องค์ความรู้ตามภารกิจ
กรมโยธาธิการและผังเมือง
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๓

การสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ

(Unmanned Aerial Vehicle : UAV)

การจัดการความรู้ตามภารกิจ
ด้านการผังเมือง

องค์ความรู้ตามภารกิจ **ด้านการผังเมือง**

ดำเนินการจัดทำตามแผนการจัดการความรู้กรมโยธาธิการและผังเมือง (DPT KM Action Plan)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๓

โดย สำนักวิศวกรรมการผังเมือง
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๐๑ ๘๓๔๔
โทรสาร ๐ ๒๒๐๑ ๘๐๘๓
สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการพัฒนาเมือง
โทรศัพท์ ๐ ๒๒๙๙ ๔๖๒๙
โทรสาร ๐ ๒๒๙๙ ๔๖๒๘

พิมพ์ครั้งที่ ๑ สิงหาคม ๒๕๖๔
จำนวน ๔๐๐ เล่ม

พิมพ์ที่ บริษัท แอคชีฟ 888 จำกัด
โทรศัพท์ ๐๖ ๑๔๒๖ ๓๕๕๑
โทรสาร ๐ ๒๗๒๖ ๘๓๙๑

สงวนลิขสิทธิ์ตาม พ.ร.บ.ลิขสิทธิ์ พ.ศ. ๒๕๓๗ และที่แก้ไขเพิ่มเติม
การดำเนินการใดๆ ไม่ว่าบางส่วน หรือทั้งหมดของหนังสือเล่มนี้ ต้องได้รับอนุญาต
จากกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

คำนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการสำรวจและจัดทำแผนที่ ได้มีการพัฒนาและปรับรูปแบบการสำรวจที่แตกต่างไปจากการสำรวจในอดีตมาก ทั้งการสำรวจรังวัดด้วยเทคโนโลยีการระบุค่าพิกัดด้วยดาวเทียม GNSS และการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Arial Photogrammetry) โดยเฉพาะการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) ซึ่งเป็นผลมาจากการผลิตโดรน (Drone) หรืออากาศยานไร้คนขับ ให้มีขนาดกะทัดรัดในราคาไม่สูงนัก แต่มีประสิทธิภาพด้านการถ่ายภาพ กรมโยธาธิการและผังเมือง จึงมีแนวคิดในการนำ UAV มาประยุกต์ใช้ในการสำรวจและจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานตามภารกิจ ทำให้สามารถประหยัดเวลาและงบประมาณ อีกทั้งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลที่ทันสมัย นอกจากนี้กระบวนการประมวลผลภาพยังให้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพสูง สามารถนำไปต่อยอดในการจัดทำข้อมูลแผนที่รายละเอียดสูงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ได้เป็นอย่างดี

กรมโยธาธิการและผังเมือง จึงมอบหมายให้สำนักวิศวกรรมการผังเมืองดำเนินการตามแผนการจัดการความรู้ กรมโยธาธิการและผังเมือง (DPT KM Action Plan) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๓ ภารกิจด้านการผังเมือง จัดทำองค์ความรู้เรื่อง การสำรวจและจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งประกอบด้วยแนวคิดพื้นฐาน การวางแผน การสำรวจและการประมวลผลโดยกำหนดกระบวนการในการสำรวจและแนวทางการปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับงานด้านการสำรวจ รวมทั้งการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสนับสนุนหน่วยงานภายในกรมโยธาธิการและผังเมือง อีกทั้งยังได้ศึกษาข้อกำหนดและเกณฑ์ความถูกต้องของมาตรฐานงานสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายทางอากาศตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วศท.) และมาตรฐานของ American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) เพื่อพัฒนางานสำรวจและจัดทำแผนที่ดังกล่าวให้เป็นมาตรฐานสากล

กรมโยธาธิการและผังเมือง หวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นต่อไป

(นายพรพจน์ เพ็ญพาส)
อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

สารบัญ

หน้า

สารบัญ I

สารบัญตาราง III

สารบัญรูป IV

บทที่ 1. แนวคิดพื้นฐานของการสำรวจด้วยภาพถ่าย

1.1 วิวัฒนาการของการสำรวจด้วยภาพถ่าย 1

1.2 ประเภทของการรังวัดด้วยภาพถ่าย (Type of Photogrammetry) 18

1.3 ลักษณะของงานในการสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่าย 19

1.4 ประเภทของอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย 24

1.5 ส่วนประกอบของอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย 28

1.6 การแบ่งประเภทกล้องดิจิทัลและความถูกต้องเชิงตำแหน่งพิกัดจุดถ่ายภาพ 29

บทที่ 2. โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ

2.1 จุดควบคุมภาพถ่าย 31

2.2 วิธีการระบุค่าการจัดวางภายนอก 40

2.3 การคำนวณโครงข่ายสามเหลี่ยมแบบลำแสงเป็นบล็อค 41

บทที่ 3. การวางแผนการบินและการถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ

3.1 ความสูงบิน 44

3.2 GSD 46

3.3 ส่วนซ้อนและส่วนเกย 46

3.4 รูปแบบการบิน 47

3.5 การถ่ายภาพ 47

3.6 การตั้งค่าการถ่ายภาพ 48

3.7 คุณภาพของภาพถ่าย 49

3.8 จุดควบคุมภาพถ่าย GCP 51

3.9 การสร้างจุดควบคุมภาพถ่าย 52

3.10 ตำแหน่งและการกระจายตัวของจุดควบคุมภาพถ่าย 53

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4. การประมวลผลภาพถ่าย

4.1 การจับคู่ภาพเพื่อสร้าง Tie Points 58

4.2 การโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย 58

4.3 การสร้างพอยต์คลาวด์ 59

4.4 การสร้าง Mesh Model 60

4.5 การสร้าง True Orthophoto 60

4.6 แนวทางแก้ไขการประมวลผลภาพถ่ายไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด 60

บทที่ 5. การตรวจสอบความถูกต้องและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจและแผนที่

5.1 การตรวจสอบจากกระบวนการสำรวจ 62

5.2 การตรวจสอบจากจุดตรวจสอบ 62

5.3 คุณภาพพอยต์คลาวด์ 62

5.4 คุณภาพของภาพออร์โธจริง True Orthophoto 62

5.5 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจและแผนที่ 64

บทที่ 6. การประยุกต์ใช้การรังวัดด้วยภาพถ่าย

6.1 การใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 76

6.2 พอยต์คลาวด์ (Point Cloud) 78

6.3 การใช้แบบจำลองพื้นผิวสามมิติ 81

6.4 การประยุกต์ใช้กับงานอาคารและสิ่งปลูกสร้าง 85

เอกสารอ้างอิง 87

ภาคผนวก 88

- กฎหมายที่เกี่ยวข้อง 89
- ขั้นตอนการขออนุญาต 99
- ตัวอย่างแบบฟอร์มการขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ 102

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1-1	ความแตกต่างกันในรูปลักษณ์และความเหมาะสมในการเลือกใช้อากาศยานไร้คนขับ	28
1-2	แสดงการแบ่งประเภทของกล้องถ่ายภาพ	30
2-1	รายละเอียดเทคนิควิธีการรังวัดหาค่าพิกัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS)	36
4-1	เกณฑ์การตรวจสอบผลการประมวลผลขั้นตอนการจับคู่ภาพเพื่อสร้าง Tie points	58
4-2	การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย	59
4-3	เกณฑ์การตรวจสอบผลการประมวลผลขั้นตอนการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย	59
4-4	ตารางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการสร้างพอยต์คลาวด์	59
4-5	ตารางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการสร้าง Mesh Model	60
4-6	การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการสร้าง True Orthophoto	60
4-7	แสดงแนวทางการแก้ไขเมื่อประมวลผลไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด	61
5-1	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดินที่มาตราส่วนแผนที่ระดับต่างๆ	65
5-2	ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดินที่มาตราส่วนแผนที่ระดับต่างๆ	66
5-3	ค่ามาตรฐานความถูกต้องทางราบสำหรับข้อมูลแผนที่เชิงเลข	67
5-4	ค่ามาตรฐานความถูกต้องทางดิ่งสำหรับข้อมูลแผนที่เชิงเลข	68
5-5	ค่าชั้นความถูกต้องทางราบสำหรับงานแผนที่ภาพถ่าย	69
5-6	ตัวอย่างค่าความถูกต้องสำหรับข้อมูลแผนที่ภาพถ่าย	70

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	การแบ่งยุกต์ของการสำรวจด้วยภาพถ่าย	2
1-2	การวาดภาพด้วยทาบเงาโดยจิตรกรในอดีต	3
1-3(ก)	หลุยส์ ดาแกร์	4
1-3(ข)	กล้องถ่ายรูปที่คิดค้นโดย หลุยส์ ดาแกร์	4
1-3(ค)	กระบวนการถ่ายภาพของ หลุย ดาแกร์	4
1-4(ก)	โฌแซ็ฟ นีเซฟอร์ เนียปส์	5
1-4(ข)	ภาพถ่ายภาพใบแรกของโลกถูกถ่ายโดย โฌแซ็ฟ นีเซฟอร์ เนียปส์	5
1-5(ก)	โดมินิค ฟรานซิส ยีน อะราโก	5
1-5(ข)	พันเอกเอ็มเม โลส-ดาท์	5
1-6(ก)	แกสปาร์ด เฟลิกซ์ ทัวร์นาโซน์	6
1-6(ข)	นาด้าร์ขณะอยู่บนบอลลูนเพื่อถ่าย	6
1-6(ค)	ภาพถ่ายทางอากาศเมืองปารีสในปี ค.ศ. 1860	6
1-7(ก)	ร้อยเอกดีวิลด์	7
1-7(ข)	กล้องถ่ายภาพสำหรับทำแผนที่	7
1-7(ค)	ถ่ายภาพเพื่อสำรวจภูมิประเทศ	7
1-7(ง)	ภาพถ่ายที่ได้สำหรับใช้ในภารกิจด้านการสำรวจรังวัด	8
1-8(ก)	กล้องถ่ายภาพทางอากาศติดอกนกพิราบ (Breast-mount Aerial Camera)	9
1-8(ข)	ภาพถ่ายขนาด 70 mm ซึ่งกล้องดังกล่าวได้ถูกออกแบบไว้ให้ถ่ายทุกๆ 30 วินาที	9
1-9(ก)	พี่น้องตระกูลไรท์ (Wright brothers)	10
1-9(ข)	ในปี ค.ศ. 1909 ได้มีการบินถ่ายภาพครั้งแรกที่กรุงโรม	10
1-10	เครื่อง Stereo Comparator ในยุค Analogue Photogrammetry	11
1-11	ภาพถ่ายทางอากาศที่แสดงพื้นที่สนามรบสงครามโลกครั้งที่ 1	11
1-12	ภาพถ่ายทางอากาศสถานีปล่อยจรวด V2 ที่เมือง Peenemunde ประเทศเยอรมนี ในยุคสงครามโลกครั้งที่ 2	13
1-13	เครื่อง Ziess Planicomp P3 ซึ่งเป็นเครื่อง Stereo Plotter ในยุค Analytical Photogrammetry	14

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
1-14	เครื่อง Stereo Plotter ในยุค Digital Photogrammetry	15
1-15	การผสมผสานเทคโนโลยี GPS และ IMU และกล้อง Leica ADS40 เข้าไว้ด้วยกันเพื่อใช้ในการบินถ่ายภาพดิจิทัล	16
1-16(ก)	อากาศยานไร้คนขับรุ่น MAVIC 2 Pro	17
1-16(ข)	อากาศยานไร้คนขับรุ่น MAVIC 2 Pro	17
1-16(ค)	เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS	17
1-16(ง)	ใช้ซอฟแวร์ Pix4D ในการประมาลผลภาพเพื่อให้ผลลัพธ์เป็นแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ	17
1-17	การเก็บบันทึกข้อมูลค่าพิกัดฉากสามมิติ (X, Y, Z)	19
1-18	ตัวอย่างกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud)	20
1-19	ตัวอย่างของข้อมูลราสเตอร์ที่เก็บความสูงของลักษณะภูมิประเทศ DSM และ DEM หรือ DTM	21
1-20	ความสัมพันธ์ระหว่าง DSM ซึ่งมีการหักลบความสูงเพื่อผลิต DEM และ DTM	21
1-21	แผนที่ภาพถ่ายออร์โธ (Ortho photo Map)	22
1-22	แผนที่ลายเส้น (Line Map)	23
1-23	อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง (Fixed Wing)	25
1-24	อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน (Multirotor)	26
1-25	อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุนเดี่ยว (Single-Rotor Helicopter)	27
1-26	อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid)	27
2-1	ตัวอย่างการวางจุดควบคุมภาพถ่าย	32
2-2	เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบมือถือ (Handheld GNSS)	33
2-3	เครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบความถี่เดียว (Single Frequency Receiver)	34
2-4	เครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบสองความถี่และหลายระบบดาวเทียมนำหน (Dual-Frequency Receiver and Multi-GNSS Receiver)	35
2-5	การรังวัดแบบสถิต (Static Survey)	37
2-6	การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey)	38
2-7	การรังวัดแบบจลน์ทันทีทันใด (Real-time Kinematic Survey: RTK)	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2-8	ตัวอย่างค่าการจัดวางภายนอกของภาพถ่าย	40
2-9	แสดงการเชื่อมโยงจุดผ่านและจุดโยงยึด	42
2-10	แสดงตำแหน่งการกระจายตัวที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการคำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ	43
3-1	ตัวอย่างการซ้อนกันของภาพถ่าย	46
3-2	รูปแบบการบินแบบทั่วไป และรูปแบบการบินแบบดับเบิ้ลกริด	47
3-3	ภาพเปรียบเทียบผลจากความเร็วชัตเตอร์ที่ต่างกัน	48
3-4	แสดงตัวอย่างสัดส่วนของภาพถ่าย	49
3-5	ภาพเปรียบเทียบสัญญาณรบกวนภาพ (noise) จากการตั้งค่า ISO สูง	50
3-6	ภาพเปรียบเทียบการปรับค่าสมดุลแสงขาว (White balance) ที่แตกต่างกัน	51
3-7	แสดงตัวอย่างการวางจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ	51
3-8	แสดงรูปร่างจุดควบคุมภาพถ่ายรูปกากบาทและรูปวงกลม	52
3-9	แสดงตัวอย่างสีและรูปร่างของผ้าใบในการทำจุดควบคุมภาพถ่าย	53
3-10	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Consumer Grade แบบที่ 1	54
3-11	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Consumer Grade แบบที่ 2	54
3-12	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Consumer Grade แบบที่ 3	55
3-13	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Professional Grade แบบที่ 1	55
3-14	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Professional Grade แบบที่ 2	56
3-15	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Professional Grade แบบที่ 3	56
3-16	ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Survey Grade แบบที่ 1	57
5-1	ภาพตัวอย่าง Orthophoto ที่มีความผิดเพี้ยน	63
5-2	ภาพตัวอย่างเปรียบเทียบ Orthophoto กับ True Orthophoto	63
5-3	ภาพตัวอย่าง Orthophoto ปรับคุณภาพของสีและความสว่าง	64
6-1(ก)	DJI Mavic 2 Pro	72
6-1(ข)	เครื่องรังวัดพิกัดด้วยการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS)	73
6-1(ค)	โปรแกรม Pix4Dcpture	73

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

6-1(ง) Photoscan Pix4Dmapper 74

6-2 FLOW CHART การสำรวจทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ 75
ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

6-3 ตัวอย่างงานปักแนวถนนโครงการคมนาคมสาย ค10 จังหวัดสระบุรี 77

6-4 ตัวอย่างงานจัดรูปที่ดินจังหวัดอุตรดิตถ์ 78

6-5 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ 78

6-6 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ จำแนกเฉพาะพื้นผิวดิน 79

6-7 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ จำแนกเฉพาะพื้นผิวถนน 80

6-8 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ จำแนกเฉพาะต้นไม้ใหญ่และสิ่งปลูกสร้าง 80

6-9 ตัวอย่างการใช้ DEM จำลองพื้นที่น้ำท่วมเขตพื้นที่จัดรูปนครสวรรค์ 82

6-10 ตัวอย่างการใช้ DEM จำลองพื้นที่รับน้ำและทางน้ำไหลเขตพื้นที่จัดรูปนครสวรรค์ 82

6-11 ตัวอย่างการหาปริมาตรของงานดินขุดดินถม 83

6-12 ตัวอย่างการใช้ DEM ในการผลิต Profile & Cross section งานถนนโครงการจัดรูปอุตรดิตถ์ 84

6-13 ตัวอย่างการส่งออกข้อมูล Profile & Cross section 84
เพื่อการออกแบบงานถนนโครงการจัดรูปอุตรดิตถ์

6-14 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติอาคารกรมโยธาธิการและผังเมืองถนนพระราม 9 85

6-15 ตัวอย่างการวัดขนาดและมิติของอาคารจากแบบจำลองสามมิติ 86

บทที่ 1
แนวคิดพื้นฐานของการสำรวจด้วยภาพถ่าย

การรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) หรือการสำรวจด้วยภาพถ่าย เป็นศาสตร์การรังวัดเพื่อให้ได้มาซึ่งตำแหน่งพิกัดของวัตถุต่างๆ จากการแปลข้อมูลจากภาพถ่ายที่เก็บลักษณะทางกายภาพของวัตถุนั้นๆ ที่มาของคำว่า Photogrammetry นั้นประกอบจากคำภาษากรีก 3 คำ คือ Photo หมายถึงแสง Grammar หมายถึงการภาพที่วาดหรือเขียนขึ้น และ Metron หมายถึงการวัด ดังนั้นถ้าแปลตรงตัว ตามรากศัพท์คำว่า Photogrammetry หมายถึงการวัดบนภาพที่วาดขึ้นมาจากแสง ทั้งนี้จะต้องผ่านกระบวนการบันทึกเพื่อเก็บสิ่งที่วาดขึ้นจากแสงในรูปแบบของภาพถ่าย ซึ่งอาจจะเป็นการบันทึกในรูปแบบของฟิล์ม (Film) กระดาษอัดภาพ (Photograph) โดยในปัจจุบันการถ่ายภาพจะถูกบันทึกบนเซนเซอร์รับภาพ (Sensor) แล้วจะเก็บเป็นภาพถ่ายดิจิทัล (Digital Image) แต่ไม่ว่าจะเป็นภาพถ่ายลักษณะใดก็ตามจะต้องเข้าสู่กระบวนการรังวัด (Measurement) การแปลความหมาย และการประมวลผลแต่ละจุดภาพโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล (Digital Image Processing Technology)

การสำรวจด้วยภาพถ่ายนอกจากจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงานแผนที่ได้อย่างดีแล้ว ยังสามารถประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมโยธาและด้านอื่นๆ ได้อย่างกว้างขวาง โดยที่ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการถ่ายภาพและคอมพิวเตอร์มีความก้าวหน้าอย่างมาก ควบคู่กับเทคโนโลยีการรังวัดด้วยระบบดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS) ส่งผลให้ขีดความสามารถในการผลิตและประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายได้อย่างรวดเร็วและตรงตามความต้องการใช้งาน

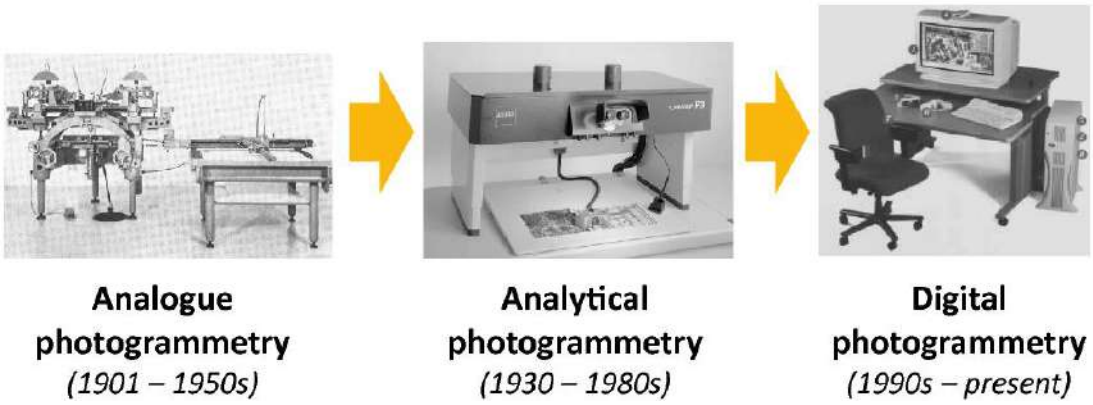
1.1 วิวัฒนาการของการสำรวจด้วยภาพถ่าย

ในยุคอุตสาหกรรม 4.0 ที่ทุกวงการล้วนแล้วแต่จะต้องเผชิญอยู่กับสภาพการแข่งขัน การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับถือเป็นอีกหนึ่งเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมอย่างสูง โดยเข้าไปมีบทบาทในหลายภาคส่วน เช่น วิศวกรรมการทาง วิศวกรรมการเกษตร หรือแม้กระทั่งวงการภูมิสารสนเทศเองก็ตาม และการที่จะนำเอาเทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายไปใช้ได้อย่างลึกซึ้งและเข้าใจได้อย่างดีพอนั้น ความรู้ถึงที่มาและวิวัฒนาการของการสำรวจด้วยภาพถ่ายก็มีส่วนสำคัญไม่น้อย ทั้งนี้ ผู้เขียนสามารถแบ่งการอธิบายออกได้เป็น 3 ยุค ด้วยกัน คือ

(1) ยุคการสำรวจด้วยภาพถ่ายแบบอนาล็อก (Analogue Photogrammetric Era) เป็นยุคที่ได้มีการพัฒนาเครื่องมือต่างๆ ตั้งแต่กล้องถ่ายภาพพร้อมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบสำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่าย พาหนะที่ใช้ในการบินถ่ายภาพ เครื่องมือกลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์และร่างแผนที่ และทฤษฎีการรังวัดบนภาพถ่ายก็ได้เริ่มถือกำเนิดขึ้นที่ยุคนี้ด้วยเช่นกัน

(2) ยุคการสำรวจด้วยภาพถ่ายเชิงวิเคราะห์ (Analytical Photogrammetric Era) เป็นยุคที่ได้มีการนำพัฒนาเทคนิคด้านการคำนวณต่างๆ ควบคู่ไปกับการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ โดยเน้นไปที่การผสมผสานเอาคอมพิวเตอร์กับเครื่องมือกลที่ใช้ในการวิเคราะห์เข้าไว้ด้วยกัน ถือเป็นยุคแห่งการเปลี่ยนผ่านที่สำคัญในการขยับปรับเปลี่ยนงานด้านการสำรวจด้วยภาพถ่ายไปสู่กระบวนการคำนวณที่ซ้อนมากยิ่งขึ้น

(3) ยุคการสำรวจด้วยภาพถ่ายดิจิทัล (Digital Photogrammetric Era) เป็นยุคที่นำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ดิจิทัลต่างๆ มาใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการทำงาน มีพัฒนาการอย่างก้าวกระโดด ส่งให้การสำรวจด้วยภาพถ่ายกลายเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทไปสู่ทุกวงการที่ต้องการใช้แผนที่เป็นฐานในการพัฒนา ในยุคนี้มีการพัฒนาผสมผสานเอาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลเข้าไว้ด้วย และ ทฤษฎีที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลต่างๆ ได้ถูกพัฒนาขึ้นในยุคนี้



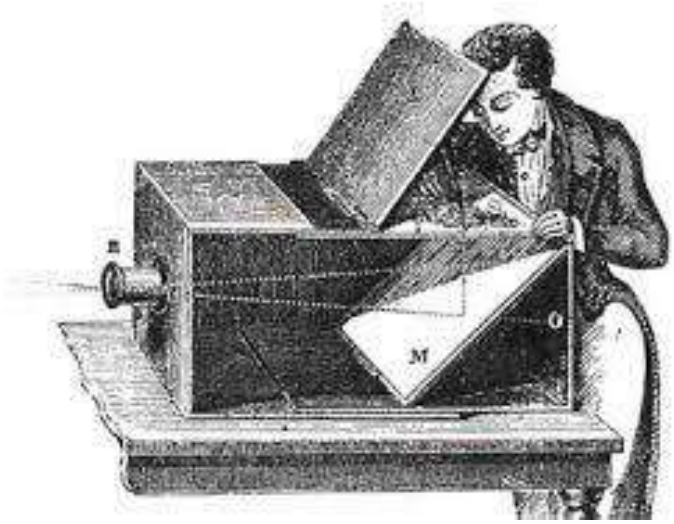
รูปที่ 1-1 การแบ่งยุคต์ของการสำรวจด้วยภาพถ่าย [1]

1.1.1 ยุคการสำรวจด้วยภาพถ่ายแบบอนาล็อก (Analogue Photogrammetric Era)

การถ่ายภาพนั้นมีพัฒนาการที่นำมาสู่วิทยาการของงานสำรวจด้วยภาพถ่ายที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้เริ่มมานานแล้ว ก่อนที่จะมีการประดิษฐ์คิดค้นการถ่ายภาพเสียอีก กล่าวคือ เมื่อเวลาประมาณ 350 ปีก่อนคริสต์ศักราชได้มีนักปราชญ์ชาวกรีก ชื่อว่า อริสโตเติล (Aristotle) ได้กล่าวถึงวิธีการฉายเงาด้วยระบบทัศนูปกรณ์ไว้ แล้วเมื่อประมาณปี ค.ศ. 1480 ลีโอนาโด ดาวินชี (Mr.Leonardo da Vinci. ศ.ศ. 1452-1519) ได้อธิบายถึงหลักพื้นฐานของปรากฏการณ์การฉายผ่านศูนย์ (Perspective Projection) แล้วมีลำดับขั้นของการพัฒนาขึ้นเป็นหลักการของภาพทิวทัศน์สามารถนำมาใช้ในการวาดภาพ โดยในปี ค.ศ. 1525 ได้มี อัลเบรชท์ ดูเรอร์ (Mr.Albrecht Direr, ค.ศ. 1471-1528) นักวาดภาพได้คิดประดิษฐ์เครื่องช่วยเขียนภาพแบบการฉายผ่านศูนย์ (Perspective Projection) ดังปรากฏในหลักฐานจากวรรณกรรมเรื่อง “La Perspective Curieuse

[1] ที่มา : Fundamentals of Photogrammetry

(Curious Perspectives)” ซึ่งนิพนธ์โดย ฌอง ฟรังซัวร์ นีซีรง (Mr.Jean- Francois Niceron, ค.ศ. 1613-1646) ในปี ค.ศ. 1638 และพัฒนาต่อยอดเป็นกล้องทาบเงา (Cameras- Obscura) เพื่อไว้ให้จิตรกรสามารถวาดภาพจากแสดงที่ปรากฏได้ดังรูปที่ 1-2 ซึ่งถือเป็นรากฐานของการวาดภาพด้วยแสง หลังจากนั้น ในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 18 ดร.บรุค เทเลอร์ (Dr Brook Taylor, ค.ศ. 1685-1731) ตีพิมพ์หนังสือเรื่อง “Line Perspective" ซึ่งในเวลาต่อมา โยฮัน เฮนริช แลมเบิร์ต (Mr.Johann -Heinrich Lambert, ค.ศ. 1728-1777) นักคณิตศาสตร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ได้เสนอหลักการว่า ภาพทิวทัศน์ (Perspective View) ควรจะนำมาใช้ในการเตรียมและจัดทำแผนที่



รูปที่ 1-2 การวาดภาพด้วยทาบเงาโดยจิตรกรในอดีต (ดัดแปลงจาก Jensen, 2007)

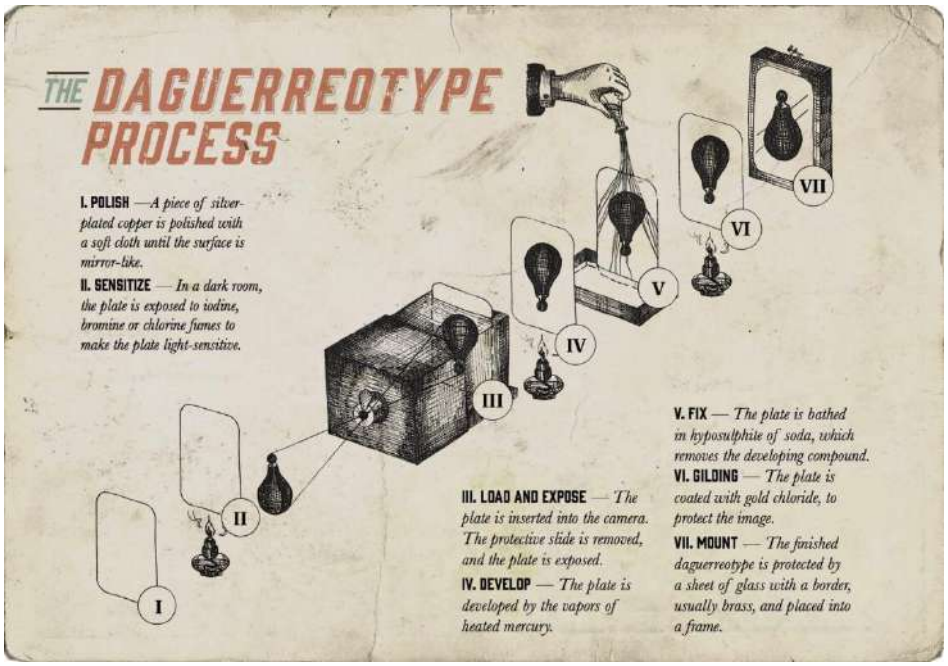
การวาดภาพด้วยแสงได้มีการพัฒนาเป็นลำดับอย่างต่อเนื่อง โดยในปี ค.ศ. 1839 เมื่อ หลุยส์ ดาแกร์ (Mr.Louis Jacques Mande Daguerre, ค.ศ. 1787-1851, รูปที่ 1-3(ก)) แห่งปารีสได้คิดค้นกล้องถ่ายภาพ ดังรูปที่ 1-3(ข) และเปิดเผยกรรมวิธีการถ่ายภาพของเขาออกมา ซึ่งจะกระทำบนแผ่นโลหะที่ฉาบไว้ด้วยเงินไอโอไดด์ที่ไวต่อแสงซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อกระบวนการดาร์แกร์รีโอไทป (Daguerreotype Process, รูปที่ 1-3(ค)) ซึ่งเป็นกระบวนการถ่ายภาพครั้งแรกของโลกที่ถูกพัฒนาขึ้น และหลักการดังกล่าว ได้กลายเป็นหลักการสำคัญของกรรมวิธีการถ่ายภาพที่ใช้มาจนถึงปัจจุบันโดย โฌแซ็ฟ นีเซฟอร์ เนียปส์ (Mr.Joseph Nicephore Niepce, ค.ศ. 1765-1833. รูปที่ 1-4(ก)) ได้เป็นช่างกล้องที่เป็นผู้ถ่ายภาพใบแรกของโลก ดังรูปที่ 1-4(ข) ด้วยกล้องถ่ายรูปที่คิดค้นโดยของหลุยส์ ดาแกร์

หลังจากการค้นพบของหลุยส์ ดาแกร์ ได้มีนักยีออเดซีชาวฝรั่งเศสชื่อ โดมินิค ฟรานซิสยีน อะราโก (Mr.Dominique Francois Jean Arago, รูปที่ 1-5(ก)) ทำการวิจัยร่วมกับสถาบันวิทยาศาสตร์ของฝรั่งเศส โดยในปี ค.ศ. 1849 อะราโก ร่วมกับพันเอกเอ็มเม โลส-ดาท์ (Colonel Aime Laussedat, รูปที่ 1-5(ข)) ได้ทดลองใช้ภาพถ่ายทำแผนที่ภูมิประเทศ โดยผูกกล้องติดกับว่าวและบอลลูนแต่เนื่องจากความลำบากในการควบคุมขณะถ่ายภาพทางอากาศจึงทำให้เขาได้ยุติการค้นคว้าวิจัยภาพถ่ายทางอากาศและหันเหความสนใจ

ไปยังการทำแผนที่ภูมิประเทศ โดยผูกกล้องติดกับว่าวและบอลลูนแต่เนื่องจากความลำบากในการควบคุมขณะถ่ายภาพทางอากาศจึงทำให้เขาได้ยุติการค้นคว้าวิจัยภาพถ่ายทางอากาศและหันเหความสนใจไปยังการทำแผนที่จากการถ่ายภาพภาคพื้นดิน

รูปที่ 1-3(ก) หลุยส์ ดาแกร์ [2]

รูปที่ 1-3(ข) [3]



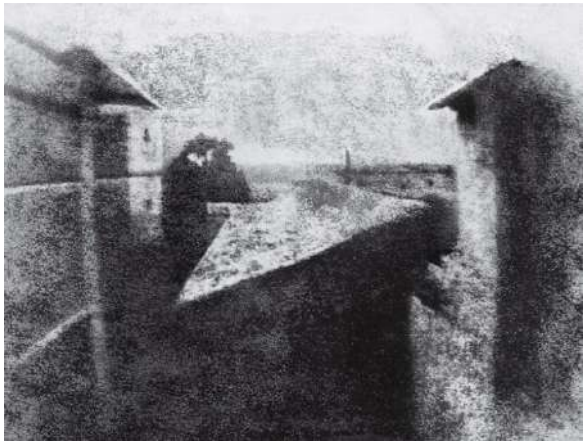
รูปที่ 1-3(ค) [4]

[2] ที่มา : https://panassayawongsri.wordpress.com

[3] ที่มา : https://photovis.rmutr.ac.th

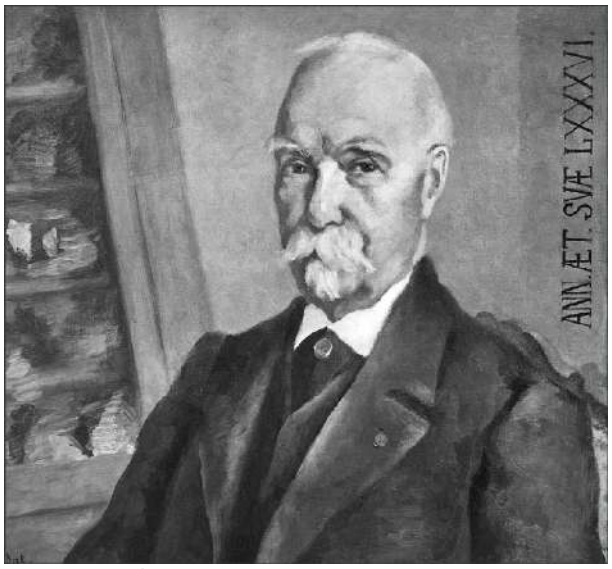
[4] ที่มา : http://links.fluate.net/?tsRsHQ

รูปที่ 1-4(ก) โฌแซ็ฟ นีเซฟอร์ เนียปส์ [5]



รูปที่ 1-4(ข) ภาพถ่ายใบแรกของโลกถูกถ่ายโดย โฌแซ็ฟฯ [6]

รูปที่ 1-5(ก) โดมินิค ฟรานซิส ยีน อะราโก [7]



รูปที่ 1-5(ข) พันเอกเอ็มเม โลส-ดาท์ [8]

[5] ที่มา : http://tessarene.weebly.com/history-of-photography by-me.html

[6] ที่มา : http://100photos.time.com/photos/joseph-niepce-first-photograph-window-le-gras

[7] ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Fran%C3%A7ois_Arago

[8] ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Aime-Laussedat-1819-1907-polytechnicien-colonel-du-genie-astronome-specialiste-de_fig1_259495706

ในปี ค.ศ. 1856 ได้มีการถ่ายภาพทางอากาศภาพแรกในฝรั่งเศสเป็นผลสำเร็จโดย แกสปาร์ด เฟลิกซ์ ทัวร์นาโซน์ (Mr.Gaspard Felix Tournachon, ค.ศ. 1820-1910, รูปที่ 1-6(ก)) หรือชื่อที่รู้จักกันในวงการถ่ายภาพ คือ นาด้าร์ (Nadar) ได้นำกล้องโมเดลที่คิดค้นของ หลุยส์ ดาแกร์ ไปถ่ายภาพจากบอลลูนที่ปล่อยให้สูงในระดับ 80 เมตร ดังรูปที่ 1-6(ข) ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 1-6(ค) จึงทำให้การถ่ายภาพจากบอลลูนแพร่หลายนับตั้งแต่บัดนั้นเป็นต้นมา และจากภาพที่ได้เหล่านี้ ในปี 1859 พันเอกโลส-ดาท์ ได้เสนอผลงานชิ้นสำคัญของเขาอันเป็นผลสำเร็จในการสำรวจด้วยภาพถ่ายโดยในขณะนั้นเขาเรียกศาสตร์นี้ว่า “ไอโคโนเมตทรี” (Iconometrie มาจากคำว่า Icon ที่หมายถึง รูป และ Metrie ที่หมายถึง การวัด) และภายหลังถูกเรียกเป็น “เมโทรโฟโตกราฟฟี” (Metrophotographie) โดยเหตุนี้เอง พันเอกโลส-ดาท์ จึงได้รับเกียรติว่าเป็นบิดาแห่งศาสตร์ด้านการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Father of Photogrammetry) ซึ่งถือเป็นก้าวสำคัญในการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากบอลลูนมาประยุกต์ใช้ทำแผนที่ภูมิประเทศ แต่เนื่องจากข้อจำกัดในการใช้บอลลูนถ่ายภาพทำให้ได้ภาพถ่ายไม่คลุมบริเวณที่ต้องการทั้งหมด การทำแผนที่จึงเปลี่ยนมาใช้เฉพาะภาพถ่ายทางภาคพื้นดินเท่านั้น แต่ก็ยังมีการถ่ายภาพจากบอลลูนอยู่บ้าง โดยสองปีภายหลังจากความสำเร็จของนาด้าร์ ในวันที่ 30 ตุลาคม ค.ศ. 1860 เจมส์ วอลเลช แบลค (Mr.James Wallace Black. ศ.ศ. 1825-1896) ช่างภาพชาวอเมริกันประสบความสำเร็จในการถ่ายภาพทางอากาศ ณ เมืองบอสตันประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยการถ่ายภาพบนบอลลูนเช่นกัน ดังรูปที่ 1-6(ค) ซึ่งนับว่าเป็นภาพถ่ายทางอากาศภาพแรกที่ถ่ายในสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 1-6(ก)
แกสปาร์ด เฟลิกซ์ ทัวร์นาโซน์ [9]

รูปที่ 1-6(ข)
นาด้าร์ขณะอยู่บนบอลลูนเพื่อถ่าย [10]

รูปที่ 1-6(ค)
ภาพถ่ายทางอากาศเมืองปารีส
ปี ค.ศ. 1860 [11]

[9] ที่มา : https://flashbak.com/fabulous-19th-century-photographer-felix-nadar-reveals-how-to-be-brilliant-and-make-money-from-art-368313/

[10] ที่มา : https://papa.clubexpress.com/content.aspx?page_id=22&club_id=808138&module_id=158950

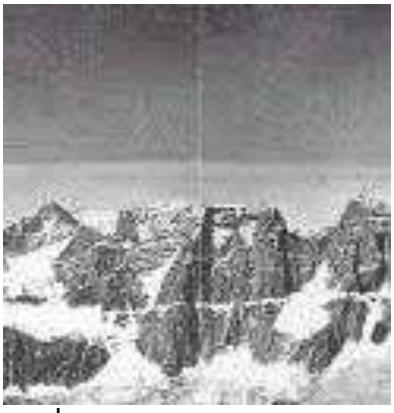
[11] ที่มา : https://papa.clubexpress.com/content.aspx?page_id=22&club_id=808138&module_id=158950

ในเวลาต่อมา หลักของการสำรวจด้วยภาพถ่ายในงานแผนที่ภูมิประเทศซึ่งคิดค้นโดยหลุยส์ ดาแกร์ ได้แพร่หลายจากยุโรปไปสู่อเมริกาเหนือเมื่อ ปี ค.ศ. 1886 โดยร้อยเอกเอ็ดเวิร์ด แกสตั้น แดนเนียล ดีวิลด์ (Captain Edouard-Gaston Daniel Deville, 1849-1924) ผู้อำนวยการการสำรวจรังวัดของประเทศแคนาดา ดังรูปที่ 1-7(ก) ได้คิดค้นกล้องถ่ายภาพ ดังรูปที่ 1-7(ข) เพื่อใช้ในการสำรวจด้วยภาพถ่าย โดยร้อยเอกดีวิลด์ผู้นี้ได้ใช้กล้องที่เขาคิดค้นขึ้นเพื่อสำรวจทำแผนที่ในบริเวณเทือกเขาร็อกกี้ (Rocky Mountain) ตั้งอยู่ในท้องที่แทบตะวันตกของประเทศแคนนาดา ภาพถ่ายที่เป็นผลงานของร้อยเอกดีวิลด์ ได้แสดงไว้ดัง รูปที่ 1-7(ค) ซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นคนแรกที่สามารถคิดค้นวิธีการในทางปฏิบัติสำหรับการรังวัดด้วยภาพถ่ายและผลงานของเขานี้เองได้เป็นอีกหนึ่งหลักฐานที่ช่วยยืนยันว่า หลักการทำแผนที่ด้วยวิธีการสำรวจด้วยภาพถ่ายของโลส-ดาท์เหมาะสมอย่างมากสำหรับการทำแผนที่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณขรุขระของเทือกเขา และผลงานของร้อยเอกดีวิสต์นี้ได้ถูกพัฒนาอย่างต่อยอดเกิดเป็นเครื่อง Perspectometer ดังรูปที่ 1-7(ง) ซึ่งมีลักษณะเป็นตารางกริดที่ซ้อนเข้าไปในภาพถ่าย

ในปี ค.ศ. 1894 เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายได้นำมาใช้ในการแบ่งเขตแดนระหว่างแคนนาดากับรัฐอลาสก้า สหรัฐอเมริกาโดยหน่วยงานด้านการสำรวจชายฝั่งและยีออเดติคของประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. Coast and Geodetic Survey) และในเวลาต่อมาอีกไม่นาน ในต้นปี ค.ศ. 1899 เซบาสเตียน ฟินเตอร์วัลเดอร์ (Mr.Sebastian Finsterwalder, ค.ศ. 1862-1951) นักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมันผู้ได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งการสำรวจด้วยภาพถ่ายในพื้นที่ธารน้ำแข็ง (Father of Glacier Photogrammetry) เป็นคนแรกที่สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่าย 2 ใบและเขาได้ตีพิมพ์บทความต่างๆ เกี่ยวกับการสำรวจด้วยภาพถ่ายเชิงวิเคราะห์ (Analytical Photogrammetry) อย่างการเล็งสกัดและการเล็งสกัดย้อนของภาพถ่าย ซึ่งเป็นหลักการสำคัญของการสำรวจด้วยภาพถ่ายในยุคสมัยใหม่

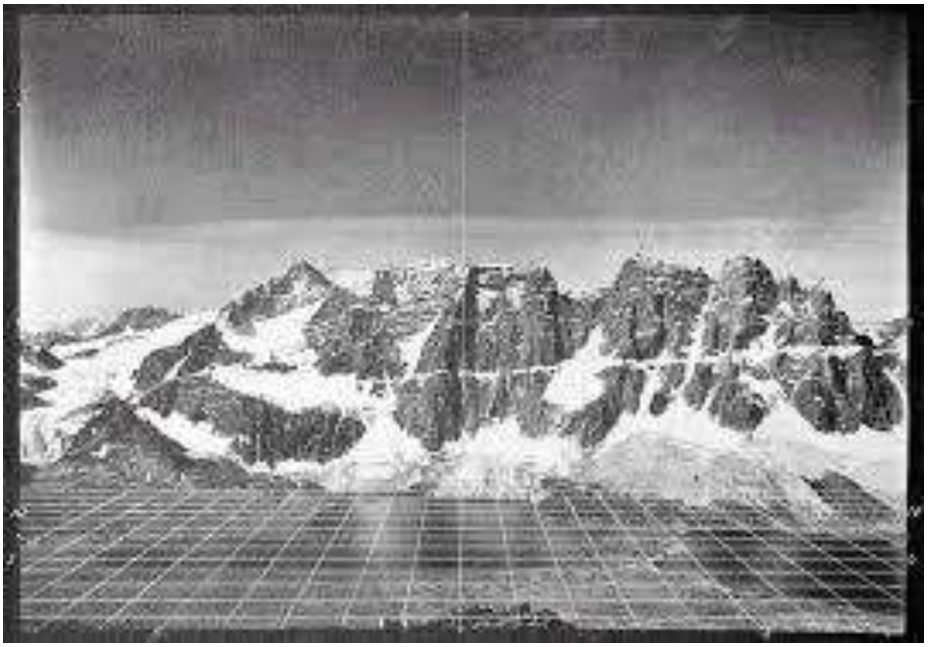
รูปที่ 1-7(ข)
ร้อยเอกดีวิลด์ [12]

รูปที่ 1-7(ค)
กล้องถ่ายภาพสำหรับทำแผนที่ [13]



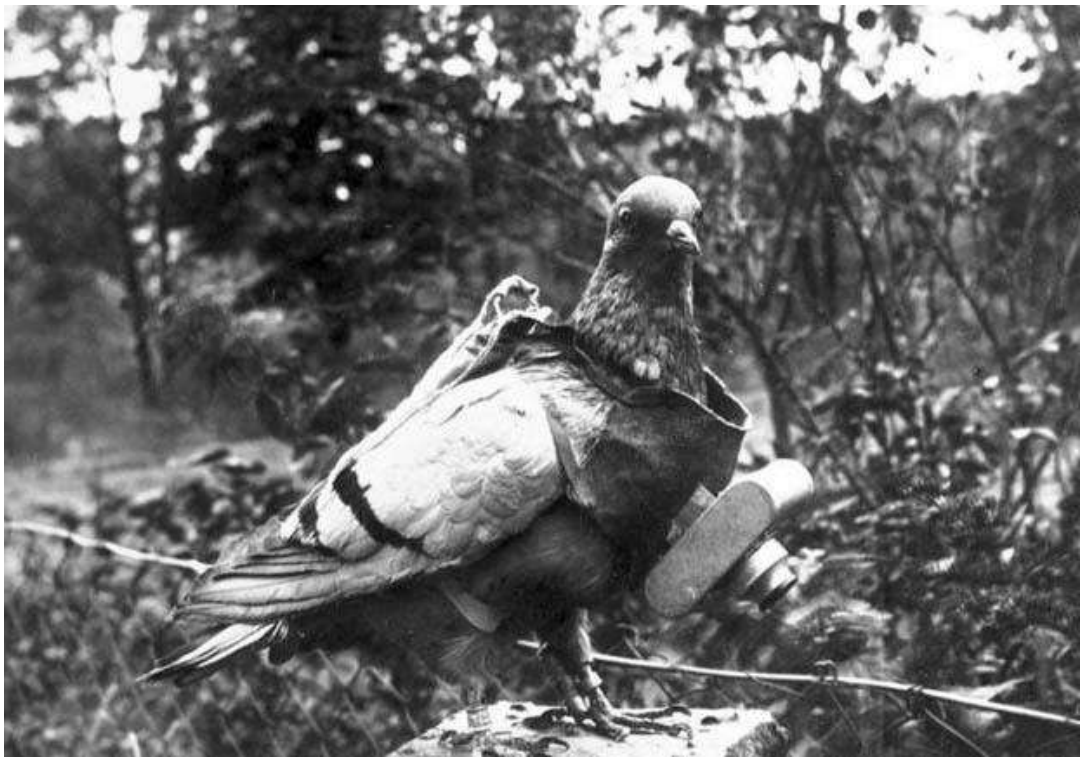
รูปที่ 1-7(ก)
ถ่ายภาพเพื่อสำรวจภูมิประเทศ [14]

[12] ที่มา : https://www.waymarking.com/waymarks/WM4D23_CNHS_douard_Gaston_Deville
[13] ที่มา : https://www.pinterest.com/alabamasurveyor/land- surveying
[14] ที่มา : http://www.mountaincartography.org/mt_hood/pdfs/fisher2.pdf



รูปที่ 1-7(ง) ภาพถ่ายที่ได้สำหรับใช้ในภารกิจด้านการสำรวจรังวัด

ถัดจากช่วงเวลานั้น ในปี ค.ศ. 1903 จูเลียส นูบรอนเนอร์ (Mr.Julius Neubronner, ค.ศ. 1852-1932) ทดลองนำกล้องถ่ายภาพติดตั้งบนอกนกพิราบ (Breast-mount Aerial Camera) ดังรูปที่ 1-8(ก) โดยถ่ายภาพขนาด 70 mm ดังรูปที่ 1-8(ข) ซึ่งกล้องดังกล่าวได้ถูกออกแบบไว้ให้ถ่ายภาพทุกๆ 30 วินาที อย่างไรก็ตาม ด้วยเหตุผลอันเป็นที่ทราบโดยทั่วกันว่านกพิราบไม่อาจเป็นพาหนะที่สามารถควบคุมทิศทางหรือวางแผนเส้นทางการบินใด ๆ ได้ ซึ่งข้อจำกัดนี้ถือเป็นเงื่อนไขสำคัญที่ทำให้การติดตั้งกล้องภาพกับอกนกพิราบไม่ได้รับความนิยม และในปีเดียวกันนี้ พี่น้องตระกูลไรท์ (Wright brothers) ได้ประดิษฐ์เครื่องบินขึ้น แต่ก็ยังไม่ได้มีการใช้เครื่องบินช่วยในการถ่ายภาพ ดังรูปที่ 1-9(ก) จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1909 จึงได้มีการถ่ายภาพจากเครื่องบินขึ้นเป็นครั้งแรกที่เมือง Centocelle กรุงโรม ประเทศอิตาลี ดังรูปที่ 1-9(ข) แต่ภาพที่ได้ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์และการทำแผนที่ สำหรับการถ่ายภาพจากทางอากาศโดยใช้เครื่องบินเป็นพาหนะ และนำภาพถ่ายทางอากาศที่ได้มาทำแผนที่เป็นครั้งแรกทำในปี ค.ศ. 1913



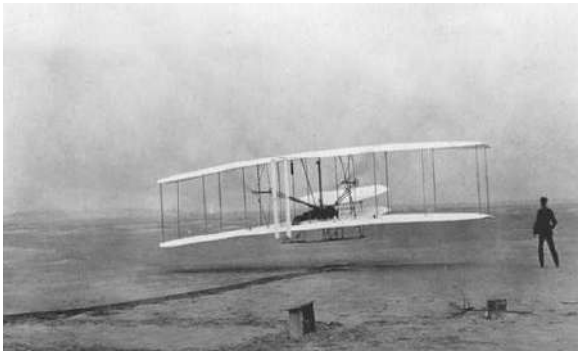
รูปที่ 1-8(ก) กล้องถ่ายภาพทางอากาศติดอกนกพิราบ (Breast-mount Aerial Camera) [15]

รูปที่ 1-8(ข) ภาพถ่ายขนาด 70 mm ซึ่งกล้องดังกล่าวได้ถูกออกแบบไว้ให้ถ่ายทุกๆ 30 วินาที [16]

[15] ที่มา : https://petapixel.com/2012/10/15/the-invention-of-the-pigeon-camera-for-aerial-photography/

[16] ที่มา : https://www.pinterest.com/pin/109353097178882074/?nic_v2=1a3Ok94OJ

รูปที่ 1-9(ก) พี่น้องตระกูลไรต์ (Wright brothers) [17]

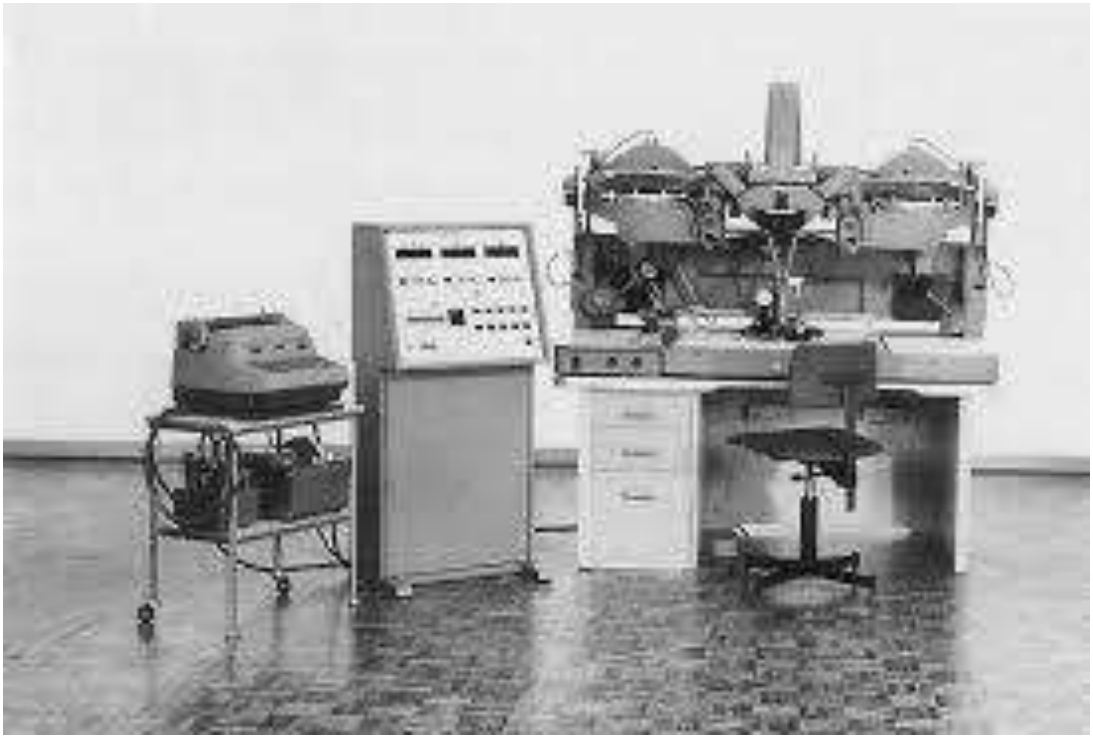


รูปที่ 1-9(ข) การบินถ่ายภาพครั้งแรกที่กรุงโรม ปี ค.ศ. 1909 [18]

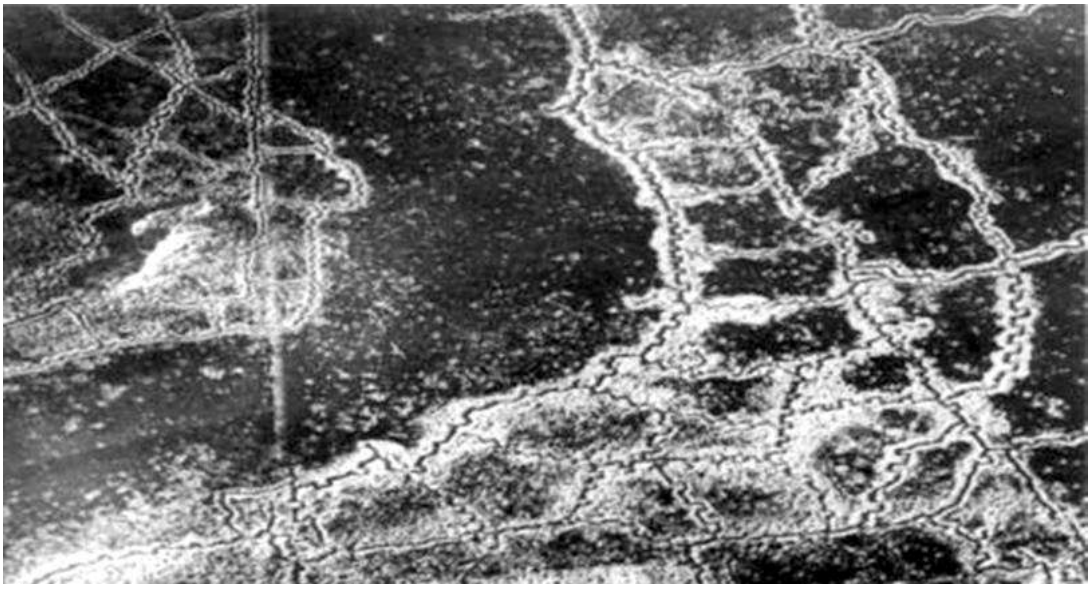
ในช่วงเวลาเดียวกันนี้เอง (ค.ศ. 1901) ดร.คาร์ล พูลริช (Dr.Carl Pulfrich, ค.ศ. 1858-1929) ชาวเยอรมันได้เริ่มต้นทดลองคู่ภาพสามมิติ โดยเขาได้พัฒนาเครื่องวิเคราะห์ภาพสามมิติ (Stereo Comparator, ดังรูปที่ 1-10) ภายใต้บริษัท Cart Zeiss งานของเขาจัดเป็นพัฒนาการทางด้านเครื่องมือและเทคโนโลยีการทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในอดีตและยังคงมีหลงเหลือให้เห็นอยู่บ้างในบางหน่วยงาน และงานของเขาถือเป็นงานที่ช่วยให้การใช้เครื่องบินถ่ายภาพเพื่องานทำแผนที่เริ่มมีความสำคัญมา กยิ่งขึ้น ในช่วงปี ค.ศ. 1914-1918 ซึ่งเป็นยุคสงครามโลกครั้งที่ 1 เครื่องมือชนิดนี้ก็มีการใช้ภาพถ่ายกันอย่างกว้างขวาง แต่ส่วนใหญ่ใช้ในงานสำรวจสังเขป (Reconnaissance) และกิจการด้านทหารดังรูปที่ 1-11 ภายหลังสงครามโลกครั้งนี้ได้มีการพัฒนาการสร้างเครื่องบินและอุปกรณ์ในการถ่ายภาพต่างๆ ให้ทันสมัย อีกทั้งยังมีการพัฒนาให้อุปกรณ์อีกหลายชิ้นขึ้นมาใช้งาน ส่งผลให้มีการนำการสำรวจด้วยภาพถ่ายมาใช้งานกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น เช่น การนำมาใช้ในงานทางด้านภูมิศาสตร์ ธรณีวิทยา และโบราณคดี เป็นต้น

[17] ที่มา : https://tha.bicycle-works.com/qa/what-didorville-and-wilbur-wright-invented_2565399

[18] ที่มา : https://writer.dek-d.com/dek-d/writer/viewlongc.php?id=519283&chapter=3



รูปที่ 1-10 เครื่อง Stereo Comparator ในยุค Analogue Photogrammetry [19]



รูปที่ 1-11 ภาพถ่ายทางอากาศที่แสดงพื้นที่สนามรบสงครามโลกครั้งที่ 1 [20]

[19] ที่มา : https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/0031-868X.00047

[20] ที่มา : https://www.gypzyworld.com/article/view/521

1.1.2 ยุคการรังวัดด้วยภาพถ่ายเชิงวิเคราะห์ (Analytical Photogrammetric Era)

ในปี ค.ศ. 1924 ศาสตราจารย์ ออตโต้ วอน กรูเบอร์ (Prof.Otto von Gruber, ค.ศ. 1884-1942) แห่งมหาวิทยาลัย Stuttgart ประเทศเยอรมนี ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเล็งสกัดย้อนในปริภูมิ (Space Resection) ตลอดจนสร้างอนุพันธ์จากสมการการฉายผ่านศูนย์ (Perspective Equations) และตีพิมพ์งานสอนของเขาในปี ค.ศ. 1930 ซึ่งเป็นห้วงเวลาเดียวกับที่ ศาสตราจารย์ เอิร์ล เชิร์ช (Prof. Eart- Church, ค.ศ. 1890-1956) แห่งมหาวิทยาลัยซีราคิวส์ (Syracuse University) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เปิดสอนวิชาการสำรวจด้วยภาพถ่ายเชิงวิเคราะห์ (Analytical Photogrammetry) เขายังได้ชื่อว่าเป็น บิดาแห่งวงการสำรวจด้วยภาพถ่ายของอเมริกัน ได้แต่งหนังสือชื่อ “Elements of Aerial Photogrammetry” ซึ่งถือเป็นตำราพื้นฐานเล่มสำคัญในการเรียนการสอนด้านการสำรวจด้วยภาพถ่าย ณ เวลานั้นโดย ศาสตราจารย์ เชิร์ท ถือเป็นผู้บุกเบิกในการเรียนการสอนด้านการสำรวจด้วยภาพถ่ายในประเทศสหรัฐอเมริกา

จากนั้นวิวัฒนาการของการรังวัดด้วยภาพก็เพิ่มขึ้นตามลำดับ ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 (ค.ศ. 1939-1945) ได้มีการพัฒนาการแปลภาพถ่าย ทำให้เกิดความจำเป็นที่จะต้องฝึกฝนการแปลภาพถ่ายขึ้น โดยในช่วงนี้เอง การสำรวจด้วยภาพถ่ายถูกนำมาใช้เพื่อการสอดแนม ยกตัวอย่าง เช่น ภาพถ่ายสถานีปล่อยจรวด V-2 เมือง Peenemunde ประเทศเยอรมนี ดังรูปที่ 1-12 และแม้ว่าสงครามโลกครั้งที่ 2 จะสิ้นสุดลง แต่ทว่านักแปลภาพถ่ายยังคงให้ความสนใจในงานเหล่านี้ จึงทำให้เกิดงานวิจัยในด้านนี้ขึ้นมาเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นความต้องการแผนที่อย่างรีบด่วนในระหว่างสงครามมีผลทำให้ได้วิธีการของการสำรวจด้วยภาพถ่ายไปอย่างกว้างขวาง เพราะช่วยให้ผลิตแผนที่ได้เร็วขึ้นและเพื่อภาพถ่ายจะให้เป็นแหล่งของรายละเอียดที่เชื่อถือได้สำหรับเขตที่เข้าไปสำรวจไม่ได้ ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 เทคโนโลยีของงานสำรวจด้วยภาพถ่ายทำให้การผลิตแผนที่เพียงพอต่อความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างมาก รวมถึงงานแปลภาพถ่ายก็ได้มีการใช้อย่างกว้างขวางมากขึ้นในงานสำรวจสังเขปและงานสืบราชการลับ ผลของความต้องการแผนที่จำนวนมากอย่างรีบด่วนระหว่างสงครามทำให้มีการพัฒนาใหม่ ๆ ทั้งทางด้านเครื่องมือและเทคโนโลยี ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 การทำแผนที่โดยเฉพาะการทำแผนที่จากการตรวจการณ์ทางอากาศเป็นเรื่องสำคัญมากสำหรับการทำสงคราม เทคโนโลยีจึงถูกคิดค้นและพัฒนาอย่างรวดเร็ว นับว่าเป็นปัจจัยที่ทำให้การสำรวจรังวัดด้วยภาพมีความสำคัญในการทำแผนที่อย่างมาก

ในปี ค.ศ. 1951 ศาสตราจารย์ เฮลม์ท ชมิดท์ (Prof. Helmut Schmidt, ค.ศ. 1914-1988) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจด้วยภาพถ่ายได้ทำการศึกษาถึงการแก้ปัญหาทางแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการรังวัดด้วยภาพจากหลายสถานีถ่ายภาพ เพื่อนำมาใช้เป็นหลักการประยุกต์ใช้งานทางการรังวัดด้วยภาพ และถัดจากนั้นไม่นานในปี ค.ศ. 1960 เครื่องเขียนแผนที่เชิงวิเคราะห์ได้ถือกำเนิดขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา

รูปที่ 1-12 ภาพถ่ายทางอากาศสถานีปล่อยจรวด V-2 ที่เมือง Peenemunde ประเทศเยอรมนี ในยุคสงครามโลกครั้งที่ 2 [21]

ผลจากการที่ บริษัท IBM ได้นำคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer: PC) เข้าสู่ตลาด ส่งผลให้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มีพัฒนาการที่ก้าวไปอย่างรวดเร็ว และเทคโนโลยีการสำรวจด้วยภาพถ่ายเชิงวิเคราะห์ก็ถือเป็นอีกหนึ่งส่วนที่สอดรับผลประโยชน์จากวิวัฒนาการนี้ด้วย ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการพัฒนาการสำรวจด้วยภาพดิจิทัล โดยในปี ค.ศ. 1988 บริษัท Helava & Associates ได้สาธิตการทำงานของ N-stage Comparator ที่ใช้ในการวัดเพื่อทำโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ และในเวลาต่อมา บริษัท Ziess ผู้นำในการผลิตเครื่องมือสำรวจรังวัดและระบบรังวัดจากภาพถ่ายในขณะนั้นได้ นำเสนอผลิตภัณฑ์เครื่องร่างแผนที่เชิงวิเคราะห์และที่มีการใช้ภาพสามมิติในระบบโดยใช้จอภาพคอมพิวเตอร์สร้างแบบจำลองสามมิติ ดังรูปที่ 1-13

[21] ที่มา : https://rafphotographersmemorial.co.uk/ww2-peenemunde/

รูปที่ 1-13 เครื่อง Ziess Planicomp P3 ซึ่งเป็นเครื่อง Stereo Plotter ในยุค Analytical Photogrammetry [22]

1.1.3 ยุคการรังวัดด้วยภาพถ่ายดิจิทัล (Digital Photogrammetric Era)

ในช่วงเวลา ปี ค.ศ. 1990-1991 นับเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญของวงการรังวัดด้วยภาพถ่าย เมื่อมีการผลิตเครื่องสแกนเนอร์ PS-1 Scanner สำหรับภาพถ่ายทางอากาศตัวแรกของโลกผลิตโดย บริษัท Zeiss และ Intergraph ออกมาวางจำหน่าย ในเวลาต่อมาได้มีการพัฒนาเป็นเครื่อง Photogrammetric Stereo-workstation: Intergraph Image Station ZII ดังรูปที่ 1-14 เพื่อใช้ในการผลิตภาพถ่ายออร์โทชนิดดิจิทัล

[22] ที่มา : https://aerialservicesinc.com/announcement/going-digital/

รูปที่ 1-14 เครื่อง Stereo Plotter ในยุค Digital Photogrammetry [23]

ในช่วง ค.ศ. 1995 ศาสตราจารย์ คล้าส์ปีเตอร์ ชวาร์ช (Prof. Klaus-peter Schwarz) แห่งมหาวิทยาลัย Calgary ได้เสนอให้มีการผสมผสานเทคโนโลยีระบบหาพิกัดพิภพด้วยดาวเทียมร่วมกับอุปกรณ์วัดความเฉื่อยเข้าไว้กับเครื่องบินสำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่าย ซึ่งได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องโดยภาพเอกชนจนออกมาเป็นภาพสรุปหลักการ ดังรูปที่ 1-15 มีจุดเด่น ดังนี้

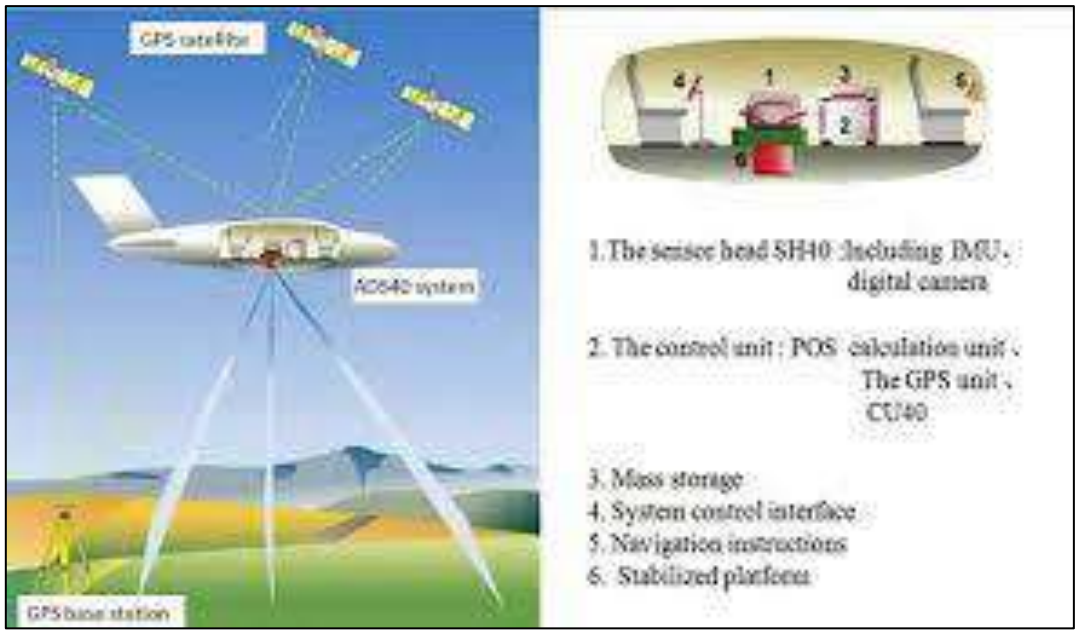
(1) การรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS: Global Navigation Satellite System หรือที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายในนามของ Global Position System: GPS) นี้จะช่วยในการหาค่าพิกัดของจุดเปิดถ่ายภาพของกล้องในขณะที่ทำการบันทึกภาพถ่ายซึ่งในการหาค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในปัจจุบันนิยมใช้วิธีรังวัดด้วยการรับสัญญาณแบบจลน์ทันที (Real Time Kinematic: RTK) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ค่าพิกัดของจุดเปิดถ่ายภาพ ณ ขณะถ่ายภาพซึ่งส่วนสำคัญในการเพิ่มความถูกต้องที่ดีขึ้นมาก

(2) อุปกรณ์วัดความเฉื่อย (Inertial Measurement Unit: IMU) เป็นระบบที่ใช้ในการหาวิถีการบินของเครื่องบินจากการรวมเข้ากับข้อมูลเชิงตำแหน่งจาก GPS พร้อมทั้งช่วยในการหาความเร็วเชิงมุมกับอัตราเร่งความเร็วของเครื่องบินมาชดเชยและผสมผสานกันทำให้ระบบสามารถบอกการวางตัวของอากาศยานขณะเปิดถ่ายภาพ

ภายหลังจากที่ได้มีการพัฒนาเครื่องบินที่ผนวกเอาเทคโนโลยี GPS และ IMU เข้ามา ก็ได้มีการพัฒนาระบบการถ่ายภาพด้วยระบบกล้องถ่ายภาพดิจิตอลเพื่อการทำแผนที่ (Digital Mapping Camera: DMC) ที่มีการใช้ตัวรับรู้ (Sensor) มาช่วย ส่งผลให้การรังวัดด้วยภาพถ่ายเกิดมีการพัฒนาระบบการทำแผนที่จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายที่รวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งถือเป็นต้นแบบสำคัญที่มีการพัฒนาต่อเนื่อง จนกระทั่ง

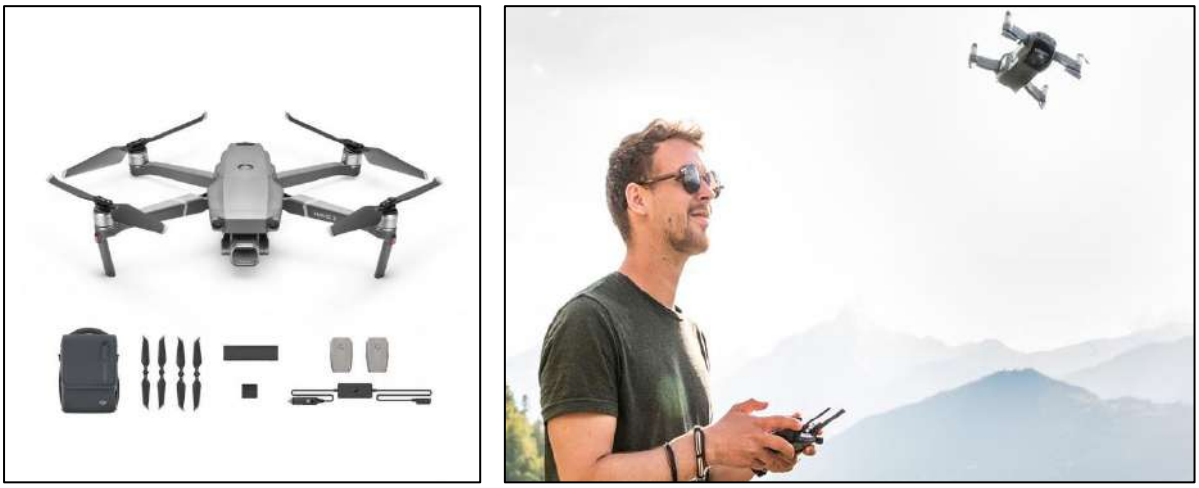
[23] ที่มา : http://www.lddservice.org/services/PDF/paperacademic/SMD_50th.pdf

ในปัจจุบันนี้ได้พัฒนาไปเป็นอากาศไร้คนขับขนาดเล็ก (Micro Unmarried Aerial Vehicle: MUAV) ซึ่งได้มีบทบาทสำคัญต่อวงการแผนที่ภาพถ่ายในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายหลังจากการเปิดตัวของอากาศยานไร้คนขับรุ่น DJI Phantom 3 ดังรูปที่ 1-16(ก) และ 1-16(ข) ที่มีการผสมผสานเทคโนโลยีการบินพร้อมกับเทคโนโลยีการถ่ายภาพที่มีความละเอียดสูงขึ้นควบคู่กับราคาที่ถูกลงอย่างมากในช่วงปี ค.ศ. 2015-2016 และขณะเดียวกันเครื่องรับสัญญาณ GNSS ดังรูปที่ 1-16(ค) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญในการรังวัดค่าพิกัดของหมุดบังคับภาพที่มีราคาถูกลงมาอย่างมากไปพร้อมๆ กับซอฟแวร์ประมวลผลภาพถ่ายที่มีการผนวกเอาอัลกอริทึมในการจับคู่ภาพอัตโนมัติอย่างอัลกอริทึม Scale Invariant Feature Transform (SIFT) อย่างโปรแกรม Pix4D Mapper ดังรูปที่ 1-16(ง) ที่ง่ายต่อการใช้งาน ส่งผลให้ในช่วงเวลาปัจจุบันการได้เป็นช่วงเวลาที่งานทางด้านวิศวกรรมโยธามีการนำเอาการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย



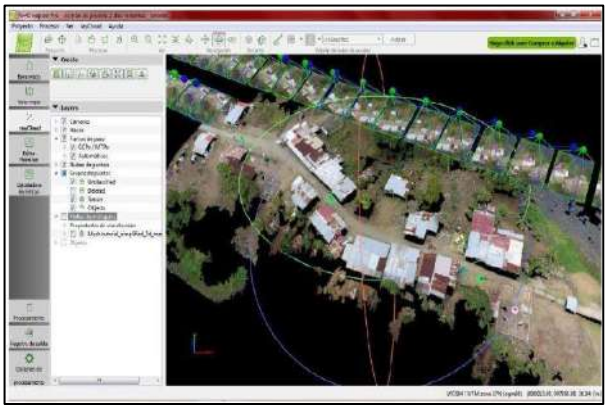
รูปที่ 1-15 การผสมผสานเทคโนโลยี GPS และ IMU และกล้อง Leica ADS40 เข้าไว้ด้วยกันเพื่อใช้ในการบินถ่ายภาพดิจิทัล [24]

[24] ที่มา : https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4993005



รูปที่ 1-16(ก) และ 1-16(ข) อากาศยานไร้คนขับรุ่น MAVIC 2 Pro [25]

รูปที่ 1-16(ค) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS [26]



รูปที่ 1-16(ง) ใช้ซอฟแวร์ Pix4D ในการประมวลผลภาพเพื่อให้ผลลัพธ์เป็นแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ [27]

[25] ที่มา : https://store.lnwgadget.com/dji-mavic-2-pro-with-flymore-combo-kit-dji-mavic-2-pro.html

[26] ที่มา : http://www.tdsurvey-civil.com/p/blog-page.html

[27] ที่มา : https://gistnu.wordpress.com/2019/03/24/uav-software/

1.2 ประเภทของการรังวัดด้วยภาพถ่าย (Type of Photogrammetry)

1.2.1 การรังวัดบนภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photogrammetry)

การรังวัดบนภาพถ่ายทางอากาศเป็นการเพื่อให้ได้มาตำแหน่ง และสะดวกในการแปลความหมายของภาพ ผลลัพธ์ของการรังวัดประเภทนี้ส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายดัดแก้เชิงดิ่ง ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกในวงการวิชาชีพว่า แผนที่ภาพถ่ายออร์โธ (Ortho Photo) ซึ่งแผนที่นี้หากผ่านกระบวนการแปลภาพแล้วจะสามารถนำไปผลิตแผนที่ลายเส้นได้ด้วยเช่นกัน

1.2.2 การรังวัดด้วยภาพถ่ายดาวเทียม (Radargrammetry)

การรังวัดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมเป็นการใช้ภาพถ่ายแบบ (Optical) มาใช้ในการรังวัดเพื่อให้ลักษณะภูมิประเทศผ่านการวิเคราะห์ภาพคู่ซ้อน (Sterreo-image Analysis) และดาวเทียมสามารถตอบโจทย์การทำงานแบบนี้ได้ต้องมีการออกแบบให้สามารถเก็บข้อมูลภาพคู่ซ้อนได้เช่น ALOS, SPOT และ THEOS เป็นต้น

1.2.3 การรังวัดด้วยภาพถ่ายเรด้าห์ (Radargrammetry)

เป็นการใช้ข้อมูลภาพถ่ายแบบเรด้าห์ (Radio Detection And Ranginng: RADAR) มาใช้วิเคราะห์และแปลผลลักษณะภูมิประเทศผ่านการสร้างแบบจำลองสามมิติ (Stereo Model) ซึ่งมาจากการวิเคราะห์ภาพคู่ซ้อน (Stereo-image Analysis) เช่นเดียวกับการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) แต่จะแตกต่างกันที่การถ่ายภาพแบบ RADAR จะเป็นการถ่ายภาพแบบแอคทีฟ คือจะเป็นการส่งสัญญาณคลื่นไปตกกระทบกับภูมิประเทศเป้าหมายแล้วกระจายมายังเครื่องรับสัญญาณโดยบันทึกข้อมูลเป็นความเข้มของสัญญาณ เวลาและมุมตกกระทบ แทนที่จะรับคลื่นแสงอาทิตย์ตกกระทบเหมือนกับภาพถ่ายทั่วไป

1.2.4 การวัดด้วยภาพถ่ายภาคพื้นดิน (Terrastial Photogrammetry)

เป็นการใช้ภาพถ่ายภาคพื้นดินเข้ามาช่วยในการวัดขนาดหรือตำแหน่งใดๆ (X,Y,Z) บนวัตถุที่ต้องการ ซึ่งอาจจะเรียกอีกอย่างหนึ่งได้ว่าการรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ (Close Range Photogrammetry: CRP) ส่วนใหญ่จะใช้ในงานสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารหรือวัตถุต่างๆ

1.2.5 การรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry: UAV Photogrammetry)

เป็นการใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) หรืออีกชื่อหนึ่งนิยมเรียกว่า โดรน (Drone) โดยเป็นการประสานแนวคิดของการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ และการสำรวจด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ เข้ามาใช้ในกระบวนการรังวัด เนื่องจากภาพถ่ายจากโดรนที่ถูกนำมาใช้มีระยะที่ถูกถ่ายไม่เกิน 100-200 เมตร เป็นระยะที่ไม่เกินที่จะประยุกต์ใช้วิธีการและหลักการของการสำรวจโดยภาพถ่ายระยะใกล้ อีกทั้งยังสามารถถ่ายภาพทั้งแบบกริดคล้ายกับการสำรวจโดยภาพถ่ายทางอากาศและบินถ่ายแบบรอบวัตถุคล้ายกับการสำรวจภาคพื้นดิน ดังนั้นการใช้อากาศยานไร้คนขับในการสำรวจด้วยภาพถ่าย

จึงสามารถประยุกต์ใช้ได้เป็นอย่างดีทั้งงานผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ และงานสร้างแบบจำลอง 3 มิติของอาคารหรือวัตถุต่างๆ

1.3 ลักษณะของงานในการสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่าย (Characteristics of Works in Photogrammetry)

1.3.1 การสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายแบบวัดภาพ (Metric Photogrammetry)

การสำรวจรังวัดด้วยภาพถ่ายแบบวัดภาพเป็นการรังวัดบนภาพถ่ายที่เน้นไปที่การวัดพิกัดภาพและดำเนินการคำนวณเพื่อให้ได้ขนาดและรูปร่างของวัตถุต่างๆ ที่ต้องการวัดออกมาเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบหรือการพัฒนาระบบฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งในงานด้านวิศวกรรมโยธานั้นจะต้องการผลลัพธ์ที่ได้จากการวัดภาพในลักษณะต่าง ๆ ต่อไปนี้

(1) ตัวเลข (Number) เป็นรูปแบบการเก็บบันทึกข้อมูลค่าพิกัดฉากสามมิติ (X, Y, Z) ของจุดใดๆ บนวัตถุ ดังรูปที่ 1-17 ซึ่งมักจะเป็นตารางแสดงค่าพิกัดฉากของตำแหน่งสำคัญต่างๆ ได้แก่ มุมชายคาตึก มุมถนน หรือตำแหน่งเสาธง เป็นต้น ข้อมูลเชิงตัวเลขนี้จะถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างแผนที่ลายเส้นต่อไป

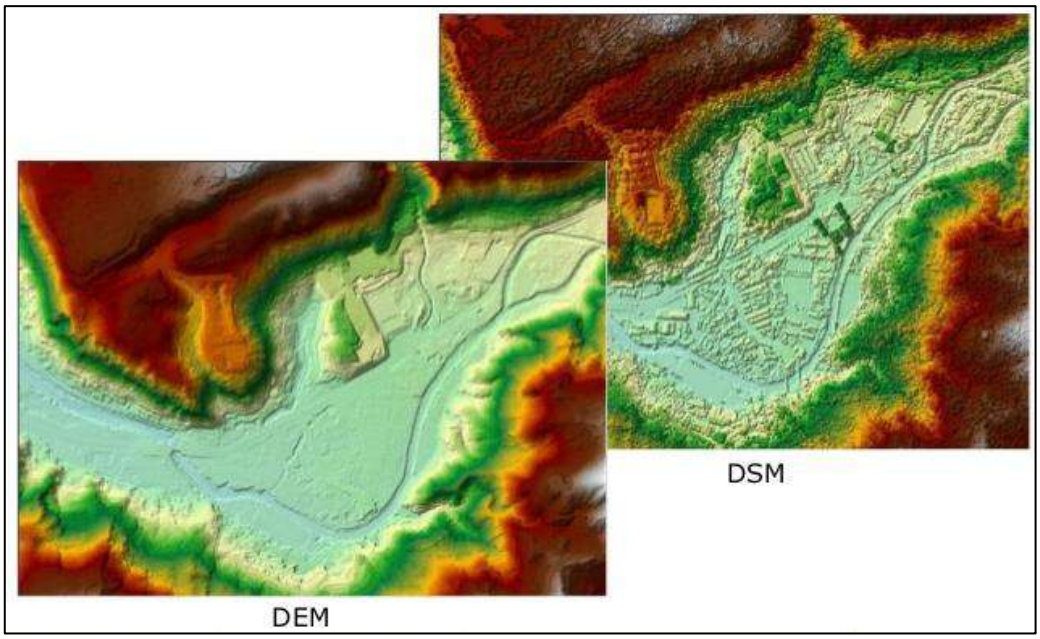
Point	Easting	Northing	Hight
1	617064.688	1951271.276	62.795
2	617070.685	1951286.858	62.835
3	616636.178	1951451.044	63.452
4	616631.843	1951444.945	63.468
5	616634.64	1951455.871	61.705
6	616625.306	1951443.325	61.737
7	616631.339	1951446.737	62.595
8	616634.475	1951451.268	62.582
9	616081.064	1951678.242	64.876
10	616071.511	1951674.011	64.552
11	616084.553	1951677.308	64.836
12	616081.954	1951670.739	64.532
13	616238.866	1951590.348	62.343
14	616233.365	1951591.961	62.356
15	616217.416	1951600.551	62.137
16	616220.009	1951611.768	62.145
17	616242.484	1951601.46	61.743
18	616243.735	1951604.108	61.737

รูปที่ 1-17 การเก็บบันทึกข้อมูลค่าพิกัดฉากสามมิติ (X, Y, Z)

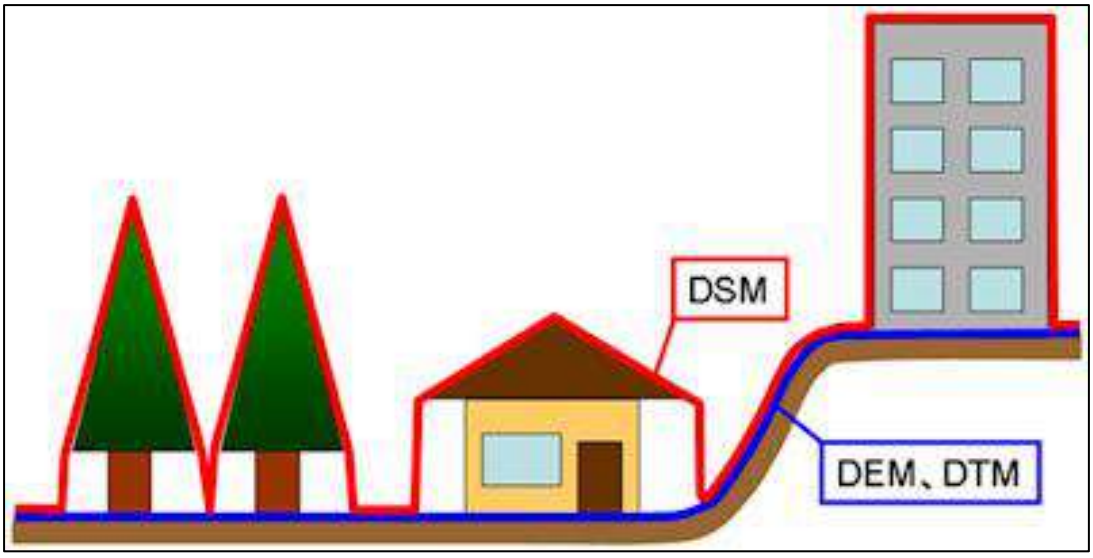
(2) พอยต์คลาว (Point Cloud) เป็นกลุ่มของจุดสามมิติที่เก็บข้อมูลค่าของตำแหน่งของขอบของวัตถุในพิกัดฉากสามมิติ (X, Y, Z) ดังรูปที่ 1-18 ซึ่งมักจะเก็บพร้อมกับค่าสีของวัตถุในรูปแบบของแม่สีแดง เขียว ฟ้า (Red-Green-Blue: RGB) ควบคู่ไปด้วย โดยเก็บในรูปแบบของไฟล์ข้อมูลซึ่งในปัจจุบันจะเก็บในรูปแบบต่าง ๆ เช่น CSV, LAZ หรือ LAS เป็นต้น โดยพอยต์คลาวเหล่านี้เมื่อนำมาแสดงผลจะสามารถแสดงเป็นกลุ่มของจุดในลักษณะของพื้นผิวต่อเนื่องได้ จึงทำให้สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงของ งพื้นผิวเป็นรูปทรงต่าง ๆ ของวัตถุสามมิติได้ จึงนิยมนำมาใช้ในการประมวลผลรวมถึงการวิเคราะห์ระยะทาง รวมถึงการใช้เป็นต้นแบบในการขึ้นรูปทรงสามมิติของวัตถุ หรือลักษณะภูมิประเทศ เป็นต้น

รูปที่ 1-18 ตัวอย่างกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud)

(3) แบบจำลองระดับพื้นผิว (Digital Surface Model: DSM) หรือ แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) หรือ แบบจำลองลักษณะภูมิประเทศ (Digital Terrain Model: DTM) โดยผลผลิตเหล่านี้เป็นข้อมูลที่เก็บค่าความสูงต่ำและลักษณะภูมิประเทศในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ (Raster Data) ที่เป็นตารางกริดซึ่งบรรจุเอาข้อมูลความสูงไว้ทั้งนี้ DSM จะเป็นผลลัพธ์ที่ได้เป็นผลผลิตโดยตรงจากงานรังวัดด้วยภาพถ่าย และเมื่อนำไปหักลบกับสิ่งปลูกสร้าง ความสูงต้นไม้และพืชพรรณต่างๆ ออกไป ก็จะได้เป็น DEM หรือ DTM ที่เป็นความสูงที่ระดับพื้นดิน ซึ่งในการหักลบความสูง ดังรูป 1-19 นั้นจะเป็นการหักลบความสูงผ่านการสร้างแบบจำลองความสูงของพุ่มไม้ (Canopy Height Model: CHM) ดังรูปที่ 1-20 ทั้งนี้เนื่องจากพืชพรรณในแต่ละชนิดซึ่งมีความสูงของชั้นยอดเรือนที่ไม่เท่ากัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการวิเคราะห์ร่วมกับงานแปลตีความภาพถ่ายร่วมด้วยในการสร้าง CHM



รูปที่ 1-19 ตัวอย่างของข้อมูลราสเตอร์ที่เก็บความสูงของลักษณะภูมิประเทศ DSM และ DEM หรือ DTM [28]



รูปที่ 1-20 ความสัมพันธ์ระหว่าง DSM ซึ่งมีการหักลบความสูงเพื่อผลิต DEM และ DTM [29]

(4) แผนที่ภาพถ่ายออร์โธ (Ortho photo Map) เป็นแผนที่ภาพถ่ายที่มีการดัดแก้ภาพถ่ายที่ปกติจะมีการฉายแบบศูนย์ทิวทัศน์ (Central Projection) ซึ่งทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง

[28] ที่มา : https://www.slideshare.net/codefortomorrow/lidar-introduction-dataweekend

[29] ที่มา : https://sites.google.com/site/lidardemservice/khwam-hmay-khxng-khxmul-khwam-sung-phumiprathes-thi-hi-brikar

บนภาพถ่ายให้เป็นการฉายภาพแบบตกฉากกับพื้นผิว (Orthogonal Projection) ผ่านกระบวนการปรับแก้แบบออร์โธ (Orthorectification) ซึ่งมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยได้มีการจัดตำแหน่งของภาพถ่ายของวัตถุต่างๆ บนภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ทั้งในกระบวนการดัดแก้ภาพถ่ายนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้แบบจำลองความสูงเข้ามาเป็นองค์ประกอบในการดัดแก้ร่วมด้วย ตัวอย่างของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีได้แสดงไว้ในรูปที่ 1-21 ซึ่งได้มีการนำมาออกแบบสถานีรถไฟฟ้ารางเบาในเขตเมืองขอนแก่น (Khonkean Light Rail Transit)

รูปที่ 1-21 แผนที่ภาพถ่ายออร์โธ (Ortho photo Map) [30]

(5) แผนที่ลายเส้น (Line Map) เป็นแผนที่หรือแผนผังที่เป็นแผนที่ทางราบ (Planimetric Map) ซึ่งเป็นการขยายแผนที่ภาพถ่ายออร์โธพร้อมๆ กับการแปลภาพถ่ายแล้วลอกลายเส้นออกมาเพื่อผลิตออกมาเป็นแผนที่ที่ใช้กันทั่วไปดังแสดงไว้ดังรูปที่ 1-22 นอกจากนี้ ยังเป็นแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) ซึ่งเป็นการนำเสนอรายละเอียดทางราบควบคู่กับการนำเสนอความสูงต่ำของลักษณะภูมิประเทศผ่านเส้นชั้นความสูง แผนที่ลายเส้นนี้นิยมที่จะจัดเก็บในรูปแบบของข้อมูลเวกเตอร์ (Vector Data)

[30] ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/Orthophoto

รูปที่ 1-22 แผนที่ลายเส้น (Line Map)

1.3.2 การแปลภาพถ่าย (Interpretation Photogrammetry)

การแปลภาพเป็นการจำแนกและวินิจฉัยลักษณะของวัตถุต่างๆ ที่ปรากฏบนภาพถ่าย แล้วมีการแปลตีความออกมาโดยการแปลตีความนั้นสามารถดำเนินการผ่านการแปลด้วยสายตา (Visual Interpretation) เพื่อวัตถุประสงค์ในการชี้จำแนกและวินิจฉัยคุณลักษณะสิ่งต่างๆ บนภาพ ในปัจจุบันนี้งานแปลภาพถ่ายไม่ได้จำกัดอยู่ที่งานรังวัดบนภาพถ่ายเท่านั้น แต่ได้ขยายไปถึงการแปลภาพถ่ายจากงานสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ซึ่งหมายรวมถึงภาพถ่ายที่ได้โดรนที่ถ่ายด้วยกล้องแบบ Multispectral ที่สามารถถ่ายภาพด้วยช่วงคลื่นอินฟราเรด รวมถึงกล้องแบบ Thermal Infrared ที่สามารถถ่ายคลื่นความร้อนจากการแผ่รังสีของวัตถุ เป็นต้น ทั้งนี้งานแปลภาพและงานสำรวจจากระยะไกลทำให้สามารถได้ข้อมูลสิ่งต่างๆ บนภาพได้ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพ ซึ่งในปัจจุบันงานก่อสร้างด้านวิศวกรรมโยธาจะมีความเกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์สภาวะแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้น การแปลภาพถ่ายและงานสำรวจข้อมูลและวางแผนงาน การแปลภาพต่างๆ นั้นล้วนแล้วแต่มีพื้นฐานจากการแปลภาพด้วยสายตาแล้ววิเคราะห์โดยใช้องค์ประกอบหลักที่สำคัญ ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้

(1) รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุซึ่งเป็นได้ทั้งรูปทรงเรขาคณิตที่มีขนาดแน่นอนและสม่ำเสมอ (Regular) โดยส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น สนามบิน คลองชลประทานและเขื่อนกักเก็บน้ำ และสิ่งที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (Irregular) เป็นไปตามธรรมชาติ เช่น เทือกเขา ชายหาดและแม่น้ำต่างๆ เป็นต้น

(2) ขนาด (Size) ขนาดของภาพ การปรากฏขึ้นของวัตถุต่างๆ ในภาพถ่ายขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ และมาตราส่วนของข้อมูลจากภาพถ่าย เช่น ความยาว ความกว้าง หรือพื้นที่แสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดระหว่างแม่น้ำและลำคลอง

(3) ความเข้มของสีและสี (Tone and Color) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่งๆ ที่มีความสัมพันธ์กับค่าสะท้อนของช่วงคลื่นและการผสมสีของชนิดวัตถุในช่วงคลื่นต่างๆ เช่น ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visual Band) โดยความยาวคลื่นช่วงนี้อยู่ระหว่าง 380-750 นาโนเมตร เมื่อมีการผสมสีแบบแดงเขียวน้ำเงิน (Red-Green-Blue) ในความยาวคลื่นที่สอดคล้องกับแม่สี จะได้ผลลัพธ์เป็นสีธรรมชาติ (Natural Color) ที่พืชมีสีเขียว น้ำมีสีน้ำเงิน หรือดินมีสีน้ำตาล เป็นต้น

(4) ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามปกติและมีอยู่ในธรรมชาติ เช่น สนามฟุตบอลและสนามเทนนิสควรตั้งอยู่ในโรงเรียน เขื่อนต้องตั้งขวางลำน้ำเพื่อกักเก็บน้ำ หรือ ป่าชายเลนควรที่จะตั้งใกล้ชายฝั่งทะเล เป็นต้น

(5) ลวดลายบนภาพ (Texture) หรือความหยาบละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความแปรปรวน หรือความสม่ำเสมอของวัตถุ เช่น นาข้าวควรมีลักษณะเป็นตารางตามแนวคันนา แหล่งน้ำควรมีลักษณะเรียบ และป่าไม้มีลักษณะขรุขระ เป็นต้น

1.4 ประเภทของอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย

ในปัจจุบัน อากาศยานไร้คนขับมีการแบ่งประเภทที่สามารถกำหนดรูปแบบการจัดได้หลายลักษณะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความมุ่งหมายในการนำไปใช้ภารกิจ คุณลักษณะเฉพาะของอากาศยานไร้คนขับเองที่ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการใช้งานสำหรับภารกิจใดภารกิจหนึ่ง หรือสำหรับสภาวะของภูมิประเทศในการนำไปใช้ นอกจากนั้นในข้อพิจารณาดังกล่าว จะต้องคำนึงถึงว่าอากาศยานไร้คนขับดังกล่าวผู้นำไปใช้เป็นองค์กรใดมีการใช้เพื่อความมุ่งหมายและเหตุผลใด ซึ่งนักวิชาการไทยได้กล่าวถึงการแบ่งประเภทของอากาศยานไร้คนขับไว้ 8 ประเภท ดังนี้

(1) แบ่งตามความต้องการของการใช้
(2) แบ่งตามลักษณะการควบคุม
(3) แบ่งตามลักษณะประเภทของการบิน
(4) แบ่งตามขีดความสามารถของระยะปฏิบัติการ
(5) แบ่งตามความสูงของเพดานบิน และห้วงเวลาในการครองอากาศ
(6) แบ่งตามระดับของการปฏิบัติการ
(7) แบ่งตามลักษณะการสร้าง
(8) แบ่งตามการสนับสนุนและการส่งกำลังบำรุง

โดยมาตรฐานฉบับนี้จะแบ่งประเภทอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1.4.1 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง (Fixed Wing)

อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง (Fixed Wing) เป็นอากาศยานที่มีลักษณะคล้ายกับเครื่องบินทั่วไป ใช้ระยะเวลาการบินประมาณ 30-60 นาที สามารถบินครอบคลุมพื้นที่ได้มากกว่าอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุน ในการลงจอดจะต้องอาศัยพื้นที่โล่งกว้างพอสมควร

รูปที่ 1-23 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง (Fixed Wing) [31]

1.4.2 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน (Multirotor)

อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน (Multirotor) เป็นอากาศยานขึ้นลงแนวดิ่งอาศัยการหมุนของใบพัดในการขึ้นลงและขับเคลื่อนไปในทิศทางต่างๆ ประกอบด้วยใบพัดจำนวน 3, 4, 6 และ 8 ใบพัด โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาการบินประมาณ 10-20 นาที

[31] ที่มา : indiamart.com/proddetail/fixed-wing-uav-for-aerial-mapping-and-survey-surveillance

รูปที่ 1-24 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน (Multirotor) [32]

1.4.3 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุนเดี่ยว (Single-Rotor Helicopter)

อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุนเดี่ยว (Single-Rotor Helicopter) เป็นอากาศยาน ที่มีรูปร่างและโครงสร้างคล้ายเฮลิคอปเตอร์ ไม่เหมือนอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน มีใบพัดขนาดใหญ่เพียงใบเดียวที่ใช้ในการเคลื่อนที่และมีใบพัดขนาดเล็กอยู่บนหางของอากาศยานเพื่อควบคุมทิศทางในการบิน ซึ่งจะมีประสิทธิภาพมากกว่าอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุนบางรุ่น

[32] ที่มา : https://www.djibangkok.com/shop/mavic-2-pro/)

รูปที่ 1-25 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุนเดี่ยว (Single-Rotor Helicopter) [33]

1.4.4 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid)

อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid) เป็นอากาศยานที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใหม่ มีลำตัวอากาศยานเป็นแบบอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง แต่สามารถขึ้นลงแนวดิ่งได้ ซึ่งเป็นการนำเอาข้อดีของประเภทอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงมารวมกับอากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน

รูปที่ 1-26 อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง (Fixed-Wing Hybrid) [34]

[33] ที่มา : https://www.uasvisfor-rainwater-removal

[34] ที่มา : https://www.pinterest.com/pin/621919029763321101

อากาศยานไร้คนขับแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันในรูปลักษณ์ และความเหมาะสมในการเลือกใช้ เปรียบเทียบข้อดี ข้อเสียของแต่ละชนิดได้จากตาราง

ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ	ข้อดี	ข้อเสีย
อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึง	ระยะเวลาในการบินได้นาน ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง บินด้วยความเร็วสูง ทนต่อแรงลม	ใช้พื้นที่ขึ้นลงมาก ราคาสูง ใช้งานยาก
อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน	ง่ายต่อการใช้งาน ใช้พื้นที่ขึ้นลงน้อย ราคาถูก	บินช้า ระยะเวลาในการบินน้อย
อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุนเดี่ยว	ใช้พื้นที่ขึ้นลงน้อย ระยะเวลาในการบินได้นาน	ราคาสูง ใช้งานยาก
อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกตรึงขึ้นลงแนวดิ่ง	ใช้พื้นที่ขึ้นลงน้อย ระยะเวลาในการบินได้นาน ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้าง บินด้วยความเร็วสูง ทนต่อแรงลม	ราคาสูงมาก ใช้งานยาก

ตารางที่ 1-1 ความแตกต่างกันในรูปลักษณ์และความเหมาะสมในการ เลือกใช้อากาศยานไร้คนขับ

1.5 ส่วนประกอบของอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย

จากคำจำกัดความของอากาศยานไร้คนขับ หมายถึงเครื่องบินที่สามารถบินได้ด้วยระบบอัตโนมัติ โดยไม่ใช้นักบิน จะเห็นว่าลักษณะของอากาศยานไร้คนขับจะกำหนดได้จากการออกแบบการสร้างระบบต่างๆ ในอากาศยานไร้คนขับและระบบสนับสนุนที่อยู่บนพื้นดิน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ได้มาจากความต้องการหลัก 5 ประการ คือ ระยะเวลาบิน ความเร็ว รัศมีทำการ ความสูง และน้ำหนักรวม เมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งระบบแล้ว ระบบอากาศยานไร้คนขับจะแยกได้ 10 ส่วน คือ

(1) โครงเครื่องบิน (Airframe) มีรูปร่างที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภทของอากาศยานไร้คนขับ ในลำตัวประกอบด้วย เฟรม มอเตอร์ ใบพัด ชุดอิเล็กทรอนิกส์ควบคุมรอบมอเตอร์หรือเซอร์โวสำหรับเครื่องบินปีกแข็ง ส่วนวัสดุที่ใช้ก็มีหลายแบบ เช่น โลหะ พลาสติกผสม คาร์บอนไฟเบอร์ผสม

(2) ระบบควบคุม (Control System) เป็นแบบการบังคับโดยใช้วิทยุจากพื้นดิน หรือควบคุมการบินด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ชุดควบคุมการบิน ประกอบด้วย ตัวปรับแก้ความเอียง IMU ทำงานร่วมกับ GPS และตัวตรวจจับอื่นๆ เพื่อรักษาระดับความสูงและตำแหน่ง

(3) กล้อง (Camera) เป็นอุปกรณ์สำหรับการถ่ายภาพทางอากาศ

(4) ระบบการปล่อยและลงจอด (Launch and Landing System) การปล่อยอากาศยานไร้คนขับขึ้นบินทำได้หลายวิธี เช่น การยิงจากเครื่องส่ง (Launch) การวิ่งขึ้นจากทางวิ่ง การโยน และการลงจอดก็มีหลายวิธี เช่น การจับด้วยตาข่าย การใช้ร่มชูชีพ การใช้พาราฟอยล์ และการบังคับลงบนรันเวย์

(5) ระบบนำร่องและนำวิถี (Navigation and Guidance System) จะใช้ GNSS เป็นอุปกรณ์ทำงานด้านระบบนำร่องและนำวิถีซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของอากาศยานไร้คนขับ

(6) ระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้น (Ground Control Station) หลักการทำงานคล้ายๆ กับระบบควบคุมภาคพื้นของอากาศยานทั่วๆ ไป โดยมีหน้าที่ตรวจสอบการทำงานและตรวจข้อมูลต่าง ๆ ที่ส่งมาจากอากาศยานไร้คนขับ

(7) ช่องสัมภาระที่บรรทุกได้ (Payload) เช่น กล้องถ่ายภาพ แบตเตอรี่ อุปกรณ์นำร่องภาครับ PPK เป็นต้น

(8) ระบบการเชื่อมต่อและเก็บข้อมูล (Data Link and Storage System) ระบบเชื่อมต่อระหว่างอากาศยานไร้คนขับและระบบควบคุมและสนับสนุนภาคพื้น ใช้หลายย่านความถี่ เช่น ย่านความถี่สูง (HF) ย่านความถี่สูงมาก (VHF) และย่านไมโครเวฟ

(9) ระบบป้องกันตนเอง (Self-Protection Systems) อากาศยานจะมีระบบป้องกันตนเองเบื้องต้นเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายกับอากาศยานในระหว่างการบิน เช่น เมื่อแบตเตอรี่ใกล้หมดแต่ยังไม่ถึงจุดร่อนลง อากาศยานจะร่อนลงเองอัตโนมัติเพื่อไม่ให้เกิดการทิ้งตัวในระหว่างการบิน

(10) ผู้ควบคุมอากาศยาน (Pilot) ต้องเป็นผู้ที่มีประสบการณ์สูง และได้รับการฝึกมาเป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายระหว่างการบินและได้ข้อมูลภาพถ่ายที่สามารถนำมาประมวลผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 การแบ่งประเภทกล้องดิจิทัลและความถูกต้องเชิงตำแหน่งพิกัดจุดถ่ายภาพ

เนื่องจากกล้องดิจิทัลมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องเชิงตำแหน่งของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ดังนั้น มาตรฐานฉบับนี้จะแบ่งประเภทกล้องดิจิทัลตามความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลที่ผลิตได้ โดยมีพารามิเตอร์ที่ใช้แบ่งประกอบด้วย ประเภทของชัตเตอร์ ชนิดของเลนส์ ขนาดของเซนเซอร์ ค่าความละเอียดของภาพถ่าย และความถูกต้องเชิงตำแหน่งของพิกัดภาพถ่าย โดยกล้องแต่ละประเภทจะมีวิธีการและมาตรฐานการทำงานที่แตกต่างกัน เช่น การกำหนดตำแหน่งและจำนวนจุดควบคุมทางราบ (GCP) เป็นต้น

สามารถแบ่งประเภทของกล้องดิจิทัลได้ดังนี้

(1) Consumer Grade

(2) Professional Grade

(3) Survey Grade

โดยประเภทของกล้องดิจิทัลแต่ละประเภทจะเป็นไปตามตาราง

ประเภทของกล้องถ่ายภาพ	ประเภทของชัตเตอร์	ชนิดของเลนส์	ขนาดของเซนเซอร์	ค่าความละเอียดของภาพถ่าย	การรังวัดพิกัดภาพถ่าย	ค่าความถูกต้อง ทางราบที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95%	ค่าความถูกต้องทางดิ่งระดับความเชื่อมั่นที่ 95%
Consumer grade	Rolling Shutter	N/A	< 1"	< 16 MP	DGPS	5 GSD	6 GSD
Professional grade	global Shutter	Prime Lens	≥ 1"	≥ 16 MP	DGPS	2 GSD	3.5 GSD
Survey grade	global Shutter	Prime Lens	≥ 1"	≥ 16 MP	PPK/RTK	2 GSD	3 GSD

ตารางที่ 1-2 แสดงการแบ่งประเภทของกล้องถ่ายภาพ

บทที่ 2
โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ

โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation หรือ Aerotriangulation) เป็นกระบวนการหาค่าและปรับแก้ค่าการจัดวางภายนอกของภาพ เช่น ตำแหน่งการถ่ายภาพ การหมุนแกนกล้องของภาพถ่าย พร้อมกันทั้งบล็อคการประมวลผล ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะมีส่วนสำคัญอย่างมากในการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุที่ต้องการรังวัด นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย (Photo Control Points) ในบล็อคของการถ่ายภาพทุกภาพเป็นจำนวนมาก โดยไม่ต้องทำการรังวัดจุดควบคุมเพิ่มในสนาม แต่ยังคงต้องมีการรังวัดจุดควบคุมในสนามบางส่วนเพื่อการโยงยึดและปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ให้ถูกต้องตามเกณฑ์งานที่กำหนดและอยู่ในระบบพิกัดที่ต้องการ

2.1 จุดควบคุมภาพถ่าย

จุดควบคุมภาพถ่าย คือ จุดใดบนภาพถ่ายที่มีลักษณะเด่นชัด สามารถระบุชัดทางตำแหน่งได้อย่างชัดเจนทั้งในสนามและบนภาพถ่าย อาจจะเป็นจุดที่ประดิษฐ์ขึ้นแล้วนำมาวางหรือจุดที่มีความเด่นชัดตามภูมิประเทศก็ได้ แต่ในกรณีที่ต้องการผลการคำนวณปรับแก้ของโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและมีความละเอียดถูกต้องและน่าเชื่อถือ ซึ่งจะส่งผลทำให้การผลิตแผนที่มีความละเอียดถูกต้องสูงขึ้นตามไปด้วย ในพื้นที่สำรวจจริงจำเป็นจะต้องมีจุดควบคุมภาพถ่ายที่ประดิษฐ์ขึ้น จุดควบคุมภาพถ่ายชนิดที่เป็นเป้าล่วงหน้า (Premarking Target) หรือเป้าชนิดส่งสัญญาณ (Signalized Target) ซึ่งจะต้องเตรียมการล่วงหน้าด้วยวัสดุที่มีความเด่นชัดในภูมิประเทศ บนภาพถ่ายจะต้องมีความคมชัดตัดกับสภาพแวดล้อมและสามารถบ่งชี้ได้ง่ายจากภาพถ่าย ในกรณีของภาพถ่ายดิจิตอลควรจะต้องมีขนาดบนภาพมากกว่า 5-10 จุดภาพ (Pixel) เป้าล่วงหน้านี้จะต้องดำเนินการวางให้เสร็จและเฝ้าระวังจนกว่าจะมีการบินถ่ายภาพแล้วเสร็จ อีกทั้งต้องสามารถกลับมาเก็บพิกัดภาคพื้นดินภายหลังได้อีกด้วย

รูปที่ 2-1 ตัวอย่างการวางจุดควบคุมภาพถ่าย

2.1.1 การรังวัดพิกัดภาคพื้นดิน (Ground Observation of GCP)

ของจุดควบคุมภาพถ่ายภาคพื้นดินถือเป็นข้อมูลที่สำคัญที่ช่วยในการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบของภาพถ่ายภายนอกโดยจุดควบคุมภาพถ่ายนี้ควรจะต้องมีการรังวัดค่าพิกัดโดยโยงยึดเข้ากับหมุดหลักฐานต่างๆ เช่น หมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร กรมที่ดิน หรือของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้ผลผลิตที่ได้จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายสามารถเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อยอดเข้ากับชั้นข้อมูลภูมิสารสนเทศของหน่วยงานอื่น ๆ ต่อไปได้อย่างเหมาะสม

วิธีการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (Global Navigation Satellite System: GNSS) เป็นวิธีการรังวัดค่าพิกัดที่นิยมนำมาใช้ในการสร้างหมุดหลักฐานสำหรับใช้เป็นค่าพิกัดจุดควบคุมในการสำรวจด้วยภาพถ่าย โดยเหตุนี้ ความเข้าใจถึงวิธีการรังวัดพิกัดภาคพื้นดินด้วยการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ GNSS จึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งจะมีรายละเอียด โดยสรุปย่อที่ต้องทำความเข้าใจดังต่อไปนี้

2.1.2 ชนิดของเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS (Type of GNSS Receiver)

เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทหลักคือ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบมือถือ (Handheld GNSS Receiver) และเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบรังวัด (Surveying or Geodetic Receiver) ซึ่งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ทั้งสองประเภทมีรายละเอียดดังนี้

(1) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบมือถือ (Handheld GNSS) เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบ GNSS ที่มีขนาดที่ใกล้เคียงกับโทรศัพท์มือถือ ทำให้สามารถพกพาได้อย่างสะดวก โดยเหตุนี้เอง จึงถูกเรียกว่า เครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบมือถือ เครื่องรับสัญญาณ GNSS ประเภทนี้ใช้หลักการของการรังวัดด้วยดาวเทียม GPS แบบสัมบูรณ์โดยอาศัยข้อมูลซูโดเรนจ์ มาประมวลผลเพื่อหาค่าพิกัดตำแหน่ง โดยจะให้ค่าความถูกต้องทางตำแหน่งในระดับ 10-20 เมตรและเครื่องรับสัญญาณชนิดนี้มีราคาค่อนข้างถูกและใช้งานง่าย และมีด้วยกันหลายยี่ห้อ โดยยี่ห้อที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ Garmin ดังรูปที่ 2-2 ซึ่งความถูกต้องทางตำแหน่งที่ได้รับนั้นเหมาะกับการใช้งานในชีวิตประจำวันและงานที่ไม่ต้องการความถูกต้องที่สูงมากนัก เช่น การเก็บตัวอย่างข้อมูลเชิงพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ในเชิงภูมิสารสนเทศ การเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) และงานนำชี้ตำแหน่งแปลงที่ดินในการสำรวจสังเขป เป็นต้น อย่างไรก็ตามเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบมือถือไม่มีขีดความสามารถในการรังวัดพิกัดหมุดบังคับภาพสำหรับงานสำรวจตัวภาพถ่าย

รูปที่ 2-2 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบมือถือ (Handheld GNSS) [35]

(2) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบรังวัดพิกัดหมุดควบคุม สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทย่อย ดังนี้

(2.1) เครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบรังวัดพิกัดหมุดควบคุมที่รับสัญญาณดาวเทียม GPS แบบความถี่เดียว (Single Frequency Receiver) เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม

[35] ที่มา : https://www.cstshop.net/product/377/gpsmap64sx%E0%B8%A2%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B8%AB%E0%B9%89%E0%B8%AD-garminthai-gps

ที่รับสัญญาณดาวเทียม GPS โดยการวัดคลื่นส่งที่ความถี่ L1 ได้เพียงความถี่เดียวเท่านั้น ซึ่งเครื่องรับชนิดนี้มีราคาถูกกว่าเครื่องรับแบบสองความถี่ ทั้งนี้เพราะเมื่อนำข้อมูลรังวัดพิกัดดาวเทียมความถี่เดียวมาประมวลผลแบบเฟสของคลื่นส่งจะให้ค่าความถูกต้องที่น้อยกว่าการประมวลผลในแบบเดียวกันโดยใช้ข้อมูลรังวัดพิกัดดาวเทียมแบบสองความถี่ (L1 และ L2)

รูปที่ 2-3 เครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบความถี่เดียว (Single Frequency Receiver) [36]

(2.2) เครื่องรับสัญญาณ GNSS ที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียม GPS แบบสองความถี่และหลายระบบดาวเทียมนำหน (Dual-Frequency Receiver and Multi-GNSS Receiver) ดังรูปที่ 2-4 เป็นเครื่องรับสัญญาณ GNSS ที่สามารถรับสัญญาณดาวเทียม GPS ของประเทศสหรัฐอเมริกาที่ความถี่ L1 และ L2 ยิ่งไปกว่านั้น ในปัจจุบันเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมได้ถูกพัฒนาให้สามารถรับสัญญาณดาวเทียม GPS ความถี่ L5 พร้อมด้วยขีดความสามารถรับสัญญาณดาวเทียมในระบบอื่นๆ เช่น ระบบดาวเทียม GLONASS ของประเทศรัสเซีย ระบบดาวเทียม Baidu ของประเทศจีน ระบบดาวเทียม QZSS ของประเทศญี่ปุ่น และ ระบบดาวเทียม GALILEO ของสหภาพยุโรป เป็นต้น

[36] ที่มา : http://surveyingequipmentguide.blogspot.com/2008/10/introducing-sokkia-gsr1700-csx-single.html

รูปที่ 2-4 เครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบสองความถี่และหลายระบบดาวเทียมนำหน (Dual-Frequency Receiver and Multi-GNSS Receiver) [37]

2.1.3 เทคนิคในการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบสัมพัทธ์ (Differential or Relative GPS Positioning)

โดยส่วนใหญ่แล้วการรังวัดหาตำแหน่งค่าพิกัดของจุดควบคุมภาพถ่ายนั้นต้องการความถูกต้องทางตำแหน่งสูง ทั้งนี้เพราะเป็นงานรังวัดควบคุม จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้การหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นการใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยจะเป็นการวางเครื่องรับสัญญาณ GNSS เครื่องหนึ่งอยู่ที่จุดที่ทราบค่าพิกัดแล้วซึ่งอาจจะเป็นหมุดหลักฐานกรมแผนที่ทหาร หรือหมุดหลักฐานกรมที่ดิน หรือหมุดหลักฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นต้น ทั้งนี้ เครื่องหนึ่งตั้งที่จุดทราบค่าพิกัดโดยจะถูกเรียกว่า สถานีฐาน (Base Station) ส่วนเครื่องรับอีกเครื่องจะถูกนำไปวางตรงจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัดที่จะถูกเรียกว่า โรเวอร์ (Rover) ผลที่ได้จากการทำงานในลักษณะนี้คือ ตำแหน่งเปรียบเทียบของจุดหนึ่งกับอีกชุดหนึ่ง หรือเป็นเส้นฐานที่มีทิศทางระหว่างจุดที่นำเครื่องรับทั้งสองไป ตั้งรับสัญญาณ โดยการหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์เรียกว่า Differential GPS (DGPS) โดยการใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาประมวลผลเพื่อหาค่าพิกัด จะให้ค่าความถูกต้องสูงในระดับเซนติเมตร และอาจสูงถึงระดับมิลลิเมตรขึ้นอยู่กับวิธีที่ใช้ในการรังวัดในปัจจุบัน ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลเฟสคลื่นส่งได้โดยจะได้รับมาพร้อมกับชุดเครื่องรับสัญญาณ GNSS แบบรังวัด สำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่ายในภาระการรังวัดพิกัดจุดควบคุมภาพในภาคพื้นดิน

[37] ที่มา : https://www.sisirl.com/survey-equipment-product/leica-gs18-t-gnss-smart-antenna/

นั้นควรจะรับสัญญาณด้วยเครื่องรับสัญญาณแบบรังวัดและใช้ข้อมูลเฟสคลื่นส่งในการประมวลเท่านั้น จึงจะมีความถูกต้องทางตำแหน่งของหมุดบังคับในระดับที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการรังวัดในภาคสนามในปัจจุบันสามารถแบ่งได้ดังแสดงในตารางที่ 2-1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

วิธีการที่ใช้	อุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทำงาน	วิธีการทำงานในสนาม	ค่าความถูกต้อง
STATIC	เครื่องรับแบบรังวัด ชนิดความถี่เดียว หรือหลายความถี่	ตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนำหนพิภพทั้งสองอยู่กับที่ 1-2 ชั่วโมง และในระหว่างทำงานต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง	5 มม. – 2.5 ซม.
RAPID STATIC	เครื่องรับแบบรังวัด ชนิดความถี่เดียว หรือหลายความถี่	ตั้งเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนำหนพิภพทั้งสองอยู่กับที่10-20 นาที และในระหว่างทำงานต้องมีจำนวนดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง	1-3 ซม.
KINEMATIC	เครื่องรับแบบรังวัด ชนิดความถี่เดียว หรือหลายความถี่	สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนำหนพิภพไปตามจุดที่ต้องการหาค่าพิกัดได้แต่ต้องทำการเริ่มต้น (Initialize) สัญญาณใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที และในระหว่างทำงานต้องสามารถรับดาวเทียมอย่างต่อเนื่อง	1-5 ซม.
RTK	เครื่องรับแบบรังวัด ชนิดหลายความถี่เท่านั้น และอุปกรณ์สื่อสาร ใช้ได้ทั้งเครื่องรับส่งวิทยุ หรือโทรศัพท์มือถือ	สามารถเคลื่อนย้ายเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมนำหนพิภพไปตามจุดที่ต้องการหาค่าพิกัดให้แต่ต้องรอจุดละประมาณ 1-2 นาที โดยในระหว่างทำงานต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 5 ดวงและต้องรับค่าปรับแก้จากสถานีฐานได้	1-5 ซม.

ตารางที่ 2-1 รายละเอียดเทคนิควิธีการรังวัดหาค่าพิกัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS) โดยสรุป

(1) การรังวัดแบบสถิต (Static Survey) เป็นวิธีพื้นฐานของการวัดระยะโดยใช้คลื่นส่ง โดยใช้เครื่องรับตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป เครื่องรับเครื่องหนึ่งนำไปวางอยู่ ณ จุดที่ทราบค่าพิกัดเพื่อใช้อ้างอิง ส่วนเครื่องที่เหลือวางไว้ ณ จุดที่ต้องการหาตำแหน่งเพิ่มเติม โดยปกติจะตั้งเครื่องรับสัญญาณไว้ไม่น้อยกว่า

45 นาที แต่ถ้าจะให้ได้ผลการรังวัดที่ดีควรจะรังวัดนาน 1-2 ชั่วโมง ทั้งนี้เพื่อให้มีข้อมูลของการวัดระยะเพียงพอที่จะประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบที่ไม่สามารถวัดได้ โดยหลักการแล้ววิธีการนี้ใช้หาตำแหน่งสัมพัทธ์ระหว่างจุดสองจุดที่อยู่ห่างกันเป็นระยะทางยาวได้ แต่การใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์หรือซอฟต์แวร์ของโรงงานผลิตเครื่องรับนั้น ระยะทางสูงสุดที่ให้ความถูกต้องได้ตามข้อกำหนดของเครื่องรับจะอยู่ประมาณ 20-30 กิโลเมตร เท่านั้น

รูปที่ 2-5 การรังวัดแบบสถิต (Static Survey)

(2) การรังวัดแบบสถิตชนิดเร็ว (Rapid Static Survey) มีวิธีการทำงานเหมือนกับการรังวัตแบบสถิตข้างต้น แต่ต้องการข้อมูลน้อยกว่า เพื่อนำมาประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบในการหาตำแหน่งของจุดที่อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 5 กิโลเมตร จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลราว 10-20 นาที อัลกอริทึมที่ใช้ในการประมวลผลวิธีรังวัดสถิตอย่างเร็วจะแตกต่างจากวิธีรังวัดแบบสถิตธรรมดาตามปกติ จะใช้ได้สำหรับจุดที่อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 15 กิโลเมตร

(3) การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สามารถหาตำแหน่งของจุดที่ต้องการให้เร็วขึ้น คือจะใช้เวลาในการรับข้อมูล ณ จุดที่ต้องการในเวลาไม่ถึงหนึ่งนาที แต่วิธีการนี้ก็มีจุดด้อยคือ มีวิธีการเริ่มงาน (Initialization) ผ่านการรับสัญญาณเริ่มต้นซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 5-10 นาที และในระหว่างทำงานต้องสามารถรับ ดาวเทียมอย่างต่อเนื่อง โดยจะเป็นวิธีการทำงานเพื่อให้สามารถประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบได้ สิ่งที่ต้องคำนึงถึง ณ ขณะทำงานคือ เครื่องรับจะต้องรับสัญญาณต่อเนื่อง

จากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา แม้กระทั่ง ในขณะที่กำลังเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากรับสัญญาณดาวเทียมได้น้อยกว่า 4 ดวงเมื่อใด จะต้องทำขั้นตอนของวิธีการเริ่มงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงไปรังวัดที่จุดอื่นๆ ต่อไปได้อีก ในการรังวัดแบบจลน์นี้เครื่องรับเครื่องหนึ่งจะถูกวางไว้ที่จุดอ้างอิงที่รู้ตำแหน่งแล้วตลอดเวลาเครื่องอื่นๆ เมื่อทำขั้นตอนวิธีการเริ่มงานแล้ว จึงนำไปวางตามจุดที่ต้องการหาตำแหน่ง

รูปที่ 2-6 การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey)

(4) การรังวัดแบบจลน์ทันทีทันใด (Real-time Kinematic Survey: RTK) วิธีนี้รู้จักกันในชื่อย่อว่า RTK เป็นวิธีการทำงานรังวัดแบบจลน์นั่นเอง แต่แสดงผลลัพธ์คือ ค่าพิกัดตำแหน่งได้ทันทีในสนาม โดยเหตุที่การทำงานยังเป็นการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ หมายความว่าข้อมูลจากทั้งสองจุดต้องนำมาประมวลผลร่วมกัน ดังนั้น จึงต้องใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน เนื่องจากจุดอ้างอิงเป็นจุดรู้ตำแหน่งอยู่แล้ว ในการทำงานแบบ RTK นี้ จึงเป็นการส่งข้อมูลที่รับสัญญาณดาวเทียมได้ไปยังจุดที่ต้องการหาตำแหน่งเครื่องรับ ที่จุดต้องการหาตำแหน่งจะรับข้อมูลแล้วนำไปประมวลผล แล้วแสดงค่าพิกัดได้อย่างรวดเร็วในทันที ระยะห่างระหว่างจุดที่ใช้ทำงานได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกำลังของคลื่นวิทยุที่ใช้ ในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน

รูปที่ 2-7 การรังวัดแบบจลน์ทันทีทันใด (Real-time Kinematic Survey: RTK)

2.1.4 การรังวัดพิกัดภาคพื้นดินสำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Ground Observation for Photogrammetry)

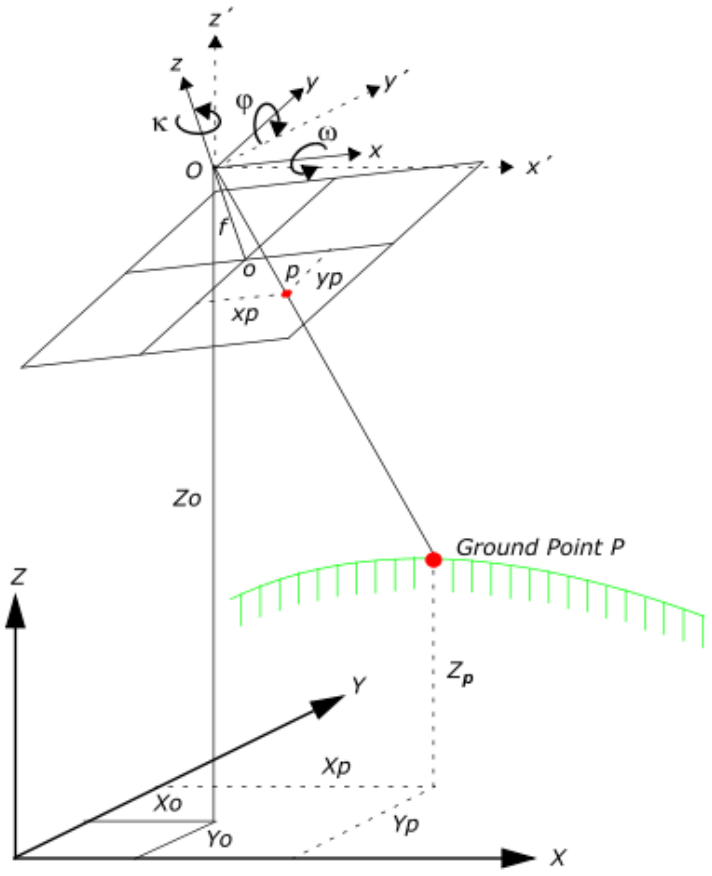
(1) การรังวัดพิกัดภาคพื้นดินที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากเครื่องบิน การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากเครื่องบินแต่ละครั้งนั้นจะครอบคลุมพื้นที่การสำรวจขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ การเลือกการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS) จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งเทคนิคการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ GNSS ที่นำมาใช้สำหรับงานในลักษณะนี้มีทั้งวิธี Static, Rapid Static, Kinematic และ RTK อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้วิธีเทคนิคการรังวัดที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับงบประมาณ ความถูกต้องที่ต้องการ และระยะเวลาในการทำงาน ซึ่งวิศวกรสำรวจจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงปัจจัยเหล่านี้ในการออกแบบ

(2) การรังวัดพิกัดภาคพื้นดินที่เหมาะสมสำหรับการสำรวจด้วยภาพถ่ายจาก UAV การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากเครื่องบินแต่ละครั้งนั้นจะครอบคลุมพื้นที่การสำรวจขนาดที่ไม่ควรเกิน 20-25 ตร.กม. ดังนั้น การเลือกใช้ระบบรังวัดพิกัดด้วยดาวเทียม GNSS จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมเช่นเดียวกับภาพถ่ายจากเครื่องบิน แต่เนื่องจากการเลือกใช้ UAV ในการสำรวจนั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นงานที่ต้องแข่งกับเวลาและถูกจำกัดด้วยงบประมาณ เทคนิคการรังวัดพิกัดด้วยดาวเทียม GNSS ที่นำมาใช้นิยมเลือกมาใช้สำหรับงานนี้คือ วิธี Rapid State และ RTK อย่างไรก็ตามวิธี Static ยังคงมีความสำคัญในการโยงยึดระบบพิกัดของการทำงานเข้ากับหมุดหลักฐานของหน่วยงานทางราชการ เช่น หมุดหลักฐานของกรมแผนที่ทหาร หมุดหลักฐานของกรมที่ดิน และหมุดหลักฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เป็นต้น

อนึ่ง ในกรณีที่พื้นที่ขนาดเล็ก และ/หรือไม่มีอุปกรณ์รับสัญญาณดาวเทียม GNSS การใช้งานวงรอบ (Traversing) ร่วมกับการระดับ (Leveling) เข้ามาสร้างจุดบังคับภาพถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถกระทำได้ โดยในปัจจุบันสามารถดำเนินการได้โดยใช้กล้องประมวลผลรวม (Total Station) ในการรังวัดพิกัดทางราบ และกล้องระดับอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Leveling) ในการถ่ายระดับเข้าจุดควบคุมต่างๆ ที่ได้วางแผนไว้

2.2 วิธีการระบุค่าการจัดวางภายนอก

ค่าการจัดวางภายนอกของภาพถ่ายเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ระบุตำแหน่งของการเปิดถ่ายภาพและความเอียงของแกนกล้อง X_0, Y_0, Z_0, ω,ϕ,κ เป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการประมวลผลการสำรวจด้วยภาพถ่าย ค่าพารามิเตอร์นี้จะถูกคำนวณโดยการวัดสอบกลับโดยวิธีเล็งสกัดย้อน (Single Photo Resection) เพื่อการคำนวณหาพารามิเตอร์นี้จะต้องใช้จุดควบคุมภาพจำนวนมากเพื่อการแก้ไขสมการ แต่ในปัจจุบันค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะถูกบันทึกมากับการถ่ายภาพในอากาศยานไร้คนขับประสิทธิภาพสูง แต่ถึงอย่างไรค่าที่ได้นั้นยังไม่เพียงพอต่อความละเอียดถูกต้องของมาตรฐานงานสำรวจแผนที่ที่ต้องการ จึงมีความจำเป็นต้องใช้จุดควบคุมภาพในปริมาณที่เหมาะสมกับมาตรฐานงานที่กำหนด



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างค่าการจัดวางภายนอกของภาพถ่าย [38]

[38] ที่มา : https://www.researchgate.net/figure/Figure-2-8-Exterior-Orientation-Ips_fig6_321849988

2.3 การคำนวณโครงข่ายสามเหลี่ยมแบบลำแสงเป็นบล็อค

ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลในการสำรวจด้วยภาพ ประกอบด้วยงานหลักต่อไปนี้

(1) ค่าพิกัดฉาก 3 มิติของวัตถุใด ๆ (E, N, h)

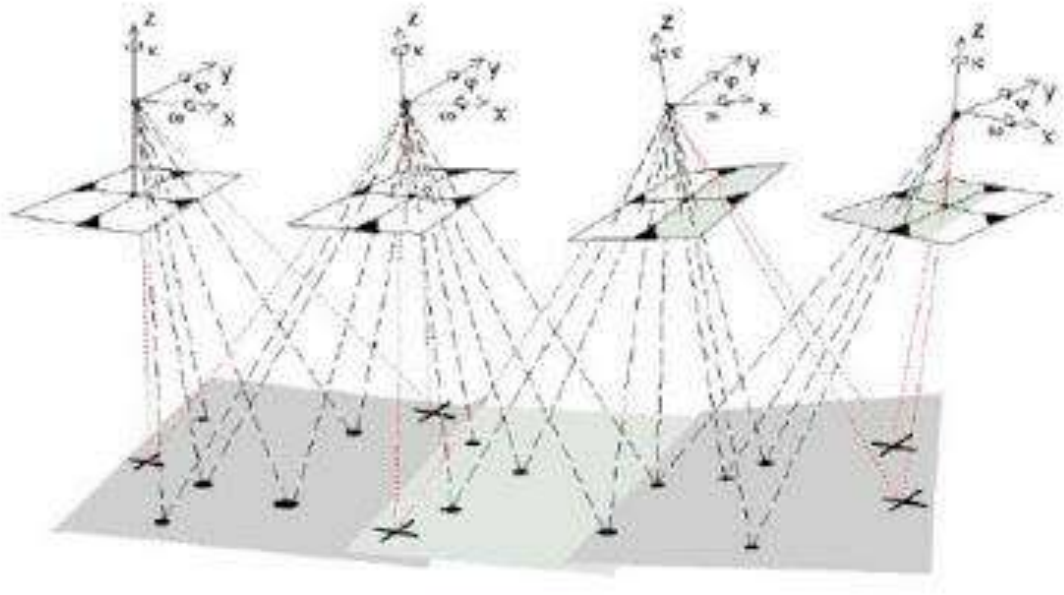
(2) ภาพถ่ายตัดแก้ออร์โธ

(3) กลุ่มของจุดสามมิติ หรือพอยต์คลาวด์ (Point Cloud)

(4) แบบจำลองพื้นผิวและแบบจำลองระดับ

(5) แผนที่ลายเส้น

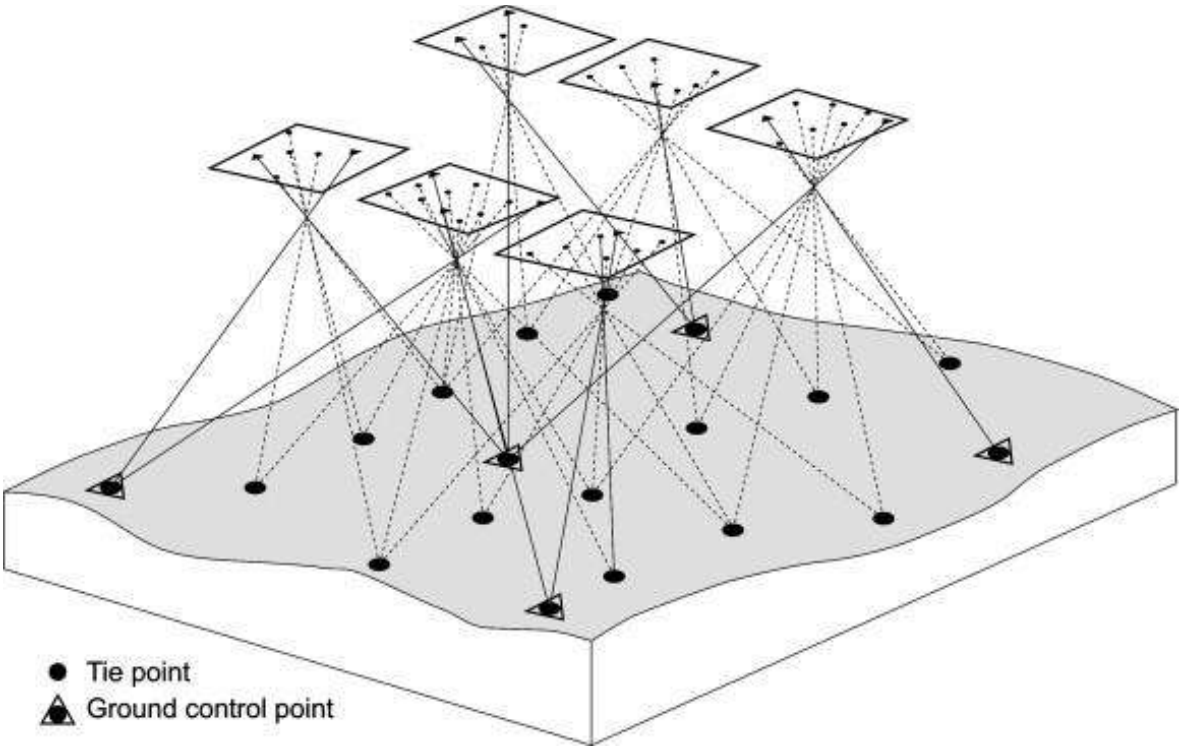
ผลลัพธ์ที่ได้เหล่านี้เกิดขึ้นภายหลังจากการประมวลภาพถ่ายที่มีการวางแผนการถ่ายภาพในลักษณะของโครงข่ายสามเหลี่ยมการถ่ายภาพ (Photo Triangulation Network) โดยหากภาพถ่ายที่ว่านี้เป็นภาพถ่ายทางอากาศซึ่งอาจจะได้จากเครื่องบิน หรืออากาศยานไร้คนขับ ก็จะเรียกว่าโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Aero-Triangulation) โดยการประมวลผลภาพในลักษณะของโครงข่ายการถ่ายภาพนี้จะเป็นการวิเคราะห์หาค่าองค์ประกอบภาพถ่ายภายนอก (Exterior Orientation Parameter) ไปพร้อมกันทั้งบล็อคของการถ่ายภาพ โดยแต่ละภาพถ่ายในบล็อคนั้นจะมีส่วนซ้อนด้านหน้าและส่วนซ้อนด้านข้างเป็นต้นมีจุดผ่านและจุดโยงยึดทำหน้าที่เหมือนกาวที่หยอดไว้เป็นจุดๆ ซึ่งในบทนี้จะขอเรียกจุดเหล่านี้ว่าจุดประสาน (Connection Point) ดังรูปที่ 2-9 ที่เชื่อมโยงทุกภาพในบล็อคการบินภายภาพให้มีความแข็งแรงและยึดติดกันเป็นผืนเดียว ส่งผลให้เมื่อดำเนินการคำนวณปรับแก้เพื่อหาค่าองค์ประกอบภาพภายนอกสามารถที่จะดำเนินการไปพร้อมกันทุกภาพได้ ทั้งนี้เพราะค่าพิกัดภาคพื้นดินของจุดประสานเหล่านี้จะถูกคำนวณขึ้นมาพร้อมกันด้วย ซึ่งนับเป็นการเพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย (Photo Control Points) ในบล็อกของภาพถ่ายของทุกภาพไปโดยปริยาย และเนื่องจากกระบวนการคำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศได้เพิ่มค่าพิกัดภาคพื้นดินของจุดประสานต่างๆ ขึ้นมาใหม่เพิ่มเติมขึ้นจากจุดควบคุมเดิมที่ได้รังวัดจากภาคสนาม จึงนิยมเรียกกระบวนการนี้ว่า การขยายจุดควบคุม (Photo Control Extension) ที่นับได้ว่า เป็นการเพิ่มจุดควบคุมภาพถ่ายได้อีกหนทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการลดปริมาณงานชีวิตภาคสนามเป็นจำนวนมาก โดยเหตุนี้การ คำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศจึงถือเป็นกระบวนการหลักในการคำนวณปรับแก้ของการสำรวจด้วยภาพถ่าย



รูปที่ 2-9 แสดงการเชื่อมโยงจุดผ่านและจุดโยงยึด [39]

กระบวนการคำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ จึงประกอบไปด้วยการทำงานใน 2 ส่วนหลัก คือ (1) การเล็งสกัดย้อนภาพถ่ายเดี่ยวเพื่อหาค่าองค์ประกอบภาพภายนอกในแต่ละภาพของบล็อค และ (2) การเล็งสกัดภาพถ่ายคู่เพื่อหาค่าพิกัดภาคพื้นดินของจุดประสานต่างๆ ซึ่งต้องมี ประกอบไปด้วย จุดควบคุมภาพถ่าย และจุดประสานภาพถ่าย โดยจุดควบคุมภาพถ่ายนี้ควรเป็นจุดใดๆ บนภาพถ่ายที่มีลักษณะเด่นชัด สามารถระบุชัดทางตำแหน่งได้อย่างชัดเจนบนภาพและในสนามที่เรียกว่า “Well Identified Point” กล่าวคือ เมื่อลงไปรังวัดในภาคสนาม จุดเหล่านี้ควรจะต้องสามารถค้นหาได้ง่าย และควรที่จะมีการกระจายตามตำแหน่งดังรูปที่ 2-10 และเนื่องจากจุดเหล่านี้มีความเด่นชัดการรังวัดพิกัดของจุดควบคุมภาพถ่ายก็จะสามารถดำเนินการตามเป้าหมายได้อย่างแม่นยำตามไปด้วย นอกจากนี้ ต้องมีการวัดพิกัดภาพของจุดประสานต่าง ๆ (จุดผ่านและจุดโยงยึด) เพื่อให้ได้ค่าพิกัดภาคพื้นดินอันจะช่วยเสริมในการคำนวณปรับแก้บล็อคถ่ายภาพ ทั้งนี้จุดประสานที่เป็นจุดผ่านควรจะมีอย่างน้อย 6 จุดบริเวณส่วนซ้อนด้านหน้า และจุดประสานที่เป็นจุดโยงยึด ควรจะมีอย่างน้อย 2 จุด ทั้งนี้ในการนับจุดผ่านอาจจะนับรวมเอาจุดโยงยึดเข้าไว้ด้วย (Fiag, 1976) โดยเหตุนี้ จึงเรียกจุดควบคุมภาพทั้ง 2 ชนิดนี้ว่าจุดประสานภาพถ่าย

[39] ที่มา : http://photogrammetrydevelopment.blogspot.com/2010/08/what-is-aerial-triangulation.html



รูปที่ 2-10 แสดงตำแหน่งการกระจายตัวที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการคำนวณปรับแก้โครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ [40]

[40] ที่มา : https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/digital-photogrammetry

บทที่ 3
การวางแผนการบินและการถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ

การบินถ่ายภาพของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ การวางแผนการบิน ใช้ในการกำหนดรูปแบบการบิน ระดับสูงบิน ขนาดส่วนซ้อนและส่วนเกย และการถ่ายภาพ เป็นส่วนสำคัญในการผลิตข้อมูลดิบเพื่อนำไปประมวลผล

เพื่อควบคุมความถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลลัพธ์ของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ ขั้นตอนการวางแผนการบินเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการกำหนดพารามิเตอร์ของการวางแผนการบินจะต้องสอดคล้องกับความถูกต้องที่ต้องการ พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการบินประกอบด้วย

(1) ความสูงบิน

(2) GSD

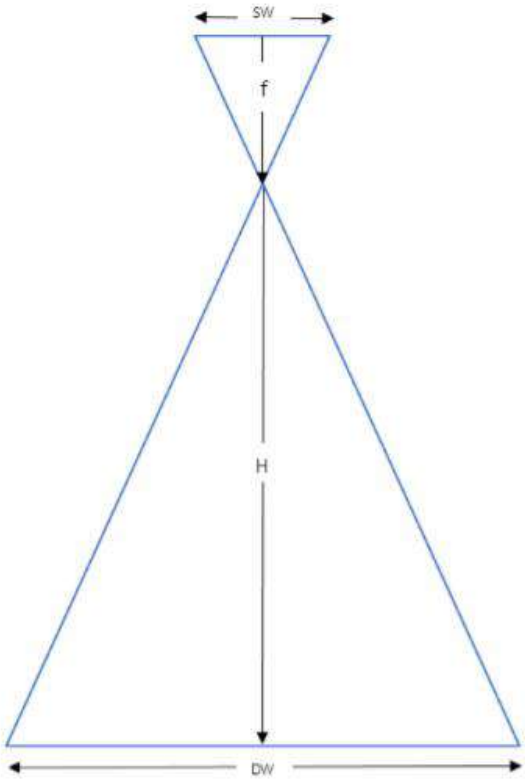
(3) ส่วนซ้อนและส่วนเกย

(4) รูปแบบการบิน

3.1 ความสูงบิน

ความสูงบินเป็นส่วนสำคัญของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ เนื่องจากความสูงบินที่ต่ำลงจะได้ความละเอียดของภาพถ่ายสูงขึ้น สามารถผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งที่มีความถูกต้องมากขึ้น แต่ต้องใช้เวลาบินนานขึ้นเพื่อให้ได้ภาพที่มีส่วนซ้อนและส่วนเกยเท่าเดิม นอกจากระยะเวลาในการบินเพิ่มขึ้นแล้วยังต้องคำนึงถึงจำนวนภาพที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อระยะเวลาในการประมวลผล ดังนั้นนอกจากจะต้องระวังเรื่องความสูงของสภาพพื้นที่แล้ว ระดับสูงบินมีส่วนสำคัญ อย่างยิ่งต่อการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยสามารถคำนวณระดับสูงบินได้จากสมการ

$$H = (GSD \times f \times IW) / (SW \times 100)$$



H (Flight Height) คือ ความสูงการบินเหนือจุดขึ้นบิน หน่วย เมตร

GSD คือ ระยะพื้นต่อพิกเซล หน่วย เซนติเมตรต่อพิกเซล

SW (Sensor Width) คือ ระยะด้านกว้างของเซนเซอร์ หน่วย มิลลิเมตร

f (Focal Length) คือ ทางยาวโฟกัสของเลนส์ หน่วย มิลลิเมตร

IW (Image Width) คือ จำนวนพิกเซลด้านกว้าง หน่วย พิกเซล

และสามารถหาระยะพื้นจริงจากภาพถ่ายหนึ่งใบได้จากสมการ

$$DW = (GSD \times IW) / 100$$

DW (Distance Width) คือ ระยะพื้นต่อหนึ่งภาพ หน่วย เมตร

GSD คือ ระยะพื้นต่อพิกเซล หน่วย เซนติเมตรต่อพิกเซล

IW (Image Width) คือ จำนวนพิกเซลด้านกว้าง หน่วย พิกเซล

3.2 GSD

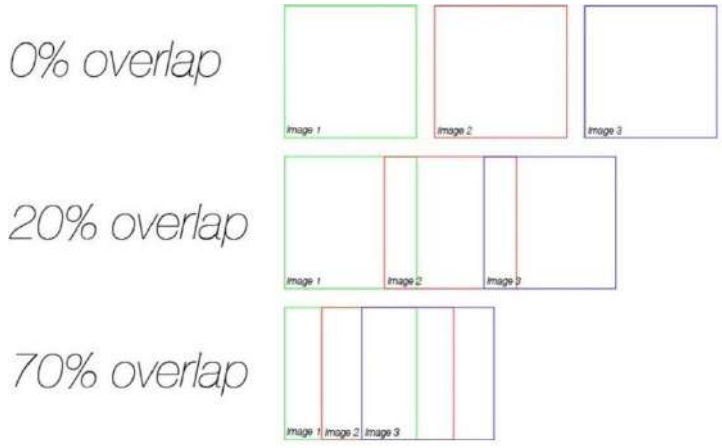
การกำหนดค่า GSD ขึ้นกับความถูกต้องของข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีการกำหนดความถูกต้องในงานวิศวกรรมด้านต่าง ๆ แบ่งตามประเภทกิจกรรมหรือการใช้งานตามแนวทางของ FGDC (Geospatial Positioning Accuracy Standards PART 4 : Standards for Architecture, Engineering, Construction (A/E/C) and Facility Management National) ตัวอย่างงานวิศวกรรม เช่น แบบงานเกลี่ยระดับและงานขุดกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางราบอยู่ที่ 25 เซนติเมตร และค่าความคลาดเคลื่อนทางดิ่งอยู่ที่ 10 เซนติเมตร เมื่อใช้อากาศยานไร้คนขับระดับ Survey Grade จากตารางที่ 1 จะได้ GSD 3 เซนติเมตร ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 จะสามารถผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งทางราบเท่ากับ 7.5 เซนติเมตร และสามารถผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งทางดิ่งเท่ากับ 9 เซนติเมตร

3.3 ส่วนซ้อนและส่วนเกย

การกำหนดส่วนซ้อนและส่วนเกยสำหรับการวางแผนการบินในงานสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับนั้นมีความแตกต่างกับการสำรวจด้วยภาพถ่ายแบบดั้งเดิมเนื่องจากอากาศยานไร้คนขับมีขนาดเล็กและไม่สามารถควบคุมความเร็วและทิศทางการบินได้อย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาในการถ่ายภาพ ดังนั้น หากกำหนดส่วนซ้อนและส่วนเกยที่น้อยเกินไปอาจทำให้ภาพที่ถ่ายไม่สามารถต่อกันได้ โดยการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับจะต้องกำหนดส่วนซ้อนและส่วนเกยดังนี้

(1) ส่วนซ้อนหรือพื้นที่ที่ทับกันอยู่ของภาพประชิดในแนวบิน กำหนดให้การถ่ายภาพมีส่วนซ้อนกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

(2) ส่วนเกยหรือพื้นที่ที่ทับกันอยู่ระหว่างแนวบินที่ประชิดกัน กำหนดให้การถ่ายภาพมีส่วนเกยกันไม่น้อยกว่าร้อยละ 60



รูปที่ 3-1 ตัวอย่างการซ้อนกันของภาพถ่าย [41]

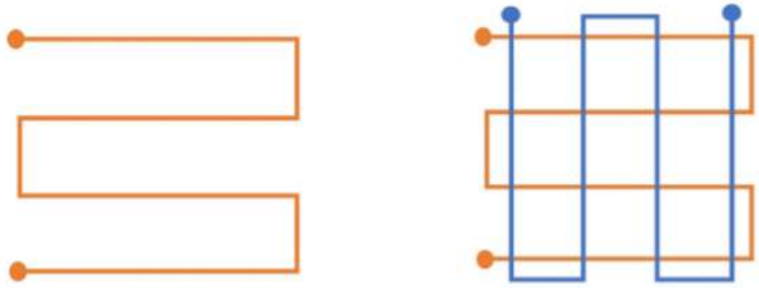
[41] ที่มา : https://support.dronedeploy.com/docs/making-successful-maps

3.4 รูปแบบการบิน

การวางแผนรูปร่างของบล็อกการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยทั่วไปจะกำหนดให้บินถ่ายในลักษณะบล็อกสี่เหลี่ยมมุมฉาก เพื่อให้โครงข่ายมีความแข็งแรงและลดจำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย โดยสามารถเลือกรูปแบบการบินได้ดังนี้

(1) รูปแบบการบินแบบทั่วไป

(2) รูปแบบการบินแบบดับเบิ้ลกริด



รูปที่ 3-2 รูปแบบการบินแบบทั่วไป และรูปแบบการบินแบบดับเบิ้ลกริด

3.5 การถ่ายภาพ

ภาพถ่ายที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเป็นส่วนสำคัญต่อการประมวลผลภาพถ่าย ดังนั้นจะต้องถ่ายภาพให้ได้ภาพที่มีคุณภาพที่ดีและมีความคมชัดที่สุด โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการถ่ายภาพ ดังนี้

(1) มุมรังสีดวงอาทิตย์

มุมรังสีดวงอาทิตย์เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดเงาของสิ่งแวดล้อมภายในโครงการ ดังนั้นการถ่ายภาพต้องถ่ายเมื่อดวงอาทิตย์อยู่สูงกว่า 45 องศา จากพื้นหรือช่วงเวลาที่ เหมาะสมคือ 9.00 น. ถึง 15.00 น. ภายใต้สภาวะแสงที่ไม่ทำให้เกิดความต่างสีของแสงและเงาอย่างชัดเจน

(2) การปกคลุมของเมฆ

ถึงแม้ว่าการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับนั้น ส่วนใหญ่จะทำการบินต่ำกว่าเมฆ แต่หากบริเวณโครงการมีเมฆปกคลุมหนาจนทำให้เกิดเงาได้ ก็ควรหลีกเลี่ยงการบินถ่ายภาพ ณ ขณะนั้น

(3) สภาพอากาศเหนือพื้นดิน

การสำรวจทุกครั้งจำเป็นต้องรู้สภาพพื้นที่โดยรวม เช่น โอกาสการเกิดหมอกควัน ที่มีผลต่อการถ่ายภาพ สภาพพื้นหลังฝนตกก็อาจเป็นเหตุให้คุณภาพของภาพถ่ายทางอากาศลดลง หรือสภาพอากาศที่มีลมแรงจะส่งผลที่ให้ได้มุมการถ่ายภาพที่ไม่ดีและอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้ ให้หลีกเลี่ยงการบินขณะสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม

3.6 การตั้งค่าการถ่ายภาพ

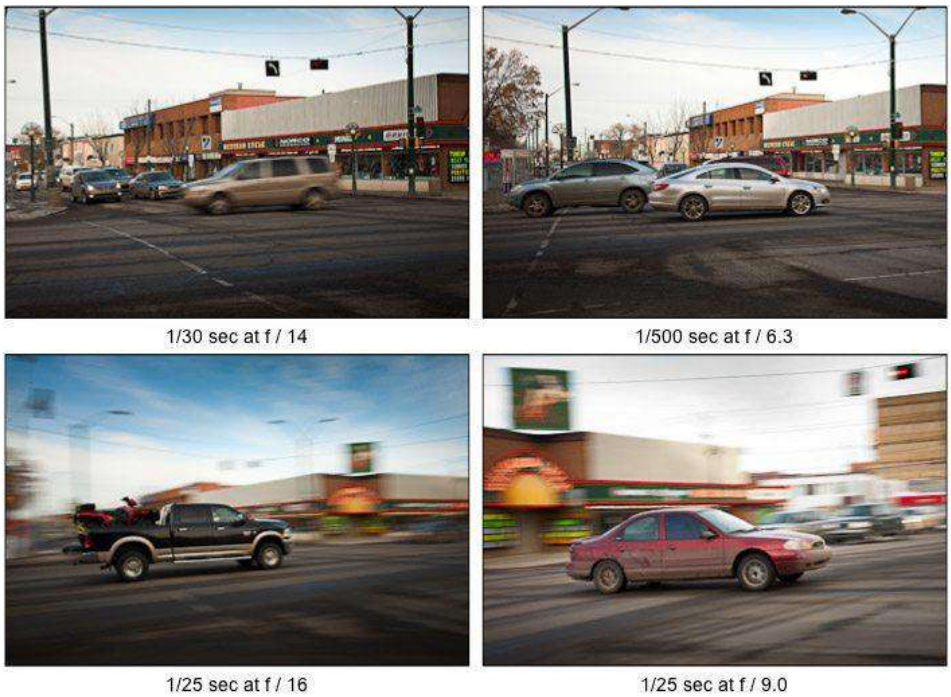
ภาพถ่ายทางอากาศที่นำไปใช้ในการประมวลผลจะต้องมีคุณภาพที่ดี คุณสมบัติพื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการถ่ายภาพให้มีความคมชัด และมีสีที่ถูกต้อง จะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์การถ่ายภาพที่เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของพื้นที่ ซึ่งในที่นี้ให้คำแนะนำสำหรับการตั้งค่าการถ่ายภาพเบื้องต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานจะต้องตั้งค่าที่เหมาะสมในกล้องแต่ละรุ่นด้วยตนเอง โดยทั่วไปการตั้งค่าการถ่ายภาพประกอบด้วย

(1) รูรับแสง

รูรับแสงมีผลต่อความชัดลึกของภาพและปริมาณแสงที่ได้รับโดยการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับที่ต้องถ่ายภาพที่มีความแปรผันของความสูงในพื้นที่โครงการมาก จะต้องคำนึงถึงขนาดของรูรับแสงมาก สำหรับรูรับแสงที่เหมาะสมกับการถ่ายภาพทางอากาศไม่ควรน้อยกว่า f/5.6 หรือช่วงรูรับแสงที่ดีที่สุดของเลนส์ที่ใช้

(2) ความเร็วชัตเตอร์

ความเร็วชัตเตอร์จะต้องมีค่ามากพอที่จะไม่ทำให้เกิดความเบลอของภาพ เนื่องมาจากอากาศยานไร้คนขับจะเคลื่อนที่เร็วพอสมควร ดังนั้นความเร็วชัตเตอร์ไม่ควรช้ากว่า 1/100 วินาที



รูปที่ 3-3 ภาพเปรียบเทียบผลจากความเร็วชัตเตอร์ที่ต่างกัน [42]

[42] ที่มา : http://www.miraclefishmovie.com/change-shutter-speed-aperture-d3100

(3) ค่าความไวแสง

การตั้งค่าความไวแสง คือ การเพิ่มหรือลดค่าปริมาณแสงที่เข้าสู่กล้อง ทั้งนี้การเพิ่มค่าความไวแสงจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนกับภาพที่บันทึก ซึ่งมีผลกับการประมวลผลภาพถ่าย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของกล้องที่สามารถลดสัญญาณรบกวนได้เมื่อต้องตั้งค่าความไวแสงที่สูงขึ้น

(4) ค่าสมดุลแสงขาว

การถ่ายภาพที่เวลาแตกต่างกัน ปริมาณแสงไม่เท่ากัน จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับค่าสมดุลแสงขาวให้ถูกต้องและตรงกันตลอดระยะเวลาในการสำรวจ

(5) ขนาดของภาพ

ขนาดของภาพหรือสัดส่วนของภาพด้านกว้างต่อด้านยาวนั้นจะต้องมี สัดส่วนสูงที่สุดที่กล้องให้ได้ ซึ่งกล้องบันทึกภาพในปัจจุบันสัดส่วนที่ใช้และมีจำนวนพิกเซลสูงที่สุดอยู่ที่ 3:2

รูปที่ 3-4 แสดงตัวอย่างสัดส่วนของภาพถ่าย [43]

3.7 คุณภาพของภาพถ่าย

ภาพถ่ายเป็นข้อมูลตั้งต้นของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ การตรวจวัดคุณภาพของ ภาพถ่ายก่อนนำไปประมวลผลเป็นขั้นตอนหนึ่งที่จะต้องให้ความสำคัญเมื่อบินถ่ายภาพเสร็จทุกครั้ง โดยคุณภาพหลักของการตรวจสอบ ได้แก่

(1) ความคมชัด

รายละเอียดต่างๆ ของภาพต้องมีความคมชัด โดย 1.ภาพจะต้องโฟกัสได้ในระยะที่ต้องการและความชัดลึกครอบคลุมความสูงที่ปรากฏในพื้นที่โครงการ 2.ภาพจะต้องไม่เบลออันเนื่องมาจากความเร็วของอากาศยานไร้คนขับที่มากกว่าความเร็วชัตเตอร์ที่ใช้ได้

[43] ที่มา : http://projector-compare.blogspot.com/2012/04/aspect-ratio.html

(2) ความสว่าง

ภาพที่ได้จากการถ่ายทุกครั้งต้องมีความสว่างสม่ำเสมอเท่ากันตลอดทั้งภาพ ทั้งนี้กล้องถ่ายภาพในปัจจุบันสามารถตั้งค่าความไวแสงได้อย่างเหมาะสมโดยง่าย โดยใช้การวัดแสงแบบเฉลี่ยทั้งพื้นที่เพื่อตั้งค่าการถ่ายภาพก่อนบินทุกครั้ง

(3) ความชัดเจน

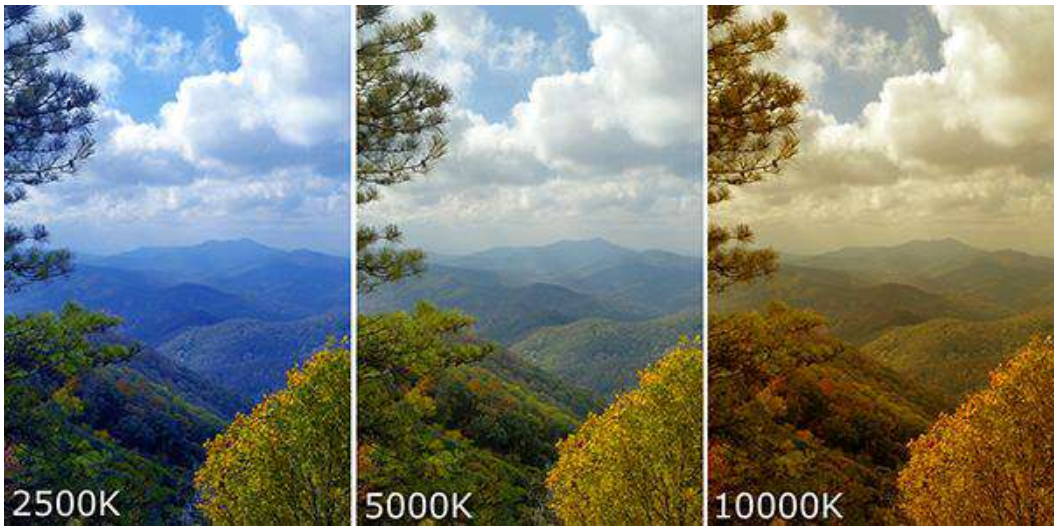
การถ่ายภาพในช่วงเวลาที่มีแสงน้อยจำเป็นต้องเพิ่มค่าความไวแสงเพื่อให้ภาพมีความสว่างอย่างเหมาะสม แต่ค่าความไวแสงที่สูงขึ้นย่อมทำให้เกิดสัญญาณรบกวน (noise) บนภาพ มากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน หากจำเป็นต้องนำภาพที่มีสัญญาณรบกวนไปใช้ในการประมวลผล สามารถนำภาพไปปรับลดสัญญาณรบกวนในโปรแกรมปรับแต่งภาพได้

รูปที่ 3-5 ภาพเปรียบเทียบสัญญาณรบกวนภาพ (noise) จากการตั้งค่า ISO สูง [44]

(4) ความถูกต้องของสี

สีสันของภาพจะต้องใกล้เคียงกับสีจริงมากที่สุด ทั้งนี้หากขณะบินถ่ายภาพมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณแสงอาจส่งผลกระทบต่อค่าสมดุลแสงขาวที่ตั้งไว้ในตอนแรกทำให้การตรวจสอบสีของภาพมีความสำคัญและจำเป็นต้องปรับสีให้ถูกต้องก่อนนำไปประมวลผล

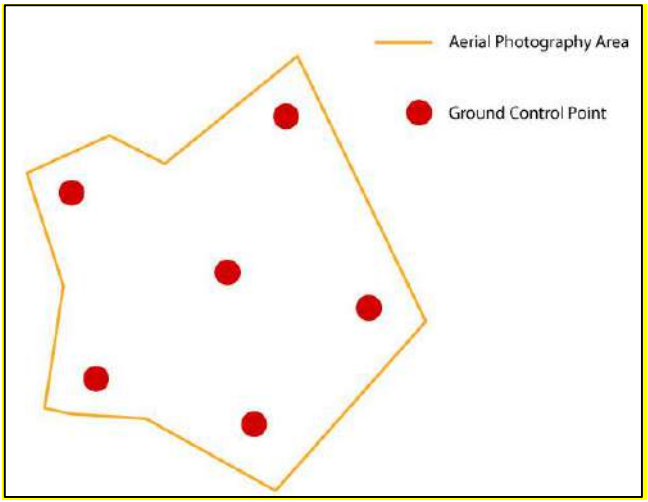
[44] ที่มา : http://beckiemp15.weebly.com/exposure-triangle



รูปที่ 3-6 ภาพเปรียบเทียบการปรับค่าสมดุลแสงขาว (White balance) ที่แตกต่างกัน [45]

3.8 จุดควบคุมภาพถ่าย GCP

การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับจำเป็นจะต้องใช้จุดควบคุมภาพถ่ายเพื่อ ประมวลผลปรับแก้และคำนวณค่าองค์ประกอบภายนอกของภาพ ค่าการวางตัวของภาพถ่าย ดังนั้น จุดควบคุมภาพถ่ายจะต้องมีความถูกต้องเชิงตำแหน่ง และมีปริมาณการกระจายตัวอย่างเพียงพอครอบคลุมทั้งโครงการ



รูปที่ 3-7 แสดงตัวอย่างการวางจุดควบคุมภาพถ่ายทางอากาศ [46]

[45] ที่มา : https://www.breathingcolor.com/blog/wp-content/uploads/2015/02

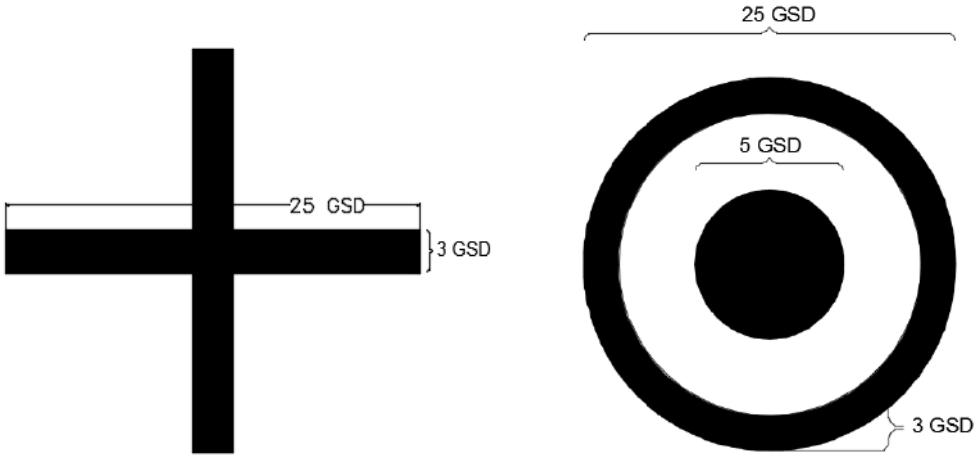
[46] ที่มา : https://www.geavis.si/en/2015/12/why-are-gcps-needed- in-photogrammetry

3.9 การสร้างจุดควบคุมภาพถ่าย

จุดควบคุมภาพถ่ายที่ดีจะต้องมองเห็นและสามารถรังวัดได้บนภาพถ่าย และสามารถหมายตำแหน่งจุดกึ่งกลางของจุดควบคุมภาพถ่ายได้โดยจุดควบคุมภาพ 1 จุด จะต้องปรากฏบนภาพอย่างน้อย 6 รูป โดยจุดควบคุมภาพถ่ายต้องมีสีตัดกับพื้นของภูมิประเทศโดยรอบ เป็นแผ่นที่สามารถถอดเก็บได้ โดยที่รูปร่างและขนาดที่แนะนำดังนี้

(1) รูปกากบาทหรือรูปวงกลม

รูปร่างของกากบาทหรือวงกลมที่เหมาะสมสามารถมองเห็นได้ชัดนั้น จะต้องมีความยาวไม่น้อยกว่า 25 เท่าของ GSD และมีความหนาของเส้นไม่น้อยกว่า 3 เท่าของ GSD

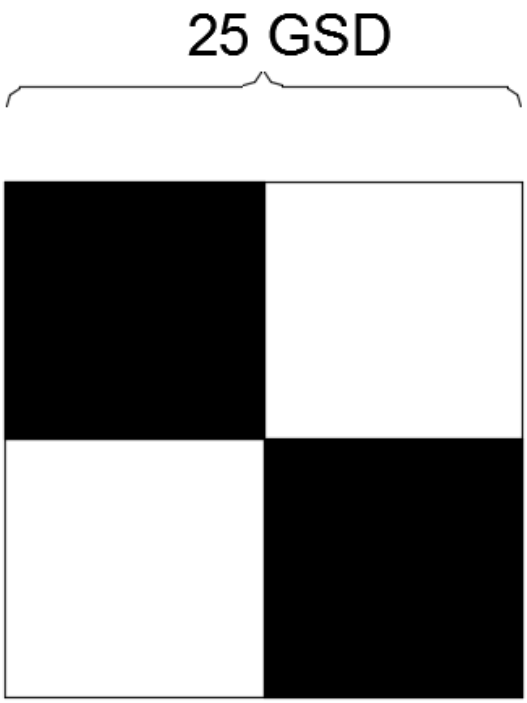


รูปที่ 3-8 แสดงรูปร่างจุดควบคุมภาพถ่ายรูปกากบาท และรูปวงกลมตามลำดับ [47]

(2) รูปสี่เหลี่ยม

รูปสี่เหลี่ยมที่สามารถวัดจุดโยงยึดบนภาพได้อย่างแม่นยำ จะต้องมีสัดส่วนตัดกันของสีเป็นตารางหมากรุกดังรูปและต้องมีขนาดด้านกว้างและด้านยาวไม่น้อยกว่า 25 เท่าของ GSD

[47] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558



รูปที่ 3-9 แสดงตัวอย่างสีและรูปร่างของผ้าใบในการทำจุดควบคุมภาพถ่าย [48]

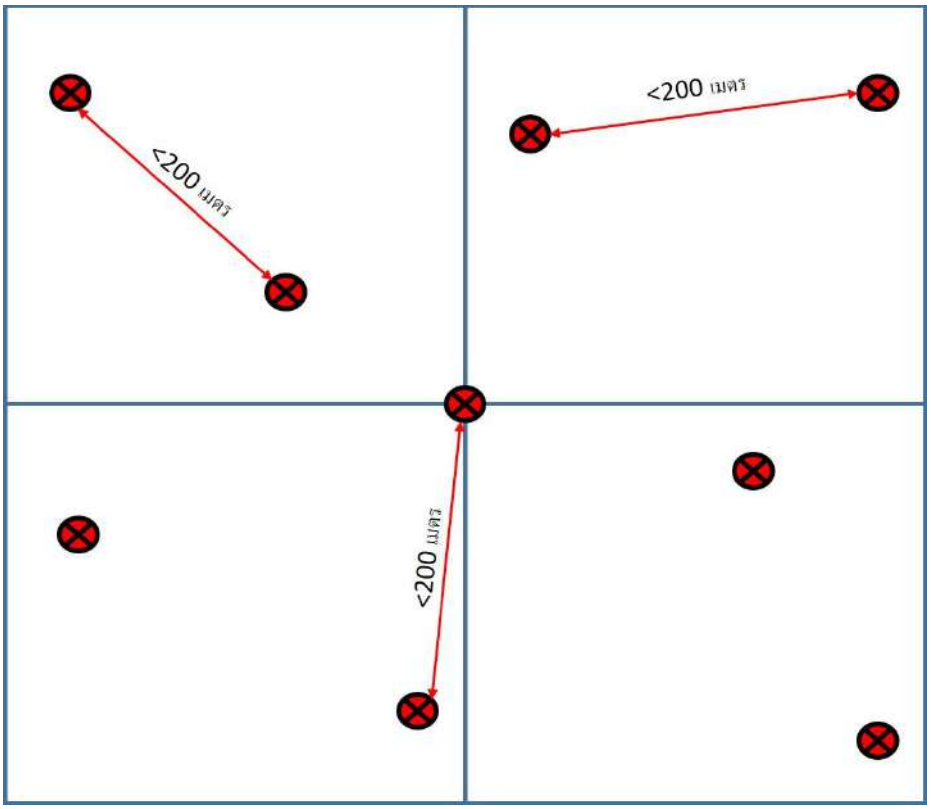
3.10 ตำแหน่งและการกระจายตัวของจุดควบคุมภาพถ่าย

ตำแหน่งและการกระจายตัวของจุดควบคุมภาพถ่ายต้องเป็นไปตามการแบ่งประเภทกล้องถ่ายภาพและความถูกต้องเชิงตำแหน่งของพิกัดจุดถ่ายภาพ การผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งที่มีค่าความถูกต้องตามมาตรฐานฉบับนี้อ้างอิงตามมาตรฐานของ วสท. จะต้องกำหนดตำแหน่งและการกระจายตัวของจุดควบคุมภาพถ่าย ดังนี้

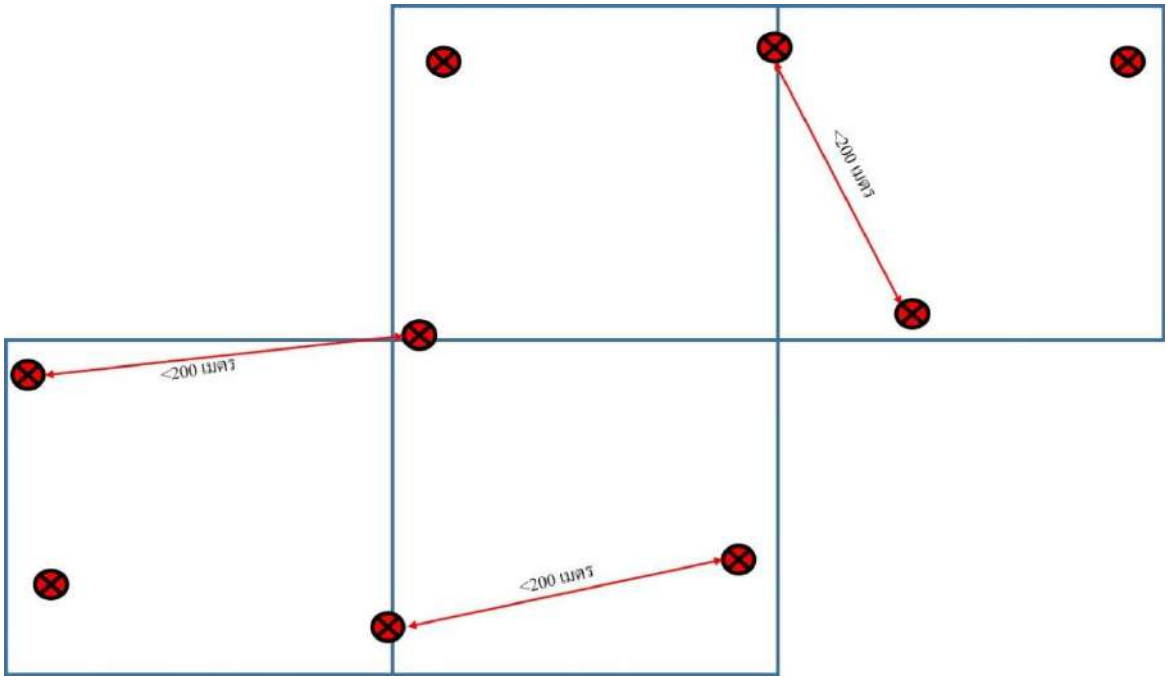
(1) Consumer Grade

เมื่อใช้อากาศยานไร้คนขับในการถ่ายรูปทั่วไปและพิกัดจุดถ่ายภาพมีความถูกต้องต่ำ จะต้องใช้จุดควบคุมภาพถ่ายอย่างน้อย 9 จุด ต่อบล็อกการประมวลผลภาพถ่าย และจุดควบคุมภาพถ่ายจะต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างโดยประมาณไม่เกิน 200 เมตร

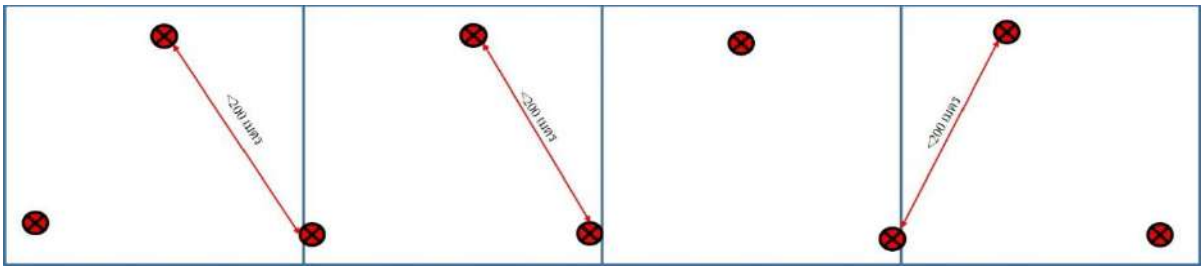
[48] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558



รูปที่ 3-10 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Consumer Grade แบบที่ 1



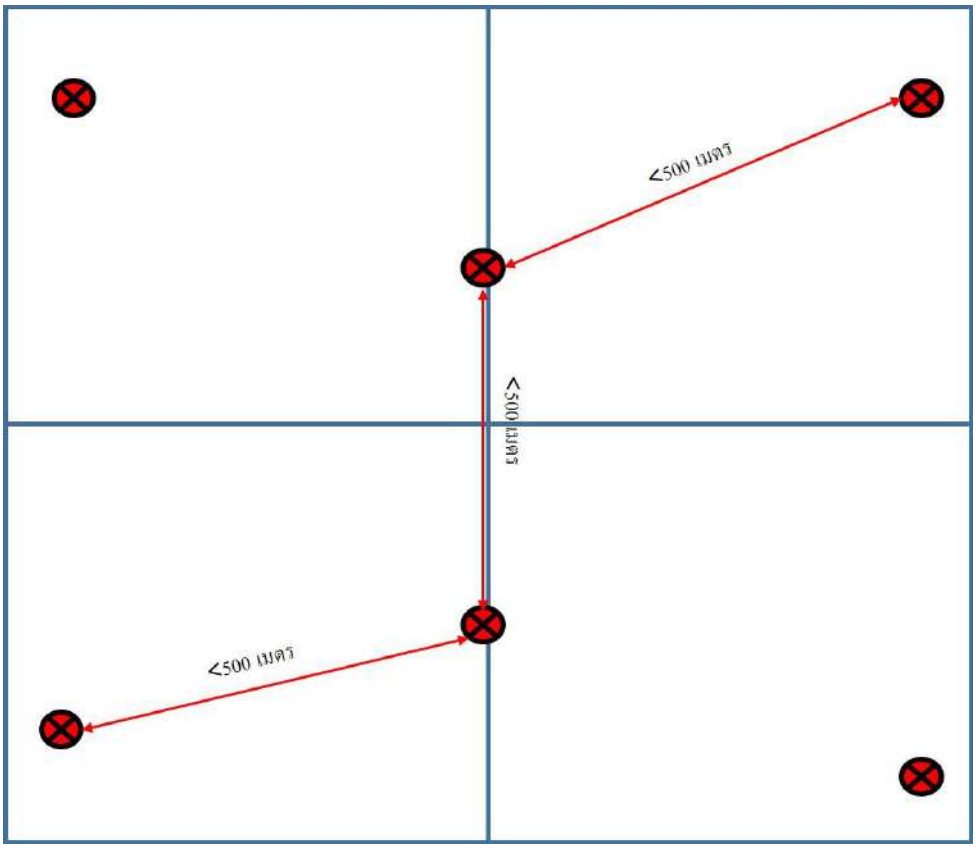
รูปที่ 3-11 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Consumer Grade แบบที่ 2



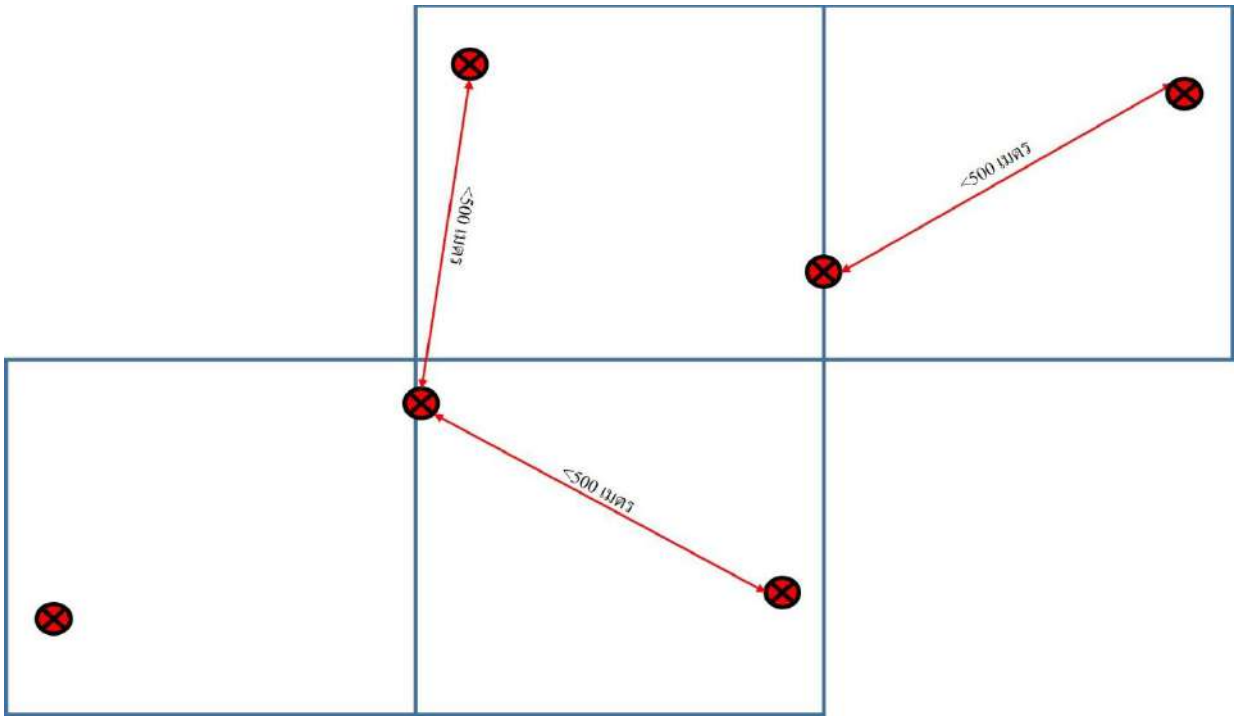
รูปที่ 3-12 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Consumer Grade แบบที่ 3

(2) Professional Grade

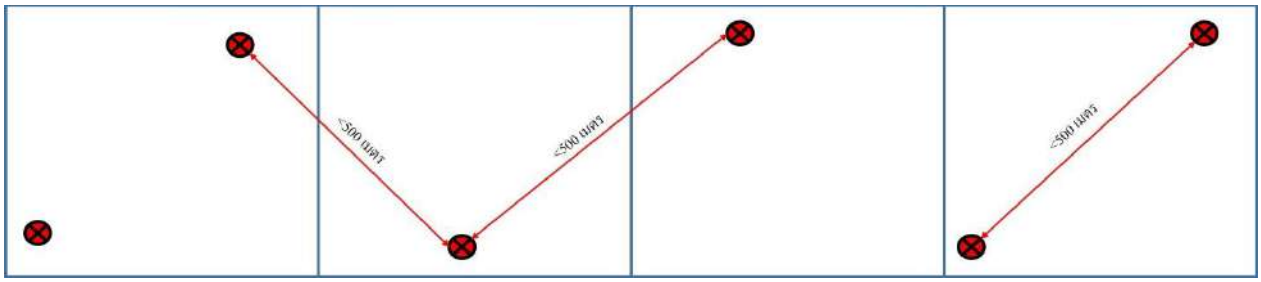
เมื่อใช้อากาศยานไร้คนขับในการถ่ายรูปที่มีคุณภาพสูงและพิกัดจุดถ่ายภาพมีความถูกต้องต่ำ จะต้องใช้จุดควบคุมภาพถ่ายอย่างน้อย 5 จุด ต่อบล็อกการประมวลผลภาพถ่าย และจุดควบคุมภาพถ่ายจะต้องกระจายอย่างสม่ำเสมอ โดยมีระยะห่างโดยประมาณไม่เกิน 500 เมตร



รูปที่ 3-13 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Professional Grade แบบที่ 1



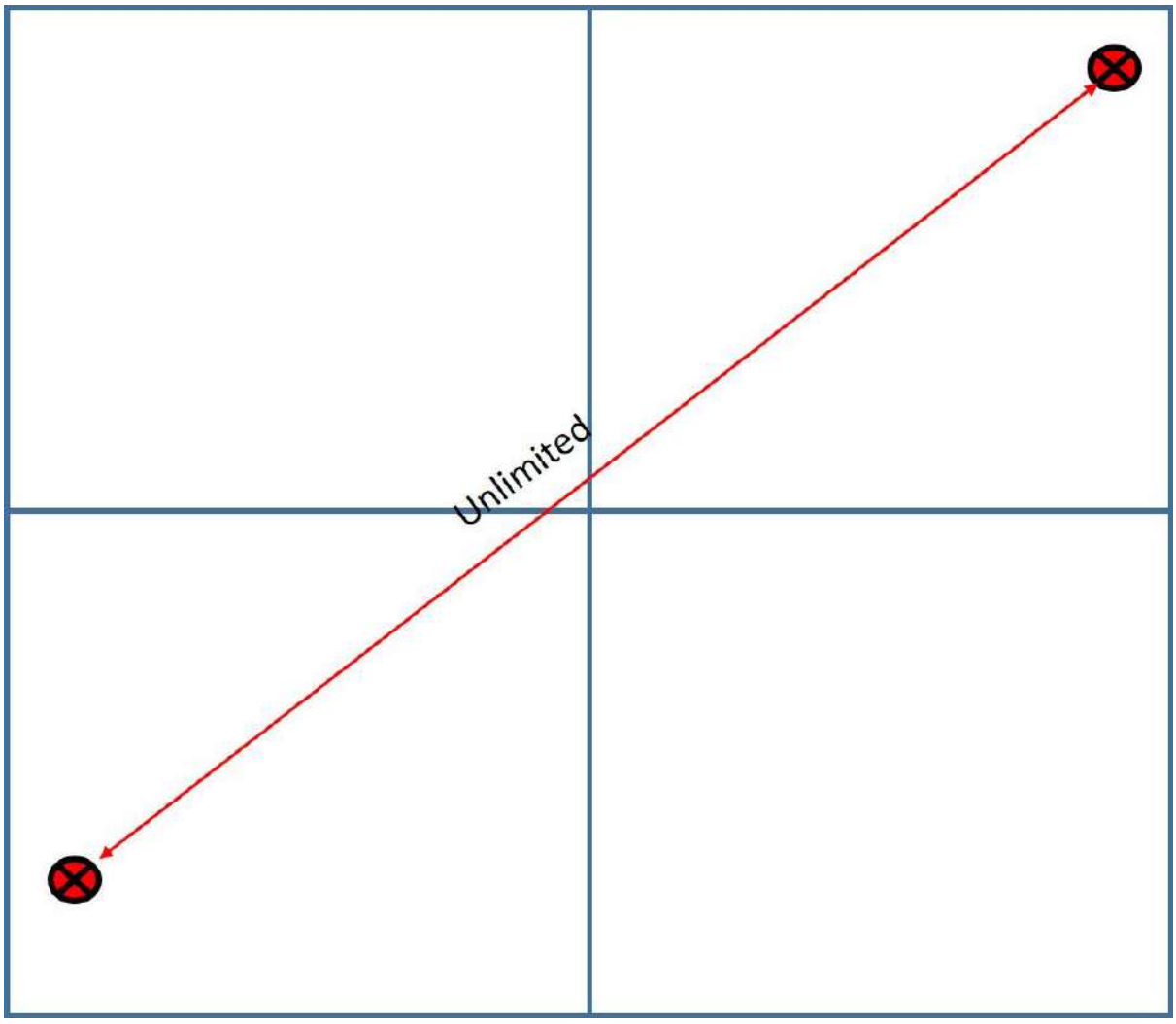
รูปที่ 3-14 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Professional Grade แบบที่ 2



รูปที่ 3-15 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Professional Grade แบบที่ 3

(3) Survey Grade

เมื่อใช้อากาศยานไร้คนขับในการถ่ายรูปที่มีคุณภาพสูง และพิกัดจุดถ่ายภาพมีความถูกต้องสูง จะต้องใช้จุดควบคุมภาพถ่ายอย่างน้อย 2 จุด ต่อเที่ยวบิน



รูปที่ 3-16 ตัวอย่างการกระจายตัวของจุด GCP ของกล้องชนิด Survey Grade แบบที่ 1

บทที่ 4
การประมวลผลภาพถ่าย

ในการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เป็นกระบวนการที่สำคัญต่อความถูกต้องเชิงตำแหน่ง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนการประมวลผลจะส่งผลถึงคุณภาพของชุดข้อมูลภาพถ่าย ดังนั้นจึงทำให้ต้องมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสม และตรวจสอบรายงานผลการประมวลผลทุกขั้นตอน

4.1 การจับคู่ภาพเพื่อสร้าง Tie points

เป็นขั้นตอนการจับคู่ภาพจะเป็นขั้นตอนเริ่มต้นตั้งแต่การคำนวณตำแหน่งของภาพ จับคู่ภาพ รวมถึงเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและส่งผลต่อขั้นตอนการประมวลผลในขั้นต่อไป โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

(1) กำหนดขนาดภาพที่จะสกัดหาข้อมูลจุดสำคัญ

(2) กำหนดจำนวนข้อมูลจุดสำคัญ

เมื่อประมวลผลการจับคู่ภาพและสร้าง Tie points จะต้องตรวจสอบการประมวลผล จากรายงานการประมวลผล โดยเกณฑ์การตรวจสอบในขั้นตอนนี้จะแสดงในตารางที่ 4-1

ลำดับ	เกณฑ์การตรวจสอบ	ค่าที่ยอมรับได้
1	ค่าเฉลี่ย GSD	ค่าเฉลี่ยที่ประมวลผลได้มีขนาดเพิ่มขึ้นไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร ของแผนการบิน
2	ขนาดพื้นที่การประมวลผล	ไม่น้อยกว่าแผนการบินที่วางแผน
3	จุดสำคัญในภาพ	กระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งภาพ
4	ภาพถ่ายที่นำไปใช้คำนวณต้องวัดสอบได้	ภาพที่นำไปประมวลผลต้องสามารถคำนวณปรับแก้ทางตำแหน่งได้ทุกภาพ

ตารางที่ 4-1 เกณฑ์การตรวจสอบผลการประมวลผลขั้นตอนการจับคู่ภาพเพื่อสร้าง Tie points

4.2 การโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย

การโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย คือ ขั้นตอนในการปรับแก้ค่าพิกัด Tie point ด้วยวิธี Bundle Block Adjustment โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

(1) กำหนดค่าความถูกต้องทางราบของจุดควบคุมภาพถ่าย

(2) กำหนดค่าความถูกต้องทางดิ่งของจุดควบคุมภาพถ่าย

(3) กำหนดค่าความถูกต้องของการวัดจุดควบคุมภาพถ่ายบนภาพ

(4) กำหนดค่าความถูกต้องของ Tie points

ลำดับ	พารามิเตอร์	การกำหนดค่าพารามิเตอร์
1	ค่าความถูกต้องทางราบของจุดควบคุมภาพถ่าย	เท่ากับค่าความถูกต้องที่ได้จากกระบวนการรังวัดจุดควบคุมภาพถ่าย
2	ค่าความถูกต้องทางดิ่งของจุดควบคุมภาพถ่าย	เท่ากับค่าความถูกต้องที่ได้จากกระบวนการรังวัดจุดควบคุมภาพถ่าย
3	ค่าความถูกต้องของการวัดจุดควบคุมภาพถ่ายบนภาพ	ไม่เกิน 2 พิกเซล
4	ค่าความถูกต้องของ Tie Point	เท่ากับ 1 พิกเซล

ตารางที่ 4-2 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย

เมื่อประมวลผลการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่ายจะต้องตรวจสอบการ ประมวลผลจากรายงานการประมวลผล โดยเกณฑ์การตรวจสอบในขั้นตอนนี้จะแสดงในตารางที่ 4-3

ลำดับ	เกณฑ์การตรวจสอบ	ค่าที่ยอมรับได้
1	จำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย	กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่โครงการ
2	ค่า Reprojection Error	ไม่เกิน 0.3 พิกเซล

ตารางที่ 4-3 เกณฑ์การตรวจสอบผลการประมวลผลขั้นตอนการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย

4.3 การสร้างพอยท์คลาวด์

ขั้นตอนประมวลผลสร้างพอยท์คลาวด์ คือ การสร้างจุดพิกัดสามมิติที่มีจำนวนมาก เพื่อให้เห็นรายละเอียดข้อมูลในการประมวลชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งพอยท์คลาวด์ที่สร้างในขั้นตอนนี้จะถูกนำไปประมวลผลเพื่อสร้าง Mesh Model โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

(1) กำหนดขนาดภาพสำหรับการสร้างพอยท์คลาวด์

(2) กำหนดความหนาแน่นของจุด

ลำดับ	พารามิเตอร์	การกำหนดค่าพารามิเตอร์
1	ขนาดภาพสำหรับการสร้างพอยท์คลาวด์	เท่ากับ 0.5 ถึง 1 เท่าของภาพ
2	ความหนาแน่นของจุด	ตามความต้องการในการนำไปประยุกต์ใช้งาน

ตารางที่ 4-4 ตารางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการสร้างพอยท์คลาวด์

คุณภาพของพอยท์คลาวด์จะขึ้นกับคุณภาพของภาพถ่าย ดังนั้น เมื่อพบจุดที่มีพอยท์คลาวด์ผิดปกติหรือฟุ้งกระจายบางส่วนสามารถขจัดจุดผิดปกติเหล่านั้นได้ทันที เพื่อใช้ในการประมวลผลขั้นตอนถัดไป

4.4 การสร้าง Mesh Model

การประมวลผลสร้าง Mesh Model เป็นขั้นตอนที่ประมวลผลสร้างข้อมูลพื้นผิวที่มี โครงสร้างแบบเวกเตอร์ที่ใช้แสดงลักษณะรูปร่างของโมเดล ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปประมวลผลสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

(1) กำหนดความละเอียดของ Mesh Model

(2) กำหนดวิธีการเติมเต็มพื้นผิว

ลำดับ	พารามิเตอร์	การกำหนดค่าพารามิเตอร์
1	กำหนดความละเอียดของ Mesh Model	เทียบเท่าความหนาแน่นของพอยท์คลาวด์
2	วิธีการเติมเต็มพื้นผิว	Interpolation

ตารางที่ 4-5 ตารางการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการสร้าง Mesh Model

4.5 การสร้าง True Orthophoto

ขั้นตอนการสร้าง True Orthophoto มีพารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการนำไปผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วนที่เหมาะสมต่อไป โดยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในขั้นตอนนี้ ประกอบด้วย

(1) กำหนดความละเอียดของ True Orthophoto

(2) กำหนดแบบจำลองในการสร้าง True Orthophoto

ลำดับ	พารามิเตอร์	การกำหนดค่าพารามิเตอร์
1	ความละเอียดของ True Orthophoto	ไม่น้อยกว่า 1 เท่าของ GSD
2	แบบจำลองในการสร้าง True Orthophoto	DSM

ตารางที่ 4-6 การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในขั้นตอนการสร้าง True Orthophoto

4.6 แนวทางแก้ไขการประมวลผลภาพถ่ายไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

แนวทางในการแก้ไขเมื่อการประมวลผลภาพถ่ายไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เนื่องจากขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งให้มีความถูกต้องตามมาตรฐาน ได้แก่ การจับคู่ภาพเพื่อสร้าง Tie Points และการโยงยึดค่าพิกัดด้วยจุดควบคุมภาพถ่าย โดยแนวทางการแก้ไขเมื่อประมวลผลไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดจะแสดงในตารางที่ 7

ลำดับ	ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด	แนวทางแก้ไข
1	ค่าเฉลี่ย GSD	วางแผนการบินถ่ายภาพใหม่
2	ขนาดพื้นที่การประมวลผล	บินถ่ายภาพในบริเวณที่ขาด
3	จำนวนจุดสำคัญในภาพ	เพิ่มจำนวนภาพหรือเพิ่มปริมาณส่วนซ้อนของภาพ
4	ภาพถ่ายที่สามารถประมวลผลได้	เพิ่มจำนวนภาพหรือเพิ่มภาพที่บินถ่ายภาพสูงขึ้น
5	จำนวนจุดควบคุมภาพถ่าย	เพิ่มจำนวนจุดควบคุมภาพให้เท่ากับจำนวนที่วางแผน
6	ค่า Reprojection Error	ไม่นำจุดดังกล่าวมารังวัดโยงยึดค่าพิกัด

ตารางที่ 4-7 แสดงแนวทางการแก้ไขเมื่อประมวลผลไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด

บทที่ 5
การตรวจสอบความถูกต้องและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจและแผนที่

ผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรม แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ True Orthophoto พอยท์คลาวด์ และแบบจำลองความสูงภูมิประเทศสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรม เช่น การนำภาพ True Orthophoto ไปผลิตแผนที่ภูมิประเทศหรือนำแบบจำลองความสูงภูมิประเทศไปใช้ในการคำนวณงานดิน เป็นต้น คุณภาพของผลลัพธ์จึงต้องสัมพันธ์กับการประยุกต์ใช้งานแต่ละอย่าง โดยมีแนวทางการตรวจสอบและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจและจัดทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายทางอากาศดังนี้

5.1 การตรวจสอบจากกระบวนการสำรวจ

กระบวนการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับควรจะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนวิธีการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศในบทของการวางแผนการบิน การวางจุดควบคุมภาพ และการประมวลผลภาพ เพื่อให้ได้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งตามที่ได้วางแผนไว้

5.2 การตรวจสอบจากจุดตรวจสอบ

(1) ตรวจสอบจากจุดตรวจสอบ ในกรณีที่พื้นที่โครงการมีขนาดใหญ่ควรทำการตรวจสอบคุณภาพด้วยจุดตรวจสอบเพิ่มเติม โดยจุดตรวจสอบต้องมีความถูกต้องเชิงตำแหน่งเท่ากับจุดควบคุมภาพถ่าย โดยไม่นำจุดตรวจสอบไปใช้ในการประมวลผลร่วมกับจุดควบคุมภาพถ่าย การตรวจด้วยจุดตรวจสอบให้ใช้ตามมาตรฐาน ASPRS

(2) ตรวจสอบจากคุณภาพของผลลัพธ์โดยตรง ในที่นี้นอกจากการตรวจสอบข้อมูลเชิงตำแหน่งผลลัพธ์ที่สามารถตรวจสอบด้วยสายตา คือ การตรวจสอบภาพออร์โธจริง (True Orthophoto)

5.3 คุณภาพพอยท์คลาวด์

พอยท์คลาวด์ที่มีคุณภาพจะต้องมีรายละเอียดที่ชัดเจน สามารถวัดระยะได้แม่นยำโดยพอยท์คลาวด์จะต้องเกาะกลุ่มไปตามลักษณะของพื้นที่ ไม่มีการฟุ้งกระจายที่ผิดเพี้ยนไปจากภูมิประเทศจริง และหากพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนจะต้อง เพิ่ม Manual Tie Point ในบริเวณดังกล่าว เพื่อนำไปประมวลภาพถ่ายใหม่

5.4 คุณภาพของภาพออร์โธจริง True Orthophoto

5.4.1 ตรวจสอบความต่อเนื่องของภาพ และ True Orthophoto

ภาพ True Orthophoto สามารถนำไปใช้งานในด้านวิศวกรรม ตั้งแต่การนำไปผลิตแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ หรือการนำไปใช้เพื่อผลิตแผนที่ภูมิประเทศ ดังนั้นภาพ True Orthophoto จะต้องมีความคมชัดและไม่ผิดปกติเกินกว่าการนำไปใช้งาน

รูปที่ 5-1 ภาพตัวอย่าง Orthophoto ที่มีความผิดเพี้ยน

รูปที่ 5-2 ภาพตัวอย่างเปรียบเทียบ Orthophoto กับ True Orthophoto

นอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบคุณภาพความต่อเนื่องของภาพให้อยู่ภายใต้มาตรฐาน โดยอ้างอิงจากตารางระดับความถูกต้องทางราบที่อ้างอิงตามมาตรฐาน ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data

5.4.2 สีและความสว่างของภาพ

สีและความสว่างของภาพ True Orthophoto เบื้องต้นสามารถตรวจสอบจากภาพถ่ายทางอากาศทุกครั้งที่บินเสร็จ โดยจะต้องมีคุณภาพและการปรับสีที่ถูกต้องขั้นต้นจะทำให้ภาพออร์โธมีความถูกต้องด้วย

รูปที่ 5-3 ภาพตัวอย่าง Orthophoto ปรับคุณภาพของสีและความสว่าง

5.5 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจและแผนที่

มาตรฐานความถูกต้องของแผนที่ตามแนวทางของ ASPRS (The American Society of Photogrammetry and Remate Sensing) เกี่ยวกับค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดิน ณ จุดเด่นชัด และค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดิน ณ จุดเด่นชัด โดยแบ่งเกณฑ์การตรวจสอบตามประเภทของข้อมูลแผนที่ได้ 3 ประเภท ได้แก่

(1) แผนที่ชนิดสำเนาถาวร (Hardcopy map)

(2) แผนที่เชิงเลข (Digital map)

(3) แผนที่ภาพถ่าย (Photo map)

5.5.1 มาตรฐานความถูกต้องของแผนที่ชนิดสำเนาถาวร

มาตรฐานความถูกต้องของแผนที่ชนิดสำเนาถาวร (Hardcopy map) สามารถใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ASPRS ค.ศ. 1990 โดยความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบจะขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของแผนที่ (Map Scale) และความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งขึ้นอยู่กับช่วงชั้นความสูง (Contour Interval)

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบกำหนดโดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด (Root Mean Square Error : RMSE) และจะแบ่งเกณฑ์งานตามความประณีตในการผลิตออกเป็น 3 ชั้นงาน คือ ชั้นหนึ่ง (Class 1) ชั้นสอง (Class 2) และชั้นสาม (Class 3) โดยที่ชั้นงานที่หนึ่งถือเป็นชั้นงานที่มีความประณีตสูงสุดกำหนดให้มีค่า RMSE ไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตรบนแผนที่ และคูณด้วยมาตราส่วนแผนที่ โดยชั้นงานชั้นที่สองและสามกำหนดให้มีค่า RMSE สองเท่าและสามเท่าของเกณฑ์งานชั้นหนึ่งตามลำดับ ดังตารางที่ 5-1

มาตราส่วนแผนที่	ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด (RMSE) ไม่เกิน (เมตร)		
	ชั้นหนึ่ง (Class 1)	ชั้นสอง (Class 2)	ชั้นสาม (Class 3)
1:50	0.0125	0.025	0.0375
1:100	0.025	0.05	0.075
1:200	0.050	0.10	0.15
1:500	0.125	0.25	0.375
1:1000	0.25	0.50	0.75
1:2000	0.50	1.00	1.50
1:2500	0.63	1.25	1.90
1:4000	1.00	2.00	3.00
1:5000	1.25	2.50	3.75
1:8000	2.00	4.00	6.00
1:10000	2.50	5.00	7.50
1:16000	4.00	8.00	12.00
1:20000	5.00	10.00	15.00
1:25000	6.25	12.50	18.75
1:50000	12.50	25.00	37.50
1:100000	25.00	50.00	75.00
1:250000	62.50	125.00	187.50

ตารางที่ 5-1 ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดินที่มาตราส่วนแผนที่ระดับต่างๆ [49]

[49] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งนั้นถูกกำหนดโดยขึ้นกับช่วงชั้นความสูง (Contour interval) แบ่งเกณฑ์งานออกเป็นสามชั้นงานเช่นเดียวกับทางราบ แผนที่ชั้นหนึ่งที่มีความถูกต้องสูงสุด กำหนดให้มีค่า RMSE ไม่เกิน 1/3 ของช่วงชั้นความสูงสำหรับจุดทดสอบในภูมิประเทศแต่ไม่ใช่จุดระดับ (Spot height) และไม่เกิน 1/6 ของช่วงชั้นความสูงสำหรับจุดระดับบนแบบจำลองภูมิประเทศ (DTM) สำหรับเกณฑ์งานชั้นที่สองและชั้นที่สาม กำหนดให้มีค่า RMSE ไม่เกิน 2 เท่าและ 3 เท่า ของเกณฑ์งานชั้น 1 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5-2

ช่วงเส้นชั้นความสูง (เมตร)	**ค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองน้อยที่สุด (RMSE) ไม่เกิน (เมตร)**					
	จุดบนแผนที่ภูมิประเทศ (Map)			จุดบนแบบจำลองภูมิประเทศ (DTM)		
	ชั้นหนึ่ง (Class 1)	ชั้นสอง (Class 2)	ชั้นสาม (Class 3)	ชั้นหนึ่ง (Class 1)	ชั้นสอง (Class 2)	ชั้นสาม (Class 3)
0.10	0.03	0.07	0.10	0.02	0.03	0.05
0.20	0.07	0.13	0.20	0.03	0.07	0.10
0.25	0.08	0.17	0.25	0.04	0.08	0.13
0.50	0.17	0.33	0.50	0.08	0.17	0.25
1.00	0.33	0.67	1.00	0.17	0.33	0.50
2.00	0.67	1.33	2.00	0.33	0.67	1.00
4.00	1.33	2.67	4.00	0.67	1.33	2.00
5.00	1.67	3.33	5.00	0.83	1.67	2.50
10.00	3.33	6.67	10.00	1.67	3.33	5.00

ตารางที่ 5-2 ค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งของวัตถุบนแผนที่เทียบกับตำแหน่งบนภาคพื้นดินที่มาตราส่วนแผนที่ระดับต่างๆ [50]

5.5.2 มาตรฐานความถูกต้องของแผนที่เชิงเลข

การกำหนดมาตรฐานความถูกต้องของแผนที่เชิงเลข (Digital map) ใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ASPRS ปี ค.ศ. 2014 โดยค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบและทางดิ่ง กำหนดโดยใช้ค่า RMSE บนพื้นดิน เช่นเดียวกับมาตรฐานความถูกต้องของแผนที่ แต่ไม่ได้ขึ้นอยู่กับมาตราส่วนแผนที่และช่วงชั้นความสูงของแผนที่ ข้อมูลแผนที่ดิจิตอลประกอบด้วยข้อมูลทางราบและทางดิ่งซึ่งมีวิธีเรียกหรือบอกความถูกต้องเชิงตำแหน่งดังนี้

วิธีเรียกชื่อหรือบอกความถูกต้องของข้อมูลทางราบ กำหนดให้เรียกชื่อโดยใช้ค่า “ชั้นความถูกต้องทางราบ (Horizaltal Accuracy Class)” มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ค่าชั้นความถูกต้องทางราบมีความเกี่ยวข้องกับค่า RMSE ทั้งในแนวแกน X (RMSEx) และแกน Y (RMSEy) ค่าความถูกต้องทางราบสามารถใช้คำนวณค่า RMSE

[50] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558

ในทิศทางรวม (RMSEr) และค่าความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยการคูณด้วย 1.414 และ 2.448 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5-3

ชั้นความถูกต้องทางราบ (เซนติเมตร) (HORZALTAL ACCURACY CLASS)	RMSER (เซนติเมตร)	ความถูกต้องทางราบที่ความเชื่อมั่น 95% (เซนติเมตร)
0.63	0.9	1.5
1.25	1.8	3.1
2.50	3.5	6.1
5.00	7.1	12.2
7.50	10.6	18.4
10.00	14.1	24.5
12.50	17.7	30.6
15.00	21.2	36.7
17.50	24.7	42.8
20.00	28.3	49.0
22.50	31.8	55.1
25.00	35.4	61.2
27.50	38.9	67.3
30.00	42.4	73.4
45.00	63.6	110.2
60.00	84.8	146.9
75.00	106.1	183.6
100.00	141.4	244.8

ตารางที่ 5-3 ค่ามาตรฐานความถูกต้องทางราบสำหรับข้อมูลแผนที่เชิงเลข [51]

วิธีการเรียกชื่อหรือบอกความถูกต้องของข้อมูลทางดิ่ง กำหนดให้เรียกชื่อโดยใช้ค่า “ชั้นความถูกต้องทางดิ่ง (Vertical Accuracy Class)” มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ค่าชั้นความถูกต้องทางดิ่งมีความเกี่ยวข้องกับค่า RMSE ในทิศทางแกน Z (RMSEz) ของพื้นผิวภูมิประเทศที่ไม่ได้ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ (Non-Vegetated Terrain) จะต้องมีค่าไม่เกินค่าชั้นความถูกต้องทางดิ่ง การคำนวนค่าความถูกต้องที่ความเชื่อมั่น 95% ให้คูณด้วย 1.96 สำหรับพื้นผิวที่ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ (Vegetated Terrain) กำหนดให้ค่าความถูกต้องทางดิ่งที่ความเชื่อมั่น 95% มีค่าเป็น 3 เท่าของชั้นความสูงทางดิ่ง ดังตารางที่ 5-4

[51] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558

ชั้นความถูกต้องทางดิ่ง (VERTICAL ACCURACY CLASS) (เซนติเมตร)	ความถูกต้องสัมบูรณ์ (ABSOLUTE ACCURACY)		
	RMSEz ของพื้นผิวที่ไม่ได้ถูกปกคลุมด้วยต้นไม้ (เซนติเมตร)	ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ของพื้นผิวไม่ได้ปกคลุมด้วยต้นไม้ (เซนติเมตร)	ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ของพื้นผิวที่ปกคลุมด้วยต้นไม้ (เซนติเมตร)
1	1	1.96	3
2.5	2.5	4.90	7.5
5	5	9.80	15
10	10	19.60	30
15	15	29.40	45
20	20	39.20	60
33.3	33.3	65.27	99.9
66.7	66.7	130.73	200.1
100	100	196.00	300

ตารางที่ 5-4 ค่ามาตรฐานความถูกต้องทางดิ่งสำหรับข้อมูลแผนที่เชิงเลข [52]

5.5.3 มาตรฐานความถูกต้องของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ

แผนที่ภาพออร์โธ (Orthophoto Map) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าแผนที่ภาพถ่าย จัดเป็นข้อมูลแผนที่ชนิดข้อมูลทางราบ การกำหนดมาตรฐานความถูกต้องของแผนที่ภาพออร์โธ จึงใช้เกณฑ์มาตรฐานของ ASPRS ปี พ.ศ. 2014 เช่นเดียวกับความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของแผนที่ดิจิตัล โดยใช้ค่าชั้นความถูกต้องทางราบหน่วยเป็นเซนติเมตร ซึ่งค่า RMSE ในทิศทาง X และ Y จะต้องมีค่าไม่เกินชั้นความถูกต้องทางราบ นอกจากการกำหนดเกณฑ์โดยใช้ค่าชั้นความถูกต้องทางราบ สำหรับแผนที่ภาพต่อ (Orthophoto-map Mosaic) ความไม่สนิทในบริเวณรอยต่อกำหนดให้ไม่เกิน 2 เท่าของค่าชั้นความถูกต้องทางราบ ในการวางแผนกำหนดขนาดจุดภาพ (Pixel Size) บนพื้นดิน ขนาดจุดภาพของแผนที่ภาพออร์โธมีความสัมพันธ์กับค่าชั้นความถูกต้องของแผนที่ภาพออร์โธ ค่าชั้นความถูกต้องที่เสนอแนะ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้ข้อมูล คือ

(1) ประเภทงานที่ใช้ความถูกต้องสูงสุด (Survey Grade) กำหนดให้ใช้ค่าความถูกต้องมีค่าเท่ากับขนาดจุดภาพจำนวน 1 จุดภาพหรือเล็กกว่า

(2) ประเภทงานที่ใช้สำหรับงานแผนที่และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Mapping Grade) กำหนดให้ใช้ค่าความถูกต้อง มีค่าเท่ากับขนาดจุดภาพจำนวน 2 จุดภาพหรือเล็กกว่า

[52] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558

(3) ประเภทงานที่ไม่ต้องการใช้ความถูกต้องสูง กำหนดให้ใช้ค่าความถูกต้อง มีค่าเท่ากับขนาดจุดภาพจำนวน 3 จุดภาพ

ชั้นความถูกต้องทางราบ (HORIZALTAL ACCURACY CLASS RMSEX AND RMSEY) (เซนติเมตร)	RMSER (เซนติเมตร)	**ความไม่สนิทของรอยต่อภาพ (ORTHOIMAGE MOSAIC SEAMLINE MAXIMUM MISMATCH) (เซนติเมตร)**
0.63	0.9	1.3
1.25	1.8	2.5
2.50	3.5	5.0
5.00	7.1	10.0
7.50	10.6	15.0
10.00	14.1	20.0
12.50	17.7	25.0
15.00	21.2	30.0
17.50	24.7	35.0
20.00	28.3	40.0
22.50	31.8	45.0
25.00	35.4	50.0
27.50	38.9	55.0
30.00	42.4	60.0
45.00	63.6	90.0
60.00	84.8	120.0
75.00	106.1	150.0
100.00	141.4	200.0

ตารางที่ 5-5 ค่าชั้นความถูกต้องทางราบสำหรับงานแผนที่ภาพถ่าย [53]

[53] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558

จากค่าที่แสดงใน ตารางที่ 5-6 จะสังเกตได้ว่า ขนาดจุดภาพในที่นี้ มิใช่ระยะสุ่มตัวอย่างพื้นดิน (Ground Simple Distance – GSD) ของภาพถ่ายต้นฉบับ แต่จะเป็นค่าขนาดของจุดภาพ (Pixel Size) ของการผลิตแผนที่ภาพออร์โธนั้นๆ

ขนาดของจุดภาพถ่ายออร์โธ (COMMON ORTHOIMAGE PIXEL SIZE) (เซนติเมตร)	ค่าแนะนำของระดับชั้นความถูกต้องทางราบ (RECOMMENDED HORIZONTAL ACCURACY CLASS RMSEX AND RMSEY) (เซนติเมตร)	ค่าความคลาดเคลื่อนทางราบของภาพถ่าย (ORTHOIMAGE RMSEX AND RMSEY IN TERMS OF PIXELS) (จุดภาพ)	การนำไปใช้ (RECOMMEND TO USE)
	≤1.3	≤1	งานความถูกต้องสูง Survey Grade
1.25	2.5	2	งานแผนที่มาตรฐานและงาน GIS
	≥3.8	≥3	งานนำเสนอและงานความถูกต้องต่ำ
	≤2.5	≤1	งานความถูกต้องสูง Survey Grade
2.5	5	2	งานแผนที่มาตรฐานและงาน GIS
	≥7.5	≥3	งานนำเสนอและงานความถูกต้องต่ำ
	≤5.0	≤1	งานความถูกต้องสูง Survey Grade
5	10	2	งานแผนที่มาตรฐานและงาน GIS
	≥15.0	≥3	งานนำเสนอและงานความถูกต้องต่ำ
	≤7.5	≤1	งานความถูกต้องสูง Survey Grade
7.5	15	2	งานแผนที่มาตรฐานและงาน GIS
	≥22.5	≥3	งานนำเสนอและงานความถูกต้องต่ำ
	≤15.0	≤1	งานความถูกต้องสูง Survey Grade
15	30	2	งานแผนที่มาตรฐานและงาน GIS
	≥45.0	≥3	งานนำเสนอและงานความถูกต้องต่ำ

ตารางที่ 5-6 ตัวอย่างค่าความถูกต้องสำหรับข้อมูลแผนที่ภาพถ่าย [54]

[54] ที่มา : ดัดแปลงจาก สภาวิศวกร, 2558

บทที่ 6
การประยุกต์ใช้การรังวัดด้วยภาพถ่าย

งานทางด้านวิศวกรรมโยธาต้องมีการใช้แผนที่เพื่อใช้ในการออกแบบและวางแผนต่างๆ ได้แก่ การศึกษาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ (Feasibility) ของการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ การออกแบบเชิงแนวคิด (Conceptual Design) และการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design) ในวงการวิชาชีพจะถือว่าการสำรวจภาคพื้นดิน (Ground Surveying) ผ่านการใช้กล้องประมวลผลรวม (Total Station) กล้องวัดมุม (Theodolite) และกล้องระดับ (Leveling) เป็นกรรมวิธีในการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของสิ่งต่างๆ ในพื้นที่โครงการที่ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด แต่ก็ถือเป็นกรรมวิธีที่ต้องสิ้นเปลืองทั้งกำลังคน ค่าใช้จ่าย และเวลาอย่างมาก โดยงานทางวิศวกรรมโยธาที่กล่าวมานี้ เราสามารถใช้เทคนิคการสำรวจด้วยภาพถ่ายในการเก็บข้อมูลแทนได้ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการความรวดเร็วในการดำเนินงาน อีกทั้งยังช่วยในการลดอัตรากำลังบุคลากรที่ไปปฏิบัติงานภาคสนาม อันจะนำมาซึ่งการปรับลดค่าใช้จ่ายในการทำงานลงไปอย่างมีนัยสำคัญ ในส่วนนี้จึงได้สรุปข้อได้เปรียบของการใช้ภาพถ่ายทางอากาศ ดังนี้

การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photogrammetry) ช่วยให้เพิ่มวิสัยทัศน์ในการออกแบบ กล่าวคือ ภาพถ่ายทางอากาศจะสนับสนุนข้อมูลพื้นที่ปฏิบัติงานให้เห็นภาพในบริเวณกว้างกว่าที่จะมองจากระดับพื้นดินรายละเอียดต่างๆ ในภาพช่วยให้วิศวกรสามารถเก็บข้อมูลต่างๆ ได้หลายชนิดในขณะเดียวกัน เช่น ข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณข้างทางสำหรับวิศวกรโยธาในการศึกษาความเป็นไปได้ในการออกแบบถนนและข้อมูลการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินสำหรับวิศวกรโยธาที่ทำงานด้านผังเมือง เป็นต้น นอกจากนี้ ผลผลิตจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายได้แก่ ภาพถ่ายออร์โธและแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ที่ได้มากกว่าการสำรวจภาคพื้นดินเพียงอย่างเดียว กล่าวคือ แผนที่ภาพถ่ายออร์โธมีส่วนสำคัญมากในการช่วยบันทึกรายละเอียดหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ได้อย่างครบถ้วนอีกทั้งยังช่วยให้สามารถที่จะวิเคราะห์รายละเอียดทั้งทางราบและทางดิ่ง ผ่านการใช้ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธควบคุมข้อมูล โดยเหตุนี้เองหากในทางปฏิบัติมีการผสมผสานข้อมูลการสำรวจภาพพื้นดินและแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ ในมาตราส่วนที่สอดคล้องเข้าไว้ด้วยกันจะยิ่งช่วยให้การวิเคราะห์ต่างๆ บังเกิดความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle) หรือ ที่ในปัจจุบันนิยมเรียกว่า โดรน (Drone) ทั้งนี้ตามพจนานุกรมของ Macmillan Dictionary นั้นแปลว่า ผึ้ง และการที่เรียกว่า Drone ก็เพราะเสียงของอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุนที่เวลาบินอยู่เหนือศรีษะของเรา แล้วจะมีเสียงในโทนเดียวกับเสียงบินของผึ้ง การประยุกต์ใช้ UAV ในงานทางวิศวกรรมสามารถที่จะทำได้อย่างหลากหลายเช่น การถ่ายภาพปริมาณจราจร การทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ และการขนส่งสินค้าในเชิงโลจิสติกส์ เป็นต้น โดยในที่นี้จะเน้นเฉพาะการนำ UAV

มาใช้ทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) เพื่อการสำรวจและเก็บข้อมูล รวมถึงการประมวลผลข้อมูลภาพถ่าย โดยเหตุนี้เอง ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการข้อมูลและประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจาก UAV เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งจะได้อธิบายในส่วนนี้

เครื่องมือและโปรแกรมในการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ดังรูปที่ 6-1 มีดังนี้

(1) อุปกรณ์สำหรับใช้ในการบินถ่ายภาพ ได้แก่ UAV แบบปีกหมุน เช่น DJI Mavic 2 Pro ดังรูปที่ 6-1(ก)

(2) อุปกรณ์สำหรับใช้ในการรังวัดหมุดบังคับภาพภาคพื้นดินโดยการใช้เครื่องรังวัดพิกัดด้วยการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS) ดังรูปที่ 6-1(ข)

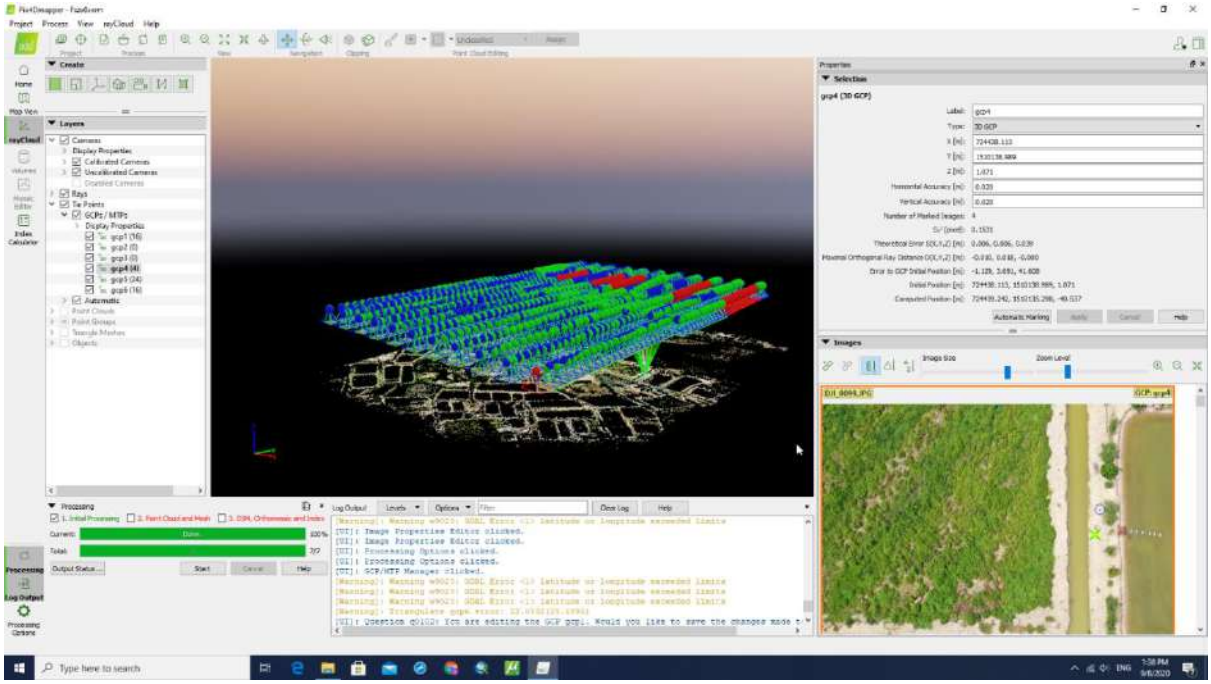
(3) แอพพลิเคชั่นสำหรับวางแผนแนวบิน เช่น โปรแกรม Pix4Dcpture ดังรูปที่ 6-1(ค)

(4) ซอฟแวร์สำหรับการประมวลผลภาพ เช่น โปรแกรม Photoscan Pix4Dmapper ดังรูปที่ 6-1(ง)

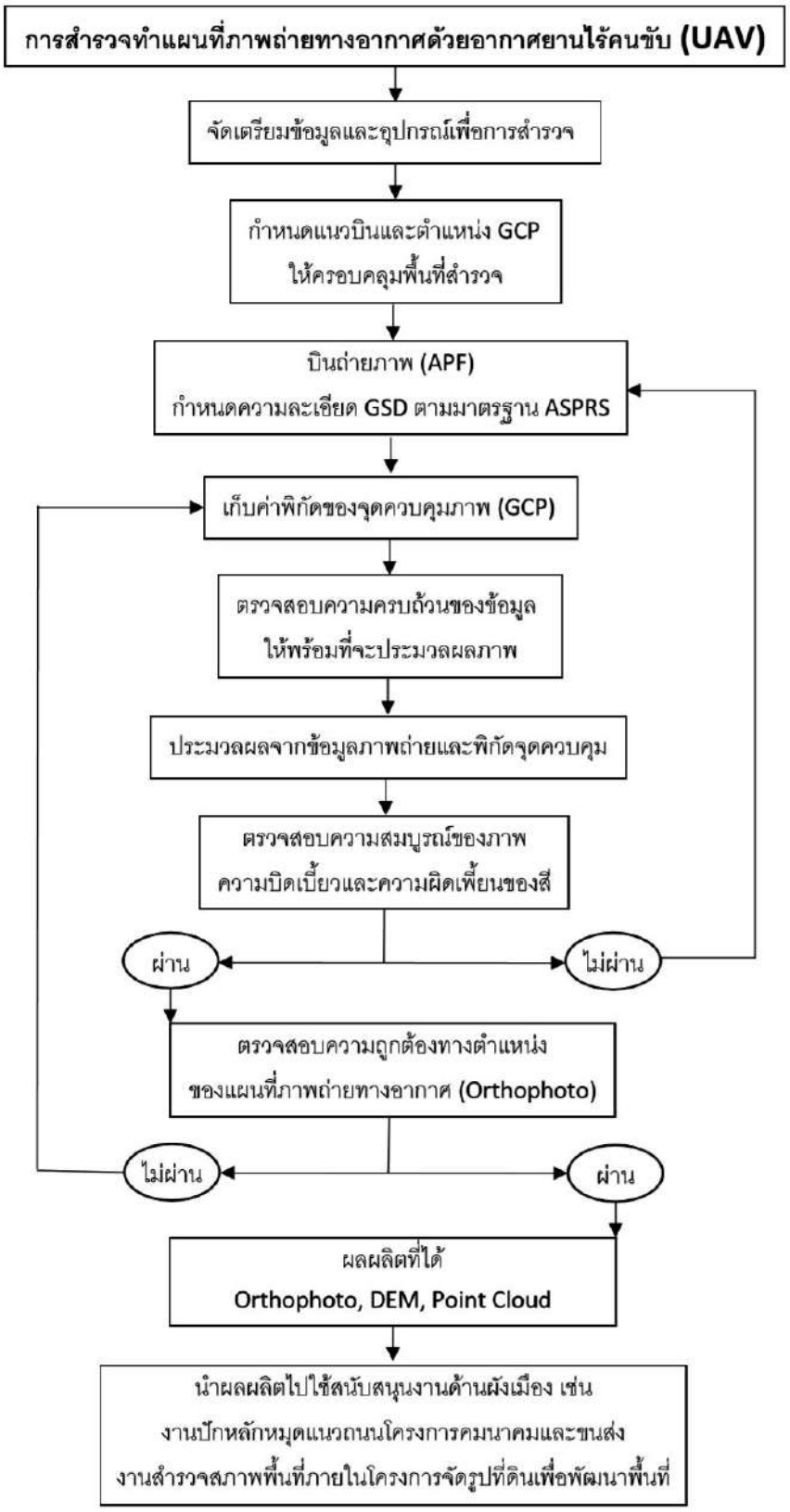
รูปที่ 6-1(ก) DJI Mavic 2 Pro

รูปที่ 6-1(ข) เครื่องรังวัดพิกัดด้วยการรังวัดด้วยระบบดาวเทียมนำหนพิภพ (GNSS)

รูปที่ 6-1(ค) โปรแกรม Pix4Dcpture



รูปที่ 6-1(ง) Photoscan Pix4Dmapper



รูปที่ 6-2 FLOW CHART การสำรวจทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV)

6.1 การใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ

การแปลแผนที่ภาพถ่ายเป็นแผนที่แบบลายเส้นเป็นอีกวิธีหนึ่งเป็นการช่วยเพิ่มรายละเอียดของจุดวัตถุหรือรูปร่างที่ทำการสำรวจภาคสนามผ่านการอ่าน แปล ตีความภาพถ่ายทางอากาศโดยใช้ความแตกต่างขององค์ประกอบพื้นฐานของภาพเป็นตัวกำหนด ซึ่งประกอบด้วย

(1) รูปร่าง (Shape) รูปร่างของลักษณะที่ปรากฏในภาพถ่ายทางอากาศ หากเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างหรือดัดแปลงขึ้นจะมีลักษณะค่อนข้างเป็นระเบียบสม่ำเสมอเป็นแนวตรงถ้ามีโค้งก็จะเป็นมีลักษณะของโค้งเรขาคณิต ส่วนสิ่งที่เกิดเองตามธรรมชาติจะมีลักษณะไม่เป็นระเบียบ ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดของรูปร่างระหว่างสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นและสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ คลองส่งน้ำชลประธานกับลำน้ำตามธรรมชาติ

(2) รูปแบบ (Pattern) รูปแบบของลักษณะที่ปรากฏในภาพถ่ายทางอากาศหากเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างจะเป็นรูปแบบที่แน่นอน ส่วนรูปแบบที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติจะมีลักษณะไม่แน่นอนความแตกต่างที่เห็นได้ชัดของรูปแบบระหว่างสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้นและสิ่งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ อาคาร บ้านเรือน ที่อยู่อาศัยกับสภาพพื้นที่เป็นป่า

(3) สี (Shade, Tone) ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการอ่านแปลภาพถ่าย เพื่อประกอบการพิสูจน์สิทธิเป็นภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายด้วยโดรน ดังนั้นสีที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศจึงเป็นสีในระดับต่างๆ ระดับของสีจะสัมพันธ์กับปริมาณของแสงที่สะท้อนจากสภาพพื้นที่ สภาพพื้นที่ที่จะสะท้อนแสงอาทิตย์กลับสู่กล้องมากสีที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศจะเป็นสีเดียว สภาพพื้นที่ที่ดูดแสงมากสีที่ปรากฏบนภาพถ่ายทางอากาศจะเป็นสีทึบหรือมืด ได้แก่ สนามหญ้า ทุ่งเลี้ยงสัตว์ กับ แหล่งน้ำ บึง

(4) เนื้อภาพ (Texture) เป็นความถี่ของการเปลี่ยนโทนสีของสภาพพื้นที่ซึ่งเกิดจากการรวมหน่วยเล็กๆ ที่ไม่สามารถมองแยกออกเป็นแต่ละหน่วยได้ ซึ่งแสดงถึงความหยาบละเอียดของสภาพพื้นที่ โดยเนื้อภาพมักจะบรรยายลักษณะเป็น เรียบ ละเอียด ขรุขระ หยาบ ฯลฯ

(5) เงา (Shadow) เงาเป็นปัจจัยเสริมให้ทราบถึงสภาพพื้นที่นั้นๆ เช่น ภูเขา ตึก ถังน้ำประปา เสาที่มีระดับสูง เนื่องจากภาพถ่ายทางอากาศเป็นมุมมองจากด้านบนลงมา ดังนั้นลักษณะที่ปรากฏขึ้นจะสามารถช่วยให้อ่าน แปลภาพถ่ายได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และความยาวของเงาสามารถคำนวณหาความสูงได้อีกด้วย

(6) ขนาด (Size) ขนาดของสภาพพื้นที่ที่ปรากฏในภาพถ่ายทางอากาศจะแปรเปลี่ยนไปตามมาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศ และมีความสัมพันธ์กับขนาดของรายละเอียดข้างเคียง เช่น เรือนพุ่มไม้ต้นไม้ยืนต้น ต้นมะพร้าว และต้นปาล์มน้ำมัน เป็นต้น

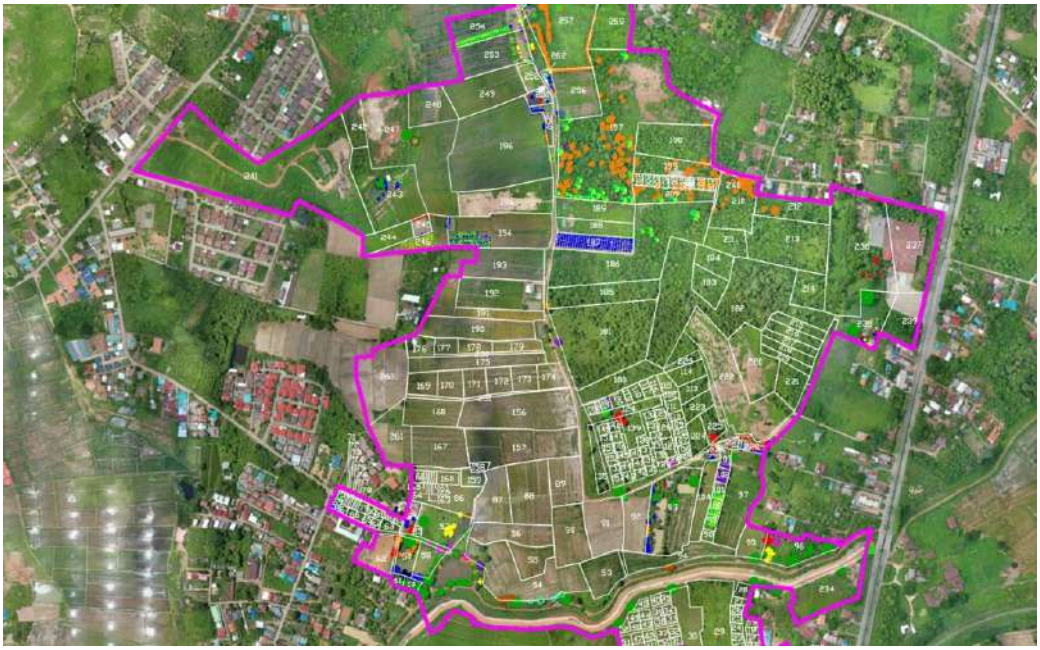
(7) ที่ตั้งและความสัมพันธ์กับรายละเอียดข้างเคียง (Location and relation to associated features) ที่ตั้งและความสัมพันธ์กับรายละเอียดข้างเคียงสามารถช่วยให้อ่าน แปลภาพถ่าย ได้ว่าสภาพพื้นที่บริเวณนั้นเป็นอย่างไร เช่น บริเวณริมตลิ่ง คลองชลประทาน หรือบริเวณที่เป็นคลองระบายน้ำตามธรรมชาติ

ตัวอย่างการนำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศไปใช้ในภารกิจในหน่วยงาน ของสำนักวิศวกรรมการผังเมือง และสำนักจัดรูปที่ดินเพื่อพัฒนาพื้นที่

(1) นำไปใช้สนับสนุนงานส่วน คมนาคม ส่วนที่ 1 และคมนาคม ส่วนที่ 2 ในด้านการสำรวจแนวถนนโครงการคมนาคมเพื่อที่จะทำการสำรวจเก็บรายละเอียด เช่น ถนน อาคาร ขอบเขตแปลงที่ดิน แหล่งน้ำ คลอง เป็นต้น และสามารถผลิตภาพถ่าย Orthophoto ที่เป็นปัจจุบันและมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM WGS84 ZONE 47, ZONE 48

รูปที่ 6-3 ตัวอย่างงานปักแนวถนนโครงการคมนาคมสาย ค10 จังหวัดสระบุรี

(2) สำนักจัดรูปที่ดินเพื่อพัฒนาพื้นที่ นำไปใช้สนับสนุนงานจัดรูปที่ดินในด้านการสำรวจโครงการจัดรูปที่ดินเพื่อที่จะทำการสำรวจเก็บรายละเอียด เช่น เขตผังจัดรูปที่ดิน ขอบเขตแปลงที่ดิน ต้นไม้ ถนน อาคาร แหล่งน้ำ คลอง เป็นต้น และสามารถมีภาพถ่าย Orthophoto เป็นปัจจุบันและมีพิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM WGS84 ZONE 47, ZONE 48



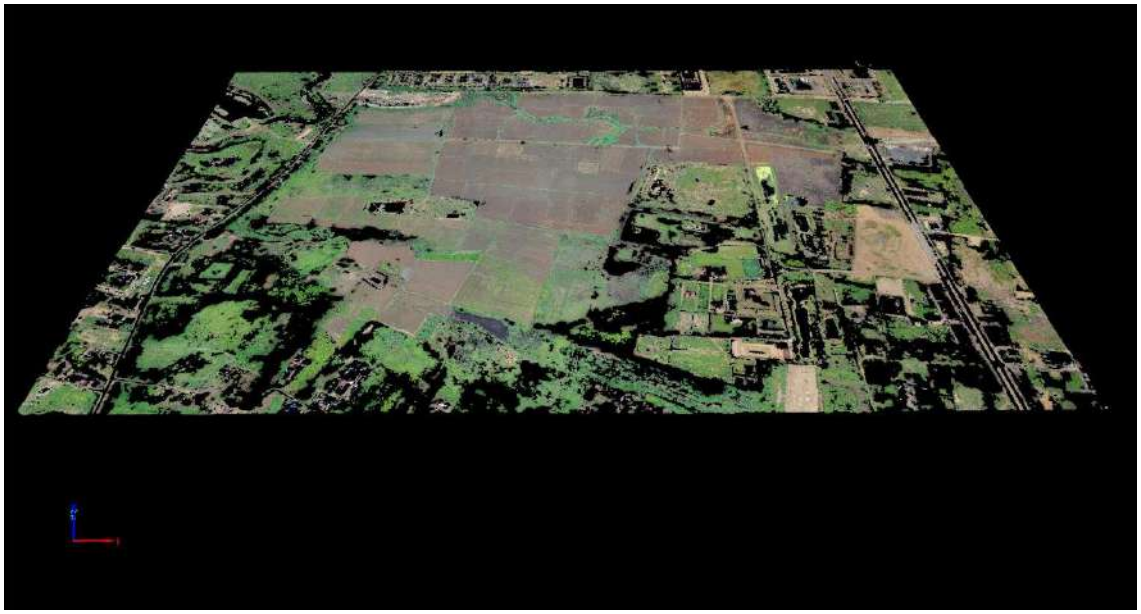
รูปที่ 6-4 ตัวอย่างงานจัดรูปที่ดินจังหวัดอุตรดิตถ์

6.2 พอยต์คลาวด์ (Point Cloud)

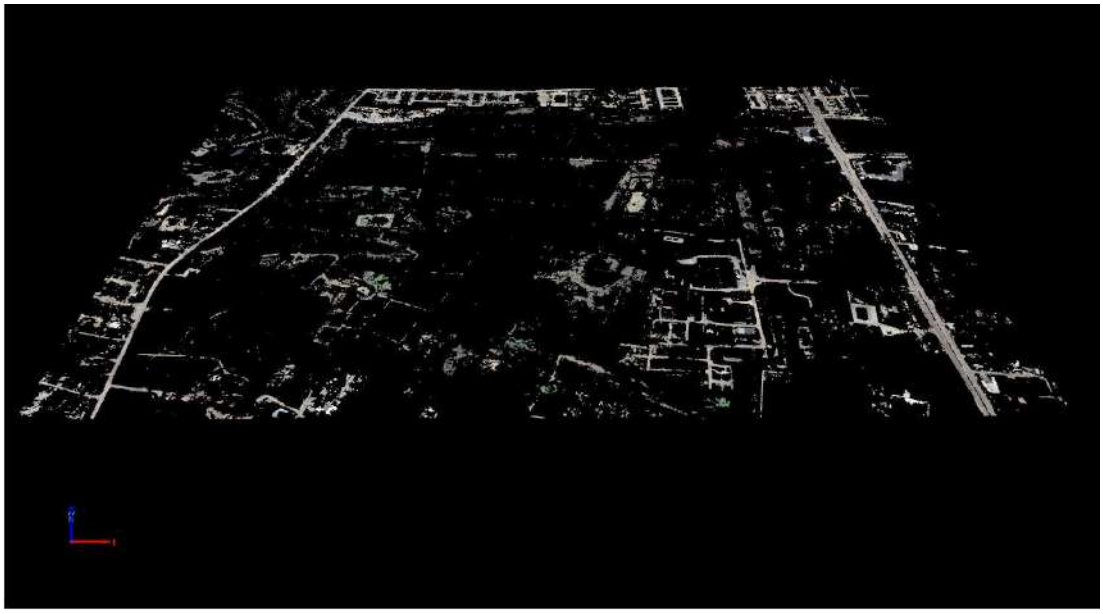
พอยต์คลาวด์เป็นการแสดงรูปลักษณ์ของพื้นผิวภูมิประเทศด้วยกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ โดยมีโครงสร้างการจัดเก็บตำแหน่งของวัตถุบนพื้นผิวโลกด้วยในรูปแบบพิกัด อีกทั้งยังมีการบันทึกข้อมูลของสี (Color Information) ของพื้นผิวนั้นๆ เข้าไว้ด้วยกัน การแสดงรูปลักษณ์พื้นผิวโลกด้วยพอยต์คลาวด์นี้จะเป็นการแสดงกลุ่มของจุดสามมิตินับล้านจุดที่มาแสดงความต่อเนื่องของพื้นผิว โดยสามารถนำมาพิจารณาลักษณะของวัตถุ การเปลี่ยนแปลงของพื้นผิว การหาระยะระหว่างจุดต่างๆ รวมถึงการหามุมองศา เป็นต้น

รูปที่ 6-5 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์

ในปัจจุบันเทคโนโลยีซอฟต์แวร์ด้านการสำรวจยังสามารถจำแนกกลุ่มของพอยต์คลาวด์ (Point Cloud Classified) จำแนกออกเป็นกลุ่มต่างๆ เพื่อให้สะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้โดยการจำแนกกลุ่ม เช่น กลุ่มพื้นผิว กลุ่มอาคาร กลุ่มต้นไม้ กลุ่มถนน เป็นต้น



รูปที่ 6-6 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ จำแนกเฉพาะพื้นผิวดิน



รูปที่ 6-7 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ จำแนกเฉพาะพื้นผิวถนน

รูปที่ 6-8 พอยต์คลาวด์งานสำรวจเพื่อจัดรูปที่ดินนครสวรรค์ จำแนกเฉพาะต้นไม้ใหญ่และสิ่งปลูกสร้าง

6.3 การใช้แบบจำลองพื้นผิวสามมิติ

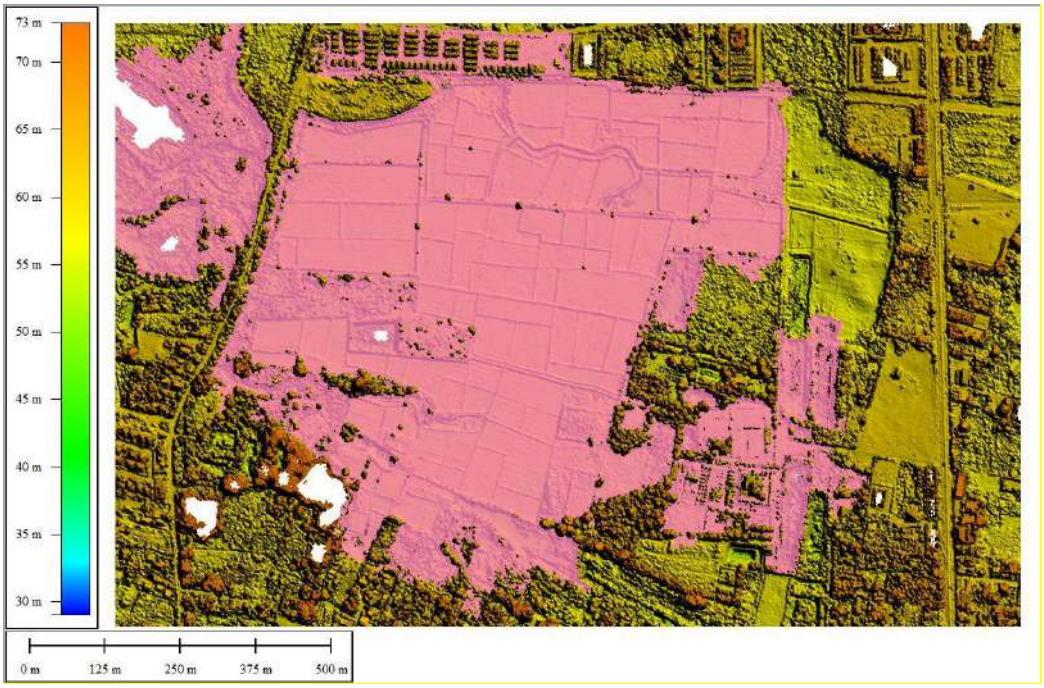
ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) ได้กลายเป็นข้อมูลพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในการนำเสนอรูปลักษณ์พื้นผิวโลกโดยความสูงต่ำของพื้นผิวโลกเชิงดิจิทัล รวมถึงได้กลายเป็นหนึ่งในส่วนสำคัญที่สุดของโครงสร้างข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์งานทางด้านภูมิศาสตร์ (Geomatics) ตลอดจนทางด้านวิทยาศาสตร์อื่นๆ อันเกี่ยวข้องกับผิวโลก (Geoscience) และข้อมูล DEM ถือเป็นข้อมูลสารสนเทศที่อธิบายลักษณะภูมิประเทศ (Topographic Information) ที่เป็นกุญแจสำคัญในการสำรวจด้วยภาพถ่าย โดยข้อมูล DEM เป็นวัตถุดิบในการดัดแก้ข้อมูลภาพถ่ายปกติที่ยังมีความผิดเพี้ยนอันเนื่องมาจากการฉายผ่านศูนย์ทัศน์ (Perspective Projection) ที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของจุดภาพอันเนื่องมาจากความเอียงของแนวแกนกล้อง (Tilt) และความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความต่างระดับ (Radiometric Correction) ให้กลายเป็นข้อมูลภาพถ่ายออร์โธ (Orthophoto) ที่ขจัดความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ออกไปจนกลายเป็นการฉายแบบตกตั้งฉาก (Orthographic Projection)

นอกจากนี้การวิเคราะห์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูล DEM มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลราสเตอร์ (Raster) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographical Information System: GIS) ทั้งในมิติของการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างการบริหารจัดการน้ำ หรือในมิติของการตัดสินใจต่างๆ ก็ยังต้องการใช้ข้อมูล DEM เข้าไปร่วมประกอบในกระบวนการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ หรือแม้กระทั่งเฉพาะข้อมูล DEM เองก็เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์เพื่อประยุกต์ใช้ในงานภูมิสัณฐาน (Geomorphology)

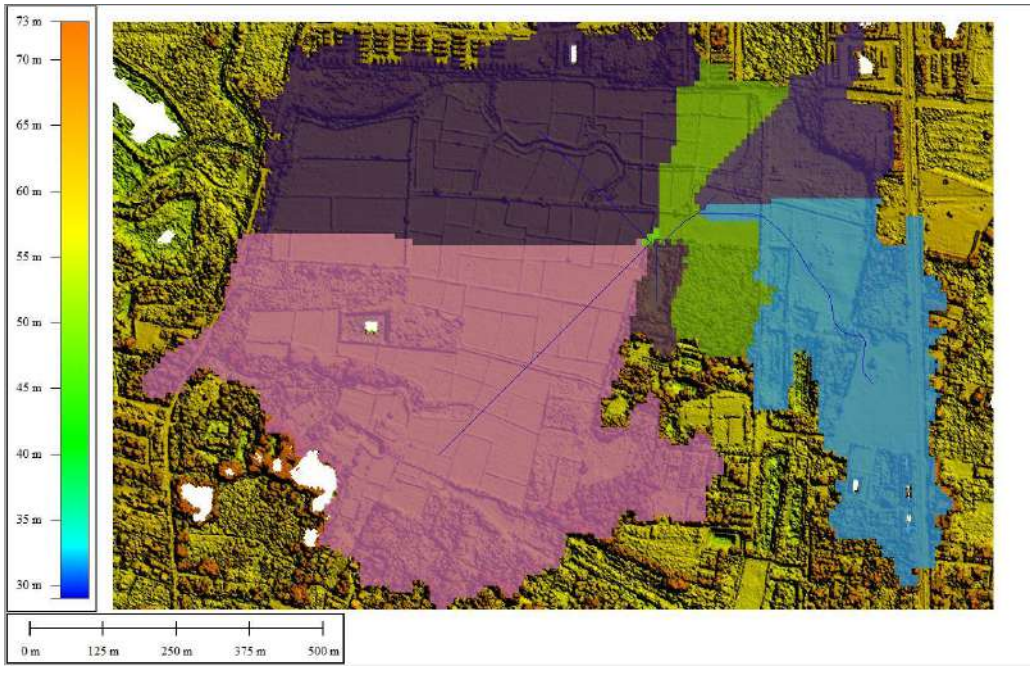
เพื่อให้ผู้ใช้งานได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและการนำเอา DEM ไปในแง่มุมต่างๆ โดยจะเห็นว่า DEM นั้นมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในทุกวงการวิศวกรรม ดังนั้น เนื้อหาต่อจากนี้ไปจะเป็นรายละเอียดในการนำ DEM มาใช้ประโยชน์ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความถูกต้องของ DEM และฟังก์ชั่นพื้นฐานทาง GIS ในการวิเคราะห์ข้อมูล DEM ที่มีประโยชน์ต่องานวิศวกรรมโยธา

6.3.1 การประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นผิวสามมิติกับงานด้านชลศาสตร์

การใช้ระบบภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองสามมิติของภูมิประเทศ เป็นการสร้างพื้นผิวจำลองของภูมิประเทศ โดยมีสัดส่วนและตำแหน่งทั้งในมิติทางราบและที่ความสูงอย่างถูกต้อง เพื่อแสดงให้เห็นสภาพความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประมวลภาพจำลองสามมิติ ภาพจำลองพื้นที่รับน้ำ และจำลองเหตุการณ์เกิดอุทกภัยในแต่ละระดับ โดยสามารถนำฐานข้อมูลดังกล่าวประยุกต์ใช้กับการบริหารจัดการน้ำหรือใช้พัฒนาระบบให้เหมาะสมกับภารกิจของหน่วยงานต่อไป



รูปที่ 6-9 ตัวอย่างการใช้ DEM จำลองพื้นที่น้ำท่วมเขตพื้นที่จัดรูปนครสวรรค์

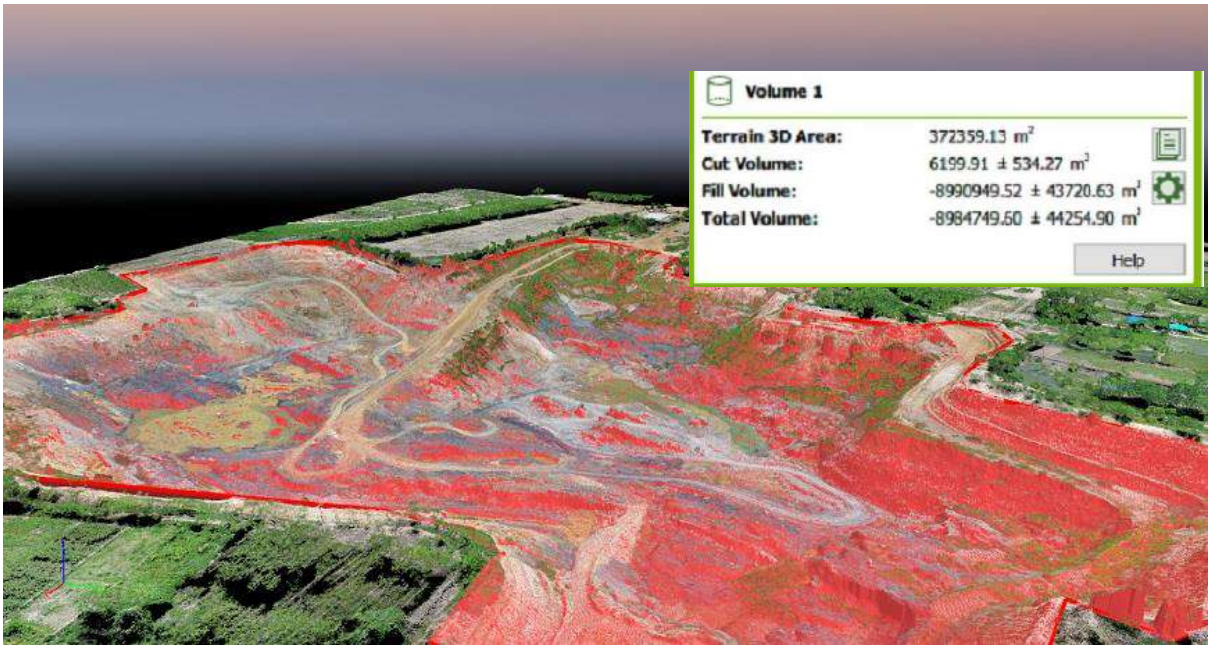


รูปที่ 6-10 ตัวอย่างการใช้ DEM จำลองพื้นที่รับน้ำและทางน้ำไหลเขตพื้นที่จัดรูปนครสวรรค์

6.3.2 การประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นผิวสามมิติกับงานดิน

การคำนวณปริมาตรดินตัดและดินถม (Cut & Fill) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างมากมาย ไม่ว่าจะเป็นทางออกแบบงานถนน งานถมดินในงานก่อสร้าง การขุดบ่อน้ำ งานเหมืองแร่ หรือการวัดปริมาตรการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นที่ในส่วนใหญ่ที่ถูกขุดออกไปหรือถมเข้ามา

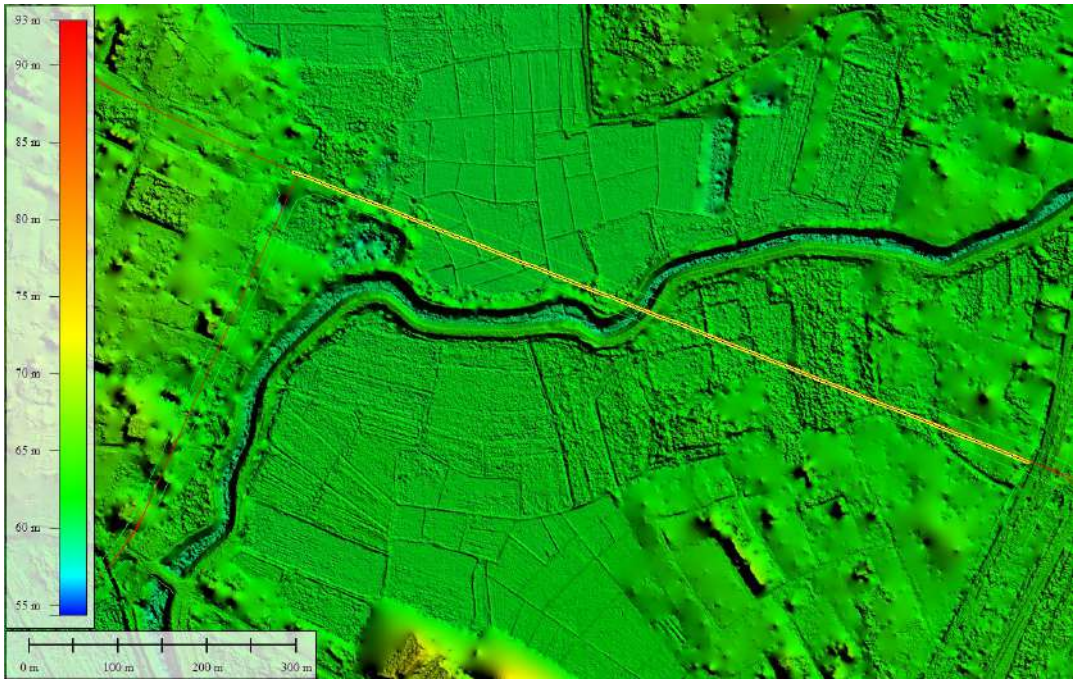
หากนึกถึงสภาพจริงบนผิวโลกการจะคำนวณงานดินตัดดินถม จำเป็นจะต้องมีข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ผิวมาเกี่ยวข้อง นั่นก็คือแบบจำลองพื้นผิวสามมิตินั่นเอง และจะต้องเป็นข้อมูลในสองช่วงเวลาที่มีระดับความที่แตกต่างกันในพื้นที่นั้นๆ หรืออาจจะกำหนดเป็นรูปทรงพื้นผิวที่ต่างกันก็ได้ เพื่อเปรียบเทียบปริมาตรที่เปลี่ยนไปของแบบจำลองพื้นผิวสามมิติทั้งสองแบบจำลองนั่นเอง



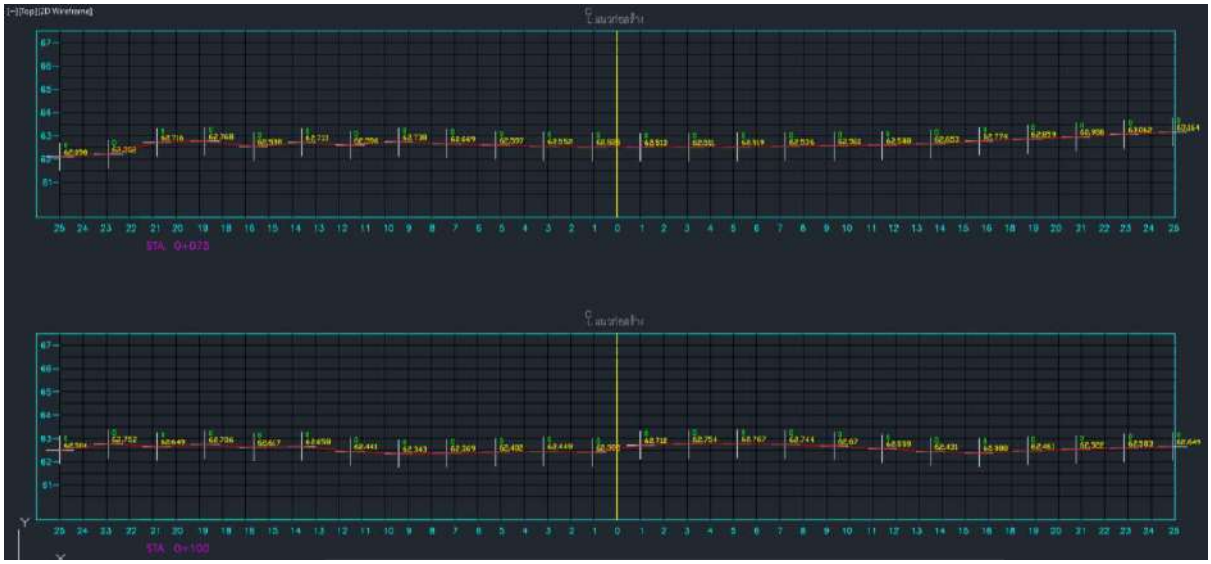
รูปที่ 6-11 ตัวอย่างการหาปริมาตรของงานดินขุดดินถม

6.3.3 การประยุกต์ใช้แบบจำลองพื้นผิวสามมิติกับงานทำระดับตามยาวและตามขวาง (Profile & Cross section)

งานสำรวจเพื่อทำระดับตามยาวและตามขวาง (Profile & Cross section) มีความสำคัญอย่างมากในงานออกแบบด้านงานถนนและงานด้านลำน้ำ ในอดีตต้องใช้วิธีการเล็งแนว กำหนด station รังวัดด้านตัดขวางและตามยาวของแนวที่ต้องการทำการสำรวจ ซึ่งหากมีระยะทางยาวจะต้องใช้ระยะเวลานาน และใช้บุคลากรเป็นจำนวนมาก อีกวิธีคือใช้ข้อมูลจากเส้นชั้นความสูง (Contour Line) ซึ่งเป็นข้อมูลที่ผ่านการปรับแต่งและมีความละเอียดน้อย การใช้ข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวสามมิติจะช่วยประหยัดต้นทุน และลดระยะเวลาได้อีกด้วย



รูปที่ 6-12 ตัวอย่างการใช้ DEM ในการผลิต Profile & Cross section
งานถนนโครงการจัดรูปอุตรดิตถ์



รูปที่ 6-13 ตัวอย่างการส่งออกข้อมูล Profile & Cross section
เพื่อการออกแบบงานถนนโครงการจัดรูปอุตรดิตถ์

6.4 การประยุกต์ใช้กับงานอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

ในการบริหารงานก่อสร้างส่วนงานที่เกี่ยวข้องกับงานสำรวจรังวัดประกอบด้วย การติดตามสภาพโครงการ ลักษณะของข้อมูลสภาพพื้นที่ และสภาพพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา การสำรวจด้วยภาพถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับเป็นอีกวิธีซึ่งจะสามารถเก็บข้อมูลในปริมาณที่มากในระยะเวลาอันสั้น นอกจากจะสามารถแสดงสภาพปัจจุบัน ตำแหน่ง ขนาด ได้ถูกต้องแม่นยำแล้ว การใช้กลุ่มจุดสามมิติหรือแบบจำลองที่เป็นผลผลิตจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับซอฟต์แวร์อื่นๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการบริหารงานก่อสร้างต่อไปได้อีกด้วย

รูปที่ 6-14 ตัวอย่างแบบจำลองสามมิติอาคารกรมโยธาธิการและผังเมืองถนนพระราม 9

รูปที่ 6-15 ตัวอย่างการวัดขนาดและมิติของอาคารจากแบบจำลองสามมิติ

เอกสารอ้างอิง

ชาติชาย ไวยสุระสิงห์. 2563. *การสำรวจด้วยภาพถ่าย.* ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2561. *มาตรฐานงานสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่องานวิศวกรรม.*

ไพศาล สันติธรรมนนท์. 2553. *การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล.* กรุงเทพมหานคร: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฝ่ายพิจารณาโครงการ ส่วนวิศวกรรม สำนักงานชลประทานที่ ๕ กรมชลประทาน. 2560. "คู่มือการปฏิบัติงานการหาพื้นที่รับน้ำฝนของลุ่มน้ำโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์."

สำนักแก้ไขปัญหาการบุกรุกที่ดินของรัฐ สำนักงานปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. "คู่มือปฏิบัติงาน กระบวนการอ่าน แปล ตีความภาพถ่ายทางอากาศ."

นายภูริทัต แสนสุทธวิจิตร. 2557. *การประยุกต์ใช้การรังวัดด้วยภาพถ่ายระยะใกล้ในการรังวัดโครงสร้างอาคาร.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นายธีรพล จิรธรรมคุณ. 2561. *การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศและกลุ่มจุดสามมิติในการวางแผนวิธีก่อสร้าง: กรณีศึกษา โครงการก่อสร้างทางยกระดับ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. 2014. "Accuracy Standards for Digital Geospatial Data." *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 81, No. 3* pp. A1–A26.

ภาคผนวก

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนการขออนุญาต

ตัวอย่างแบบฟอร์มการขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

หน้า ๖
เล่ม ๑๓๒ ตอนที่ ๘๖ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๗ สิงหาคม ๒๕๕๘

ประกาศกระทรวงคมนาคม

เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก

พ.ศ. ๒๕๕๘

โดยที่มาตรา ๒๔ แห่งพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. ๒๔๙๗ กำหนดให้รัฐมนตรีมีอำนาจอนุญาตและกำหนดเงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม จึงออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า "ประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. ๒๕๕๘"

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ในประกาศนี้

"อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก" หมายความว่า อากาศยานที่ควบคุมการบินโดยผู้ควบคุมการบินอยู่ภายนอกอากาศยานและใช้ระบบควบคุมอากาศยาน ทั้งนี้ ไม่รวมถึงเครื่องบินเล็กซึ่งใช้เป็นเครื่องเล่นตามกฎกระทรวงกำหนดวัตถุซึ่งไม่เป็นอากาศยาน พ.ศ. ๒๕๔๘

"ระบบควบคุมอากาศยาน" หมายความว่า ชุดอุปกรณ์อันประกอบด้วยเครื่องเชื่อมโยงคำสั่งควบคุมหรือการบังคับอากาศยาน รวมทั้งสถานีหรือสถานที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์เหล่านี้หรือเครื่องมือที่ใช้ควบคุมการบินจากภายนอกและตัวอากาศยานด้วย

ข้อ ๔ อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกตามประกาศนี้แบ่งเป็น ๒ ประเภท ดังนี้

(๑) ประเภทที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา แบ่งออกเป็น ๒ ขนาด คือ

(ก) ที่มีน้ำหนักไม่เกิน ๒ กิโลกรัม

(ข) ที่มีน้ำหนักเกิน ๒ กิโลกรัมแต่ไม่เกิน ๒๕ กิโลกรัม

(๒) ประเภทที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นนอกจาก (๑) ที่มีน้ำหนักไม่เกิน ๒๕ กิโลกรัม ดังต่อไปนี้

(ก) เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน)

(ข) เพื่อการถ่ายภาพ การถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์หรือรายการโทรทัศน์

(ค) เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน

(ง) เพื่อการอื่น ๆ

ข้อ ๕ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมอนุญาตให้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่มีน้ำหนักไม่เกิน ๒ กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬาตามข้อ ๔ (๑) (ก) ได้ โดยผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องมีอายุเกินกว่า ๑๘ ปีบริบูรณ์ เว้นแต่จะมีผู้แทนโดยชอบธรรมควบคุมดูแล และต้องปฏิบัติตามเงื่อนไข ดังต่อไปนี้

(๑) ก่อนทำการบิน

(ก) ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพที่สามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน

(ข) ได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน

(ค) ทำการศึกษาพื้นที่และชั้นของห้วงอากาศที่จะทำการบิน

(ง) มีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนสำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และการแก้ปัญหากรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้

(๒) ระหว่างทำการบิน

(ก) ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น

(ข) ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณเขตห้าม เขตกำกัด และเขตอันตรายตามที่ประกาศในเอกสารแถลงข่าวการบินของประเทศไทย (Aeronautical Information Publication – Thailand หรือ AIP – Thailand) รวมทั้ง สถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่

(ค) แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง

(ง) ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบิน และห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัยชุดกล้องบนอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง

(จ) ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน

(ฉ) ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ

(ช) ห้ามทำการบินภายในระยะเก้ากิโลเมตร (ห้าไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาตหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวอนุญาต

(ซ) ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกินเก้าสิบเมตร (สามร้อยฟุต) เหนือพื้นดิน

(ฌ) ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่

(ญ) ห้ามบังคับอากาศยานเข้าใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน

(ฎ) ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น

(ฏ) ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญ แก่ผู้อื่น

(ฐ) ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน

(ฑ) ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง หรืออาคาร น้อยกว่าสามสิบเมตร (หนึ่งร้อยฟุต)

เมื่อปรากฏว่า ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นได้ ให้ระงับการบังคับหรือปล่อยอากาศยาน เว้นแต่จะได้รับอนุญาตตามข้อ ๑๗

ข้อ ๖ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมอนุญาตให้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่มีน้ำหนักเกินกว่า ๒ กิโลกรัมแต่ไม่เกิน ๒๕ กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬาตามข้อ ๔ (๑) (ข) ได้ เมื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานมีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ ๗ และได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ ๘ โดยผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดตามข้อ ๙

ข้อ ๗ ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ ๖ ต้องมีคุณสมบัติและลักษณะ ดังต่อไปนี้

(๑) มีอายุไม่ต่ำกว่ายี่สิบปีบริบูรณ์

(๒) ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์อันเป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ

(๓) ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพติด หรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

ข้อ ๘ ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ ๖ ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนต่ออธิบดีพร้อมด้วยเอกสารและหลักฐานแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(๑) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือสำเนาหนังสือเดินทาง

(๒) สำเนาทะเบียนบ้าน

(๓) แบบ ยี่ห้อ หมายเลขประจำตัวเครื่อง จำนวน และสมรรถนะของอากาศยาน รวมทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

(๔) สำเนากรมธรรม์ประกันภัย ซึ่งคุ้มครองความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

(๕) วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน

(๖) ขอบเขตของพื้นที่ ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่จะทำการบิน

(๗) ข้อมูลติดต่อของผู้ยื่นคำขอลงทะเบียน

(๘) คำรับรองว่าผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานมีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ ๗

ข้อ ๙ ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ ๘ แล้ว ปฏิบัติตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(๑) ก่อนทำการบิน

(ก) ดำเนินการตาม ข้อ ๕ (๑) (ก) ถึง (ง)

(ข) มีการบำรุงรักษาตามคู่มือของผู้ผลิต

(ค) มีความรู้ความชำนาญในการบังคับอากาศยานและระบบของอากาศยาน

(ง) มีความรู้ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ

(จ) นำหนังสือหรือสำเนาหนังสือการขึ้นทะเบียนติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน

(ฉ) มีอุปกรณ์ดับเพลิงที่สามารถใช้งานได้ติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน

(ช) มีการทำประกันภัยสำหรับความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

(๒) ระหว่างทำการบิน

(ก) ดำเนินการตาม ข้อ ๕ (๒) (ก) ถึง (ฐ)

(ข) ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง อาคาร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินน้อยกว่าห้าสิบเมตร (หนึ่งร้อยห้าสิบฟุต)

(ค) เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแก่อากาศยาน ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานแจ้งอุบัติเหตุนั้นต่อพนักงานเจ้าหน้าที่โดยไม่ชักช้า

เมื่อปรากฏว่า ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ตามวรรคหนึ่ง ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งให้แก้ไขการกระทำนั้นภายในระยะเวลาที่กำหนด หากไม่ดำเนินการหรือการฝ่าฝืนหรือการไม่ปฏิบัติดังกล่าวจะก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัย ให้อธิบดีมีอำนาจสั่งเพิกถอนการขึ้นทะเบียนตามข้อ ๖ ได้

ข้อ ๑๐ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคมอนุญาตให้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่มีน้ำหนักไม่เกิน ๒๕ กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นตามข้อ ๔ (๒) ได้ เมื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานมีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ ๑๑ และได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ ๑๒ โดยผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดตามข้อ ๑๓

ข้อ ๑๑ ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ ๑๐ ต้องมีคุณสมบัติและลักษณะ ดังต่อไปนี้

(๑) เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน) ต้องเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์และดำเนินการด้านสื่อสารมวลชน เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร วิทยุ และโทรทัศน์ เป็นต้น

(๒) เพื่อการถ่ายภาพ การถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์หรือรายการโทรทัศน์ ต้องเป็น

(ก) บุคคลธรรมดา

๑) มีอายุไม่ต่ำกว่ายี่สิบปีบริบูรณ์

๒) ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์อันเป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ

๓) ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพติดหรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

(ข) นิติบุคคล ซึ่งผู้แทนนิติบุคคลและผู้จัดการของนิติบุคคลนั้น มีคุณสมบัติตาม (ก)

(๓) เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน ต้องเป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์และดำเนินการเพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน

(๔) เพื่อการอื่น ต้องมีคุณสมบัติและลักษณะตาม (๒) (ก) (ข)

ข้อ ๑๒ ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานตามข้อ ๑๐ ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนต่ออธิบดีพร้อมด้วยเอกสารและหลักฐานแสดงรายละเอียด ดังต่อไปนี้

(๑) กรณีผู้ขอขึ้นทะเบียนเป็นนิติบุคคล

(ก) หนังสือรับรองหรือหลักฐานการเป็นนิติบุคคล ซึ่งแสดงรายการเกี่ยวกับชื่อ วัตถุประสงค์ที่ตั้งสำนักงาน และผู้มีอำนาจลงนามผูกพันนิติบุคคลที่เป็นปัจจุบัน โดยมีคำรับรองของผู้มีอำนาจให้คำรับรองตามกฎหมายไม่เกินสามสิบวัน นับแต่วันที่ออกหนังสือรับรองหรือหลักฐานนั้น

(ข) บัญชีรายชื่อหุ้นส่วนผู้จัดการหรือกรรมการผู้จัดการ และผู้มีอำนาจควบคุม (ถ้ามี)

(ค) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือสำเนาหนังสือเดินทางของบุคคลตาม (ข)

(ง) รายชื่อของผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานและบุคคลอื่นที่จำเป็นต้องมีในการปฏิบัติการบินของอากาศยาน

(จ) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชนและสำเนาทะเบียนบ้าน รวมทั้งเอกสารแสดงความยินยอมของบุคคลตาม (ง)

(ฉ) แบบ ยี่ห้อ หมายเลขประจำตัวเครื่อง จำนวน และสมรรถนะของอากาศยาน รวมทั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

(ช) สำเนากรมธรรม์ประกันภัย ซึ่งคุ้มครองความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม วงเงินประกันไม่ต่ำกว่าหนึ่งล้านบาทต่อครั้ง

(ซ) วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน

(ฌ) ขอบเขตของพื้นที่ ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่จะทำการบิน

(ฎ) ข้อมูลติดต่อของผู้ยื่นคำขอลงทะเบียน

(ฏ) คำรับรองว่าผู้แทนนิติบุคคลและผู้จัดการของนิติบุคคล มีคุณสมบัติและลักษณะตามข้อ ๑๑ (๒)

(๒) กรณีผู้ขอขึ้นทะเบียนเป็นบุคคลธรรมดา

(ก) สำเนาบัตรประจำตัวประชาชน หรือสำเนาหนังสือเดินทาง

(ข) สำเนาทะเบียนบ้าน

(ค) รายการตาม (๑) (ฉ) ถึง (ฏ)

ข้อ ๑๓ ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ได้ขึ้นทะเบียนตามข้อ ๑๒ แล้ว ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในข้อ ๙ โดยอนุโลม

ข้อ ๑๔ เมื่ออธิบดีได้รับคำขอขึ้นทะเบียนตามข้อ ๘ หรือข้อ ๑๒ แล้ว ให้อธิบดีตรวจสอบคุณสมบัติและลักษณะของผู้ขอตามที่กำหนดในข้อ ๗ หรือข้อ ๑๑ รวมทั้งเอกสารหลักฐานตามที่กำหนดในข้อ ๘ หรือข้อ ๑๒ แล้วแต่กรณี

หากตรวจสอบตามวรรคหนึ่งแล้ว เห็นว่าผู้ขอมีคุณสมบัติและลักษณะ รวมทั้งเอกสารหลักฐานถูกต้องครบถ้วน ให้อธิบดีออกหนังสือการขึ้นทะเบียนมอบไว้แก่ผู้ขอ หรือมิฉะนั้น ให้อธิบดียกคำขอและแจ้งให้ผู้ขอทราบ ทั้งนี้ ไม่ตัดสิทธิผู้ขอที่จะยื่นคำขอใหม่

ข้อ ๑๕ หนังสือการขึ้นทะเบียนตามข้อ ๑๔ ให้มีอายุสองปี นับแต่วันที่ออกหนังสือ

ข้อ ๑๖ เมื่อผู้ได้รับหนังสือการขึ้นทะเบียนประสงค์จะใช้อากาศยานที่ขึ้นทะเบียนไว้ต่อไป ให้ยื่นคำขอขึ้นทะเบียนตามข้อ ๘ หรือข้อ ๑๒ แล้วแต่กรณี ต่ออธิบดี ก่อนวันที่หนังสือการขึ้นทะเบียนสิ้นอายุไม่น้อยกว่าสามสิบวัน

ข้อ ๑๗ ในกรณีที่ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานไม่สามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขตามที่กำหนดในข้อ ๕ ข้อ ๙ และ ข้อ ๑๓ และมีหนังสือแจ้งให้อธิบดีทราบแล้ว ให้อธิบดีมีอำนาจอนุญาตให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานปฏิบัติแตกต่างไปจากที่กำหนดได้ ทั้งนี้ อธิบดีอาจกำหนดเงื่อนไขและข้อจำกัดเพิ่มเติมเพื่อความปลอดภัยไว้ด้วยก็ได้

ข้อ ๑๘ ผู้ใดประสงค์จะบังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกที่มีน้ำหนักเกิน ๒๕ กิโลกรัม ให้ยื่นขออนุญาตต่ออธิบดีเป็นกรณีไป และจะบังคับหรือปล่อยอากาศยานได้ต่อเมื่อได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม และต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด

ประกาศ ณ วันที่ ๒ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๘
พลอากาศเอก ประจิน จั่นตอง
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม

คำสั่งคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
เรื่อง การขึ้นทะเบียนเครื่องวิทยุคมนาคม
ที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone)

เพื่อความสงบเรียบร้อยของประชาชน หรือเพื่อป้องกันราชอาณาจักร อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๖ ประกอบกับมาตรา ๑๔ แห่งพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. ๒๔๙๘ และที่แก้ไขเพิ่มเติม คณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติจึงมีคำสั่ง ดังนี้

๑. ห้ามการใช้เครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) เว้นแต่จะได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

๑.๑ มีการขึ้นทะเบียนเพื่อแจ้งข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ตามคำสั่งนี้

๑.๒ มีการขึ้นทะเบียนตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) พ.ศ. ๒๕๕๘

๑.๓ เป็นเครื่องบินเล็กซึ่งใช้เป็นเครื่องเล่นตามกฎกระทรวงคมนาคมกำหนดวัตถุซึ่งไม่เป็นอากาศยาน พ.ศ. ๒๕๔๘

๒. การขึ้นทะเบียนเพื่อแจ้งข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ตามคำสั่งนี้ให้ดำเนินการ ดังนี้

๒.๑ เอกสารและข้อมูลการขึ้นทะเบียน

๒.๑.๑ กรณีบุคคลซึ่งครอบครองเพื่อใช้งาน

๑) ชื่อ-สกุลผู้ครอบครอง serial number ยี่ห้อเครื่องวิทยุคมนาคมใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) และอื่นๆ ทั้งนี้ ตามแบบฟอร์มแนบท้ายคำสั่งนี้

๒) ภาพถ่ายของอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ที่จะขึ้นทะเบียน

๓) บัตรประจำตัวประชาชนของผู้ครอบครอง

๒.๑.๒ กรณีบุคคลซึ่งครอบครองเพื่อจำหน่าย (ร้านค้า)

๑) บัญชีแสดงรายการเครื่องวิทยุคมนาคมใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ทั้งนี้ ตามแบบฟอร์มแนบท้ายคำสั่งนี้

๒) ภาพถ่ายของอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ที่จะขึ้นทะเบียน

๓) บัตรประจำตัวประชาชนของผู้ครอบครอง

๒.๒ สถานที่ขึ้นทะเบียน

๒.๒.๑ สำนักงาน กสทช. สำนักงาน กสทช. ภาค และสำนักงาน กสทช. เขต ทั่วประเทศ

๒.๒.๒ สถานีตำรวจทั่วประเทศ

๒.๒.๓ สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย

๓. ในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ให้ถือปฏิบัติตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) พ.ศ. ๒๕๕๘ ประกาศสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย เรื่อง การบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ระหว่างพระราชพิธีถวายพระเพลิงพระบรมศพพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช และกฎหมาย ระเบียบ ประกาศ หรือคำสั่งอื่นที่เกี่ยวข้องโดยเคร่งครัด

๔. ให้ผู้ครอบครองเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) ดำเนินการขึ้นทะเบียนภายใน ๙๐ วัน นับแต่วันที่คำสั่งนี้มีผลใช้บังคับ

๕. ผู้ฝ่าฝืนต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินห้าปี ปรับไม่เกินหนึ่งแสนบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ ตามมาตรา ๒๓ แห่งพระราชบัญญัติวิทยุคมนาคม พ.ศ. ๒๔๙๘ และที่แก้ไขเพิ่มเติม

ทั้งนี้ ตั้งแต่บัดนี้เป็นต้นไป

สั่ง ณ วันที่ ๑๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

พลเอก

(สุกิจ ขมะสุนทร)
กรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์
และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
ผู้ทำหน้าที่ประธานกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์
และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

ขั้นตอนการขออนุญาต

ขึ้นทะเบียน
"โดรน"
อากาศยานไร้คนขับ
กับ สำนักงาน
กสทช.
ขึ้นทะเบียน 2 ประเภท
(ต้องขึ้นทะเบียน
ทั้ง 2 ประเภท)
1. ขึ้นทะเบียน
ผู้ครอบครองโดรน
(เสมือนการทำทะเบียนรถยนต์)
• สำนักงาน กสทช.
สำนักงาน กสทช. ภาค/เขต
ทั่วประเทศ
• สถานีตำรวจ ทั่วประเทศ
• สำนักงานการบินพลเรือน
แห่งประเทศไทย
เวลาราชการ 08.30-16.30 น.
กสทช. | โทรคมนาคม
http://www.nbtc.go.th
2. ขึ้นทะเบียน
ผู้บังคับโดรน
(เสมือนการทำใบขับขี่รถยนต์)
• สำนักงานการบินพลเรือน
แห่งประเทศไทย
โทรศัพท์ 02-568-8800
063-205-8800
CAAT
www.caat.or.th
เอกสารขึ้นทะเบียนครอบครองโดรน
กรณีบุคคล
บัตรประชาชน
ผู้ครอบครอง (ตัวจริง)
Serial Number
ภาพถ่ายโดรน
(กรณีเป็นโดรนประกอบเอง
ต้องนำโดรนมาด้วย)
กรอกแบบฟอร์ม
กรณีร้านค้า
บัตรประชาชน
ผู้ครอบครอง (ตัวจริง)
บัญชีแสดงรายการโดรน
(กรณีเป็นโดรนประกอบเอง
ต้องนำโดรนมาด้วย)
ภาพถ่ายโดรน
(กรณีเป็นโดรนประกอบเอง
ต้องนำโดรนมาด้วย)
กรอกแบบฟอร์ม
*กรณี มอบฉันทะ ผู้รับมอบฉันทะ
ต้องนำบัตรประชาชนตัวจริง
ผู้มอบฉันทะมาด้วย
**ไม่มีการจัดส่งเอกสารทางอีเมล
ขึ้นทะเบียน เป็น "ผู้ครอบครองโดรน" ที่สำนักงาน กสทช.แล้วต้องขึ้นทะเบียน
เป็น "ผู้บังคับโดรน" ที่สำนักงานการบินพลเรือนด้วย
ถึงจะอนุญาตให้บินได้อย่างถูกต้อง ขึ้นทะเบียนภายใน 90 วัน ตั้งแต่บัดนี้ ถึง 9 ม.ค. 2561
*ชาวต่างชาติสามารถขึ้นทะเบียนได้ แต่เป็นแบบฟอร์มภาษาไทย สามารถมอบฉันทะให้คนไทยดำเนินการแทนได้
*ผู้ฝ่าฝืนต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 5 ปี ปรับไม่เกิน 100,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ
กสทช. | โทรคมนาคม
กำกับดูแลเพื่อประชาชน
Call Center 1200 (โทรฟรี)
สำนักการอนุญาตและกำกับวิทยุคมนาคม (คท.)
เผยแพร่ ๑๕ ตุลาคม ๒๕๖๐

ขึ้นทะเบียนผู้บังคับอากาศยานโดรนกับ CAAT

ช่องทางขึ้นทะเบียนผู้บังคับอากาศยานโดรน

(เสมือนการขึ้นทะเบียนใบขับขี่)

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย เลขที่ 333/105 อาคารหลักสี่พลาซ่า ชั้น 3 ถนนกำแพงเพชร 6 แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร 10210

เวลาราชการ 08.30-15.30 น.
ใช้เวลาดำเนินการอย่างน้อย 45 วัน

E-mail : uav@caat.or.th

ฝ่ายกำกับกิจการการบินพลเรือน
063-205-8819 , 02-568-8800 ต่อ 1504 , 1505

เอกสารขึ้นทะเบียนผู้บังคับอากาศยานโดรน

กรณีบุคคล

- คำขอขึ้นทะเบียนฯของ CAAT และแบบพิมพ์ส่วนบุคคล
- คำขอขึ้นทะเบียนฯ ของ กสทช.
- สำเนาบัตรประชาชน 3 ฉบับ
- สำเนาทะเบียนบ้าน 3 ฉบับ
- ประกันภัยบุคคลที่ 3 วงเงินไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาท

กรณีนิติบุคคล

เพิ่ม

- หนังสือรับรองนิติบุคคล (อายุไม่เกิน 6 เดือน) และรายชื่อกรรมการผู้มีอำนาจควบคุมหรือผูกพัน หรือหนังสือมอบอำนาจจากกรรมการผู้มีอำนาจผูกพัน

ตัวอย่างแบบฟอร์มการขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The 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 _____นามสกุล _____

อายุ____ ปี เชื้อชาติ____สัญชาติ_____วัน/เดือน/ปี เกิด วันที่____เดือน_____ พ.ศ._____

เลขประจำตัวบัตรประชาชน ☐-☐☐☐☐-☐☐☐☐☐-☐☐-☐

อาชีพ (ให้แจ้งลักษณะอาชีพหรือลักษณะการงานที่ทำและจำนวนรายได้โดยละเอียด)

_____

_____

ที่อยู่ปัจจุบัน/ที่สามารถติดต่อได้ เลขที่_____ตรอก/ซอย_____

ถนน _____ตำบล/แขวง_____อำเภอ/เขต_____

จังหวัด_____รหัสไปรษณีย์_____โทรศัพท์_____

โทรสาร_____ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์_____

(2) นิติบุคคล[1]

ชื่อนิติบุคคล _____

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

/ลักษณะธุรกิจ...

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) _____

ส่วนที่ 3 **วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน**
☐ เพื่อการเล่นเป็นงานอดิเรก ความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา
☐ เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน)
☐ เพื่อการถ่ายภาพ ถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์ หรือรายการโทรทัศน์
☐ เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน ☐ เพื่อการพาณิชย์
☐ กรณีมีวัตถุประสงค์อื่น ให้ระบุ _____

ส่วนที่ 4 **ข้อมูลอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก**
(1) แบบอากาศยาน/ยี่ห้อ _____
(2) จำนวนเครื่องยนต์/จำนวนใบพัด_____
(3) เครื่องหมายทะเบียน _____
(4) หมายเลขประจำเครื่อง _____
(5) น้ำหนัก (ก.ก.) _____
(6) อุปกรณ์ที่ติดตั้ง _____
(7) เพดานบินสูงสุด (เมตร) _____
(8) คลื่นความถี่ อุปกรณ์วิทยุที่ใช้ในการควบคุม/อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม _____
_____

/ส่วนที่ 5...

ส่วนที่ 5 **ข้อมูลการประกันภัยอากาศยาน** _____

_____

ส่วนที่ 6 **ข้อมูลพื้นที่ ตำแหน่งภูมิศาสตร์ ขอบเขตที่จะทำการบิน**

(1) _____

(2) _____

(3) _____

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ข้อความ และ/หรือ เอกสารที่แสดงดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ และข้าพเจ้า/ผู้แทนนิติบุคคล ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพติดหรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

ลงชื่อ _____

(_____)

ผู้ยื่นคำขอ/ผู้แทนนิติบุคคล

_____

ฝ่ายกำกับกิจการการบินพลเรือน
โทร 0 2568 8815, 063 205 8819
โทรสาร 0 2568 8848
ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ atreg@caat.or.th, tl.erd@caat.or.th

_____

(1) ต้องมีการทำประกันภัยสำหรับความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม โดยมีวงเงินประกันไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาทต่อครั้ง

(2) บุคคลธรรมดา กรรมการซึ่งผู้แทน/ผู้จัดการนิติบุคคล (ถ้ามี) และผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน ให้แสดงข้อมูลส่วนบุคคลและหลักฐานที่กำหนดตามแบบพิมพ์ของ กพท. คนละ 3 ฉบับ

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The 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

ฝ่ายกำกับกิจการการบินพลเรือน โทร 0 2568 8815, 063 205 8819 โทรสาร 0 2568 8848 ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ atreg@caat.or.th, tl.erd@caat.or.th

คำขอขึ้นทะเบียนเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน
ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone)

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. .....

ประเภทอากาศยาน

- ○ น้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม
- ○ น้ำหนักเกินกว่า 2 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม
- ○ น้ำหนักตั้งแต่ 25 กิโลกรัมขึ้นไป

ขอยื่นคำขอขึ้นทะเบียนเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (Drone) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ขอขึ้นทะเบียน

(1) บุคคลธรรมดา

ชื่อ..... นามสกุล.....

อายุ.....ปี เชื้อชาติ..... สัญชาติ..... วัน/เดือน/ปี เกิด วันที่.....เดือน.....

พ.ศ. .....เลขประจำตัวบัตรประชาชน.....

อาชีพ.....

ที่อยู่ปัจจุบัน/ที่สามารถติดต่อได้ เลขที่..... ตรอก/ซอย..... ถนน.....

ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต..... จังหวัด.....

รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์..... โทรสาร.....

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ .....

(2) นิติบุคคล

ชื่อนิติบุคคล .....

ลักษณะธุรกิจหรือกิจกรรมที่ประกอบการ .....

ที่ตั้งสำนักงานใหญ่/ที่สามารถติดต่อได้ เลขที่..... ตรอก/ซอย .....

ถนน.....ตำบล/แขวง..... อำเภอ/เขต.....

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

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

สำนักงานสาขาทุกแห่ง (ถ้ามี).....

ส่วนที่ 2 วัตถุประสงค์ของการใช้อากาศยาน

- ○ เพื่อการเล่นเป็นงานอดิเรก ความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา
- ○ เพื่อการรายงานเหตุการณ์หรือรายงานการจราจร (สื่อมวลชน)
- ○ เพื่อการถ่ายภาพ ถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์หรือรายการโทรทัศน์
- ○ เพื่อการวิจัยและพัฒนาอากาศยาน เพื่อการพาณิชย์
- ○ กรณีมีวัตถุประสงค์อื่น ให้ระบุ .....

ส่วนที่ 3 ข้อมูลอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก

(1) แบบอากาศยาน/ยี่ห้อ .....

(2) จำนวนเครื่องยนต์/จำนวนใบพัด .....

(3) หมายเลขประจำเครื่อง (กรณีมากกว่าหนึ่งเครื่องให้แนบบัญชีแสดงรายการเครื่องวิทยุคมนาคม)

.....

(4) น้ำหนัก (ก.ก.) .....

(5) อุปกรณ์ที่ติดตั้ง .....

(6) เพดานบินสูงสุด (เมตร) .....

(7) คลื่นความถี่ อุปกรณ์วิทยุที่ใช้ในการควบคุม/อุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มเติม .....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้ยื่นคำขอ/ผู้แทนนิติบุคคล

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้รับขึ้นทะเบียน

หน่วยงาน.....

วันที่.....

CAAT
สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The Civil Aviation Authority of Thailand

เขียนที่.....

.....

วันที่.....

หนังสือรับรอง

ข้าพเจ้า..... ผู้ยื่นคำร้องขอขึ้นทะเบียนเป็นผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. ๒๕๕๘ ต่อสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า **ข้าพเจ้าเป็นผู้มีคุณสมบัติครบถ้วนและไม่มีลักษณะต้องห้าม** อย่างหนึ่งอย่างใด ดังต่อไปนี้

☐ ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์อันเป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ

☐ ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพติดหรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

ข้าพเจ้าขอรับรองสำเนาเอกสารที่แนบทุกฉบับ รวมถึงข้อความทั้งหมดในเอกสารที่แนบดังกล่าวว่าถูกต้องสมบูรณ์และเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....ผู้รับรอง

(.....)

คำเตือนของสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย

ผู้ขอขึ้นทะเบียนเป็นผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกต้องแจ้งข้อมูลตามความเป็นจริง การแจ้งข้อความเท็จหรือปกปิดข้อเท็จจริงอันเป็นสาระสำคัญอาจเป็นความผิดฐานแจ้งความเท็จต่อเจ้าพนักงาน ตามมาตรา ๑๓๗ แห่งประมวลกฎหมายอาญา ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน ๖ เดือน หรือปรับไม่เกินหนึ่งหมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ และหากความปรากฏต่อสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทยในภายหลังว่าข้อมูลที่ผู้ขอได้แจ้งและสำเนาเอกสารที่แนบ ไม่ตรงตามความเป็นจริงจะถือว่าผู้ขอขาดคุณสมบัติและไม่เคยเป็นผู้ที่ได้ขึ้นทะเบียนเป็นผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินฯ ซึ่งหากทำการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินดังกล่าว ย่อมเป็นการฝ่าฝืนมาตรา ๒๔ และมีความผิดตามมาตรา ๗๘ แห่งพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. ๒๔๙๗ ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินสี่หมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ	หนังสือมอบอำนาจ	แบบ คท.26 สำหรับเจ้าหน้าที่ เอกสารเลขที่..... ลงวันที่.....

ก. โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ○ ให้ถูกต้องครบถ้วน หากข้อความใดไม่ใช้ให้ขีดฆ่าเซ็นชื่อกำกับ

ข้าพเจ้า.....อายุ.....ปี อาชีพ.....

○ เลขประจำตัวประชาชน □ □□□□ □□□□□ □□ □

○ บัตรประจำตัวข้าราชการ/เจ้าหน้าที่ของรัฐ เลขที่.....ออกโดย.....

วันออกบัตร.....บัตรหมดอายุ.....สัญชาติ.....เชื้อชาติ.....

ผู้มีอำนาจลงนามผูกพันตามหนังสือรับรองของสำนักงานทะเบียนหุ้นส่วนบริษัทฯ กรมพัฒนาธุรกิจการค้า กระทรวงพาณิชย์ ในนามของสถานประกอบการ.....ทะเบียนนิติบุคคล

เลขที่.....สำนักงาน/บ้านเลขที่.....หมู่ที่.....ซอย.....

ถนน.....ตำบล/แขวง.....อำเภอ/เขต.....

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

ขอมอบอำนาจให้.....อายุ.....ปี อาชีพ.....

○ เลขประจำตัวประชาชน □ □□□□ □□□□□ □□ □

○ บัตรประจำตัวข้าราชการ/เจ้าหน้าที่ของรัฐ เลขที่.....ออกโดย.....

วันออกบัตร.....บัตรหมดอายุ.....สัญชาติ.....เชื้อชาติ.....

เป็นผู้แทนข้าพเจ้า ในการดำเนินการขอใบอนุญาต ทำ นำเข้า นำออก ค้า ค้าเพื่อการซ่อมแซม มี ใช้ ตั้งสถานีวิทยุคมนาคม ประกาศนียบัตรพนักงานวิทยุสมัครเล่น ประกาศนียบัตรพนักงานวิทยุประจำเรือ เครื่องหมายแสดงมาตรฐานโทรคมนาคม(Label) แจ้งความเอกสารสูญหาย ตลอดจนลงนามแก้ไข/เพิ่มเติม รับรองเอกสารหลักฐานต่างๆ กับ สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.)

จนเสร็จสิ้นการ ตั้งแต่วันที่.....จนถึงวันที่.....

ข้าพเจ้ายอมรับการกระทำตามที่.....

ผู้รับมอบอำนาจได้ดำเนินการไป โดยถือเสมือนว่าเป็นการกระทำของข้าพเจ้าเองทุกประการ จึงลงลายมือชื่อไว้เป็นเป็นสำคัญ

ลงชื่อ.....ผู้มอบอำนาจ ลงชื่อ.....ผู้รับมอบอำนาจ

( ) ( )

ลงชื่อ.....ผู้มอบอำนาจ ลงชื่อ.....พยาน

( ) ( )

ลงชื่อ.....พยาน

( )

สำนักการอนุญาตและกำกับวิทยุคมนาคม (คท.)
สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (สำนักงาน กสทช.)
87 ถนนพหลโยธิน 8 (สายลม) แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร ๑๐๔๐๐
โทร. ๐ ๒๒๗๑ ๐๑๕๑ - ๖๐ ต่อ ๗๑๔ ๗๑๕ http://www.nbtc.go.th

คท.0-519/01

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ	คำขอขึ้นทะเบียนเครื่องวิทยุคมนาคม สำหรับอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน UAV'S RADIO EQUIPMENT REGISTRATION	แบบ คท.30 สำหรับเจ้าหน้าที่ เอกสารเลขที่..... ลงวันที่.....

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ให้ถูกต้องครบถ้วน *Check mark in the box*

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ..... *Date/Month/Year*

วันที่ครอบครองเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน *Date of possession UAV*

☐ นำเข้าด้วยตนเอง วันที่ *Import by yourself (On date/month/year)* .....

☐ ซื้อจากร้านค้า ตามใบเสร็จ/ใบกำกับภาษี ลงวันที่ *Purchase from* .....
(Receipt/Tax invoice on date/month/year) .....

☐ นำเข้ามาใช้งานในประเทศเป็นการชั่วคราว ระหว่างวันที่ *Temporary import (For Tourist)* .....
Tourist Visa valid for ..... days (From ..... Until .....)

ประเภทอากาศยาน

☐ น้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม *Weight less than 2 kg.*

☐ น้ำหนักเกินกว่า 2 กิโลกรัมแต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม *Weight more than 2 kg. but less than 25 kg.*

☐ น้ำหนักตั้งแต่ 25 กิโลกรัมขึ้นไป *Weight more than 25 kg.*

ข้าพเจ้าขอยื่นคำขอขึ้นทะเบียนเครื่องวิทยุคมนาคมที่ใช้ในอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ *I would like to apply for UAV's radio equipment registration with the following information*

ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ขอขึ้นทะเบียน *Section 1, Applicant information*

(1) บุคคลธรรมดา *(1) Natural Person*

ชื่อ *Name* ..... นามสกุล *Surname* ..... อายุ *Age* ..... ปี

เลขประจำตัวบัตรประชาชน *Thai Citizen ID* ☐-☐☐☐☐-☐☐☐☐☐-☐☐-☐ เลขหนังสือเดินทาง *Passport No.* .....

เกิดวันที่ *Date of birth* ..... เดือน *Month* ..... พ.ศ. *Year* ..... สัญชาติ *Nationality*.....

อาชีพ *Occupation* .....ที่อยู่ปัจจุบัน/สามารถติดต่อได้ *Contact Address in Thailand* .....

ตรอก/ซอย *Alley* ..... ถนน *Street* ..... ตำบล/แขวง *Sub-District* .....

อำเภอ/เขต *District* ..... จังหวัด *Province* ..... รหัสไปรษณีย์ *Postcode* .....

โทรศัพท์มือถือ *Mobile* ..... โทรศัพท์ *Phone* ..... โทรสาร *Fax* .....

ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ *E-mail* .....

(2) นิติบุคคล/ส่วนงานราชการ รัฐวิสาหกิจ องค์การ หรือหน่วยงานของรัฐ ซึ่งเป็นนิติบุคคลตามกฎหมาย *(2) Juristic person/ government agency, state enterprise, state agency or agency; which is a legal entity.*

ชื่อนิติบุคคล/หน่วยงาน *Name of juristic person/Organization* .....

เลขทะเบียนนิติบุคคล *Registration number* ☐-☐☐☐☐-☐☐☐☐☐-☐☐-☐ วันที่จดทะเบียนเป็นนิติบุคคล *Date of incorporation* ..... ลักษณะธุรกิจหรือกิจกรรมที่ประกอบการ *Nature of business or activity* .....

ที่ตั้ง *Address* เลขที่ *Number* ..... ตรอก/ซอย *Alley* ..... ถนน *Street* .....

ตำบล/แขวง *Sub-District* ..... อำเภอ/เขต *District* ..... จังหวัด *Province* .....

รหัสไปรษณีย์ *Postcode* ..... โทรศัพท์มือถือ *Mobile* ..... โทรศัพท์ *Phone* .....

โทรสาร *Fax* ..... ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ *E-mail* .....

คท.0-554/04

ปรับปรุง ณ วันที่ 26 เมษายน 2562

Falcon Insurance
บริษัท ฟอลคอนประกันภัย จำกัด (มหาชน)
บริษัท ฟอลคอนประกันภัย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่
33/4 อาคารเอ เดอะไนน์ทาวเวอร์ ชั้น 24-25 ถนนพระราม 9
แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
โทร: 02 676 9888 โทรสาร: 02 676 9898
The Falcon Insurance Public Company Limited (Head Office)
33/4 Building A, The 9th Towers, 24th - 25th Fl.,
Rama 9 Rd., Huay Khwang, Bangkok 10310 Thailand
Tel.: (+66) 2676 9888 Fax.: (+66) 2676 9898
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี / ทะเบียนเลขที่ บมจ. 0107535000419 สำนักงานใหญ่
Website: www.falconinsurance.co.th Email: fcicustomerservice@falconinsurance.co.th

COPY

ใบสลักหลัง
ENDORSEMENT

1000096/DS

ชื่อผู้เอาประกันภัย : **กรมโยธาธิการและผังเมือง** Insured Name ที่อยู่ : **ถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400** Address				เอกสารแนบท้ายเลขที่ Endorsement No. : **001-ODRL19-001368-1** เป็นส่วนหนึ่งของกรมธรรม์เลขที่ Policy No. : **001-ODRL19-001368**	
การเปลี่ยนแปลงเริ่มบังคับวันที่ EFFECTIVE DATE : **14 พฤศจิกายน 2562**	เบี้ยประกันภัยคืน : Return Premium	-	บาท Baht	เบี้ยประกันภัยเพิ่ม : Additional Premium	-	บาท Baht
	ภาษี : Return Tax	-	บาท Baht	ภาษี : Premium Tax	-	บาท Baht
วันหมดอายุ EXPIRY DATE : **14 พฤศจิกายน 2563**	อากร : Stamp Duty	-	บาท Baht	อากร : Stamp Duty	-	บาท Baht
วันที่ทำเอกสาร ISSUE DATE : **15 พฤศจิกายน 2562**	**รวม** Total	-	บาท Baht	**รวม** Total	-	บาท Baht

เป็นที่ตกลงกันว่ากรมธรรม์ดังกล่าวข้างต้นได้มีการเปลี่ยนแปลง ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้ . -
It is declared and agreed that the insurance under the above mentioned policy is amended as follows :

เป็นที่เข้าใจและตกลงกันทั้งสองฝ่ายว่า ผู้เอาประกันภัยภายใต้กรมธรรม์ประกันภัยฉบับนี้ ได้แจ้งเพิ่มเติมรายละเอียดของกรมธรรม์ดังนี้.

ชื่อผู้ควบคุมหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก : นายชัยเวทย์ ภูธิวุฒิ

ทั้งนี้ มีผลตั้งแต่วันที่เริ่มความคุ้มครองเป็นต้นไป

เป็นส่วนหนึ่งของกรมธรรม์ประกันภัยดังที่ระบุไว้
Attaching to and forming a part of the Policy stated .
เงื่อนไข ข้อยกเว้น และข้อสัญญาอื่นให้คงไว้ตามเดิม
All other terms exceptions and conditions remain unchanged .

เพื่อเป็นหลักฐาน บริษัทฯ โดยบุคคลผู้มีอำนาจได้ลงลายมือชื่อและประทับตราของบริษัทฯ ไว้เป็นสำคัญ ณ. สำนักงานของบริษัทฯ
As evidence, the Company has caused this Policy to be signed by duly authorized persons and the Company's stamp to be affixed at its Office.

กรรมการ - Director

ผู้รับมอบอำนาจ - Authorized Signature

(Thidarat/Krittiya)

Falcon Insurance
บริษัท ฟอลคอนประกันภัย จำกัด (มหาชน)
บริษัท ฟอลคอนประกันภัย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่
33/4 อาคารเอ เดอะไนน์ทาวเวอร์ ชั้น 24-25 ถนนพระราม 9
แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
โทร: 02 676 9888 โทรสาร: 02 676 9898
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี / ทะเบียนเลขที่ บมจ. 0107535000419 สำนักงานใหญ่
Website: www.falconinsurance.co.th Email: fcicustomerservice@falconinsurance.co.th
The Falcon Insurance Public Company Limited (Head Office)
33/4 Building A, The 9th Towers, 24th - 25th Fl.,
Rama 9 Rd., Huay Khwang, Bangkok 10310 Thailand
Tel.: (+66) 2676 9888 Fax.: (+66) 2676 9898

ตารางกรมธรรม์ประกันภัย The Schedule

กรมธรรม์ประกันภัยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก

COPY

Drone Insurance Policy

ชำระอากรแล้ว

รหัสบริษัท Company Code : **FCI** ต่ออายุ ( ) ประกันใหม่ (X)	กรมธรรม์ประกันภัยเลขที่ Policy No. : **001-ODRL19-001368**

1. ชื่อผู้เอาประกันภัย: ชื่อและที่อยู่ The Insured : Name and Address:
กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน
เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

2. ระยะเวลาเอาประกันภัย : Period of Insurance เริ่มต้นวันที่ From **14 พฤศจิกายน 2562** เวลา At **16:30 น. hours** สิ้นสุดวันที่ To **14 พฤศจิกายน 2563** เวลา At **16:30 น. hours**

3. อาณาเขตความคุ้มครอง : Territorial Limit Covered **ประเทศไทย** เขตอำนาจศาลที่คุ้มครอง : ประเทศไทย Jurisdiction : **Thailand**

4. อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกที่เอาประกันภัย Insured Drone :

ลำดับ No.	ยี่ห้อ / รุ่น Maker / Model	ปี Years	หมายเลขตัวเครื่อง Engine No.	ขนาด / น้ำหนัก CC / Weight
1	**DJI / MAVIC 2 PRO**	-	**163CG8QR0A117F**	-

5. ความคุ้มครองและจำนวนเงินจำกัดความรับผิด Coverage and Limit of Liability :

ข้อตกลงคุ้มครอง/เอกสารแนบท้าย Insuring Agreement/Endorsement	จำนวนเงินจำกัดความรับผิด (บาท) Limit of Liability (Baht)	ความรับผิดส่วนแรก(บาท) Deductible (Baht)
1. ความสูญเสียต่อชีวิต ร่างกาย การบาดเจ็บ หรืออนามัยและทรัพย์สินของบุคคลภายนอก		
- จำกัดวงเงินความรับผิด ต่อคน	**1,000,000.00**	
- จำกัดวงเงินความรับผิด ต่ออุบัติเหตุ	**1,000,000.00**	
รวมสูงสุดต่อปีกรมธรรม์ประกันภัยไม่เกิน	**1,000,000.00**	
2. การประกันตัวผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (กรณีถูกควบคุมตัวในคดีอาญากรณีเกิดอุบัติเหตุจากการบังคับอากาศยาน)	**100,000.00**	

6. ชื่อผู้ควบคุมหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก: Person name who control or release drone **นายจิรัฏฐ์ ชูสกุล, นายชูพงศ์ วงศ์ลมบัติ**

7. ลักษณะการใช้งานอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก: Type of usage: **ส่วนบุคคล**

8. เบี้ยประกันภัยสุทธิ Net Premium **1,954.62** บาท Baht อากรแสตมป์ Stamp Duty **8.00** บาท Baht ภาษีมูลค่าเพิ่ม VAT **137.38** บาท Baht เบี้ยประกันภัยรวม Total Premium **2,100.00** บาท Baht

[X] การประกันภัยตรง Direct [ ] ตัวแทนประกันวินาศภัย Agent [ ] นายหน้าประกันวินาศภัย Broker

Company Direct

ใบอนุญาตเลขที่ License No. **DIRECT**

วันทำสัญญาประกันภัย Agreement made on **14 พฤศจิกายน 2562** วันออกกรมธรรม์ประกันภัย Policy issued on **15 พฤศจิกายน 2562**

เพื่อเป็นหลักฐาน บริษัท โดยผู้มีอำนาจกระทำการแทนบริษัท ได้ลงลายมือชื่อและประทับตราของบริษัทไว้เป็นสำคัญ ณ สำนักงานของบริษัท **1000096/DS**
As evidence, the Company has caused this policy to be signed by duly authorized persons and the Company's stamp to be affixed at its office.

กรรมการ - Director

ผู้รับมอบอำนาจ - Authorized Signature

(Krittiya/Krittiya)

Falcon Insurance
บริษัท ฟอลคอนประกันภัย จำกัด (มหาชน)
บริษัท ฟอลคอนประกันภัย จำกัด (มหาชน) สำนักงานใหญ่
33/4 อาคารเอ เดอะไนน์ทาวเวอร์ ชั้น 24-25 ถนนพระราม 9
แขวงห้วยขวาง เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
โทร: 02 676 9888 โทรสาร: 02 676 9898
เลขประจำตัวผู้เสียภาษี / ทะเบียนเลขที่ บมจ. 0107535000419 สำนักงานใหญ่
Website: www.falconinsurance.co.th Email: fcicustomerservice@falconinsurance.co.th
The Falcon Insurance Public Company Limited (Head Office)
33/4 Building A, The 9th Towers, 24th - 25th Fl.,
Rama 9 Rd., Huay Khwang, Bangkok 10310 Thailand
Tel.: (+66) 2676 9888 Fax.: (+66) 2676 9898

ตารางกรมธรรม์ประกันภัย The Schedule
กรมธรรม์ประกันภัยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก
Drone Insurance Policy

COPY

ชำระอากรแล้ว

รหัสบริษัท Company Code : **FCI** ต่ออายุ ( ) ประกันใหม่ (X)	กรมธรรม์ประกันภัยเลขที่ Policy No. : **001-ODRL19-001367**

1. ชื่อผู้เอาประกันภัย: ชื่อและที่อยู่ The Insured : Name and Address:
กรมโยธาธิการและผังเมือง

ถนนพระรามที่ 6 แขวงสามเสนใน
เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร 10400

2. ระยะเวลาเอาประกันภัย : Period of Insurance เริ่มต้นวันที่ From **14 พฤศจิกายน 2562** เวลา At **16:30 น. hours** สิ้นสุดวันที่ To **14 พฤศจิกายน 2563** เวลา At **16:30 น. hours**

3. อาณาเขตความคุ้มครอง : Territorial Limit Covered **ประเทศไทย** เขตอำนาจศาลที่คุ้มครอง : ประเทศไทย Jurisdiction : **Thailand**

4. อากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกที่เอาประกันภัย Insured Drone :

ลำดับ No.	ยี่ห้อ / รุ่น Maker / Model	ปี Years	หมายเลขตัวเครื่อง Engine No.	ขนาด / น้ำหนัก CC / Weight
1	**DJI / MAVIC 2 PRO**	-	**163CG8QR0A116F**	-

5. ความคุ้มครองและจำนวนเงินจำกัดความรับผิด Coverage and Limit of Liability :

ข้อตกลงคุ้มครอง/เอกสารแนบท้าย Insuring Agreement/Endorsement	จำนวนเงินจำกัดความรับผิด (บาท) Limit of Liability (Baht)	ความรับผิดส่วนแรก(บาท) Deductible (Baht)
1. ความสูญเสียต่อชีวิต ร่างกาย การบาดเจ็บ หรืออนามัยและทรัพย์สินของบุคคลภายนอก		
- จำกัดวงเงินความรับผิด ต่อคน	**1,000,000.00**	
- จำกัดวงเงินความรับผิด ต่ออุบัติเหตุ	**1,000,000.00**	
รวมสูงสุดต่อปีกรมธรรม์ประกันภัยไม่เกิน	**1,000,000.00**	
2. การประกันตัวผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก (กรณีถูกควบคุมตัวในคดีอาญากรณีเกิดอุบัติเหตุจากการบังคับอากาศยาน)	**100,000.00**	

6. ชื่อผู้ควบคุมหรือปล่อยอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก: Person name who control or release drone **นายสมศักดิ์ พุ่มเจริญ, นายเอกชัย มุสิกวงศ์ นายภูริทัต แสนสุทธวิจิตร**

7. ลักษณะการใช้งานอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก: Type of usage: **ส่วนบุคคล**

8. เบี้ยประกันภัยสุทธิ Net Premium **1,954.62** บาท Baht อากรแสตมป์ Stamp Duty **8.00** บาท Baht ภาษีมูลค่าเพิ่ม VAT **137.38** บาท Baht เบี้ยประกันภัยรวม Total Premium **2,100.00** บาท Baht

[X] การประกันภัยตรง Direct [ ] ตัวแทนประกันวินาศภัย Agent [ ] นายหน้าประกันวินาศภัย Broker

Company Direct

ใบอนุญาตเลขที่ License No. **DIRECT**

วันทำสัญญาประกันภัย Agreement made on **14 พฤศจิกายน 2562** วันออกกรมธรรม์ประกันภัย Policy issued on **15 พฤศจิกายน 2562**

เพื่อเป็นหลักฐาน บริษัท โดยผู้มีอำนาจกระทำการแทนบริษัท ได้ลงลายมือชื่อและประทับตราของบริษัทไว้เป็นสำคัญ ณ สำนักงานของบริษัท **1000096/DS**
As evidence, the Company has caused this policy to be signed by duly authorized persons and the Company's stamp to be affixed at its office.

กรรมการ - Director

ผู้รับมอบอำนาจ - Authorized Signature

(Krittiya/Krittiya)

3/4/2563 ขอขึ้นทะเบียนโดรน / Registration Drone Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

หนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน
(ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก)

เลขที่ 002681/2563

หนังสือฉบับนี้ออกให้เพื่อแสดงว่า กรมโยธาธิการและผังเมือง

ที่อยู่ปัจจุบัน (สามารถติดต่อได้) 218/1 กรมโยธาธิการและผังเมือง (พระราม 6)

ตรอก/ซอย พระราม 6 ถนน - ตำบล/แขวง สามเสนใน

อำเภอ/เขต พญาไท จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10400

โทรศัพท์ 022018118 โทรสาร E-MAIL: -

ได้รับการขึ้นทะเบียนตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 ออกตามมาตรา 24 แห่งพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แบบอากาศยาน/ยี่ห้อ/รุ่น	DJI รุ่น MAVIC 2 PRO
น้ำหนัก (weight)	0.907 กิโลกรัม
หมายเลขเครื่อง (Serial No.)	163CG8QR0A117W
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	4 PROPELLERS, BATTERY, CAMERA AND REMOTE CONTROLLER
วัตถุประสงค์การใช้	เพื่อการถ่ายภาพ ถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์ หรือรายการโทรทัศน์
ขอบเขต/พื้นที่ทำการบิน	ตามเงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยาน
รายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน	รายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ตามเอกสารแนบ

โดยให้ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด มีกำหนด 2 ปี นับแต่วันที่ออกหนังสือฉบับนี้

ออกให้ ณ วันที่ 30 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2563

(นายบันเทิง เมฆฉาย)
ผู้จัดการฝ่ายพิธีการบิน ปฏิบัติงานแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย

(เงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยานระบุด้านหลังหนังสือฉบับนี้)

หมายเหตุ กรมธรรม์ประกันภัยจะต้องต่ออายุกรมธรรม์ก่อนวันสิ้นสุดไม่น้อยกว่า 30 วัน

https://uav.caat.or.th/print_allow.php 1/3

CAAT
สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The Civil Aviation Authority of Thailand

รายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน (ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก) จำนวน 3 คน ตามหนังสือการขึ้นทะเบียนเลขที่ 002681/2563 สำหรับอากาศยานซึ่งมีหมายเลขเครื่อง (Serial No.) 163CG8QR0A117W

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล
1.	นายจิรัฏฐ์ ชูสกุล
2.	นายชูพงศ์ วงศ์สมบัติ
3.	นายชัยเวทย์ ภูธิวุฒิ

หมายเหตุ
หากประสงค์จะแก้ไขเพิ่มเติมผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน ให้มีหนังสือแจ้งขอแก้ไขเพิ่มเติมพร้อมแบบพิมพ์รายละเอียดข้อมูลส่วนบุคคล แบบพิมพ์หนังสือรับรองตนเอง สำเนาบัตรประชาชน สำเนาทะเบียนบ้าน พร้อมทั้งลงชื่อรับรองทุกฉบับ

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The Civil Aviation Authority of Thailand

เงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน

(ออกตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ประกาศ ณ วันที่ 2 กรกฎาคม 2558)

เงื่อนไขก่อนทำการบิน

1. ให้ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพที่สามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน
2. ต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน
3. ให้ทำการศึกษาพื้นที่และชั้นของห้วงอากาศที่จะทำการบิน
4. ต้องมีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนสำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และการแก้ปัญหากรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้
5. ต้องมีการบำรุงรักษาตามคู่มือของผู้ผลิต
6. ต้องมีความรู้ความชำนาญในการบังคับอากาศยานและระบบของอากาศยาน
7. ต้องมีความรู้ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ
8. ให้นำหนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน (ประเภทที่ควบคุมการบินจากภายนอก) ติดตัวไว้ตลอดเวลาที่ทำการบิน
9. ต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิงที่สามารถใช้งานได้ติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน
10. ต้องมีการประกันภัยอากาศยานโดยรับผิดชอบต่อความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม ในวงเงิน ไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาท/อุบัติเหตุ/ครั้ง และกรมธรรม์ประกันภัยต้องอยู่ติดไปหนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน และต้องต่ออายุกรมธรรม์ล่วงหน้าก่อนวันสิ้นอายุไม่น้อยกว่า 30 วัน

เงื่อนไขระหว่างทำการบิน

1. ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น
2. ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณเขตหวงห้าม เขตกำกัด และเขตอันตรายตามที่ประกาศในเอกสารแถลงข่าวการบินของประเทศไทย (Aeronautical Information Publication – Thailand หรือ AIP – Thailand) รวมทั้งสถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่
3. แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง
4. ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบิน และห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัยชุดกล้องบนอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง
5. ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน
6. ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ
7. ห้ามทำการบินภายในระยะ 9 กิโลเมตร (5 ไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาตหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวอนุญาต
8. ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกิน 90 เมตร (300 ฟุต) เหนือพื้นดิน
9. ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่
10. ห้ามบังคับอากาศยานเข้าใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน
11. ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น
12. ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญแก่ผู้อื่น
13. ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน
14. ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง อาคาร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินน้อยกว่า 50 เมตร (150 ฟุต)
15. กรณีมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการอนุญาตทำการบิน กรุณาติดต่อ โทร.02 568 8800 ต่อ 1603 หรือ Email : uav@caat.or.th

---

พระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497

มาตรา 24 "ห้ามมิให้ผู้ใดบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน หรือทิ้งร่มอากาศ นอกจากได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากรัฐมนตรีและปฏิบัติตามเงื่อนไขที่รัฐมนตรีกำหนด"

มาตรา 67/20 "ผู้ได้รับอนุญาตตาม มาตรา 24 ฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามวิธีการและเงื่อนไขที่กำหนดในการอนุญาต ต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าหมื่นบาท"

มาตรา 78 "ผู้ใดบังคับหรือปล่อยอากาศยาน ซึ่งไม่มีนักบินหรือทิ้งร่มอากาศโดยไม่ได้รับอนุญาต เป็นหนังสือจากรัฐมนตรี ตามมาตรา 24 ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินสี่หมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ"

The Civil Aviation Authority of Thailand (CAAT)

www.caat.or.th

หนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน
(ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก)

เลขที่ 001062/2563

หนังสือฉบับนี้ออกให้เพื่อแสดงว่า กรมโยธาธิการและผังเมือง

ที่อยู่ปัจจุบัน (สามารถติดต่อได้) 218/1 กรมโยธาธิการและผังเมือง (พระราม 6)

ตรอก/ซอย - ถนน พระราม 6 ตำบล/แขวง สามเสนใน

อำเภอ/เขต พญาไท จังหวัด กรุงเทพ รหัสไปรษณีย์ 10400

โทรศัพท์ 022018118 โทรสาร E-MAIL: survey@dpt.go.th

ได้รับการขึ้นทะเบียนตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 ออกตามมาตรา 24 แห่งพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แบบอากาศยาน/ยี่ห้อ/รุ่น	DJI	รุ่น MAVIC 2 PRO
น้ำหนัก (weight)	0.907 กิโลกรัม	
หมายเลขเครื่อง (Serial No.)	163CG8QR0A116F	
อุปกรณ์ที่ติดตั้ง	4 PROPELLERS, BATTERY, CAMERA AND REMOTE CONTROLLER	
วัตถุประสงค์การใช้	1. เพื่อการถ่ายภาพ ถ่ายทำหรือการแสดงในภาพยนตร์ หรือรายการโทรทัศน์	
	2. เพื่อใช้ในภาระกิจของกรมโยธาธิการและผังเมือง ในการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ	
ขอบเขต/พื้นที่ทำการบิน	ตามเงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยาน	
รายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน	รายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ตามเอกสารแนบ	

โดยให้ปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด มีกำหนด 2 ปี นับแต่วันที่ออกหนังสือฉบับนี้

ออกให้ ณ วันที่ 13 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

(นายบันเทิง เมฆฉาย)
ผู้จัดการฝ่ายพิธีการบิน ปฏิบัติงานแทน
ผู้อำนวยการสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย

(เงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยานระบุด้านหลังหนังสือฉบับนี้)

หมายเหตุ กรมธรรม์ประกันภัยจะต้องต่ออายุกรมธรรม์ก่อนวันสิ้นสุดไม่น้อยกว่า 30 วัน

CAAT
สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The Civil Aviation Authority of Thailand

รายชื่อผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน (ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก) จำนวน 3 คน ตามหนังสือการขึ้นทะเบียนเลขที่ 001062/2563 สำหรับอากาศยานซึ่งมีหมายเลขเครื่อง (Serial No.) 163CG8QR0A116F

ลำดับที่	ชื่อ - นามสกุล
1.	นาย สมศักดิ์ พุ่มเจริญ
2.	นาย เอกชัย มุสิกวงศ์
3.	นาย ภูริทัต แสนสุทธวิจิตร

หมายเหตุ
หากประสงค์จะแก้ไขเพิ่มเติมผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน ให้มีหนังสือแจ้งขอแก้ไขเพิ่มเติมพร้อมแบบพิมพ์รายละเอียดข้อมูลส่วนบุคคล แบบพิมพ์หนังสือรับรองตนเอง สำเนาบัตรประชาชน สำเนาทะเบียนบ้าน พร้อมทั้งลงชื่อรับรองทุกฉบับ

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The Civil Aviation Authority of Thailand

เงื่อนไขการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน

(ออกตามประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก ประกาศ ณ วันที่ 2 กรกฎาคม 2558)

เงื่อนไขก่อนทำการบิน

1. ให้ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพที่สามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัย ซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน
2. ต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน
3. ให้ทำการศึกษาพื้นที่และชั้นของห้วงอากาศที่จะทำการบิน
4. ต้องมีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนสำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และการแก้ปัญหากรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้
5. ต้องมีการบำรุงรักษาตามคู่มือของผู้ผลิต
6. ต้องมีความรู้ความชำนาญในการบังคับอากาศยานและระบบของอากาศยาน
7. ต้องมีความรู้ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ
8. ให้นำหนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน (ประเภทที่ควบคุมการบินจากภายนอก) ติดตัวไว้ตลอดเวลาที่ทำการบิน
9. ต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิงที่สามารถใช้งานได้ติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน
10. ต้องมีการประกันภัยอากาศยานโดยรับผิดชอบต่อความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิต ตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สาม ในวงเงิน ไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาท/อุบัติเหตุ/ครั้ง และกรมธรรม์ประกันภัยต้องอยู่ติดไปหนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน และต้องต่ออายุกรมธรรม์ล่วงหน้าก่อนวันสิ้นอายุไม่น้อยกว่า 30 วัน

เงื่อนไขระหว่างทำการบิน

1. ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น
2. ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณเขตหวงห้าม เขตกำกัด และเขตอันตรายตามที่ประกาศในเอกสารแถลงข่าวการบินของประเทศไทย (Aeronautical Information Publication – Thailand หรือ AIP – Thailand) รวมทั้งสถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่
3. แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง
4. ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบิน และห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัยชุดกล้องบนอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง
5. ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน
6. ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ
7. ห้ามทำการบินภายในระยะ 9 กิโลเมตร (5 ไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาตหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวอนุญาต
8. ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกิน 90 เมตร (300 ฟุต) เหนือพื้นดิน
9. ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่
10. ห้ามบังคับอากาศยานเข้าใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน
11. ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น
12. ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญแก่ผู้อื่น
13. ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน
14. ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง อาคาร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินน้อยกว่า 50 เมตร (150 ฟุต)
15. กรณีมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการอนุญาตทำการบิน กรุณาติดต่อ โทร.02 568 8800 ต่อ 1603 หรือ Email : uav@caat.or.th

---

พระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497

มาตรา 24 "ห้ามมิให้ผู้ใดบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน หรือทิ้งร่มอากาศ นอกจากได้รับอนุญาตเป็นหนังสือจากรัฐมนตรีและปฏิบัติตามเงื่อนไขที่รัฐมนตรีกำหนด"

มาตรา 67/20 "ผู้ได้รับอนุญาตตาม มาตรา 24 ฝ่าฝืนหรือไม่ปฏิบัติตามวิธีการและเงื่อนไขที่กำหนดในการอนุญาต ต้องระวางโทษปรับไม่เกินห้าหมื่นบาท"

มาตรา 78 "ผู้ใดบังคับหรือปล่อยอากาศยาน ซึ่งไม่มีนักบินหรือทิ้งร่มอากาศโดยไม่ได้รับอนุญาต เป็นหนังสือจากรัฐมนตรี ตามมาตรา 24 ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกินหนึ่งปี หรือปรับไม่เกินสี่หมื่นบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ"

The Civil Aviation Authority of Thailand (CAAT)

www.caat.or.th

ที่ปรึกษา

นายพรพจน์ เพ็ญพาส

อธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

ผู้บริหารสูงสุดของส่วนราชการ (CEO)

นายไตรรัตน์ พูลสวัสดิ์

รองอธิบดีกรมโยธาธิการและผังเมือง

ประธานเจ้าหน้าที่ฝ่ายความรู้ (CKO)

บรรณาธิการ

นางสาวอรอาภา โล่ห์วีระ

ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการพัฒนาเมือง

หัวหน้าคณะทำงานการจัดการความรู้ (CKM Team)

นายเกียรติศักดิ์ อมรประเสริฐสุข

ผู้อำนวยการสำนักวิศวกรรมการผังเมือง

คณะทำงานการจัดการความรู้ (KM Team)

กองบรรณาธิการ

สำนักวิศวกรรมการผังเมือง

๑. นายอรรครัฐ ขุนวิทยา	ผู้อำนวยการส่วนคมนาคมขนส่งและสาธารณูปโภคที่ ๒
๒. นายอุทัย ชาติเผือก	นายช่างโยธาอาวุโส
๓. นายวสันต์ โพธิ์ลิบ	นายช่างสำรวจอาวุโส
๔. นายภูริทัต แสนสุทธวิจิตร	วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
๕. นายจิรัฏฐ์ ชูสกุล	นายช่างสำรวจปฏิบัติงาน
๖. นายศศิพัฒน์ ทะนันชัย	นายช่างสำรวจปฏิบัติงาน
๗. นายชูพงศ์ วงศ์สมบัติ	นายช่างสำรวจปฏิบัติงาน
๘. นายวสุธา ฤกษ์งาม	นายช่างสำรวจปฏิบัติงาน

สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการพัฒนาเมือง

๑. นางสาวไพรินทร์ ดุราศวิน หัวหน้ากลุ่มงานวางแผนและประสานงาน	คณะทำงานและเลขานุการ
๒. คณะทำงานและผู้ช่วยเลขานุการ	
๒.๑ นางสาวจิตกุศล เปาประดิษฐ	นักทรัพยากรบุคคลชำนาญการ
๒.๒ นางสาวอรอุมา อาจปักษา	พนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคล
๒.๓ นางสาวอรณี มีสา	พนักงานพัฒนาทรัพยากรบุคคล

ดำเนินการตามแผนการจัดการความรู้
กรมโยธาธิการและผังเมือง (DPT KM Action Plan)
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๓
ภารกิจด้านการผังเมือง

จัดทำโดย
สำนักวิศวกรรมการผังเมือง
สถาบันพัฒนาบุคลากรด้านการพัฒนาเมือง

กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย
๒๑๘/๑ ถนนพระรามที่ ๖ แขวงพญาไท เขตพญาไท กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐
เบอร์โทรศัพท์กลาง : (พระรามที่ ๖) ๐ ๒๒๙๙ ๔๐๐๐
www.dpt.go.th