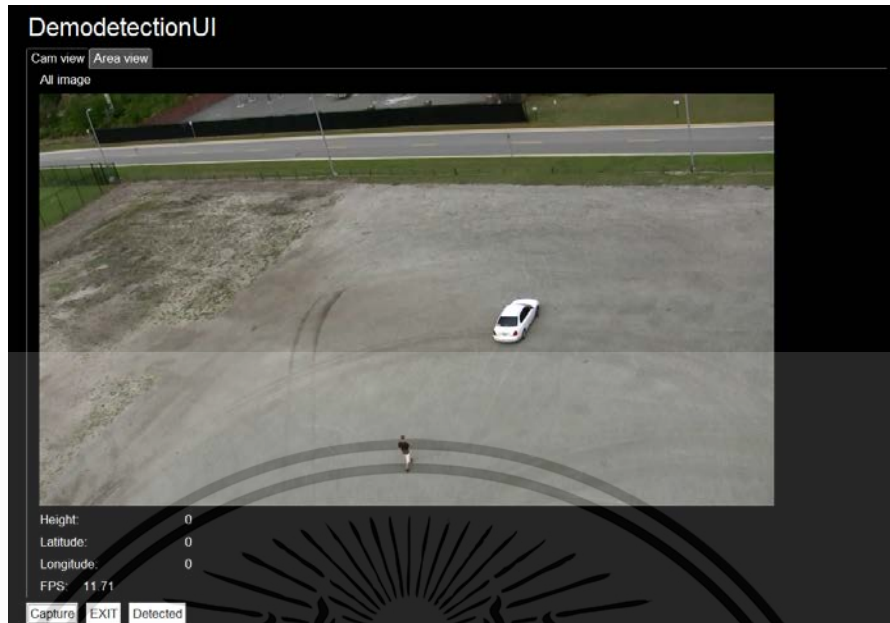
จากการใช้ Stabilizer เข้าช่วย พบว่าสามารถทำให้ใช้การตรวจจับกับวิดีโอที่ถ่ายจากกล้องที่ไม่นิ่งได้ระดับหนึ่ง

**3.5.4 Area based Motion-Based Multiple Object tracking with stabilization**



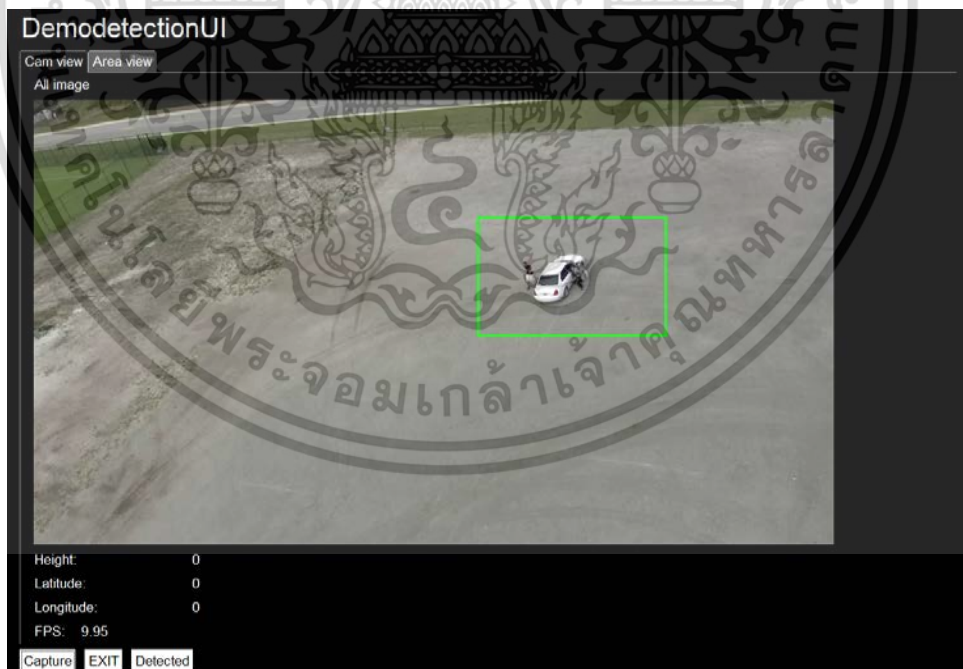
รูปที่ 3.12 ผังงานการแสดงผลการทำงานของ Area based Motion-Based Multiple Object tracking with stabilization

เป็นการตรวจจับวัตถุเคลื่อนที่ในพื้นที่สนใจด้วยการเลือกพื้นที่ก่อนและติดตามพื้นที่ด้วย Tracker แล้วทำการตรวจจับสิ่งที่เคลื่อนไหวภายในกรอบพื้นที่ที่เลือก



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างการทำงานของการทำงานของการเลือกพื้นที่และตรวจจับสิ่งผิดปกติ 1

จากรูปข้างต้นเป็นการอ่านไฟล์วิดีโอแล้วทำการเลือกพื้นที่ที่ต้องการเฝ้าระวัง



รูปที่ 3.14 ตัวอย่างการทำงานของการทำงานของการเลือกพื้นที่และตรวจจับสิ่งผิดปกติ 2

หลังจากทำการเลือกพื้นที่เฝ้าระวังจะเริ่มทำการตรวจจับว่ามีสิ่งผิดปกติใดเข้ามาในพื้นที่

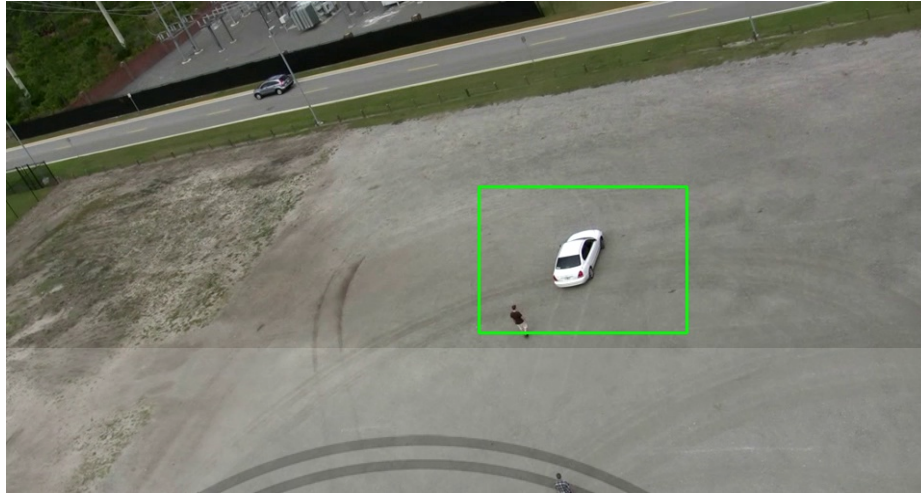


รูปที่ 3.15 ตัวอย่างการทำงานของการทำงานของการเลือกพื้นที่และตรวจจับสิ่งผิดปกติ 3

เมื่อพบสิ่งผิดปกติจะมีการขึ้นว่าตรวจพบและเวลาที่ตรวจพบหลังจากนั้นเก็บภาพที่ตรวจพบสิ่งผิดปกติโดยตั้งชื่อไฟล์เป็นเวลาที่จับสิ่งผิดปกติได้ซึ่งจะตรวจจับที่ขอบของพื้นที่ฝ้าระวัง



รูปที่ 3.16 ตัวอย่างภาพที่เก็บเมื่อพบสิ่งผิดปกติ 1



รูปที่ 3.17 ตัวอย่างภาพที่เก็บเมื่อพบสิ่งผิดปกติ 2

สิ่งที่พบจากการทำงานของอัลกอริทึมนี้ คือก่อนที่จะเลือกเฟิร์สวางพื้นที่ จะได้เฟรมเรทเฉลี่ยที่ 11 และหลังจากทำการเลือกพื้นที่เฟิร์สวางแล้วเฟรมเรทจะลดลงเหลือเฉลี่ยที่ 8 โดยใช้เวลาประมวลผลเฟรมละ 0.125 วินาที

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

จากที่การวิเคราะห์ระบบประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูง ทำให้ทราบถึงการทำงานของระบบจึงทำให้เกิดการพัฒนาและทดสอบระบบประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูงซึ่งเกิดจากทำงานรวมกันของ 3 ส่วนโดยมี การควบคุมกล้องและกิมบอล , การติดต่อสื่อสาร และการประมวลผลภาพ โดยจะทดสอบกับการติดตั้งอุปกรณ์บนบอลูน ดังต่อไปนี้

- 1) การทำงานของกล้องและการหมุนของกิมบอล (gimbal)
- 2) การติดต่อสื่อสารข้อมูล
- 3) การประมวลผลภาพ (Image processing)
- 4) การทดลองจริง

#### 4.1 การทดสอบบอลูน

##### 4.1.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- 1) เพื่อทดสอบความสูงของบอลูนที่สามารถปล่อยได้ในลมสงบ
- 2) เพื่อทดสอบน้ำหนักที่บอลูนสามารถบรรทุกได้ในลมสงบ
- 3) เพื่อทดสอบน้ำหนักที่บอลูนสามารถบรรทุกได้
- 4) เพื่อบันทึกตัวอย่างภาพจากบอลูนโดยไม่ผ่านการส่งข้อมูล

##### 4.1.2 ข้อมูลสภาพแวดล้อม

- 1) สถานที่ทดลอง : ชายทะเล อ.แก่ง จ.ระยอง
- 2) ความเร็วลม : 1-2 เมตร/วินาที
- 3) อุณหภูมิ : ระหว่าง 33-35 องศาเซลเซียส
- 4) พื้นที่ : 500 ม. x 500 ม. หรือประมาณ 155ไร่

### 4.1.3 วิธีการทดสอบ



รูปที่ 4.1 ปล่อยบอลสูงความสูง 100 เมตร

- 1) ติดกล้องบนบอลสูงเพื่อทดสอบการเก็บภาพ แต่ไม่ได้ติดอุปกรณ์อื่นเนื่องจากมีน้ำหนักมาก ทำให้การปล่อยบอลสูง
- 2) ปล่อยบอลสูงในสถานที่ที่กำหนด สถานที่ปล่อยบอลสูงมีสภาพพื้นที่กว้างโล่ง ในขณะที่ปล่อยบอลสูงมีลมสงบ
- 3) ปล่อยบอลสูงเพื่อทดสอบการเก็บภาพที่ความสูง 50 เมตร ตามด้วยความสูง 100 เมตร

- 4) ปล่อยบอลลูนขึ้นเรื่อยๆ โดยสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นกับบอลลูนและบันทึกผล
- 5) เมื่อเสร็จการทดสอบระบบทั้งหมด ชั่งน้ำหนักที่บอลลูนสามารถบรรจุได้เมื่อปล่อยเวลาผ่านไปหลังเติมลมจนเต็มบอลลูน และบันทึกผล

#### 4.1.4 ผลการทดสอบ

- 1) ขณะปล่อยความสูงน้อยกว่า 100 เมตร บอลลูนลอยขึ้นด้านบนใกล้เคียงกับตั้งฉากกับพื้น โดยทำองศากับพื้นตั้งแต่ 65-80 องศา
- 2) ขณะปล่อยบอลลูนสูงกว่า 70 เมตร บอลลูนเริ่มขยับห่างออกจากผู้ปล่อยในแนวระดับมากขึ้น เชือกมีการห้อยเป็นลักษณะคล้ายกราฟไฮเปอร์โบล่า เรียกว่าตกท้องช้าง
- 3) เมื่อปล่อยบอลลูนสูงจากพื้นมากกว่า 100 เมตร บอลลูนทำองศากับพื้นน้อยลงเรื่อยๆ เริ่มขยับในแนวระดับมากขึ้น ปล่อยตัวขึ้นในแนวสูงน้อยลง โดยทำองศาต่ำสุดประมาณ 55 องศา เมื่อปล่อยความยาวเชือกมากกว่า 150 เมตร
- 4) หยุดการปล่อยบอลลูนเมื่อปล่อยได้ความสูง 122 เมตร ความยาวเชือก 150 เมตร เนื่องจากเชือกมีแรงดึงมาก
- 5) บันทึกการชั่งน้ำหนักของบอลลูนเมื่อเวลาผ่านไปได้ดังต่อไปนี้

ตาราง 4.1 น้ำหนักที่ยกได้ของบอลลูนเมื่อเวลาผ่านไป

วันที่	น้ำหนักที่ยกได้ (กรัม)
1	650
2	580
3	500
4	440
5	420

จากการทดสอบ 4.1 ทำให้ผู้ทดลองทราบว่า

- 1) เชือกบอลลูนมีการตกท้องช้าง ทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดระยะกระจัดด้วยความยาวเชือก
- 2) เมื่อความสูงมากขึ้นจะมีลมแรง เป็นจุดที่ต้องคำนึงถึงเมื่อต้องการปล่อยบอลลูนสูงกว่า 100 เมตร
- 3) ทราบแนวโน้มการซึมออกของแก๊สฮีเลียมในบอลลูน ทำให้คำนวณการเติมแก๊สได้หากทำงานติดต่อกันเป็นเวลาหลายวัน

## 4.2 การทดสอบระบบ

### 4.2.1 วัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- 1) เพื่อทดสอบการทำงานของระบบ
- 2) เพื่อเก็บข้อมูลจริงที่นำมาใช้ประมวลผลภาพ

### 4.2.2 ข้อมูลสภาพแวดล้อม

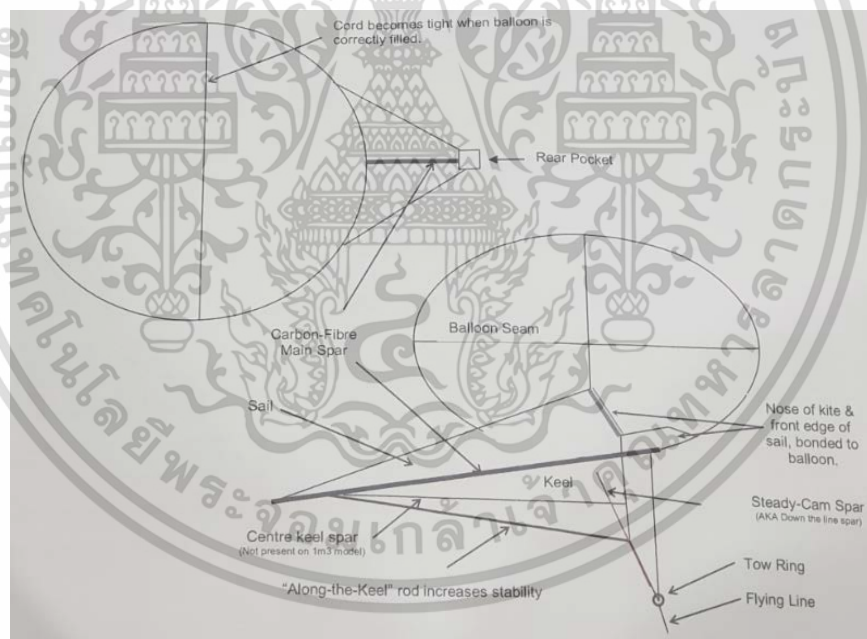
- 1) สถานที่ทดลอง : สวนทุเรียน อ.เขาชะเมา จ.ระยอง
- 2) ความเร็วลม : 3-6 เมตร/วินาที
- 3) อุณหภูมิ : ระหว่าง 35 - 42 องศาเซลเซียส
- 4) พื้นที่ : 700 ม. x 500 ม. หรือประมาณ 220 ไร่

### 4.2.3 วิธีการทดสอบ

- 1) ต่ออุปกรณ์โครงของบอลลูนตามโครงว่าวโดยใช้อุปกรณ์ที่กำหนดดังรูปที่ 4.11 และต่อตามคู่มือดังรูป 4.12 โครงว่าวดังกล่าวทำหน้าที่สร้างแรงยกให้กับบอลลูนเมื่อได้รับลม



รูปที่ 4.2 ชิ้นส่วนประกอบของบอลลูนส่วนโครงว่าว



รูปที่ 4.3 วิธีการต่อส่วนประกอบของบอลลูนส่วนโครงว่าว

หลังจากต่อโครงเสร็จสิ้นจะได้รูปออกตามดังรูปที่ 4.12 และ 4.13



รูปที่ 4.4 ภาพการต่อโครงว่าว (1)



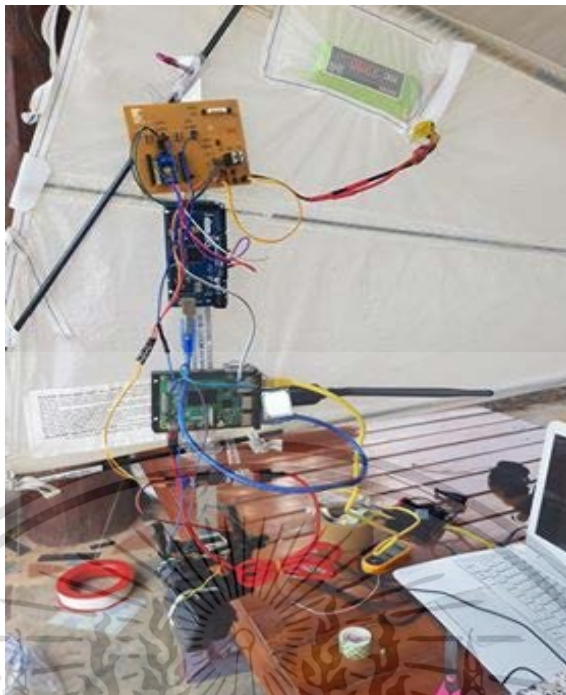
รูปที่ 4.5 ภาพการต่อโครงว่าว (2)

2) เติมแก๊สเข้าบอลูนขนาด 2 ลูกบาศก์เมตร โดยสังเกตว่าแก๊สที่เติมเข้าไปเต็มหรือไม่ สังเกตจากเชือกที่พันรอบบอลูนจะรัดบอลูนแน่น



รูปที่ 4.6 ภาพหลังเติมแก๊สเข้าบอลูน

3) ติดตั้งอุปกรณ์ Arduino mega , Raspberry pi ,Gimbal และกล้องบนบอลูน โดยทดลองการเชื่อมต่อโดยต่อสาย Lan จาก Raspberry pi เข้าที่คอมพิวเตอร์ที่สถานีภาคพื้นดินถ้าต่อกันสำเร็จจะเกิดการส่งภาพ ให้แก่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.7 การต่ออุปกรณ์บนบอลูน

4) นำบอลูนไปทำการเก็บภาพในสถานที่โล่ง ขณะปล่อยมีความเร็วลมวัดได้สูงสุด 6 เมตร/วินาที ปล่อยบอลูนความสูง 50 เมตร วัดจากเชือกที่ปล่อยและมุมที่ทำกับพื้นดินโดยเก็บข้อมูลจากการตั้งกรวยดักลมที่ความสูง 4 เมตรและการใช้ Anemometer วัดที่พื้นดิน



รูปที่ 4.8 รูปการปล่อยบอลูน และกรวยดักลม



รูปที่ 4.9 การวัดความเร็วลมด้วย Anemometer

#### 4.2.4 ผลการทดสอบ

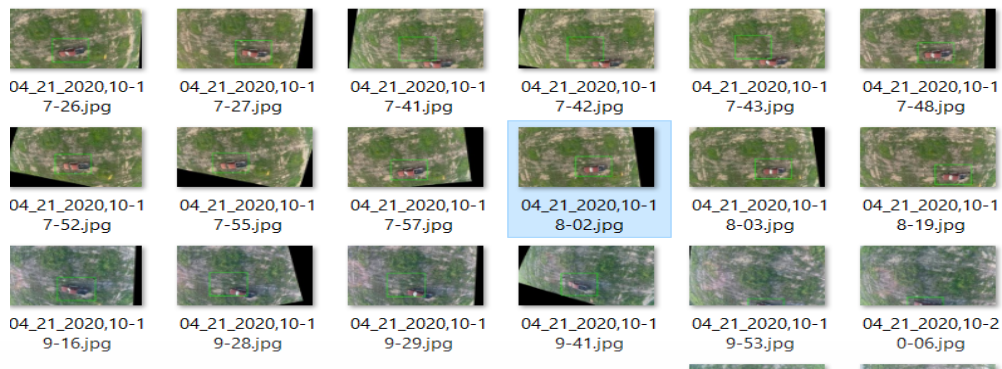
จากการทดสอบผู้จัดทำได้แบ่งผลการทดสอบเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์

##### 4.2.4.1 ฮาร์ดแวร์

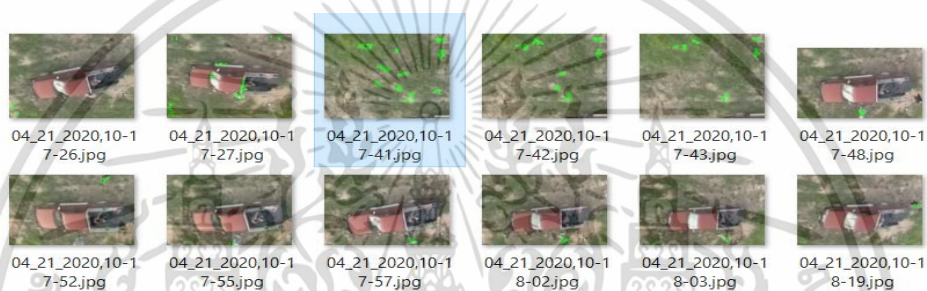
- 1) สามารถส่งภาพและคำสั่งได้ที่ระยะกระจัดไม่ต่ำกว่า 50 เมตร
- 2) สามารถทำงานอุปกรณ์ที่ใช้แบตเตอรี่ได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชม.
- 3) บอลูนสามารถบินได้ 3-4 วันก่อนแก๊สฮีเลียมระเหย จนไม่สามารถยกอุปกรณ์
- 4) สามารถส่งภาพที่ความละเอียดไม่ต่ำกว่า 840x840 พิกเซล

##### 4.2.4.2 ซอฟต์แวร์

- 1) สามารถส่งคำสั่งควบคุมกิมบอลให้หันตามพื้นที่เป้าหมายได้
- 2) สามารถตรวจจับสิ่งผิดปกติที่เข้ามาในพื้นที่เป้าหมายและเก็บประวัติ



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างภาพที่จับได้



รูปที่ 4.11 บันทึกการจับสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในเขตเฝ้าระวัง

พื้นที่ที่สามารถถ่ายได้อยู่ระหว่าง 340 เมตร x 340 เมตร เมื่อปล่อยบอลลูนสูง 30 เมตรและ 567 เมตร x 567 เมตร เมื่อปล่อยบอลลูนได้สูง 50 เมตร

จากภาพที่ได้จากการทำการทดลอง และการทำ ground truth จากภาพที่ได้ พบว่าความแม่นยำของภาพนี้ตามตาราง

ตาราง 4.2 การทำ ground truth

		True class		Measures
		Positive	Negative	
Predicted class	Positive	True positive <i>TP</i>	False positive <i>FP</i>	Positive predictive value (PPV) $\frac{TP}{TP+FP}$
	Negative	False negative <i>FN</i>	True negative <i>TN</i>	Negative predictive value (NPV) $\frac{TN}{FN+TN}$
Measures		Sensitivity $\frac{TP}{TP+FN}$	Specificity $\frac{TN}{FP+TN}$	Accuracy $\frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN}$

โดยนำตัวอย่างเฟรมจำนวน 100 เฟรมจากวิดีโอที่ได้จากการทดลองจริงมาใช้ในการตรวจสอบซึ่งสุ่มตัดมาใช้จำนวน 3470 เฟรมโดยกำหนดขนาดของวัตถุในเฟรมซึ่งจะได้

$$Accuracy = \frac{48 + 18}{48 + 18 + 11 + 23} = 0.66$$

## บทที่ 5

# สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

### 5.1 บทสรุปผลการดำเนินงาน

โครงการการประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูง เป็นโครงการที่มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจการจากที่สูงโดยใช้บอลูนมีภาพรวมระบบได้ มีการติดตั้งกล้องгимบอลและตรวจสอบสถานะต่างๆบนบอลูนทำหน้าที่ส่งภาพและสถานะให้กับสถานีภาคพื้นดิน ซึ่งทำหน้าที่กำหนดพื้นที่เฝ้าระวัง ซึ่งจะตรวจจับสิ่งผิดปกติและควบคุมให้กล้องหันเข้าหาพื้นที่เฝ้าระวังตลอดเวลาโดยอัตโนมัติ

โดยตลอดระยะเวลาการดำเนินงาน 2 ภาคการศึกษา ทางผู้จัดทำสามารถพัฒนาได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้โดยมีผลลัพธ์ดังนี้

ได้ระบบประมวลผลภาพสังเกตการณ์จากระยะสูงที่สามารถส่งคำสั่งควบคุม gimบอลให้หันทิศตามพื้นที่เฝ้าระวังได้เพื่อใช้ในการตรวจจับสิ่งผิดปกติที่เข้ามาในพื้นที่เฝ้าระวังและเก็บประวัติโดยบอลูนสามารถทำงานได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมงมีระยะเวลาส่งภาพในแนวระจระหว่างสถานีและบอลูนไม่ต่ำกว่า 50 เมตร โดยได้ภาพความละเอียด 840 \* 840 พิกเซล

## 5.2 ปัญหาที่พบและการแก้ไข

ตลอดการพัฒนาโครงการ ทางผู้ทำได้พบกับปัญหาและข้อจำกัดต่างๆดังต่อไปนี้

### 5.2.1 ระยะเวลาปล่อยบอลลูน

เนื่องจากข้อนำหนักที่สามารถบรรทุกได้โดยปลอดภัยของบอลลูน ทำให้ฝ่ายบอลลูนที่ทางกลุ่มใช้ไม่สามารถบรรทุกอุปกรณ์ส่งสัญญาณ wifi ที่มีระยะส่งไกลตามที่วางแผนไว้ได้ในการทดสอบ ทางกลุ่มได้ใช้อุปกรณ์ส่งสัญญาณที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาลงแทน ทำให้ระยะเวลาปล่อยบอลลูนถูกจำกัดไว้ที่ 50 เมตร

### 5.2.2 การเชื่อมต่อระหว่างสถานีภาคพื้นดินและอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนบอลลูนไม่เสถียรพอในระยะไกล

ในการทดลองเก็บภาพจริง ได้พบว่าการเชื่อมต่อระหว่างสถานีภาคพื้นดินและบอลลูนเกิดการขาดหายในบางช่วง จึงทำให้การส่งคำสั่งหมุนกิมบอล และการส่งภาพถ่ายลงมาประมวลผลภาพที่ทางฝั่งภาคพื้นดินเกิดการติดขัด ทำให้การประมวลผลภาพทำได้ไม่ดีเท่าที่ควรเนื่องจากได้ภาพที่เกิดการข้ามเฟรม ส่งผลให้คำสั่งสั่งผิดพลาด

## 5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

การพัฒนาโครงการต่อเพื่อให้ผลงานสามารถใช้งานได้จริง มีส่วนที่ต้องพัฒนาต่อดังต่อไปนี้

- 1) ออกแบบกล่องครอบอุปกรณ์ที่ป้องกันความเสียหายจากฝน โดยสมบูรณ์ และแข็งแรงทนทานจากการกระแทกและแรงสั่น
- 2) ใช้งานบอลลูนที่สามารถทำงานได้ที่ความสูงมากกว่า 500 เมตร
- 3) เพิ่มพลังงานแบตเตอรี่ในระบบบอลลูนให้สามารถทำงานได้นานมากกว่า 24 ชั่วโมง

**ภาคผนวก**  
**บรรณานุกรม**

TCP and UDP protocol. [Online]

Available: <https://www.vpnmentor.com/blog/tcp-vs-udp/>

UranusLink - Communication Protocol for UAV with Small Overhead and Encryption Ability.  
[Online]

Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896315008551>

Mathlab Team. 2019. Stabilization with Point feature. [Online]

Available: <https://in.mathworks.com/help/vision/examples/video-stabilization-using-point-feature-matching.html>

Mathlab Team. 2019. Feature Based Panoramic Image Stitching. [Online]

Available: <https://in.mathworks.com/help/vision/examples/feature-based-panoramic-image-stitching.html>

How to evaluate performance of prediction methods? Measures and their interpretation in variation effect analysis - Scientific Figure on ResearchGate. Available from:

[https://www.researchgate.net/figure/Contingency-matrix-and-measures-calculated-based-on-it-2x2-contingency-table-for\\_fig4\\_230614354](https://www.researchgate.net/figure/Contingency-matrix-and-measures-calculated-based-on-it-2x2-contingency-table-for_fig4_230614354) [accessed 23 Apr, 2020]

Israel Urieli, 2015. Hot air balloon.[Online].

Available:<https://www.ohio.edu/mechanical/programming/balloon/balloon.html>.

นายมาโนช ด่านพจน์. 2009. แรงลอยตัว.[Online].

Available:<https://sites.google.com/a/samakhi.ac.th/krumanoch/raeng-phyung>

วิฑิต วรรณเลิศลักษณ์. 2017. ฟิสิกส์บอลลูก.[Online].

Available:<https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7307-2017-06-14-15-22-05>

Kwang Moo Yi, Kimin Yun, Soo Wan Kim, Hyung Jin Chang, Hawook Jeong and Jin Young Choi, "Detection of Moving Objects with Non-stationary Cameras in 5.8ms: Bringing Motion Detection to Your Mobile Device," *2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, Portland, OR, 2013, pp. 27-34.

Marcomini, Leandro & Cunha, André. (2018). A Comparison between Background Modelling Methods for Vehicle Segmentation in Highway Traffic Videos.

