

ผลงานวิชาการ

เรื่อง การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีความละเอียดสูง
ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) พื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ
ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง
จังหวัดอ่างทอง

โดย

นางสาวธัญญลักษณ์ ชัยวรพล

นายมณฑล สุริยาประสิทธิ์

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรง

ตำแหน่ง นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายชำนาญการ ตำแหน่งเลขที่ 1371

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่

สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่

กรมแผนที่ดิน

คำนำ

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ
ฉบับนี้ เป็นการดำเนินงานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับในการจัดทำข้อมูล
ภูมิสารสนเทศที่มีความละเอียดและความถูกต้องสูง

การดำเนินงานครั้งนี้ได้นำเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับร่วมกับหลักการโฟโตแกรมเมตรี
(Photogrammetry) การรังวัดด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS) และ
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) มาประยุกต์ใช้ในการจัดทำแผนที่
ภาพถ่ายออร์โธรี (Orthophoto) แบบจำลองพื้นผิวดิจิทัล (Digital Surface Model: DSM) และ
ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (Multispectral Imagery) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความแตกต่าง
พืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เพื่อประเมินความสมบูรณ์ของพืช ตลอดจน
ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ และสนับสนุนการบริหารจัดการฟาร์มตัวอย่าง
ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้ที่สนใจ
การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในงานสำรวจและจัดทำแผนที่ หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้

ธัญลักษณ์ ชัยวรพล

กรกฎาคม 2569

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	ค
แบบการเสนอผลงาน ระดับชำนาญการ	
ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง	1
ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน	4
1. เรื่องการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสตีความละเอียดสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) พื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง จังหวัดอ่างทอง	4
2. ระยะเวลาการดำเนินการ	4
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	4
4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน	4
5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)	62
6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ	62
7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ	63
8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ	64
9. ข้อเสนอแนะ	64
10. การเผยแพร่ผลงาน	65
11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	65
เอกสารอ้างอิง/บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	
ภาคผนวก 1 กฎหมายโดรนในประเทศไทย ข้อจำกัดและข้อควรรู้สำหรับผู้ใช้งาน	
ภาคผนวก 2 การประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสตีด้วยโปรแกรมประมวลผล	
ภาคผนวก 3 การประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นด้วยโปรแกรมประมวลผล	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 แสดงการแปลผลค่าดัชนีความแตกต่างพีชพรรณ	12
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RMSE กับมาตราส่วนตามมาตรฐาน ASPRS	20
3 แสดงกิจกรรมภายในฟาร์มตัวอย่างฯ	25
4 แสดงจุดควบคุมภาคพื้นดิน	35
5 แสดงจุดตรวจสอบ	36
6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RMSE กับมาตราส่วนตามมาตรฐาน ASPRS ระหว่างมาตราส่วน 1:100 และ 1:200	55
7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RMSE กับมาตราส่วนตามมาตรฐาน ASPRS ระหว่างมาตราส่วน 1:1,000 และ 1:2,000	56

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงหลักการรับรู้ระยะไกล	9
2 แสดงอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุน	13
3 แสดงอากาศยานไร้คนขับแบบปีกตรึง	14
4 แสดงอากาศยานไร้คนขับแบบผสม	14
5 แสดงแนวนบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ	17
6 แสดงขอบเขตที่ตั้งฟาร์มตัวอย่างฯ	21
7 แสดงกิจกรรมภายในฟาร์มตัวอย่างฯ	24
8 แสดงการประชุมการทำงานร่วมกับ เจ้าหน้าที่ฟาร์มตัวอย่างฯ และสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง	26
9 แสดงการประชุมการทำงานร่วมกับ สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง	27
10 แสดงแนวนบินของการบินถ่ายภาพในโปรแกรม DJI Pilot 2	28
11 แสดงการวางแผนการบินร่วมกับสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง	29
12 แสดงหมุดที่ทำการถ่ายค่าพิกัดมาในขอบเขตพื้นที่ดำเนินงาน	30
13 แสดงการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ	31
14 แสดงรูปอากาศยานไร้คนขับที่ทำการบินถ่ายภาพในครั้งนี้	32
15 แสดงการบินถ่ายภาพในพื้นที่ขอบเขตดำเนินการ	32
16 แสดงการนำเข้าข้อมูลในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี	33
17 แสดงการนำเข้าข้อมูลในการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	33
18 แสดงการจับคู่ภาพในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี	34
19 แสดงขั้นตอนการจับคู่ภาพในการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	35
20 แสดงการนำเข้าจุดควบคุมภาคพื้นดินทั้งในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี และภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	36
21 แสดงการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี	37
22 แสดงการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินในการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	37
23 แสดงขั้นตอน Build Dense Cloud ของภาพถ่ายออร์โธสี	38
24 แสดงขั้นตอน Build Dense Cloud ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	38
25 แสดงขั้นตอน Build Texture ของภาพถ่ายออร์โธสี	39
26 แสดงขั้นตอน Build Texture ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	39
27 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (DSM)	40
28 แสดงขั้นตอนการสร้างภาพถ่ายออร์โธสี	41
29 แสดงขั้นตอนการสร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	42
30 แสดงการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี	45
31 แสดงการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	46
32 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายออร์โธสีเปรียบเทียบกับจุดตรวจสอบ	47

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
33 แสดงภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้ทำการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบแล้ว	47
34 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นเปรียบเทียบกับจุดตรวจสอบ	48
35 แสดงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้ทำการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบแล้ว	48
36 แสดงการทำ Build Dense Cloud ของภาพถ่ายออร์โธรี	49
37 แสดงการทำ Build Dense Cloud ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	49
38 แสดงการทำ Build Mesh ของภาพถ่ายออร์โธรี	50
39 แสดงการทำ Build Mesh ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	50
40 แสดงการทำ Build Texture ของภาพถ่ายออร์โธรี	51
41 แสดงการทำ Build Texture ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น	51
42 แสดงแบบจำลองพื้นผิวที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้	52
43 แสดงภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้	
44 แสดงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้	53
45 แสดง RMSE ของภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้จากโปรแกรมประมวลผล	54
46 แสดง RMSE ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้จากโปรแกรมประมวลผล	55
47 แสดงภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายออร์โธรี จากโครงการแผนที่ทรัพยากรสินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (MOAC) ปี 2545 มาตราส่วน 1:1,000	57
48 แสดงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ทำ NDVI แล้ว	59
49 แสดงการคำนวณหาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณในโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย	60
50 แสดงแบบจำลองพื้นผิวที่และแบบจำลองพื้นผิวที่ทำ HillShade	61

แบบการเสนอผลงาน (ระดับชำนาญการ)

ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง

ชื่อผู้ขอประเมิน นางสาวธัญญลักษณ์ ชัยวรพล

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการแผนกที่ภาพถ่ายปฏิบัติการ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งปัจจุบัน

หน้าที่ความรับผิดชอบโดยสรุป

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานระดับต้น ที่ต้องใช้ความรู้ทางวิชาการความสามารถทางวิชาการในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับด้านวิชาการแผนที่ภาพถ่าย การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ภายใต้กำกับ ดูแล แนะนำ ตรวจสอบของผู้บังคับบัญชา ในกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ เพื่อปฏิบัติงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ให้มีประสิทธิภาพ ถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ

หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก

ก. ด้านการปฏิบัติการ

1. ร่วมศึกษา วิเคราะห์วิจัย และปฏิบัติงานด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องตามแนวทางการดำเนินงานงานวิจัยที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ

2. ช่วยติดตาม และรวบรวม ความก้าวหน้าและวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำเสนอแนวทาง และมาตรฐานการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ

3. ประสานงาน การถ่ายทอดความรู้และฝึกอบรมเกี่ยวกับองค์ความรู้ทางวิชาการ และวิทยาการใหม่ ๆ ด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่ และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องให้แก่บุคลากรภายในหน่วยงานทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค หรือบุคลากรภายนอกหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงประชาชนทั่วไปที่สนใจ เพื่อเสริมสร้างความรู้ทักษะ และพัฒนาประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

4. ปฏิบัติงานและสนับสนุนงานอื่นๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย เพื่อสนับสนุนให้กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ในภาพรวมบรรลุภารกิจที่กำหนดไว้

ข. ด้านการวางแผน

วางแผนการทำงานที่รับผิดชอบ ร่วมดำเนินการวางแผนการปฏิบัติงานวิจัย งานโครงการหรืองานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย ร่วมกับหน่วยงานภายในทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค หรือหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามเป้าหมาย สมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

ค. ด้านการประสานงาน

1. ประสานการปฏิบัติงานวิจัยงานโครงการ หรืองานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย ระหว่างหน่วยงานภายในหรือหน่วยงานภายนอก เพื่อชี้แจงให้รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูล ข้อเท็จจริงหรือข้อมูลอื่นที่เกี่ยวข้อง
2. ประสานติดตามการปฏิบัติงาน และสร้างความเข้าใจระหว่างผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดความร่วมมือและผลสัมฤทธิ์ตามที่กำหนด

ง. ด้านการบริการ

ให้คำแนะนำ ตอบปัญหา และชี้แจง ความรู้ทางวิชาการและการปฏิบัติงานด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่ และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องแก่บุคลากรภายในหน่วยงานราชการทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค หรือบุคลากรภายนอกหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อการแก้ไขปัญหา และการบริหารจัดการข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง เหมาะสม

ตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายชำนาญการ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง

หน้าที่ความรับผิดชอบโดยสรุป

ปฏิบัติงานในฐานะผู้ปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์ โดยใช้ความรู้ ความสามารถ ประสบการณ์ และความชำนาญสูงด้านวิชาการแผนที่ภาพถ่าย ในการตัดสินใจหรือแก้ไขปัญหาที่ยากในกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ เพื่อปฏิบัติงานด้านเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรืองานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ

หน้าที่ความรับผิดชอบหลัก

ก. ด้านการปฏิบัติการ

1. ศึกษา วิเคราะห์และวิจัย เพื่อการพัฒนาหรือการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่ และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้องค์ความรู้ทางวิชาการ เทคโนโลยีและวิทยาการใหม่ๆ ที่ช่วยให้การปฏิบัติงานภายในหน่วยงานทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค ประสบความสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องเหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ
2. ร่วมกำหนดแนวทางและเสนอแนะแนวทาง การปฏิบัติงานด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่ และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องแก่บุคลากรภายในหรือภายนอกหน่วยงาน เพื่อความถูกต้องเหมาะสม ในการปฏิบัติงาน
3. ติดตาม และนำเสนอ ความก้าวหน้าและวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่ และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้อง เพื่อกำหนดแนวทาง มาตรการ และมาตรฐานการปฏิบัติงาน ให้ถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ
4. เผยแพร่ ถ่ายทอดความรู้และฝึกอบรม องค์ความรู้ทางวิชาการ และวิทยาการใหม่ๆ ด้าน เทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องให้แก่บุคลากร ภายในหน่วยงานทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาคหรือบุคลากรภายนอกหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึง ประชาชนทั่วไปที่สนใจ เพื่อเสริมสร้างความรู้ทักษะ และพัฒนาประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน ให้เป็นไปอย่าง ถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ

5. ปฏิบัติงานและสนับสนุนงานอื่นๆ ตามที่ได้รับมอบหมาย เพื่อสนับสนุนให้กลุ่มวิจัยและพัฒนา เทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ ในภาพรวมบรรลุภารกิจที่กำหนดไว้

ข. ด้านการวางแผน

วางแผนหรือร่วมวางแผนการดำเนินงานวิจัยงานโครงการหรืองานอื่นตามที่ได้รับมอบหมายร่วมกับหน่วยงานภายในทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค หรือหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชนเพื่อกำหนดแนวทางการปฏิบัติงาน การแก้ไขปัญหา การตรวจสอบ การติดตาม และการประเมินผล ไม่ให้เกิดการซ้ำซ้อนเป็นไปตามเป้าหมาย และผลสัมฤทธิ์ที่กำหนด

ค. ด้านการประสานงาน

1. ประสานการดำเนินงานวิจัยงานโครงการ หรืองานอื่นตามที่ได้รับมอบหมาย ระหว่างหน่วยงานภายในทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค หรือหน่วยงานภายนอกทั้งภาครัฐและเอกชนโดยมีบทบาทในการให้ความคิดเห็นและคำแนะนำเบื้องต้นแก่ผู้ปฏิบัติงาน เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือในการปฏิบัติงาน

2. ประสานการดำเนินงานวิจัย งานโครงการ หรืองานอื่นตามที่ได้รับมอบหมายเพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้อันจะนำไปสู่การสร้างเครือข่ายการวิจัยและการพัฒนาบุคลากรในการวิจัยร่วมกัน

3. ให้ข้อคิดเห็นหรือคำแนะนำเบื้องต้นแก่สมาชิกในทีมงานหรือบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสร้างความเข้าใจและความร่วมมือในการดำเนินงานตามที่ได้รับมอบหมาย

ง. ด้านการบริการ

ให้การปรึกษาแนะนำ ตอบปัญหา และชี้แจง ด้านเทคโนโลยีการสำรวจ การทำแผนที่และการผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศ หรือด้านอื่นที่เกี่ยวข้องแก่บุคลากรภายในหน่วยงานราชการทั้งส่วนกลางและส่วนภูมิภาค หรือบุคลากรภายนอกหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน รวมถึงประชาชนทั่วไปที่สนใจ เพื่อการแก้ไขปัญหาการพัฒนาบุคลากร และการบริหารจัดการข้อมูล ได้อย่างถูกต้อง เหมาะสม ตามหลักวิชาการและมาตรฐานภูมิสารสนเทศ

ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

1. เรื่อง การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีความละเอียดสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) พื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง จังหวัดอ่างทอง

2. ระยะเวลาการดำเนินการ เดือนกรกฎาคม 2568 - เดือนกันยายน 2568

3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

3.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Informatic System: GIS)

3.2 การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing: RS)

3.3 การรังวัดด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS)

3.4 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

4.1 บทคัดย่อ และ Abstract

4.1.1 บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีความละเอียดสูงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (Multispectral Imagery) และแบบจำลองพื้นผิว (Digital Surface Model: DSM) ด้วยอากาศยานไร้คนขับ สำหรับพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง จังหวัดอ่างทอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การบริหารจัดการพื้นที่ และการสนับสนุนงานด้านเกษตรและภูมิสารสนเทศ โดยพื้นที่ศึกษามีขนาดประมาณ 1,005 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่การเกษตร แหล่งน้ำ และสิ่งปลูกสร้างภายในฟาร์ม

การดำเนินงานประกอบด้วยกรรวบรวมข้อมูลขอบเขตพื้นที่ การวางแผนการบิน การรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points: GCPs) และจุดตรวจสอบ (Check Points: CPs) ด้วยระบบ GNSS การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ DJI Mavic 3 Multispectral การประมวลผลข้อมูลด้วยหลักโฟโตแกรมเมตรีเพื่อสร้างแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสี แบบจำลองพื้นผิว และภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องเชิงตำแหน่งตามมาตรฐาน American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)

ผลการศึกษาพบว่าสามารถจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีครอบคลุมพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างฯ โดยภาพถ่ายออร์โธสี มีค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) เท่ากับ 2.8 เซนติเมตร และมีมาตราส่วน 1:172 และภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น มีค่า RMSE เท่ากับ 22 เซนติเมตร และมีมาตราส่วน 1:1,440 พร้อมทั้งสามารถสร้างแบบจำลองพื้นผิวและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นเพื่อคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) สำหรับการประเมินความสมบูรณ์และการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลเป็นไปตามมาตรฐาน ASPRS และสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน การติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ การบริหารจัดการทรัพยากร การวิจัย ตลอดจนการส่งเสริมการประชาสัมพันธ์และการท่องเที่ยวเชิงเกษตรของฟาร์มตัวอย่างฯ ได้อย่างเหมาะสม

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับร่วมกับกระบวนการโฟโตแกรมเมตรีสามารถผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีความละเอียดสูง ถูกต้อง และเป็นปัจจุบัน ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสำรวจพื้นที่ ลดระยะเวลาและต้นทุนการดำเนินงาน และเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาการเกษตรอัจฉริยะและการบริหารจัดการพื้นที่อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับ, แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี, โฟโตแกรมเมตรี, ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น, NDVI, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.1.2 Abstract

This study aimed to produce high-resolution orthophoto maps, multispectral imagery, and a Digital Surface Model (DSM) utilizing an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for the Royal Initiative Demonstration Farm under the patronage of Her Majesty Queen Sirikit The Queen Mother in Ang Thong Province, Thailand. The primary objective is to establish a foundational geospatial dataset to support land-use planning, spatial management, and applications in agriculture and geoinformatics. The study area covered approximately 1,005 rai, including agricultural land, water resources, and buildings within the demonstration farm.

The methodology involved boundary data collection, flight planning, and the establishment of Ground Control Points (GCPs) and Check Points (CPs) using Global Navigation Satellite System (GNSS) surveying. Aerial imagery was captured using a DJI Mavic 3 Multispectral UAV. The collected data were then processed using photogrammetric techniques to generate the orthophoto map, DSM, and multispectral dataset. Spatial accuracy was rigorously verified in accordance with the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) standards.

The results demonstrated that the UAV-derived orthomosaic successfully and comprehensively mapped the demonstration farm. The orthophoto had a RMSE of 2.8 cm and a scale of 1:172, while the multispectral image had an RMSE of 22 cm and a scale of 1:1,440. Furthermore, the generated DSM and multispectral imagery enabled the effective calculation of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess plant health and growth dynamics. The geometric accuracy satisfied the ASPRS criteria, confirming that the output data are highly suitable for land use planning, land cover monitoring, resource management, research, as well as promoting public relations and agro-tourism within the demonstration farm.

This study indicates that integrating UAV technology with photogrammetric workflows can efficiently produce high-resolution, accurate, and up-to-date geoinformatics data. This approach enhances surveying efficiency, significantly reduces operational time and costs, and serves as a crucial baseline dataset for smart agriculture development and sustainable spatial management.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Orthophoto, Photogrammetry, Multispectral Imagery, NDVI, Geographic Information System (GIS)

4.2 บทนำ

4.2.1 หลักการเหตุผล

ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง จัดตั้งขึ้นจากเหตุการณ์อุทกภัยครั้งใหญ่ ปี 2549 ซึ่งพื้นที่จังหวัดอ่างทอง ได้รับความเสียหายอย่างหนัก พื้นที่ทำการเกษตรถูกน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน ส่งผลให้ราษฎรขาดรายได้ ไม่มีที่ทำกิน และขาดแคลนอาหาร เมื่อความทราบถึง สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง พระองค์จึงมีพระราชดำริให้จัดตั้ง ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ณ บ้านยางกลาง ขึ้น โดยจังหวัดอ่างทองได้จัดหาพื้นที่ว่างเปล่าเพื่อจัดทำฟาร์มตัวอย่างแห่งที่ 2 ของจังหวัด โดยใช้ที่ราชพัสดุ หมู่ที่ 3 ตำบลสีบัวทอง อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ มีระบบส่งน้ำชลประทานที่สมบูรณ์ ไม่ประสบปัญหาน้ำท่วมขัง รวมพื้นที่ทั้งหมด 1,005 ไร่ 2 งาน 68 ตารางวา ในระยะแรกใช้พื้นที่ดำเนินโครงการแล้วประมาณ 587 ไร่ ซึ่งนับเป็นฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ลำดับที่ 46 ของประเทศ

กรมพัฒนาที่ดิน โดย สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในหลายกิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมสาธิตและทำการใช้ปุ๋ยหมักจากสารเร่งซุปเปอร์ พด.1 จำนวน 30 ไร่ และกิจกรรม จัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศ แผนที่ บอร์ดองค์ความรู้ และสื่อประชาสัมพันธ์ ในส่วนของการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศนั้น ได้มีการปรับปรุงฐานข้อมูลสารสนเทศ สำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินตามศักยภาพของพื้นที่โดยสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทองได้ประสานขอความอนุเคราะห์หน่วยงานภายในกรมพัฒนาที่ดิน ในการสนับสนุนข้อมูลและเจ้าหน้าที่ในการจัดทำระบบฐานข้อมูลสารสนเทศพื้นฐาน ดังนี้

- (1) ข้อมูล/แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) โดย สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่
- (2) ข้อมูล/แผนที่ทรัพยากรดิน โดย กองสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน และ/หรือ กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
- (3) ข้อมูล/แผนที่การใช้ที่ดิน โดย กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน และ/หรือ กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1
- (4) บอร์ดนิทรรศการองค์ความรู้ โดย กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน และสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง
- (5) สื่อประชาสัมพันธ์ ในรูปแบบคลิปวิดีโอสั้น โดยกลุ่มเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการกรม

กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ (วพ.) สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ เป็นหน่วยงานหลัก ในการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีความละเอียดสูง ด้วยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งในปัจจุบัน กลุ่ม วพ. ได้รับการจัดสรรอากาศยานไร้คนขับที่มีประสิทธิภาพสูง ประกอบด้วยกล้องถ่ายภาพความละเอียดสูง และกล้องถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น สามารถประมวลผลเพื่อจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีและแผนที่ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) เพื่อช่วยวิเคราะห์ การเจริญเติบโตและความอุดมสมบูรณ์ของพืชที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่ง และเป็นปัจจุบัน ช่วยให้สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง สามารถนำแผนที่ ดังกล่าว ไปใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินตามศักยภาพของพื้นที่ ได้อย่างถูกต้อง และมีความทันสมัย

4.2.2 วัตถุประสงค์

(1) เพื่อจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโธซี (Orthophoto) ที่มีความละเอียดสูง ถูกต้อง และเป็นปัจจุบัน

(2) เพื่อจัดทำภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (Multispectral Photo) ที่สามารถคำนวณ ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) เพื่อช่วยวิเคราะห์การเจริญเติบโตและความอุดมสมบูรณ์ของพืชได้

4.2.3 ขอบเขตการศึกษา (การดำเนินการ)

(1) ศึกษา กระบวนการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโธซีและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น จากอากาศยานไร้คนขับ ได้แก่การวางแผนการบิน การรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน การบินถ่ายภาพ การประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วยหลักโฟโตแกรมเมตรี การสร้างแบบจำลองพื้นผิว (DSM) การสร้างภาพถ่ายออร์โธรีโธซี และภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น เพื่อสนับสนุนการวิเคราะห์และการวางแผน การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

(2) ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโธซี แบบจำลองพื้นผิว และ ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น จากอากาศยานไร้คนขับ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Accuracy Standards (ASPRS)

4.2.4 เป้าหมายของงาน

เพื่อเป็นแผนที่ฐานให้สถานีวิจัยพัฒนาที่ดินอ่างทอง ได้ใช้สำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินตามศักยภาพของพื้นที่

4.3 การตรวจเอกสาร

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo Informatics) เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนพื้นผิวโลก (Geospatial Data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Informatic System: GIS) ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล ประกอบไปด้วย การรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล เพื่อให้ได้สารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผน และการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3.1 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Informatic System: GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศที่นำเอาข้อมูลมารวบรวม จัดเก็บ และวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ สามารถทำการสืบค้นข้อมูลและปรับปรุงข้อมูล รวมไปถึงการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้ ข้อมูลที่นำมารวบรวมและจัดเก็บในระบบที่สามารถนำไปจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ยังมีการเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute data) ที่ใช้อธิบายรายละเอียดของปรากฏการณ์และคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นๆ ซึ่งจะทำให้การนำข้อมูลไปใช้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น มีองค์ประกอบทั้งสิ้น 5 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) ฮาร์ดแวร์ (Hardware) คือ อุปกรณ์ หรือชิ้นส่วนของคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล จัดเก็บ และแสดงผลข้อมูล ที่สามารถสัมผัสได้ ทั้งนี้ อาจรวมไปถึง อุปกรณ์ อื่นๆ อีกด้วย เช่น อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

(2) ซอฟต์แวร์ (Software) คือ ชุดคำสั่ง โปรแกรม หรือข้อมูลที่ใช้สั่งการที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า โดยเป็นตัวกลางที่เชื่อมระหว่าง ผู้ใช้ (User) กับเครื่องคอมพิวเตอร์

(3) ข้อมูล (Data) คือ ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(4) กระบวนการ (Method) คือ วิธีการต่างๆ ที่นำไปใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

(5) บุคลากร (People) คือ ผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งบุคลากรเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.3.1.1 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ การนำเข้าข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลข้อมูล ซึ่งจะกล่าวโดยสรุปดังนี้ คือ

1) การนำเข้าข้อมูล (Data Input)

การนำเข้าข้อมูล เป็นองค์ประกอบที่มีหน้าที่ในการแปลงข้อมูลที่มีอยู่แล้วให้อยู่ในรูปที่สามารถใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ข้อมูลภูมิศาสตร์ที่มีอยู่แล้วอาจอยู่ในรูปแบบที่ตาราง รูปถ่ายทางอากาศ ภาพดาวเทียม เป็นต้น กระบวนการนำเข้าข้อมูลภูมิศาสตร์บางชนิดสามารถกระทำได้โดยตรง เช่น ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงเลข

2) การจัดการข้อมูล (Data Management)

การจัดการข้อมูล เป็นองค์ประกอบที่มีหน้าที่ในการจัดเก็บและแก้ไขข้อมูลจากฐานข้อมูล มีวิธีการหลากหลายที่ใช้ในการจัดการข้อมูลในอยู่ในรูปแบบข้อมูลที่มีคอมพิวเตอร์สามารถอ่านได้ มีการจัดการโครงสร้างข้อมูล และการเชื่อมโยงแฟ้มข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

3) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกระบวนการที่ปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลสารสนเทศซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลนั้น จะต้องวิเคราะห์ทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ นอกจากนี้เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า ไม่มีซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ใด ที่มีฟังก์ชันในการวิเคราะห์ครบถ้วน ผู้ใช้จำเป็นต้องโอนย้ายข้อมูลไปสู่โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์อีกโปรแกรมหนึ่งที่มีฟังก์ชันที่ต้องการ ดังนั้นในองค์ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล จึงควรมีฟังก์ชันที่อำนวยความสะดวกในการโอนย้ายข้อมูลไปสู่ระบบอื่น (Export) หรือนำเข้าข้อมูลจากซอฟต์แวร์อื่นมาสู่ระบบ (Import)

4) การแสดงผล (Data Display)

การแสดงผล เป็นองค์ประกอบที่มีหน้าที่ในการนำเสนอผลต่อผู้ใช้ในรูปแบบของแผนที่ตาราง คำบรรยาย โดยให้ปรากฏทั้งบนสำเนาถาวร (Hard Copy) และภาพบนจอคอมพิวเตอร์ และหรือแฟ้มข้อมูลในรูปแบบสำเนาชั่วคราว (Soft Copy)

4.3.2 การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)

Remote Sensing เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้น ที่ หรือ ปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูล (Sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้ อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) เป็นสื่อ การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล หรือ Remote Sensing (RS) ประกอบด้วย 2 กระบวนการหลักที่ทำงานสัมพันธ์กัน ดังนี้

(1) การได้มาซึ่งข้อมูล (Data Acquisition)

โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณะพื้นผิวโลก และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ และดาวเทียม ถูกบันทึก และผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ หรือ รูปแบบเชิงเลข เป็นขั้นตอนการบันทึกข้อมูลพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่รังสีออกจากวัตถุเป้าหมาย โดยมีองค์ประกอบย่อยดังนี้

(2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

เป็นขั้นตอนการนำข้อมูลที่บันทึกได้มาผ่านกระบวนการเพื่อให้ได้ข้อมูลสารสนเทศที่นำไปใช้งานได้จริง ประกอบด้วย การแปลข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข (Digital analysis)



รูปที่ 1 แสดงหลักการรับรู้ระยะไกล

ที่มา: http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14%283%29.pdf

4.3.2.1 แหล่งพลังงานและหลักการแผ่รังสี (Energy source and radiation principle)

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานในรูปแบบแม่เหล็กไฟฟ้าทางธรรมชาติที่สำคัญและเป็นแหล่งพลังงานหลักของการรับรู้ระยะไกล ซึ่งจะแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic theory) แยกออกเป็นทฤษฎีคลื่น (Wave theory) และทฤษฎีอนุภาค (Particle theory) ในทางการรับรู้จากระยะไกลจะใช้ทฤษฎีคลื่นเป็นหลักที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิก (Harmonic motion) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่งมีความเร็วเท่าความเร็วแสง (C) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น (λ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลา เรียกว่า ความถี่คลื่น (f) ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับความเร็วคลื่นคือ

$$(\lambda=c/f)$$

(สมการที่ 1)

λ = ความยาวคลื่น

c = ความเร็วของคลื่นมีค่าคงที่ 3×10^8 เมตร/วินาที

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งตามความยาวคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) คุณสมบัติของช่วงคลื่นประกอบด้วยช่วงคลื่นที่สำคัญในโครงการนี้ตามลำดับความยาว ได้แก่ ช่วงคลื่นตามองเห็น อินฟราเรด ไมโครเวฟ

4.3.2.2 ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานในชั้นบรรยากาศ (Energy interaction in the atmosphere)

คลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศ แล้วสะท้อนกลับสู่บรรยากาศก่อนที่จะถูกตรวจหาโดยเครื่องรับรู้ บรรยากาศของโลกทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่นพลังงานในด้านทิศทาง ความเข้ม ตลอดจนความยาวและความถี่ของช่วงคลื่นเพราะชั้นบรรยากาศประกอบด้วย ฝุ่นละออง ไอน้ำ และก๊าซต่างๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยากับพลังงาน 3 กระบวนการ คือ การกระจัดกระจาย (Scattering) การดูดกลืน (Absorption) และการหักเห (Refraction) ทำให้ปริมาณพลังงานตกกระทบผิวโลกน้อยลง

1) การกระจัดกระจาย (Scattering) เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็กๆ ในบรรยากาศมีทิศทางการกระจายไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาค และความยาวคลื่น

2) การดูดกลืน (Absorption) ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน การดูดกลืนพลังงานเกิดขึ้นที่ความยาวของคลื่นบางช่วงในบรรยากาศ

3) การหักเห (Refraction) เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านบรรยากาศที่มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน ซึ่งปริมาณการหักเหกำหนดโดยค่าดัชนีของการหักเหที่เป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสุญญากาศกับความเร็วของแสงในชั้นบรรยากาศ ทำให้ทิศทางของแสงเปลี่ยนไปแต่สามารถปรับแก้ไขได้โดยกระบวนการปรับแก้ภาพภายหลัง

4.3.2.3 การใช้การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของพืช

1) ช่วงแสงสีน้ำเงินมีความยาวคลื่นประมาณ 450–495 นาโนเมตร เป็นช่วงที่คลอโรฟิลล์สามารถดูดกลืนพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากพลังงานในช่วงดังกล่าวถูกนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้นใบพืชที่มีสุขภาพสมบูรณ์จึงมีค่าการสะท้อนในช่วงแสงสีน้ำเงินต่ำ หากพืชเริ่มเกิดความเครียด เช่น การขาดไนโตรเจน การขาดน้ำ หรือการถูกทำลายจากโรคและแมลง ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบจะลดลง ส่งผลให้การดูดกลืนแสงสีน้ำเงินลดลง และค่าการสะท้อนในช่วงนี้เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นข้อมูลในช่วงแสงสีน้ำเงิน จึงสามารถใช้ร่วมกับช่วงคลื่นอื่นในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของเมตาสีพืชได้

2) ช่วงแสงสีเขียว มีความยาวคลื่นประมาณ 495–570 นาโนเมตร เป็นช่วงที่คลอโรฟิลล์ดูดกลืนพลังงานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับช่วงแสงสีน้ำเงิน และช่วงแสงสีแดง จึงทำให้พลังงานส่วนใหญ่สะท้อนกลับออกจากผิวใบ ส่งผลให้ดวงตามนุษย์รับรู้ใบพืชเป็นสีเขียว การเปลี่ยนแปลงของค่าการสะท้อนในช่วงแสงสีเขียว มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์และความสมบูรณ์ของใบ หากพืชเริ่มเสื่อมสภาพหรือขาดธาตุอาหาร สีของใบจะเปลี่ยนจากเขียวเข้มเป็นเขียวอ่อนหรือเหลือง ทำให้ค่าการสะท้อน

ในช่วงแสงสีเขียวเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ด้วยเหตุนี้ ช่วงแสงสีเขียวจึงถูกนำมาใช้ในการพัฒนาดัชนีพืชพรรณบางชนิด เช่น Green NDVI (GNDVI) ซึ่งมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่าดัชนี NDVI ในบางกรณี

3) ช่วงแสงสีแดง มีความยาวคลื่นประมาณ 620–700 นาโนเมตร เป็นช่วงที่คลอโรฟิลล์เอและคลอโรฟิลล์บีดูดกลืนพลังงานได้สูงที่สุด เนื่องจากพลังงานในช่วงดังกล่าวถูกใช้โดยตรงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลให้พืชที่มีสุขภาพดีมีค่าการสะท้อนช่วงแสงสีแดงต่ำมาก เมื่อพืชเกิดความเครียดจากการขาดน้ำ การขาดธาตุอาหาร โรคพืช หรือความเสื่อมสภาพของใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์จะลดลง ทำให้การดูดกลืนพลังงานลดลงและค่าการสะท้อนในช่วงแสงสีแดงเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นพื้นฐานสำคัญของการคำนวณดัชนี NDVI ซึ่งอาศัยความแตกต่างระหว่างการสะท้อนในช่วงแสงสีแดง และช่วงอินฟราเรดใกล้ ในการประเมินความสมบูรณ์ของพืช

4) ช่วง Red Edge มีความยาวคลื่นประมาณ 700–740 นาโนเมตร และถือเป็นช่วงเปลี่ยนผ่านระหว่างการดูดกลืนอย่างรุนแรงของคลอโรฟิลล์ช่วงแสงสีแดงกับการสะท้อนสูงในช่วงอินฟราเรดใกล้ โดยลักษณะของเส้นโค้งการสะท้อนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วภายในช่วงความยาวคลื่นดังกล่าว ตำแหน่งของ Red Edge มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณคลอโรฟิลล์ โครงสร้างใบ และสภาวะทางสรีรวิทยาของพืชมากกว่าช่วงแสงสีแดงจึงสามารถตรวจพบความเครียดของพืชได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ก่อนที่อาการผิดปกติจะปรากฏให้เห็นด้วยสายตา ด้วยเหตุนี้ เซนเซอร์หลายช่วงคลื่นรุ่นใหม่ เช่น DJI Mavic 3 Multispectral จึงเพิ่มแถบ Red Edge เข้ามาโดยเฉพาะ เพื่อรองรับการสร้างดัชนีพืชพรรณขั้นสูง เช่น NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) ซึ่งเหมาะสำหรับการประเมินสุขภาพของพืชในระยะเจริญเติบโตที่มีความหนาแน่นของเรือนยอดสูง

5) ช่วงอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared :NIR) มีความยาวคลื่นประมาณ 760–900 นาโนเมตร เป็นช่วงที่มีบทบาทสำคัญที่สุดในการวิเคราะห์สุขภาพของพืช เนื่องจากพลังงานในช่วงนี้แทบไม่ถูกดูดกลืนโดยเม็ดสีคลอโรฟิลล์ แต่เกิดการสะท้อนและการกระเจิงภายในโครงสร้างเมโซฟิลล์ของใบอย่างเข้มข้น ส่งผลให้พืชที่มีสุขภาพสมบูรณ์มีค่าการสะท้อนในช่วง NIR สูงมาก เมื่อโครงสร้างภายในใบได้รับความเสียหายจากการขาดน้ำ ความเครียดจากสิ่งแวดล้อม โรคพืช หรือแมลง ช่องว่างอากาศภายในเนื้อเยื่อจะลดลง ทำให้ประสิทธิภาพในการกระเจิงของคลื่นลดลงและค่าการสะท้อนในช่วงอินฟราเรดใกล้ลดลงตามไปด้วย ความแตกต่างของค่าการสะท้อนระหว่างช่วงแสงสีแดง และ ช่วงอินฟราเรดใกล้ จึงเป็นหลักการพื้นฐานของดัชนีพืชพรรณส่วนใหญ่ โดยเฉพาะดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ ซึ่งใช้ในการประเมินความสมบูรณ์ ความหนาแน่นของพืช และประสิทธิภาพการสังเคราะห์ด้วยแสง

6) ในช่วงคลื่นสายตามองเห็น คลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดกลืนพลังงานสีน้ำเงิน (400-500 นาโนเมตร) และสีแดง (600-700 นาโนเมตร) และสะท้อนพลังงานสีเขียว (500-600 นาโนเมตร) ดังนั้นดวงตามนุษย์จึงมองเห็นใบพืชเป็นสีเขียว ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น แห้ง หรือเหี่ยว ทำให้คลอโรฟิลล์ลดลงก็จะทำให้การสะท้อนที่คลื่นสีแดงสูงขึ้นในช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน (700-1,300 นาโนเมตร) การสะท้อนพลังงานของใบพืชสูงมาก ในทำนองเดียวกันการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดสะท้อนพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบ จะมีความแตกต่างไปจากการสะท้อนที่มีความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์กว่า การคำนวณค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณเพื่อช่วยวิเคราะห์การเจริญเติบโตและความอุดมสมบูรณ์ของพืชได้ โดยการหาดัชนีพืชพรรณที่นิยมใช้ คือ ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) เป็นดัชนีเชิงสเปกตรัมที่ได้รับการพัฒนาเพื่อใช้ประเมินความสมบูรณ์ของพืชจากข้อมูลการสะท้อนพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นสีแดง และช่วงอินฟราเรดใกล้ โดยอาศัยหลักการที่ว่าพืชที่มีสุขภาพดีจะดูดกลืนพลังงานในช่วงสีแดง

เพื่อใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และสะท้อนพลังงานในช่วงอินฟราเรดใกล้ในระดับสูงเนื่องจากโครงสร้างภายในของใบพืช ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ เป็นดัชนีที่ใช้เพื่อวัดความเขียวของพืช มีสูตรดังนี้

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดย NIR = การสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด

RED = การสะท้อนในช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง

โดยช่วงค่าที่ได้จะอยู่ที่ -1 ถึง 1 ซึ่งมีความหมายดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงการแปลผลค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ

ค่า NDVI ที่ได้จากการคำนวณ	การแปลผล
ค่าใกล้เคียง 1	พืชพรรณมีการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ และมีความหนาแน่นสูง และมีความเขียวสูง
ค่าใกล้ 0	มักเป็นพื้นที่โล่ง หรือพื้นที่ดินแห้งแล้ง หรือสิ่งปลูกสร้าง
ค่าใกล้เคียง -1	มักหมายถึงแหล่งน้ำ หรือพื้นที่ที่ไม่มีพืชพรรณเลย

4.3.3 การรังวัดด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS)

มีหลักการทำงานโดยอาศัยคลื่นวิทยุ และรหัสที่ส่งมาจาก NAVSTAR จำนวน 24 ดวง ที่โคจรรอบโลกวันละ 2 รอบ และมีตำแหน่งอยู่เหนือพื้นโลกที่ความสูง 20,200 กิโลเมตร สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมงที่ทุกๆ จุดบนผิวโลก ใช้นำร่องจากที่หนึ่งไปที่อื่นตามต้องการ ใช้ติดตามการเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่างๆ การทำแผนที่การทำงานรังวัด (Surveying) ตลอดจนใช้อ้างอิงการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

4.3.3.1 การรังวัดด้วยดาวเทียม ในงานทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ

การรังวัดด้วยดาวเทียม คือกระบวนการหาค่าพิกัดบนพื้นโลกโดยใช้สัญญาณจากกลุ่มดาวเทียมที่โคจรรอบโลก โดยในโครงการนี้ จะใช้การรังวัด 2 วิธี ได้แก่

1) การรังวัดแบบสถิต (Static Surveying)

เป็นวิธีที่มีความละเอียดถูกต้องสูงที่สุด และเป็นวิธีที่ทำให้ได้ค่าพิกัดที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยมีวิธีการทำงานคือ ใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง ตั้งบนขาตั้งกล้องเหนือหมุดที่มั่นคง โดยเครื่องหนึ่งตั้งบนหมุดที่ทราบค่าพิกัด (สถานีฐาน: Base Station) และอีกเครื่องบนหมุดใหม่ (สถานีผู้ใช้: Rover Station) แล้วทำการรับที่สถานีฐานและสถานีผู้ใช้จะต้องรับข้อมูลจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและช่วงเวลา เดียวกัน (อย่างน้อย 4 ดวง) ประมาณ 1-4 ชั่วโมง หรือมากกว่านั้นขึ้นอยู่กับความยาวนาน โดยต้องการ การประมวลผลนั้น ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาคำนวณด้วยซอฟต์แวร์ประมวลผลภายหลัง (Post-Processing) เพื่อแก้สมการหาเวกเตอร์ฐาน (Baseline) ค่าความถูกต้องของข้อมูล

อยู่ในระดับ มิลลิเมตรจนถึงเซนติเมตร เหมาะกับการใช้งานสำหรับงานโครงข่ายหมุดหลักฐานระดับประเทศ หรืองานที่ต้องการความแม่นยำระดับมิลลิเมตร

2) การรังวัดแบบจลนในทันที (Real-Time Kinematic :RTK)

เป็นวิธีที่นิยมที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถทราบค่าพิกัดที่มีความละเอียดสูงได้ทันทีในภาคสนาม โดยหลักการทำงานมีความคล้ายคลึงกับวิธีการแบบจลน์ คือ ใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง ตั้งบนขาตั้งกล้องเหนือหมุดที่มั่นคง โดยเครื่องหนึ่งตั้งบนหมุดที่ทราบค่าพิกัดสถานีฐาน (Base Station) และอีกเครื่องบนหมุดใหม่ สถานีผู้ใช้ (Rover Station) แต่กรณีของวิธีการหาค่าพิกัดแบบจลนในทันทีนั้นเครื่องรับสัญญาณจะต้องมีการสื่อสารระหว่างเครื่องรับทั้งสองเครื่องผ่านทางคลื่นวิทยุหรือสัญญาณอินเทอร์เน็ต ทำให้สถานีรับจลน์ (Rover station) สามารถทราบค่าพิกัดตำแหน่งที่ถูกต้องหน้างานได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการประมวลผลในภายหลัง ค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ระดับเมตร เหมาะกับใช้งานที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก เช่น งานวางผังโครงการ, งานก่อสร้าง, งานรังวัดรายละเอียดทางกายภาพ และงานโดรนสำรวจที่มีระบบ RTK ในตัว

4.3.4 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

อากาศยานไร้คนขับ หรือ ยูเอวี (Unmanned Aerial Vehicle) คือ อากาศยานที่สามารถปฏิบัติการบินได้โดยไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่อง แต่ควบคุมผ่านระบบอัตโนมัติหรือการควบคุมระยะไกลจากภาคพื้นดิน อากาศยานไร้คนขับมีรูปร่าง ขนาด รูปแบบ และเอกลักษณ์ที่ต่างกันไป อากาศยานไร้คนขับ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ใหญ่ๆ ได้แก่

4.3.4.1 แบบปีกหมุน (Multi-rotor) คือ อากาศยานไร้คนขับที่บินขึ้นและลงแนวดิ่ง และสามารถหยุดลอยนิ่งกลางอากาศได้ พบเห็นได้บ่อยที่สุด ใช้ใบพัด ในการสร้างแรงยก จุดเด่นของอากาศยานไร้คนขับประเภทนี้คือความคล่องตัวสูง ใช้งานได้ง่าย เหมาะสำหรับการสำรวจพื้นที่ขนาดเล็กแต่มีอากาศยานไร้คนขับมีข้อจำกัดคือ ความจุของแบตเตอรี่มีขนาดเล็ก หมดยเร็ว ทำให้ระยะเวลาบินต่อครั้งค่อนข้างสั้น



รูปที่ 2 แสดงอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุน

ที่มา: [https://www.rccorner.ae/dji-matrice-](https://www.rccorner.ae/dji-matrice-400?srltid=AfmBOopZFLHc5iZJZ6viNehVJj9qq51EQOePV6YIt8lIKGxdaVBDlwv9)

400?srltid=AfmBOopZFLHc5iZJZ6viNehVJj9qq51EQOePV6YIt8lIKGxdaVBDlwv9

4.3.4.2 แบบปีกตรึง (Fixed-wing) คือ อากาศยานไร้คนขับที่มีรูปร่างคล้ายเครื่องบิน ต้องมีพื้นที่หรือรันเวย์เพื่อให้อากาศยานไร้คนขับขึ้นและลง ใช้ปีกในการสร้างแรงยกแทนใบพัดหลายชุด ทำให้สามารถบินได้ระยะไกล แต่ไม่สามารถหยุดลอยนิ่งกลางอากาศได้ ข้อดีคือ สามารถบินถ่ายภาพได้นาน และเร็วกว่าแบบปีกหมุน จึงเหมาะสำหรับการสำรวจที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ หรือเป็นพื้นที่ที่สำรวจระยะไกล



รูปที่ 3 แสดงอากาศยานไร้คนขับแบบปีกตรึง

ที่มา: <https://www.dronepilotgroundschool.com/fixed-wing-drones/>

4.3.4.3 แบบผสม (Hybrid) คือ อากาศยานไร้คนขับที่รวบรวมข้อดีของทั้งแบบปีกหมุน และแบบปีกตรึง ไว้ด้วยกัน สามารถขึ้นและลงจอดในแนวดิ่งได้โดยไม่ต้องใช้รันเวย์ แล้วเปลี่ยนโหมดการบินเพื่อร่อนในแนวราบเหมือนอากาศยานแบบปีกตรึงเมื่อต้องการบินระยะไกล อากาศยานไร้คนขับประเภทนี้ตอบโจทย์งานที่ต้องการทั้งความคล่องตัวในการขึ้นและลง พิสัยการบินกว้าง แต่มีข้อเสียคือ มีราคาที่สูง และมีความซับซ้อนในการดูแลมากกว่าอากาศไร้คนขับประเภทอื่น



รูปที่ 4 แสดงอากาศยานไร้คนขับแบบผสม

ที่มา: <https://www.builk.com/th/session-3-drone-for-smart-engineering/>

4.3.4.1 โดยองค์ประกอบหลักๆ ของ อากาศยานไร้คนขับ สามารถแบ่งได้ ดังนี้

1) โครงสร้าง (Structure) คือ โครงสร้างหลักที่ยึดส่วนประกอบทั้งหมดไว้ด้วยกัน มักทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบาแต่แข็งแรงสูง เช่น คาร์บอนไฟเบอร์ หรือพลาสติกพิเศษ

2) ระบบขับเคลื่อน (Propulsion System) ได้แก่

2.1) มอเตอร์และใบพัด (Motors & Propellers) มอเตอร์ทั้งหมดจะรับข้อมูลจากผู้ควบคุมการบินและตัวควบคุมความเร็วอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในการควบคุมมอเตอร์โดรนเพื่อให้ทั้งบินอยู่กับที่และบินเคลื่อนที่ไป และ ใบพัดจะสร้างแรงยก (Lift) และแรงขับ (Thrust) เพื่อให้โดรนบินได้

2.2) อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Electronic Speed Controllers : ESCs) โดยรับสัญญาณจากผู้ควบคุมการบิน เพื่อปรับเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไปสู่มอเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนในความเร็ว ตามคำสั่งของผู้ควบคุมการบิน

2.3) แบตเตอรี่ (Battery) ส่วนใหญ่นิยมใช้แบตเตอรี่ Lithium Polymer (LiPo) และแบตเตอรี่ Lithium-ion (Li-on) เนื่องจากมีน้ำหนักเบา และสามารถเก็บพลังงานได้สูง

3) ระบบควบคุม (Flight Control)

3.1) ชุดควบคุมการบิน (Flight Controller - FC): เปรียบเสมือนสมองของอากาศยานไร้คนขับทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลจากเซนเซอร์ต่างๆ เพื่อควบคุมเสถียรภาพและการเคลื่อนที่

3.2) เซนเซอร์ตรวจจับ (Sensors)

(1) GPS/GNSS สำหรับระบุตำแหน่งและบินอัตโนมัติ

(2) Gyroscope & Accelerometer เซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวและรักษาสถิต (IMU)

(3) Compass คือ เซนเซอร์ทิศทาง

(4) เซนเซอร์ตรวจจับสิ่งกีดขวาง (Obstacle Avoidance Sensors) คือกล้องหรือเรดาร์เพื่อหลบหลีกวัตถุ

(5) ระบบรับ-ส่งสัญญาณ (Signal Receiver-Transmitter) รับคำสั่งจากรีโมทควบคุมบนพื้นดิน และส่งข้อมูลสถานะกลับมา

4) ระบบสื่อสารและอุปกรณ์เสริม (Communication and Payloads)

4.1) อุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ (Signal Receiver/Transmitter) คือ ส่วนเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอากาศยานไร้คนขับกับสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Station : GCS)

4.2) อุปกรณ์ FPV (First Person View) และกล้อง คือ อุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณภาพแบบเรียลไทม์มาที่จอภาพ ทำให้ผู้ที่บังคับอากาศยานไร้คนขับสามารถมองเห็นภาพจากมุมมองของอากาศยานไร้คนขับและถ่ายภาพหรือวิดีโอ

4.3) กิมบอล (Gimbal) คือ อุปกรณ์ช่วยยึดกล้องและรักษาสถิตของภาพให้คงที่

4.3.4.2 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในโครงการนี้

การบินถ่ายภาพในครั้งนี้ ได้ใช้อากาศยานไร้คนขับชนิดหลายใบพัด (Multirotor) ยี่ห้อ DJI รุ่น Mavic 3M Multispectral มีน้ำหนักตัวเครื่องประมาณ 951 กรัม (รวมใบพัดและโมดูล RTK) ติดตั้งกล้องถ่ายภาพ RGB ความละเอียด 20 MP และ กล้องถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ซึ่งเป็นกล้องที่รับการสะท้อนของช่วงคลื่น จำนวน 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ Green, Red, Red Edge, Near Infrared (NIR) ความละเอียด 5 MP ทนแรงลม 12 เมตรต่อวินาที บินได้นานสุด 43 นาที (ภายใต้เงื่อนไขไม่มีลม) สามารถทำการสำรวจและทำแผนที่พื้นที่ได้มากที่สุด ประมาณ 1,250 ไร่ ต่อการบินหนึ่งครั้ง (ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของการบิน) มีระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางรอบทิศทาง มีเซนเซอร์แสงอาทิตย์ (Sunlight Sensor) บนตัวเครื่องเพื่อช่วย calibrate ข้อมูลแสง ทำให้สามารถชดเชยแสง ระหว่างประมวลผลข้อมูลส่งผลให้ผลลัพธ์การหาตำแหน่งมีความแตกต่างพิพจน์มีความถูกต้องแม่นยำและสม่ำเสมอมากขึ้น แม้ถ่ายภาพในเวลาหรือสภาพอากาศที่แตกต่างกัน

4.3.4.3 เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

กับการทำแผนที่

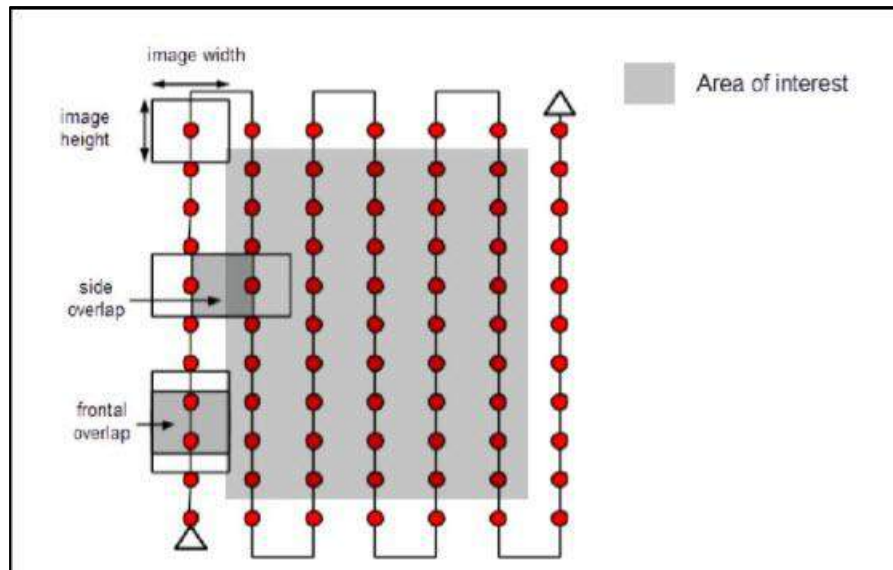
การทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) อาศัยหลักการโฟโตแกรมเมตรี (Photogrammetry) ซึ่งเป็นการสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่จากภาพถ่ายทางอากาศ โดยกระบวนการสำคัญคือการเชื่อมโยงภาพถ่ายจำนวนมากเข้าด้วยกัน เพื่อคำนวณตำแหน่ง รูปร่าง และความสูงของพื้นที่จริง ได้อย่างถูกต้อง จึงจำเป็นต้องอาศัย จุดอ้างอิง ต่างๆ เพื่อช่วยให้ได้ผลลัพธ์ ที่ถูกต้อง ซึ่งมีองค์ประกอบดังนี้ คือ

1) จุดควบคุมภาพถ่าย (Ground Control Points: GCPs) คือ จุดใดบนภาพถ่าย สามารถระบุจุดทางตำแหน่งได้อย่างชัดเจนทั้งในสนามและบนภาพถ่าย อาจจะเป็นจุดที่ประดิษฐ์ขึ้นแล้วนำมาวางหรือจุดที่มีความเด่นชัดตามภูมิประเทศก็ได้ แต่ในกรณีที่ต้องการผลการคำนวณปรับแก้ของโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศให้มีคุณภาพที่ดีขึ้นและความละเอียดถูกต้องและน่าเชื่อถือ ซึ่งจะส่งผลทำให้การผลิตแผนที่มีความละเอียดถูกต้องสูงขึ้นตามไปด้วย ในพื้นที่สำรวจจริงจำเป็นต้องมีจุดควบคุมภาพถ่ายที่ประดิษฐ์ขึ้น จุดควบคุมภาพถ่ายชนิดที่เป็นเป้าล่วงหน้า (Premarking Target) หรือเป้าชนิดส่งสัญญาณ (Signalized Target) ซึ่งจะต้องเตรียมการล่วงหน้าด้วยวัสดุที่มีความเด่นชัดในภูมิประเทศ บนภาพถ่ายจะต้องมีความคมชัดตัดกับสภาพแวดล้อม

2) จุดตรวจสอบ (Check Points : CPs) คือ จุดที่ได้จากการสำรวจรังวัดภาคสนามด้วยเครื่องมือรังวัดค่าพิกัดจากดาวเทียม โดยไม่นำมาใช้ร่วมคำนวณจุดบังคับภาพถ่าย แต่ใช้เป็นจุดตรวจสอบความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง หรือตำแหน่งใดๆ บนภาพออร์โธที่นำมาเทียบกับตำแหน่งเดียวกันบนภาพต้นฉบับ

3) จุดผ่าน (Pass Points) คือ จุดควบคุมภาพถ่ายชนิดหนึ่งที่มีการชี้ชัดตำแหน่งบนภาพถ่าย แต่ไม่จำเป็นต้องลงไปค้นหาและรังวัดค่าพิกัดในสนาม จุดผ่านจะต้องปรากฏบนภาพถ่ายอย่างน้อยสองรูปขึ้นไป โดยที่ตำแหน่งของจุดผ่านจะต้องปรากฏอยู่บนส่วนซ้อนด้านหน้าของภาพถ่ายทางอากาศ หรือกล่าวได้ว่าต้องอยู่ในส่วนซ้อนที่อยู่ในแนวนอน

4) จุดโยงยึด (Tie Points) คือ จุดควบคุมภาพถ่ายที่มีการชี้ชัดตำแหน่งบนภาพถ่าย แต่ไม่จำเป็นต้องลงไปค้นหาและรังวัดค่าพิกัดจริงในสนาม จุดโยงยึดจะต้องปรากฏบนภาพถ่ายอย่างน้อยสองรูปขึ้นไป โดยที่ตำแหน่งของจุดผ่านจะต้องปรากฏอยู่บนส่วนซ้อนด้านข้างระหว่างแนวนอน



รูปที่ 5 แสดงแนวบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Airborne-survey-flight-plan-In-contrast-to-airborne-surveys-that-acquire-images-in-a_fig4_339326242

การตรวจสอบความถูกต้องตามมาตรฐาน American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)

การตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนิยมอ้างอิงมาตรฐานของ American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) ซึ่งกำหนดแนวทางการตรวจสอบทั้งความถูกต้องเชิงราบ (Horizontal Accuracy) และความถูกต้องเชิงตั้ง (Vertical Accuracy) โดยใช้ตัวชี้วัดทางสถิติ เช่น Root Mean Square Error (RMSE), Accuracy95 และค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบคุณภาพของผลลัพธ์ได้อย่างเป็นมาตรฐานภาพถ่ายออร์โธสตีการตรวจสอบความถูกต้องตามมาตรฐาน American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) ถือเป็นขั้นตอนสำคัญในการประกันคุณภาพข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งกำหนดหลักการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลภูมิสารสนเทศดิจิทัล โดยอาศัยการเปรียบเทียบตำแหน่งของจุดบนภาพถ่ายออร์โธกับตำแหน่งจริงบนพื้นดินที่มีความแม่นยำสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ จุดเหล่านี้เรียกว่าจุดตรวจสอบ (Check Point) ซึ่งเป็นจุดตรวจสอบที่ไม่ได้ถูกใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองภาพหรือปรับแก้ตำแหน่งภาพ ตามมาตรฐาน ASPRS มีข้อเสนอแนะให้ใช้จำนวนจุดตรวจสอบ ที่เพียงพอและกระจายครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อให้การประเมินสะท้อนความถูกต้องของข้อมูลทั้งพื้นที่ ไม่ใช่เฉพาะบางตำแหน่ง

กระบวนการตรวจสอบเริ่มต้นจากการจัดเตรียมจุดตรวจสอบภาคพื้นดินที่กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ศึกษาอย่างเหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS ในการรังวัดพิกัดจุดดังกล่าวเพื่อให้ได้ค่าพิกัดอ้างอิงที่มีความคลาดเคลื่อนในระดับเซนติเมตร หลังจากได้ภาพถ่ายออร์โธและพิกัดจุดตรวจสอบแล้ว จะดำเนินการเปรียบเทียบค่าพิกัดของจุดเดียวกันจากสองแหล่งข้อมูล เมื่อคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของแต่ละจุดแล้ว จะนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคาลังสองเฉลี่ย หรือ Root Mean Square Error (RMSE) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดสำคัญที่ ASPRS ใช้ในการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งโดย

RMSE ทางราบ

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{data,i} - X_{check,i})^2}$$

(สมการที่ 3)

โดยที่

$RMSE_x$ = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรากที่สองของพิกัดแกน X (เมตร)

$X_{data,i}$ = ค่าพิกัดแกน X ของจุดตรวจสอบลำดับที่ i ที่ได้จากข้อมูลภาพออร์โธสรีหรือข้อมูลที่ประเมิน

$X_{check,i}$ = ค่าพิกัดแกน X อ้างอิงของจุดตรวจสอบลำดับที่ i ซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนาม

n = จำนวนจุดตรวจสอบ (Check Points)

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{data,i} - Y_{check,i})^2}$$

(สมการที่ 4)

โดยที่

$RMSE_y$ = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรากที่สองของพิกัดแกน y (เมตร)

$Y_{data,i}$ = ค่าพิกัดแกน Y ของจุดตรวจสอบลำดับที่ i ที่ได้จากข้อมูลภาพออร์โธสรีหรือข้อมูลที่ประเมิน

$Y_{check,i}$ = ค่าพิกัดแกน Y อ้างอิงของจุดตรวจสอบลำดับที่ i ซึ่งได้จากการสำรวจภาคสนาม

n = จำนวนจุดตรวจสอบ (Check Points)

RMSE รวม

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

(สมการที่ 5)

โดยที่

$RMSE_r$ = ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal RMSE) หน่วยเป็นเมตร

$RMSE_x^2$ = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรากที่สองในแกน X

$RMSE_y^2$ = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรากที่สองในแกน Y

ค่า $RMSE_r$ นี้เป็นตัวแทนของความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งโดยรวมของภาพถ่ายออร์โธรี โดยการคำนวณความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal Accuracy) สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$Accuracy_r = 1.7308 \times RMSE_r \quad (\text{สมการที่ 6})$$

เมื่อได้ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ (Horizontal Accuracy) แล้ว สามารถเทียบกับมาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน ASPRS เพื่อให้ทราบมาตราส่วนแผนที่ได้

RMSE ทางตั้ง

$$RMSE_z = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{data,i} - Z_{check,i})^2}$$

(สมการที่ 7)

โดยที่

$RMSE_z$ = ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยรากที่สองในแนวตั้ง (เมตร)

$Z_{data,i}$ = ค่าระดับความสูงของจุดตรวจสอบลำดับที่ i ที่ได้จากข้อมูล เช่น DSM หรือ Point Cloud

$Z_{check,i}$ = ค่าระดับความสูงอ้างอิงของจุดตรวจสอบลำดับที่ i ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

n = จำนวนจุดตรวจสอบ (Check Points)

ค่า $RMSE_z$ เป็นตัวแทนของความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งทางดิ่งของภาพถ่ายออร์โธรีซี โดยการคำนวณความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง (Vertical Accuracy) สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$Accuracy_z = 1.960 \times RMSE_z \quad (\text{สมการที่ 8})$$

ตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RMSE กับมาตราส่วนตามมาตรฐาน ASPRS

แผนที่ มาตราส่วน	Planimetric Accuracy Limiting RMSE (m)
1:50	0.0125
1:100	0.025
1:200	0.050
1:500	0.125
1:1,000	0.25
1:2,000	0.50
1:4,000	1.00
1:5,000	1.25
1:10,000	2.50
1:20,000	5.00

จากงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ได้ศึกษาการจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่มหาวิทยาลัยด้วยอากาศยานไร้คนขับ โดยเปรียบเทียบผลการประมวลผลระหว่างกรณีที่มีและไม่มีจุดควบคุมภาคพื้นดิน ผลการศึกษาพบว่าการใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินส่งผลให้ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมีค่า Geolocation Error ในแกน X, Y และ Z สูงกว่ากรณีที่ใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน อย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลต่อความถูกต้องของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีซีและแบบจำลองสามมิติ ผลการศึกษาดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า แม้ปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ จะติดตั้งระบบ GNSS และ RTK แล้วก็ตาม แต่จุดควบคุมภาคพื้นดิน ยังคงมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบและควบคุมคุณภาพของข้อมูลเชิงพื้นที่

ซึ่งสอดคล้องกับ มณฑล สุริยาประสิทธิ์ ที่ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีซี (Orthophoto) และแบบจำลองพื้นผิว (Digital Surface Model: DSM) โดยใช้กระบวนการโฟโตแกรมเมตรีในการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ ผลการศึกษาพบว่าอากาศยานไร้คนขับสามารถสร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดสูงและมีความถูกต้องเพียงพอสำหรับงานสำรวจและจัดทำแผนที่ในระดับมาตราส่วนใหญ่ ทั้งยังช่วยลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายเมื่อเปรียบเทียบกับ การสำรวจภาคพื้นดินแบบดั้งเดิม ผู้วิจัยยังพบว่าการใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน มีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลออร์โธรีซีและแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความแตกต่างของระดับความสูงมาก

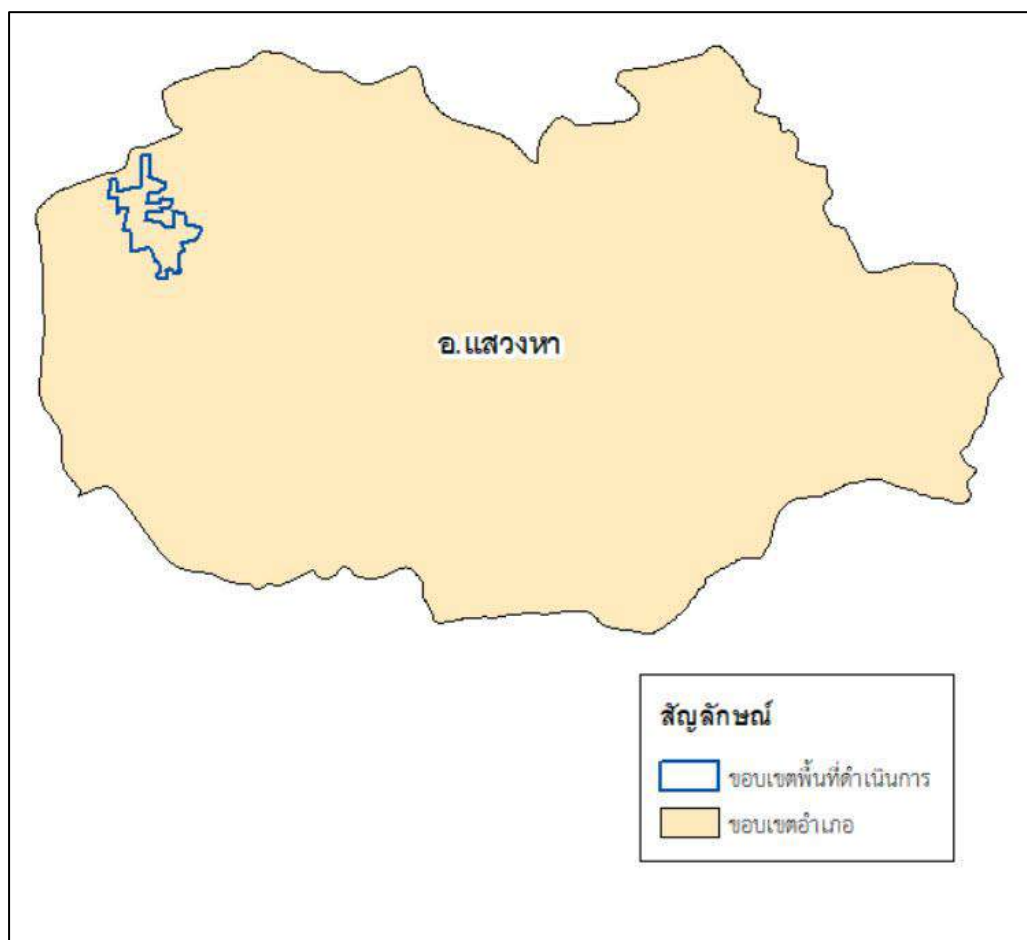
โพธิ์วุฒิ บุญเรือง, ชยันต์ ภักดีไทย และศิวา แก้วปลั่ง (2565) ได้ศึกษาการใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับร่วมกับข้อมูลความสูงของทรงพุ่มอ้อย เพื่อประมาณค่าผลผลิตอ้อยในพื้นที่เพาะปลูก ผลการศึกษาพบว่าค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่น RGB และข้อมูลความสูงจากแบบจำลองพื้นผิวสามารถนำมาใช้สร้างแบบจำลองการประมาณผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความสัมพันธ์เชิงสถิติในระดับสูงกับผลผลิตจริงในแปลงเกษตร งานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของอากาศยานไร้คนขับในการประยุกต์ใช้ด้านเกษตรแม่นยำสูง

จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับได้รับการนำมาใช้ในงานสำรวจและการเกษตรอย่างกว้างขวาง เนื่องจากสามารถเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความละเอียดสูงและต้นทุนต่ำกว่าวิธีการสำรวจแบบดั้งเดิม งานวิจัยส่วนใหญ่ยืนยันว่ากระบวนการโฟโตแกรมเมตรี สามารถสร้างแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี และแบบจำลองพื้นผิว และแบบจำลองสามมิติที่มีความถูกต้องสูงได้เมื่อใช้ร่วมกับจุดควบคุมภาคพื้นดินและระบบ GNSS แบบ RTK

4.4 ข้อมูลทั่วไป

4.4.1 ที่ตั้ง

ฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวงบ้านยางกลาง ตำบลสีบัวทอง อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง มีเนื้อที่ 1,005 ไร่ 2 งาน 68 ตารางวา พิกัด 630907E 1632221N ถึง 632759E 1634666N WGS84 แผนที่ 7018 ระวาง 5038IV



รูปที่ 6 แสดงขอบเขตที่ตั้งฟาร์มตัวอย่างฯ

4.4.2 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของจังหวัดอ่างทอง มีลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม ลักษณะคล้ายอ่าง ไม่มีภูเขา ดินเป็นดินเหนียวปนทราย พื้นที่ส่วนใหญ่เหมาะแก่การปลูกข้าว ทำไร่ ทำนาและทำสวน

4.4.3 สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศ โดยทั่วไปลักษณะอากาศของจังหวัดอ่างทองอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือปกคลุมในช่วงฤดูหนาว ทำให้จังหวัดอ่างทอง ประสบกับสภาวะหนาวเย็นและแห้งกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดปกคลุมในช่วงฤดูฝนทำให้มีฝนและอากาศชุ่มชื้น พิจารณาตามลักษณะลมฟ้าอากาศของประเทศไทย แบ่งฤดูกาลของจังหวัดอ่างทอง ออกเป็น 3 ฤดู ดังนี้

4.4.3.1 ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีน ที่มีคุณสมบัติเย็นและแห้งจะแผ่ลงมาปกคลุมประเทศไทยในช่วงนี้แต่เนื่องจากจังหวัดอ่างทองอยู่ในภาคกลาง อิทธิพลของบริเวณความกดอากาศสูงจากประเทศจีนที่แผ่ลงมาปกคลุมในช่วงฤดูหนาวจะช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีอากาศหนาวเย็นช้ากว่าสองภาคดังกล่าว โดยเริ่มมีอากาศหนาวประมาณกลางเดือนพฤศจิกายน เป็นต้นไป

4.4.3.2 ฤดูร้อน เริ่มเมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือสิ้นสุดลงคือประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้จะมีหย่อมความกดอากาศต่ำเนื่องจากความร้อนปกคลุมประเทศไทยตอนบน ทำให้มีอากาศร้อนอบอ้าวทั่วไป โดยมีอากาศร้อนจัดในเดือนเมษายน

4.4.3.3 ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย ร่องความกดอากาศต่ำที่พัดผ่านบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย จะเลื่อนขึ้นมา พาดผ่านบริเวณภาคกลางและภาคเหนือเป็นลำดับในระยะนี้ ทำให้มีฝนตกชุกขึ้นตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป เดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีฝนตกชุกมากที่สุดในรอบปีและ เป็นช่วงที่มีความชื้นสูง

4.4.4 อุณหภูมิ

จังหวัดอ่างทอง เป็นจังหวัดในภาคกลางและมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง จึงมีอากาศร้อนอบอ้าว ในฤดูร้อน ส่วนในฤดูหนาวไม่หนาวจัด อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 28 - 30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด เฉลี่ยประมาณ 22 - 26 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 32 - 34 องศาเซลเซียส เดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนจัดในรอบปี ส่วนฤดูหนาวอากาศจะหนาวที่สุดในเดือนธันวาคม

4.4.5 ฝน

ฝนที่ตกในจังหวัดอ่างทอง มีปริมาณฝนเฉลี่ยทั้งปีอยู่ในเกณฑ์น้อย ซึ่งเป็นฝนที่เกิดในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในช่วงฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่ และบางปีในช่วงฤดูฝนนี้อาจมีพายุดีเปรสชันผ่านเข้ามาในบริเวณ จังหวัดอ่างทอง หรือใกล้เคียงทำให้ฝนตกเพิ่มขึ้นอีกปริมาณฝนเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 700 - 1,300 มิลลิเมตร และมีจำนวนวันฝนตกเฉลี่ยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาประมาณ 102 วันต่อปี

4.4.6 ชุดดิน

ชุดดิน บริเวณพื้นที่ ฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวงบ้านยางกลาง ตำบลสีบัวทอง อำเภอสว่างหา จังหวัดอ่างทอง ได้แก่

4.4.6.1 ชุดดินนครปฐม (Nakhon Pathom Series: Np) (กลุ่มชุดดินที่ 7)

การกำเนิด เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนที่ราบตะกอนน้ำพาหรือตะกอนน้ำ สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 % การระบายน้ำ ค่อนข้างเลวถึงเลว การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้า สภาพซึมผ่านได้ของน้ำ ช้า พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำนา ปลูกถั่ว งา หรืออ้อย การแพร่กระจาย พบทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของที่ราบลุ่มภาคกลาง

ลักษณะและสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย(pH 5.0-6.5) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีน้ำตาลปนเหลืองในดินบนและดินล่าง ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 6.5-8.0) ดินล่างตอนล่าง และจะพบมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสปะปนอยู่ พบมวลก้อนกลมของปูนในดินล่างในระดับความลึก 80 ซม.จากผิวดินลงไป ปฏิกริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0)

4.4.6.2 ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen Series: Ks) (กลุ่มชุดดินที่ 33)

การกำเนิด เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่บนเนินตะกอนรูปพัด สันดินริมน้ำ สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงช้า สภาพซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นที่อยู่อาศัย หมู่บ้าน สวนไม้ผลหรือปลูก พืชไร่ เช่น อ้อย ข้าวโพด ถั่ว ถั่ว ถั่วฝักยาว และยาสูบ

ลักษณะและสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นด่างอ่อน (pH 8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม พบเกล็ดแร่ไมกาตลอดหน้าตัดของดินและมวลสารพวกปูนสะสมปะปนอยู่ในดินชั้นล่างปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0)

4.4.7 แหล่งน้ำ

จากสภาพของแหล่งน้ำของจังหวัดอ่างทอง เป็นพื้นที่ราบลุ่ม ลักษณะคล้ายอ่าง ไม่มีภูเขา ไม่มีป่าไม้ แต่มีแม่น้ำที่สำคัญไหลผ่าน 2 สาย ได้แก่

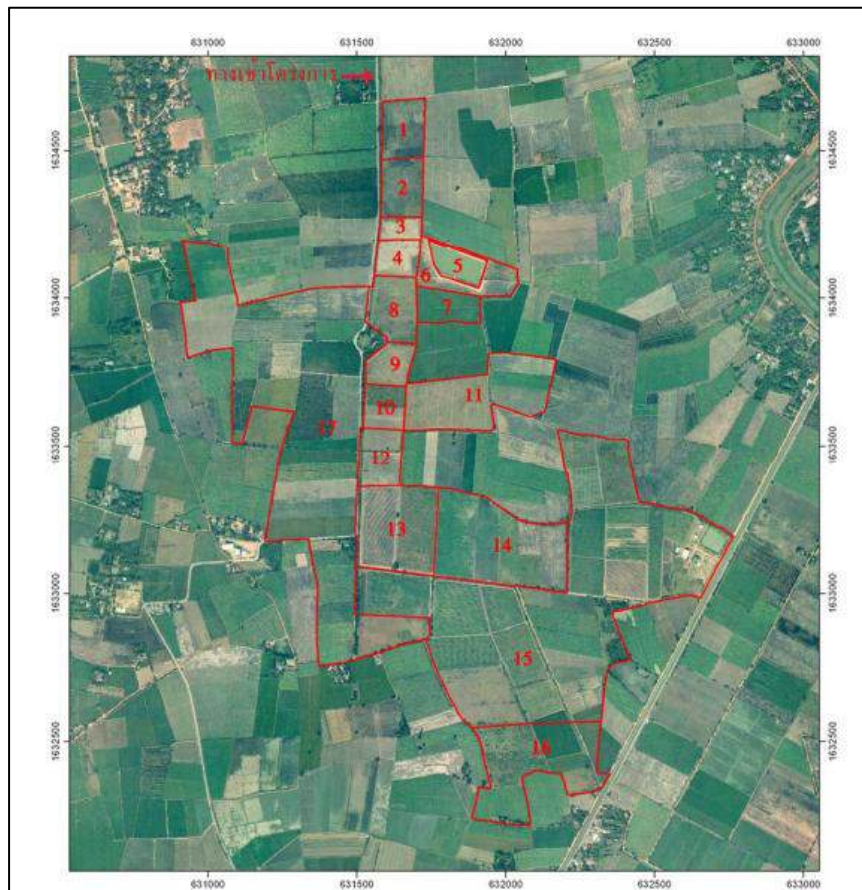
4.4.7.1 แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นแม่น้ำสายหลักเข้าสู่จังหวัดอ่างทองที่อำเภอยะโย แล้วไหลจากทิศเหนือไปทิศใต้ โดยผ่านอำเภอมะเมืองอ่างทอง อำเภอป่าโมก เป็นระยะทางยาวประมาณ 40 กิโลเมตร แต่ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการเกษตรได้ ใช้เพียงเพื่อการอุปโภคและบริโภคเท่านั้น

4.4.7.2 แม่น้ำน้อย เป็นลำน้ำธรรมชาติ รับน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาเหนือเขื่อนเจ้าพระยา ไหลผ่านพื้นที่จังหวัดชัยนาท สิงห์บุรี เข้าสู่จังหวัดอ่างทอง ที่ตำบลองครักษ์ อำเภอโพธิ์ทอง อำเภอวิเศษชัยชาญ รวมระยะทางที่ไหลผ่านจังหวัดอ่างทอง ประมาณ 50 กิโลเมตร ถือเป็นแหล่งน้ำสำคัญเพื่อการเกษตรและ การอุปโภค-บริโภค ในเขตอำเภอโพธิ์ทอง และอำเภอวิเศษชัยชาญ เนื่องจากสามารถควบคุมระดับน้ำให้อยู่เต็มฝั่งพร้อมที่จะนำน้ำมาสู่พื้นที่การเกษตรได้โดยสะดวก

ข้อมูลทั่วไปของฟาร์มตัวอย่างฯ

วัตถุประสงค์หลักในการจัดตั้งฟาร์มตัวอย่างฯ คือ

- 1) เพื่อเป็นแหล่งจ้างแรงงานของราษฎร โดยให้ราษฎรที่ประสบอุทกภัยและยังไม่สามารถกลับไปประกอบอาชีพในที่ดินของตน เนื่องจากน้ำท่วมขัง รวมทั้งประชาชนในพื้นที่ ตำบลสีบัวทอง และบริเวณใกล้เคียงได้เข้ามาทำงานในฟาร์มตัวอย่างฯ ให้มีงานทำ มีรายได้สามารถเลี้ยงตนเองและครอบครัว
 - 2) เพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้เชิงปฏิบัติด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม ครุภัณฑ์ของราษฎรให้สามารถดำเนินการได้ผลผลิตจำนวนมากอย่างถูกหลักวิชาการและปลอดภัยต่อสุขภาพ
 - 3) เพื่อเป็นแหล่งผลิตอาหาร เป็นธนาคารอาหารชุมชน (Food Bank) สำหรับผลิตอาหารปลอดภัยต่อสุขภาพ ราคาถูก หาซื้อได้ในท้องถิ่น ตลอดจนขยายผลไปสู่การค้าและประชาชนในพื้นที่ทั่วไปโดยไม่เน้นกำไร
 - 4) เพื่อเป็นศูนย์เรียนรู้ “ฟาร์มตัวอย่างของภาคกลาง” ทั้งนี้ พื้นที่ตำบลสีบัวทอง เป็นพื้นที่ราชพัสดุ มีพื้นที่จำนวนมาก ทำเลเหมาะสม และคุณสมบัติของดินมีศักยภาพเหมาะกับการทำการเกษตร
 - 5) เพื่อเป็นแหล่งท่องเที่ยวด้านการเกษตร และแหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์อีกแห่งหนึ่งของจังหวัดอ่างทอง
- โดยแบ่งพื้นที่กิจกรรมที่ดำเนินการในพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างฯ ดังนี้



รูปที่ 7 แสดงกิจกรรมภายในฟาร์มตัวอย่างฯ
ที่มา: สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต1

ตารางที่ 3 แสดงกิจกรรมภายในฟาร์มตัวอย่างฯ

กิจกรรม	
1. แปลงพืชปุ๋ยสด ปุ๋ยหมัก แฝก และสมุนไพรรักษา	10. สวนป่า
2. แปลงปลูกผักปลอดสารพิษ	11. แปลงเลี้ยงสัตว์
3. ลานจอดเฮลิคอปเตอร์	12. แปลงปลูกหม่อนเลี้ยงไหม
4. โรงทำเซรามิค และทอผ้า	13. แปลงเลี้ยงสัตว์น้ำ
5. สระน้ำพัฒนาที่ดิน	14. แปลงปลูกข้าว
6. แปลงไม้ผล และ พลับพลารักษา	15. สถานีอ้อย
7. แปลงไม้ผล	16. แปลงจัดสรรที่ดินให้ราษฎรเช่าแปลง
8. แปลงปลูกผัก	17. ปลูกไม้ผลและสวนป่าระยะที่ 2
9. โรงเรือนเพาะเห็ด	

4.4.8 ประชากร

จากข้อมูลของกรมการปกครอง เมื่อเดือนมกราคม 2568 พบว่า อำเภอแสวงหา มีจำนวนประชากรทั้งสิ้น 30,022 คน แบ่งออกเป็น คนไทย จำนวน 30,003 คน เป็นผู้ชาย 14,642 คน ผู้หญิง 15,361 คนและบุคคลที่ไม่ใช่คนไทย จำนวน 19 คน เป็นผู้ชาย 11 คน ผู้หญิง 8 คน มีจำนวนทั้งสิ้น 10,522 ครัวเรือน

4.5 เครื่องมือและวิธีการศึกษา (การดำเนินการ)

4.5.1 เครื่องมือและข้อมูล

4.5.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังนี้

- 1) อากาศยานไร้คนขับ ชนิดหลายใบพัด (Multirotor) ยี่ห้อ DJI รุ่น Mavic 3M Multispectral
- 2) โปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 3) โปรแกรมวางแผนการบินของอากาศยานไร้คนขับ DJI Pilot2 สำหรับควบคุมอากาศยานไร้คนขับ ของ บริษัท Da-Jiang Innovations (DJI) ที่ใช้กับอากาศยานไร้คนขับของยี่ห้อ DJI โดยเฉพาะ เช่น รุ่น Matrice, Mavic 3 Enterprise ซึ่งช่วยในการวางแผนและกำหนดเส้นทางการบิน เพื่อลดความเสี่ยงหรือข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการบินถ่ายภาพ
- 4) โปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย ที่ทำการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลด้วยวิธีโฟโตแกรมเมตริก สร้างข้อมูลเชิงพื้นที่ 3 มิติ เพื่อใช้ในแอปพลิเคชัน GIS รวมถึงประมวลผลดัชนีความแตกต่างพืชพรรณด้วย

5) คอมพิวเตอร์ประมวลผล

6) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS แบบรับวัด ยี่ห้อ Emlid RS3

4.5.1.2 ข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

- 1) ข้อมูล Shapefile ขอบเขตพื้นที่ดำเนินงาน
- 2) หมดหลักฐานภาคพื้นดิน หมายเลข A104559

4.5.2 วิธีการศึกษา/การดำเนินการ

การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี แบบจำลองพื้นผิว และ ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น จากอากาศยานไร้คนขับ ให้เป็นไปตามมาตรฐาน American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Accuracy Standards (ASPRS) ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวถูกจัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพ และความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยผังกระบวนการทำงานดังนี้

4.5.2.1 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลขอบเขตพื้นที่โครงการฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำริ ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง บ้านยางกลาง ตำบลสีบัวทอง อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง ครอบคลุมพื้นที่ 1,005 ไร่ ในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ให้อยู่ในระบบพิกัดกริด UTM บนพื้นหลักฐาน WGS84 Zone 47N ในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector) และนำออกข้อมูล (Export File) จากไฟล์นามสกุล shp ให้อยู่ในนามสกุล KMZ เพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมวางแผนการบินของอากาศยานไร้คนขับ และประชุมร่วมกับเจ้าหน้าที่ฟาร์มตัวอย่างฯ และสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง เพื่อรับทราบจุดประสงค์ในการจัดทำโครงการและการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด



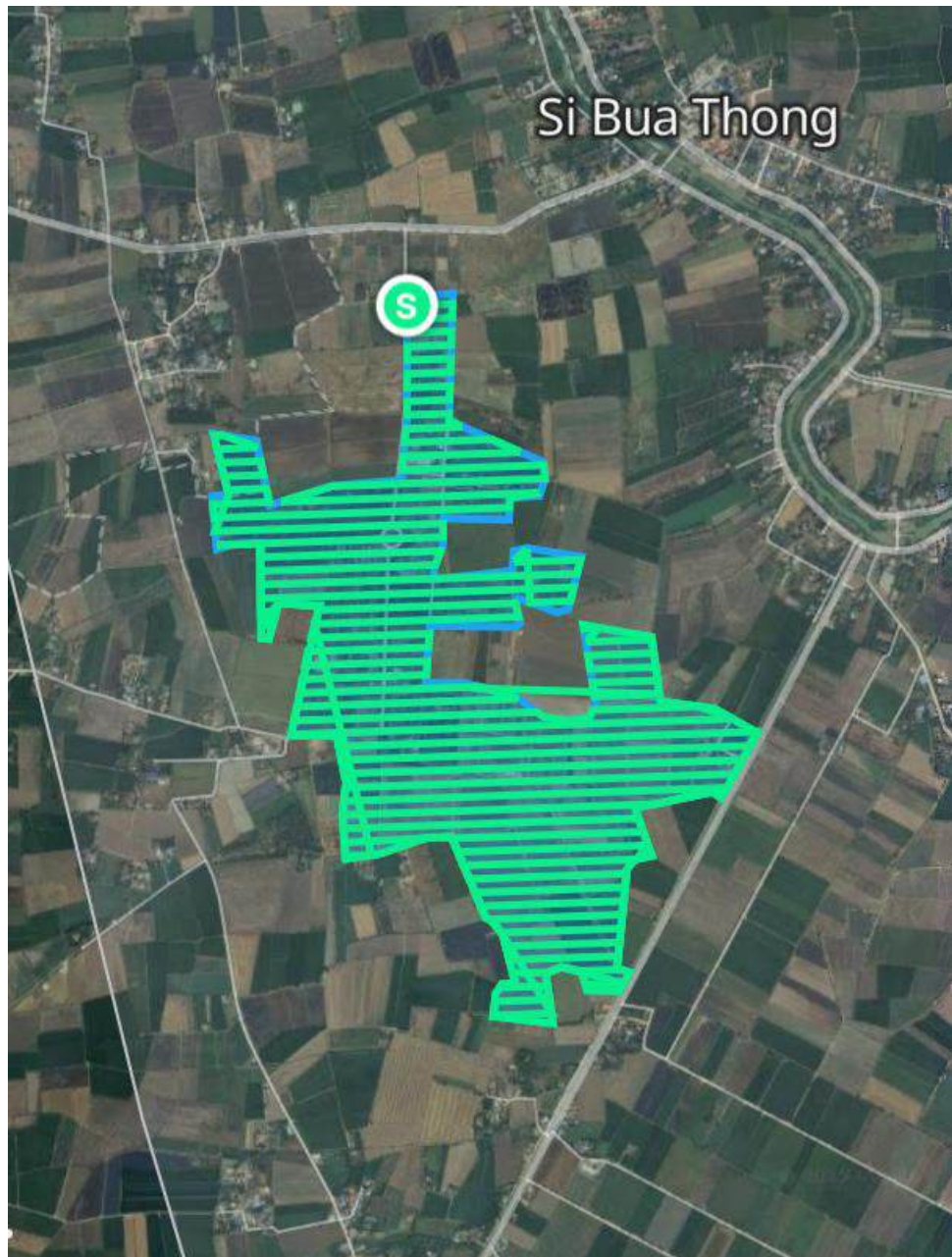
รูปที่ 8 แสดงการประชุมการทำงานร่วมกับ เจ้าหน้าที่ฟาร์มตัวอย่างฯ และสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง



รูปที่ 9 แสดงการประชุมการทำงานร่วมกับ สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง

4.5.2.2 การวางแผนการบิน

เมื่อได้พื้นที่ที่จะบินถ่ายภาพแล้ว ต้องดำเนินการตรวจสอบข้อบังคับทางกฎหมาย ตรวจสอบพื้นที่ห้ามบิน และเขตการบิน รวมถึง และประเมินสภาพอากาศเบื้องต้น เมื่อประเมินขั้นตอนแรกเสร็จสิ้นแล้ว จึงนำข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เข้าสู่โปรแกรม DJI Pilot 2 ใน Remote Control ซึ่งเป็นโปรแกรมวางแผนและควบคุมการบินถ่ายภาพของการปฏิบัติงาน



รูปที่ 10 แสดงแนวมบินของการบินถ่ายภาพในโปรแกรม DJI Pilot2

1) การกำหนดความสูงบิน

เพื่อควบคุมความละเอียดของภาพ (Ground Sampling Distance : GSD) ต้องคำนวณความสูงบินให้เหมาะสมกับค่าความละเอียดของภาพ ที่ต้องการ ยิ่งกำหนดให้อากาศยานไ้คนขับบินต่ำ ยิ่งทำให้ได้ความละเอียดของภาพสูง แต่จะใช้เวลาบินถ่ายและจำนวนภาพถ่ายมากขึ้น รวมถึงเวลาในการประมวลผลก็จะนานขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการหาค่าความละเอียดของภาพ มีการคำนวณ ดังนี้

$$GSD = \frac{H \times Sw}{f \times ImW} \quad (\text{สมการที่ 9})$$

โดยที่ GSD = ระยะห่างของจุดตัวอย่างภาคพื้นดิน

H = ความสูงในการบิน

Sw = ความกว้างเซนเซอร์กล้อง

f = ความยาวโฟกัสของเลนส์

ImW = ความกว้างของภาพ

โดยในโครงการนี้ กำหนดความละเอียดของภาพ Multispectral ที่ 10 เซนติเมตรต่อพิกเซล และภาพสี 5.5 เซนติเมตรต่อพิกเซล โดยสามารถคำนวณได้ความสูงบินที่ 182 เมตร

2) การกำหนด ส่วนซ้อน (Overlap) ส่วนเกย (Side lap)

การกำหนดส่วนซ้อน (Overlap) ส่วนเกย (Side lap) เป็นขั้นตอนที่สำคัญประการหนึ่ง ในการวางแผนการบินเพื่อสามารถบินถ่ายภาพทางอากาศได้อย่างสมบูรณ์ และมีคุณภาพ โดยส่วนซ้อน หมายถึง พื้นที่ที่ภาพถ่าย 2 ภาพต่อเนื่องกันในแนวการบินเดียวกันมีการซ้อนทับกัน ซึ่งพื้นที่ที่ทั้งสองภาพเห็นร่วมกันนั้น เรียกว่าส่วนซ้อน ซึ่งในการบินถ่ายภาพครั้งนี้กำหนด ที่ 80% และ ส่วนเกย หมายถึง พื้นที่ที่ภาพถ่ายจากแนวบินข้างเคียงมีการซ้อนทับกัน ซึ่งในการบินถ่ายภาพครั้งนี้กำหนด ที่ 80% เพื่อเป็นการเพิ่มความถูกต้องในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของกล้อง สำหรับปรับแก้ตำแหน่งของจุดที่คำนวณได้ให้ตรงกับตำแหน่งที่ปรากฏในภาพจริงมากที่สุด ส่งผลในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 11 แสดงการวางแผนการบินร่วมกับสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง

3) การรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points : GCPs)

และจุดตรวจสอบ (Check Points)

เป็นขั้นตอนการเลือกพื้นที่ที่ใช้เป็นจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยทำการถ่ายภาพค่าพิกัดจากหมุดที่ทราบค่าแล้ว ได้แก่ หมุดหลักฐานภาคพื้นดินจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในโครงการแผนที่ทรัพยากรที่ดินของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (MOAC) หมุดหลักฐานหมายเลข A104559 ใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS 2 เครื่อง โดยเครื่องที่ 1 รับสัญญาณแบบ Static ตั้งรับสัญญาณบนหมุดหลักฐานภาคพื้นดินจากกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ส่วนเครื่องที่ 2 ตั้งรับสัญญาณที่หมุดที่สร้างขึ้นในพื้นที่ดำเนินการเป็นระยะเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง เพื่อทำการคำนวณค่าพิกัดของหมุดนั้น สำหรับใช้ในการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดิน ในพื้นที่ดำเนินงานได้



รูปที่ 12 แสดงหมุดที่ทำการถ่ายภาพค่าพิกัดมาในขอบเขตพื้นที่ดำเนินงาน

เมื่อกำหนดตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้นดินแล้วนั้น จะทำการวางเป้าสัญลักษณ์ไวน์ลีสีขาวแดง ขนาด กว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร หรือทำการพ่นสีรวมถึงการใช้เครื่องหมายจราจรที่เห็นชัดจากภาพถ่าย แล้วแต่สภาพพื้นที่ เพื่อให้สามารถระบุตำแหน่งได้อย่างชัดเจนในภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ และดำเนินการรังวัดค่าพิกัดของหมุดด้วยการรังวัดแบบจลน์ (Real Time Kinematic :RTK) ครอบคลุมพื้นที่ดำเนินการ



รูปที่ 13 แสดงการรังวัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน และจุดตรวจสอบ

4) การบินถ่ายภาพ

การบินถ่ายภาพในครั้งนี้ ใช้อากาศยานไร้คนขับชนิดหลายใบพัด (Multirotor) ยี่ห้อ DJI รุ่น Mavic 3M Multispectral และทำการบินถ่ายภาพใน 2 รูปแบบ ได้แก่ การถ่ายภาพสี (RGB) และการถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) โดยควบคุมทิศทางเสาอากาศของ Remote Control ให้สามารถสื่อสารกับอากาศยานไร้คนขับได้ตลอดเวลา เมื่อการบินถ่ายภาพเสร็จสิ้นแล้ว ต้องทำการตรวจสอบตำแหน่งถ่ายภาพ เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ดำเนินงาน



รูปที่ 14 แสดงรูปอากาศยานไร้คนขับที่ทำการบินถ่ายภาพในครั้งนี้
ที่มา: <https://www.djibangkok.com/shop/dji-mavic-3m-multispectral/>

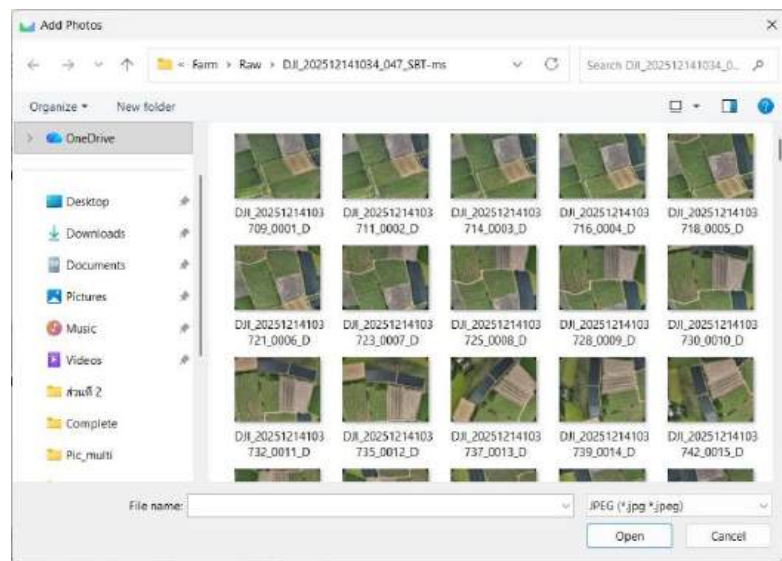


รูปที่ 15 แสดงการบินถ่ายภาพในพื้นที่ขอบเขตดำเนินการ

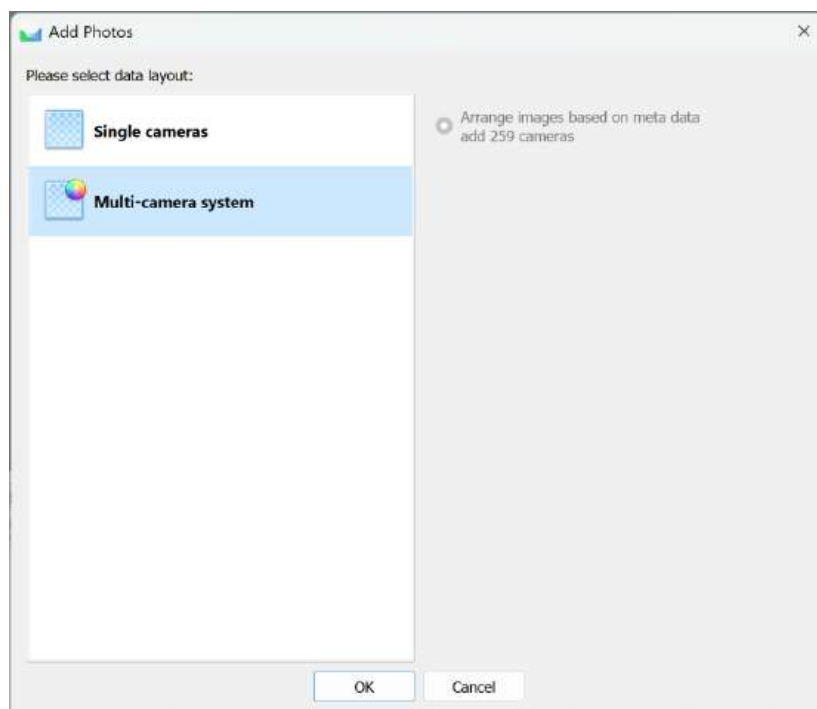
5) การประมวลผลข้อมูล

ในขั้นตอนการประมวลผลนั้น การประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี และ ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น จะประมวลผลในลักษณะเดียวกัน ซึ่งจะมีขั้นตอนดังนี้

5.1) นำเข้าข้อมูล โดยนำเข้าภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับเข้าสู่คอมพิวเตอร์และโปรแกรมประมวลภาพถ่ายทางอากาศ จำนวน 1,209 ภาพ สำหรับภาพถ่ายออร์โธสี และ 4,836 ภาพ สำหรับภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น เนื่องจาก การถ่ายภาพแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ในการถ่ายภาพ 1 ครั้ง จะทำบันทึกภาพ จำนวน 4 ภาพ ของ 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ Green, Red, Red Edge, Near Infrared (NIR)



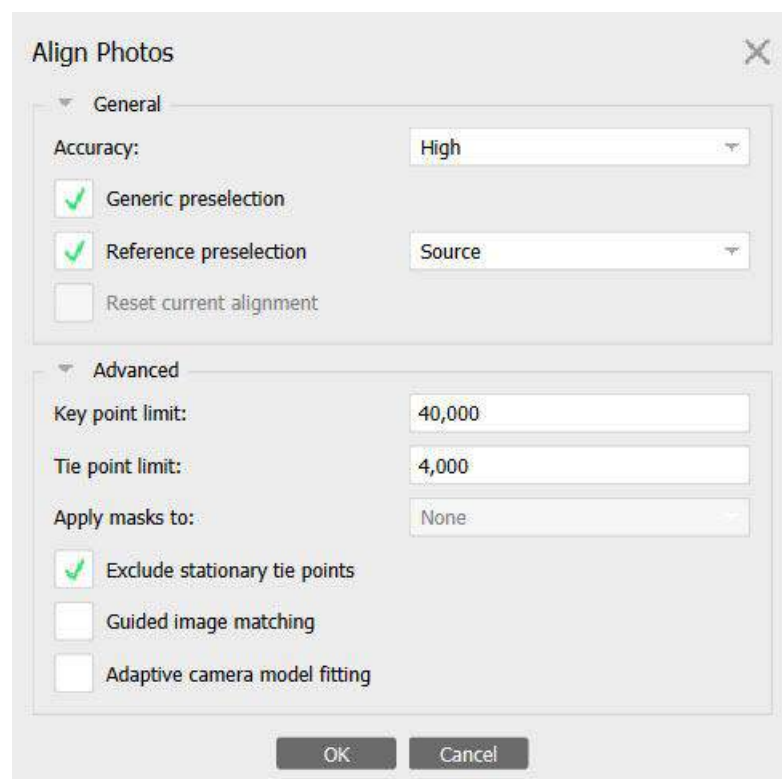
รูปที่ 16 แสดงการนำเข้าข้อมูลในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธสี



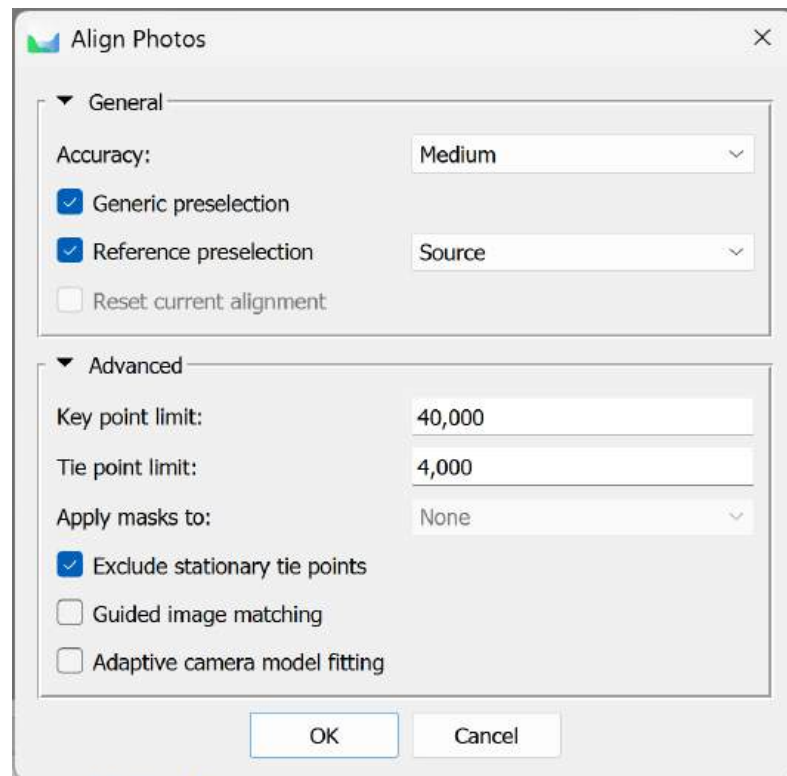
รูปที่ 17 แสดงการนำเข้าข้อมูลในการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

5.2) การประมวลผลข้อมูล โปรแกรมจะดำเนินการตามขั้นตอนตามหลักวิชาการทางโฟโตแกรมเมตรี ซึ่งประกอบด้วย

(1) การจับคู่ภาพ (Alignment/Image Matching) เป็นกระบวนการแรกในการประมวลผลโดยโปรแกรม เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งของวัตถุในโลกจริงกับตำแหน่งของวัตถุนบนเซนเซอร์รับภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการวัดและลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากระบบออปติกของกล้อง โดยค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างภาพถ่ายหลายๆภาพ ที่มีพื้นที่ซ้อนทับกันระหว่างส่วนซ้อน (Overlap) และส่วนเกย (Side lap) เพื่อคำนวณหาตำแหน่งในแต่ละภาพ ซึ่งการจับคู่ภาพจะทำการค้นหาว่า จุดใดของพื้นที่ แต่ละภาพเป็นตำแหน่งเดียวกันจริงบนพื้นโลก จากนั้นทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์ของกล้อง โดยวิธี Bundle Block Adjustment ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ประกอบด้วย ความคลาดเคลื่อนของเลนส์ และตำแหน่งของกล้อง ในระบบสามมิติเป้าหมายของการคำนวณปรับแก้ด้วยบล็อกลำแสง คือ ทำให้ตำแหน่งของจุดที่คำนวณได้สามารถฉายกลับไปยังภาพถ่ายได้ใกล้เคียงกับตำแหน่งจริงมากที่สุด ซึ่งผลลัพธ์จากกระบวนการ Alignment/Image Matching คือ การได้โครงข่ายภาพถ่ายที่เชื่อมโยงกันอย่างสมบูรณ์ พร้อมทั้งได้ตำแหน่งกล้องของแต่ละภาพ และกลุ่มจุดข้อมูล 3 มิติแบบหายาบ (Sparse Point Cloud) ซึ่งเป็นข้อมูลจุดสามมิติที่ได้จากการคำนวณตำแหน่งของจุดเด่น (Feature Points) ที่สามารถตรวจพบร่วมกันในภาพถ่ายหลายภาพ โดยจุดเหล่านี้เกิดจากกระบวนการจับคู่จุดเด่น (Feature Matching) และการคำนวณตำแหน่งเชิงสามมิติผ่านหลักการสามเหลี่ยมเชิงภาพ (Triangulation) โดยแต่ละจุดจะมีค่าพิกัด X, Y และ Z ทำให้สามารถมองเห็นลักษณะพื้นที่โดยคร่าวๆ แม้ว่าจำนวนจุดจะยังไม่หนาแน่น



รูป 18 แสดงการจับคู่ภาพในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธรี



รูปที่ 19 แสดงรูปขั้นตอนการจับคู่ภาพในการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

(2) การกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points :GCPs) โดยทำการนำเข้าจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ทำการรังวัดไว้ล่วงหน้า ภายในโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ ให้ตรงกับเป้าสัญลักษณ์ที่กำหนดไว้ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ เพื่อดึงให้โมเดลสามมิติทั้งหมดขยับไปอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำในระดับเซนติเมตร โดยจุดควบคุมภาพถ่ายและจุดตรวจสอบมีค่าพิกัด ดังนี้

ตารางที่ 4 แสดงจุดควบคุมภาคพื้นดิน

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude
GCP1	630916.137	1634199.065	9.547
GCP2	631696.324	1634676.952	10.626
GCP3	632010.077	1634055.471	10.59
GCP4	632411.612	1633525.645	9.887
GCP5	632766.924	1633198.382	9.982
GCP6	632324.533	1632355.868	9.313
GCP7	631494.335	1632782.452	9.607

ตารางที่ 5 แสดงจุดตรวจสอบ

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude
CP1	631704.961	1634066.369	10.359
CP2	631500.423	1633197.365	10.551
CP3	632234.499	1633286.208	9.855
CP4	632070.333	1632905.279	9.5

Import CSV

Coordinate System: WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)

Rotation angles: Yaw, Pitch, Roll

☐ Ignore labels

Threshold (m): 0.1

Delimiter: ☒ Comma

☐ Combine consecutive delimiters

Columns:

Label	1	Accuracy	Rotation	Accuracy
Easting	2	8	Yaw	5
Northing	3	8	Pitch	6
Altitude	4	8	Roll	7
			Enabled flag	10

Start import at row: 1

Items: All

First 20 lines preview:

	Label	Easting	Northing	Altitude
1	GCP1	630916.137	1634199.065	9.547
2	GCP2	631696.324	1634676.952	10.626
3	GCP3	632010.077	1634055.471	10.59
4	GCP4	632411.612	1633525.645	9.887
5	GCP5	632766.924	1633198.382	9.982
6	GCP6	632324.533	1632355.868	9.313
7	GCP7	631494.335	1632782.452	9.607

OK Cancel

รูปที่ 20 แสดงการนำเข้าจุดควบคุมภาคพื้นดินทั้งในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธรีและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

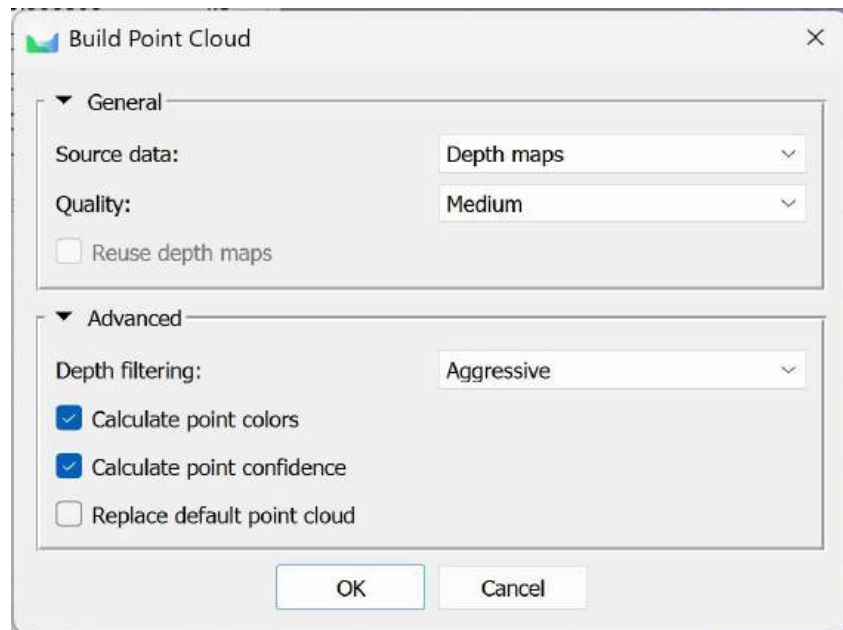


รูปที่ 21 แสดงการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินในการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธรี

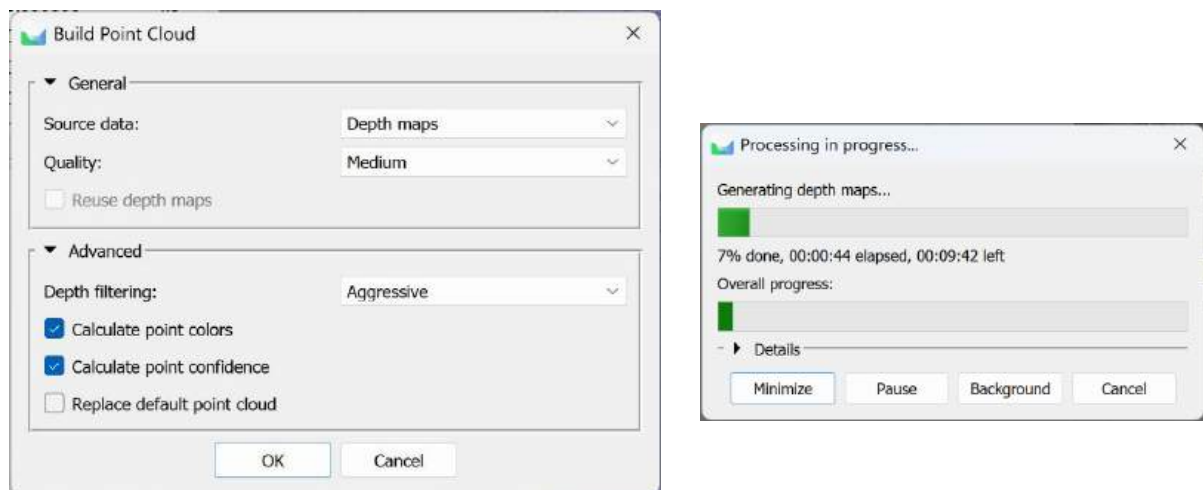


รูปที่ 22 แสดงการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินในการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

(3) Build Dense Cloud เป็นการขยายผลจากการคำนวณตำแหน่งสามมิติ ให้ครอบคลุมทุกพื้นผิวที่มองเห็นในภาพถ่ายที่ซ้อนทับกัน ซึ่งหลักการทำงานเริ่มต้นจากการวิเคราะห์ค่าความเข้มสีและลักษณะเด่น (Features) ในระดับพิกเซลต่อพิกเซลจากภาพถ่ายที่เกิดการซ้อนทับกัน ในมุมมองที่แตกต่างกัน ทำให้ได้พิกเซลสามมิติที่มีค่าพิกัดในระบบอ้างอิงทางภูมิศาสตร์จริง (X, Y, Z) เพื่อให้ได้กลุ่มจุดข้อมูลสามมิติ ที่มีความหนาแน่นและรายละเอียดสูง (Point Cloud) ซึ่งแสดงถึงรูปร่างและคุณลักษณะของวัตถุหรือสภาพแวดล้อมที่เสมือนจริง



รูปที่ 23 แสดงขั้นตอน Build Dense Cloud ของภาพถ่ายออร์โธรี

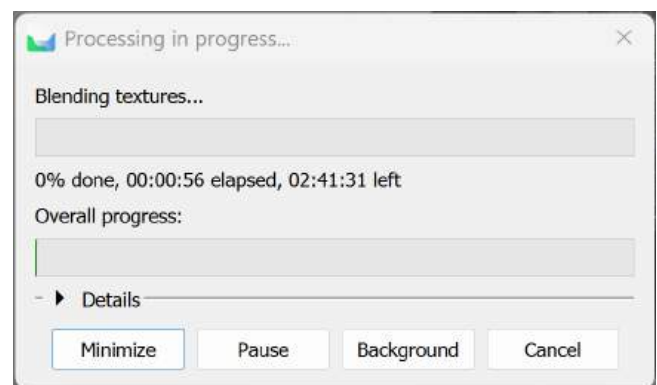
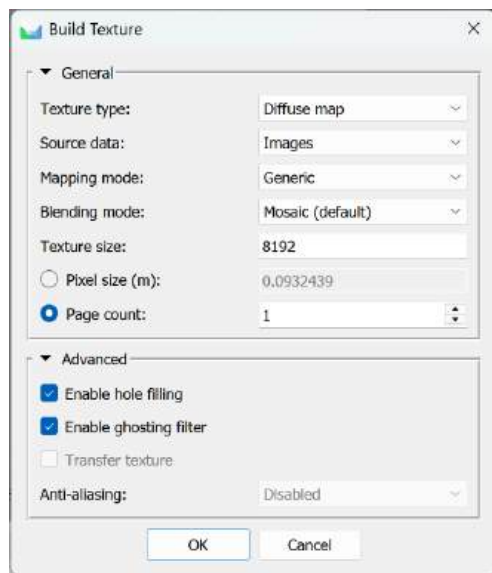


รูปที่ 24 แสดงขั้นตอน Build Dense Cloud ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

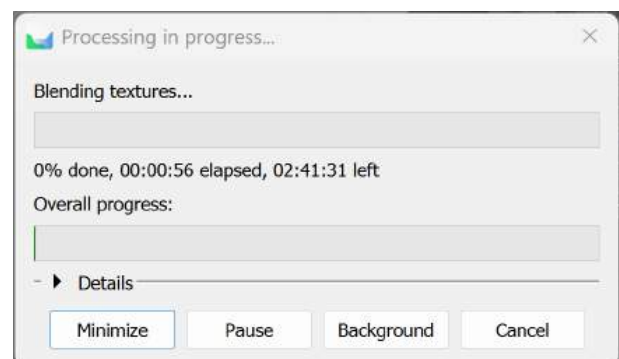
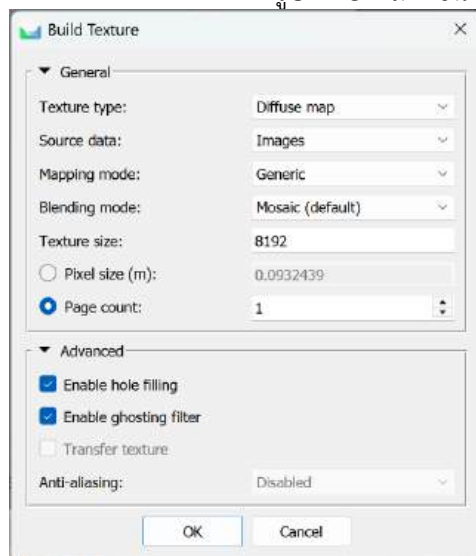
โดยทั้งภาพถ่ายออร์โธรีและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นนั้น กำหนดการสร้างชุดข้อมูลสามมิติแบบเข้มงวด (Aggressive) ซึ่งเหมาะกับงานที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ

(4) Build Mesh เป็นขั้นตอนการสร้างโครงข่ายสามมิติ ที่เปลี่ยนข้อมูลกลุ่มจุดข้อมูลสามมิติ ที่มีความหนาแน่นและรายละเอียดสูง (Point Cloud) ที่ได้จากการ Build Dense Cloud จำนวนมากกระจายอยู่ในสามมิติโดยเชื่อมโยงจุดต่างๆ ให้กลายเป็นพื้นผิวรูปหลายเหลี่ยม เป็นพื้นผิวที่มีความต่อเนื่อง โดยทำการคำนวณและเชื่อมโยงจุดยอดที่อยู่ใกล้เคียงกันให้กลายเป็นรูปสามเหลี่ยมจำนวนมากมหาศาลเชื่อมโยงเข้าด้วยกัน เรียกว่า โครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network: TIN) ซึ่งสามารถแสดงรูปร่างและลักษณะทางกายภาพของวัตถุหรือภูมิประเทศได้อย่างสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้โมเดลที่แสดงความสูงต่ำของวัตถุทุกอย่างที่กล้องจากอากาศยานไร้คนขับมองเห็นจากด้านบน

(5) Build Texture เป็นขั้นตอนต่อจากการ Build Mesh แม้ว่าการ Build Mesh จะสามารถแสดงรูปร่างและโครงสร้างของวัตถุได้อย่างถูกต้องในเชิงเรขาคณิต แต่พื้นผิวของ Mesh จะประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมจำนวนมากที่ยังไม่มีข้อมูลสี ทำให้แบบจำลองมีลักษณะเป็นพื้นผิวสีเทาหรือสีเดียว ไม่สามารถแสดงรายละเอียดของวัตถุจริง การ Build Texture จึงเป็นการนำข้อมูลสีและรายละเอียดจากภาพถ่ายต้นฉบับมาผูกเข้ากับพื้นผิวของแบบจำลองสามมิติ หรือพื้นผิวของดินได้เพื่อให้โมเดลที่สร้างขึ้นมีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด ทั้งในด้านสี รูปแบบ ลวดลาย และรายละเอียดของพื้นผิววัตถุ ซึ่งถือเป็นขั้นตอนที่เปลี่ยนแบบจำลองสามมิติจากการเป็นเพียงโครงสร้างทางเรขาคณิตให้กลายเป็นแบบจำลองที่สามารถสะท้อนลักษณะทางกายภาพของพื้นที่จริงได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งในกรณีที่พื้นผิวหนึ่งสามารถมองเห็นได้จากหลายภาพ ซอฟต์แวร์จะประเมินคุณภาพของแต่ละภาพ เช่น ความละเอียด ความคมชัด มุมการมองเห็น และผลกระทบจากเงา ก่อนเลือกหรือผสมข้อมูลจากหลายภาพเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ Texture ที่มีคุณภาพสูงและลดรอยต่อระหว่างภาพได้



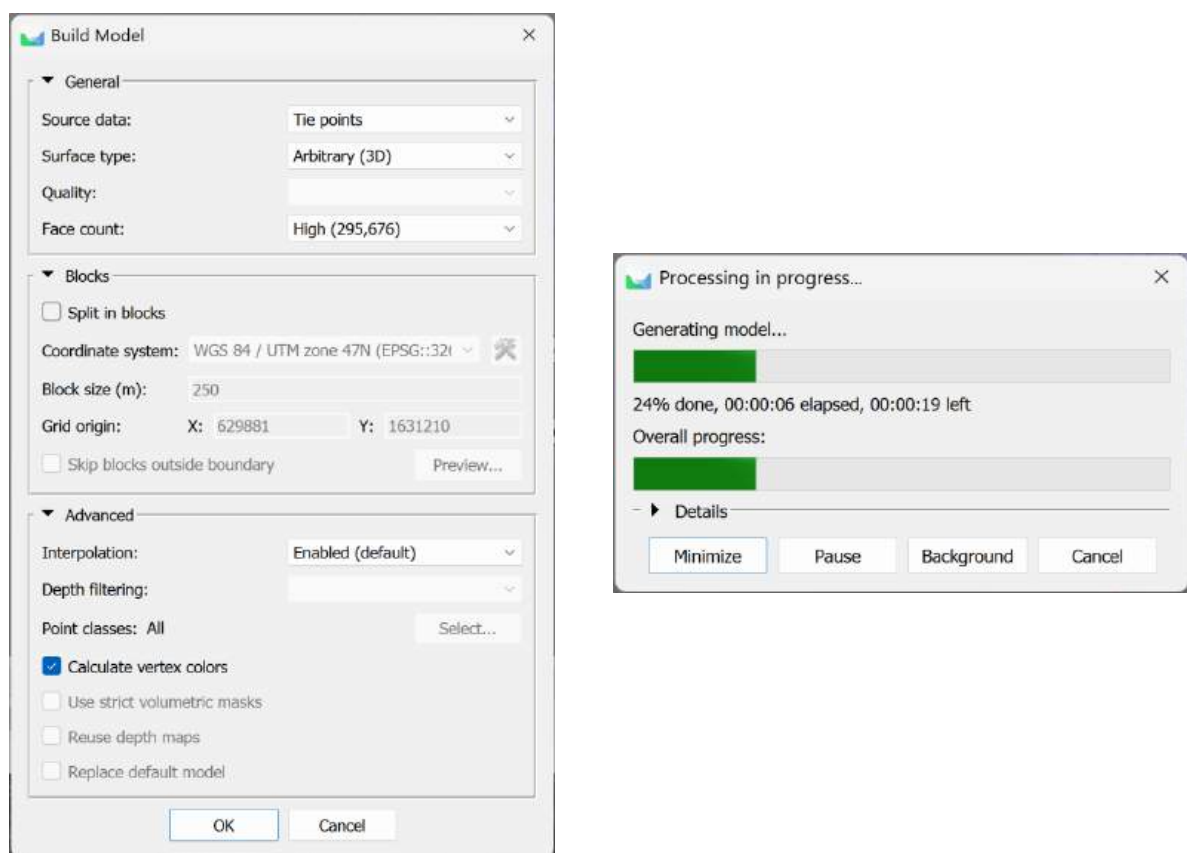
รูปที่ 25 แสดงขั้นตอน Build Texture ของภาพถ่ายออร์โธรี



รูปที่ 26 แสดงขั้นตอน Build Texture ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

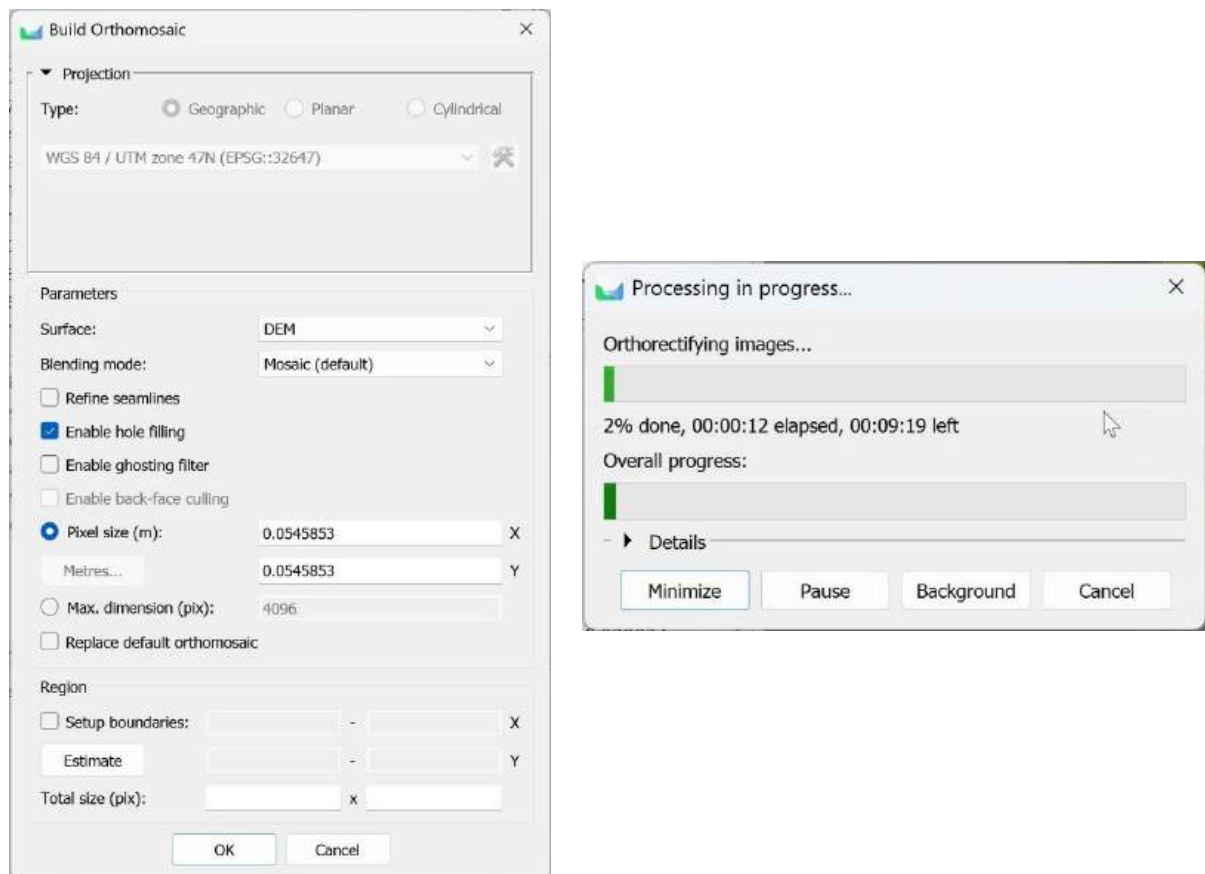
5.3) การสร้างผลลัพธ์ (Generation of Outputs) ผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลด้วยอากาศยานไร้คนขับ สามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ผลลัพธ์ ดังนี้

(1) แบบจำลองพื้นผิว (DSM) จากโมเดลที่โปรแกรมทำการประมวลผลไว้ โดยใช้กระบวนการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Interpolation) และการแปลงข้อมูลจุดให้เป็นโครงข่ายข้อมูลแบบราสเตอร์ (Raster Grid) หรือโครงข่ายสามเหลี่ยมเชิงพื้นที่ (Triangulated Irregular Network: TIN) จากนั้นจะคำนวณค่าระดับความสูงของแต่ละตำแหน่งบนพื้นผิวจนได้เป็นแบบจำลองพื้นผิว ซึ่งในแต่ละพิกเซลของแบบจำลองพื้นผิว จะมีค่าระดับความสูงที่แสดงตำแหน่งสูงสุดของวัตถุที่ปรากฏอยู่ ณ ตำแหน่งนั้น ทำให้ DSM สามารถสะท้อนสภาพพื้นที่จริงได้อย่างละเอียด ทั้งในส่วนของภูมิประเทศและสิ่งปกคลุมพื้นผิว เมื่อโปรแกรมทำการประมวลผลเสร็จสิ้น ข้อมูลจะถูกส่งออกในรูปแบบ Raster File



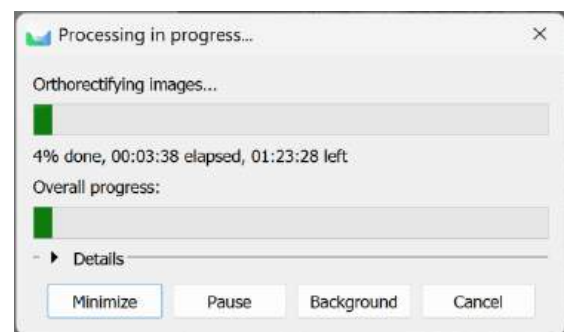
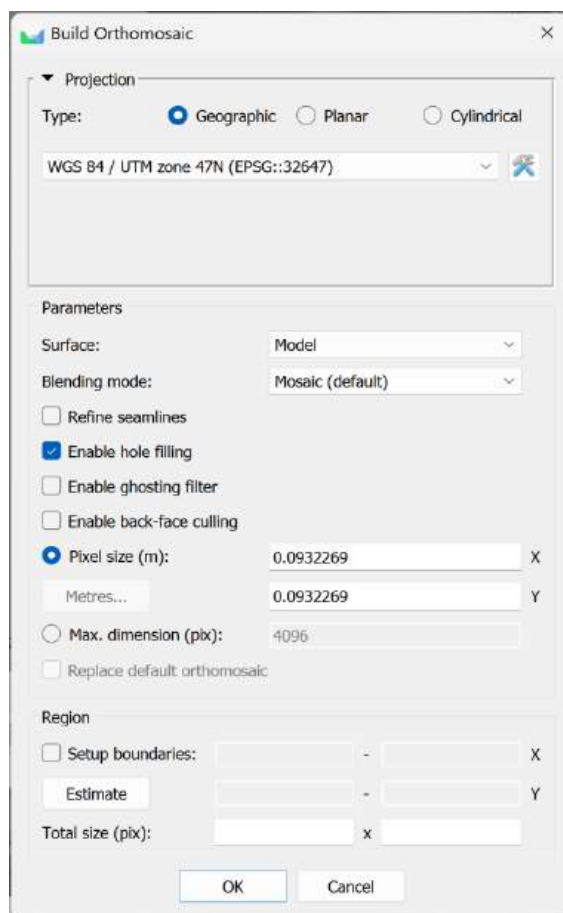
รูปที่ 27 แสดงขั้นตอนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (DSM)

(2) ภาพออร์โธรี (Orthophoto) ซึ่งอ้างอิงจากข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวที่โปรแกรมได้ทำการประมวลผลก่อนหน้านี้ และทำการปรับแก้ภาพออร์โธ (Orthorectification) เนื่องจากเป็นข้อมูลที่แสดงระดับความสูงของพื้นผิวทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ เพื่อให้โปรแกรมใช้ค่าความสูงที่แม่นยำที่สุดในการคำนวณตำแหน่งจุดภาพ เมื่อโปรแกรมทำการประมวลผลเสร็จสิ้น ข้อมูลจะถูกส่งออกในรูปแบบ Raster File



รูปที่ 28 แสดงขั้นตอนการสร้างภาพถ่ายออร์โธรี

(3) ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น การประมวลผลนั้น คือการปรับแก้เชิงรังสี (Radiometric Calibration) ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับข้อมูลหลายช่วงคลื่น เนื่องจากค่าที่บันทึกได้จากเซนเซอร์ในแต่ละช่วงคลื่นได้รับอิทธิพลจากสภาพแสงในขณะบิน มุมดวงอาทิตย์ สภาพบรรยากาศ และคุณสมบัติของเซนเซอร์เอง การปรับแก้เชิงรังสีมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงค่าดิจิทัลที่บันทึกได้จากกล้องให้กลายเป็นค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของวัตถุบนพื้นผิวโลก โดยทั่วไปจะใช้แผ่นสะท้อนมาตรฐาน (Reflectance Panel) และข้อมูลจากเซนเซอร์วัดแสงตกกระทบ (Sunlight Sensor) ที่ติดตั้งอยู่บนอากาศยานไร้คนขับร่วมในการคำนวณ กระบวนการนี้ช่วยให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องและสามารถเปรียบเทียบระหว่างช่วงเวลาหรือพื้นที่ต่าง ๆ ได้



รูปที่ 29 แสดงขั้นตอนการสร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

5.4) การตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายออร์โธรี และภาพหลายช่วงคลื่น

เมื่อปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินร่วมกับจุดตรวจสอบแล้ว สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนทั้งทางราบ (RMSE_r) และทางตั้ง (RMSE_z) ได้ โดยการคำนวณความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy) สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

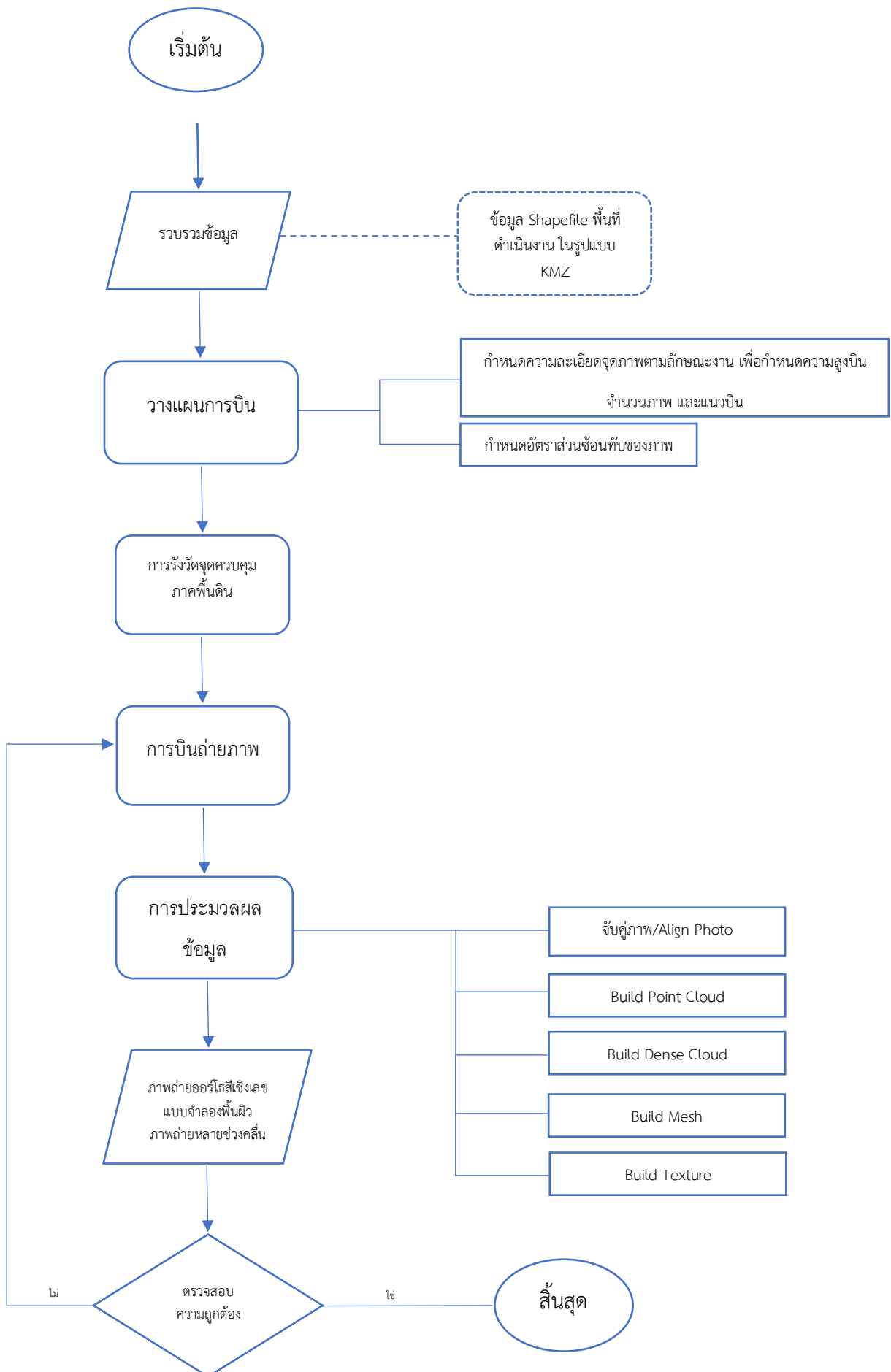
(1) Accuracy_r ทางราบ

$$\text{Accuracy}_r = 1.7308 \times \text{RMSE}_r$$

(2) Accuracy_z ทางตั้ง

$$\text{Accuracy}_z = 1.960 \times \text{RMSE}_z$$

4.5.3 กรอบแนวคิดการศึกษา (การดำเนินการ)

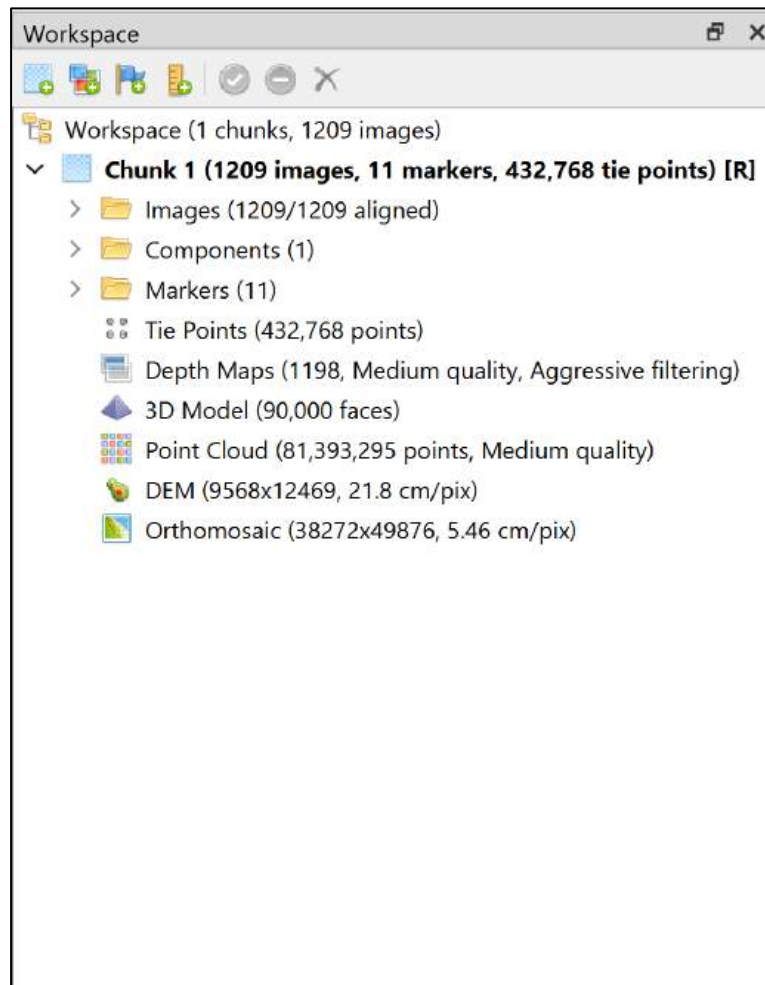


4.6 ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการบินถ่ายภาพถ่ายออร์โธรีและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น โดยใช้อากาศยานไร้คนขับยี่ห้อ DJI รุ่น Mavic3 Multispectral ทำการบินถ่ายภาพในพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างตามพระราชดำรินในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ พระบรมราชชนนีพันปีหลวง จังหวัดอ่างทอง เนื้อที่ประมาณ 1,005 ไร่ หรือประมาณ 1.6 ตารางกิโลเมตร ทำการบินถ่ายภาพที่ความสูง เมตร มีส่วนซ้อน (Overlap) 80 เปอร์เซ็นต์ และส่วนเกย (Sidelap) 80 เปอร์เซ็นต์ แบ่งผลการศึกษาได้ดังนี้

4.6.1 การบินถ่ายภาพถ่ายออร์โธรี

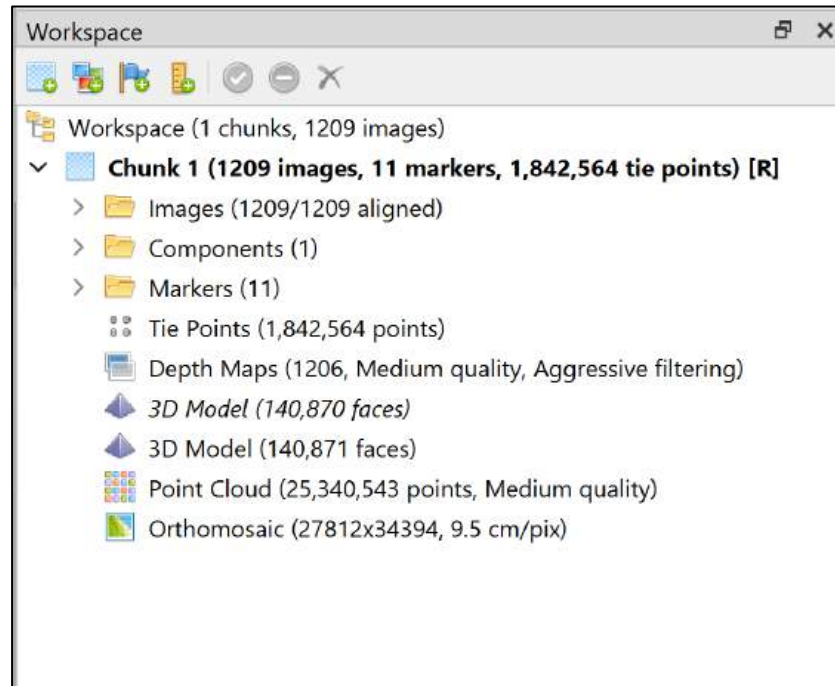
ทำการถ่ายภาพทางอากาศได้จำนวนทั้งสิ้น 1,209 ภาพ โดยมีความละเอียดจุดภาพ 5.46 เซนติเมตร และมีขนาดประมาณ 4.62 กิกะไบต์



รูปที่ 30 แสดงการประมวลผลภาพถ่ายออร์โธรี

4.6.2 การบินถ่ายภาพหลายช่วงคลื่น

ทำการถ่ายภาพทางอากาศได้จำนวนทั้งสิ้น 4,836 ภาพ ประกอบด้วยภาพของ 4 ช่วงคลื่น ได้แก่ Green, Red, Red Edge, Near Infrared (NIR) โดยมีความละเอียดจุดภาพ 9.5 เซนติเมตร



รูปที่ 31 แสดงการประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

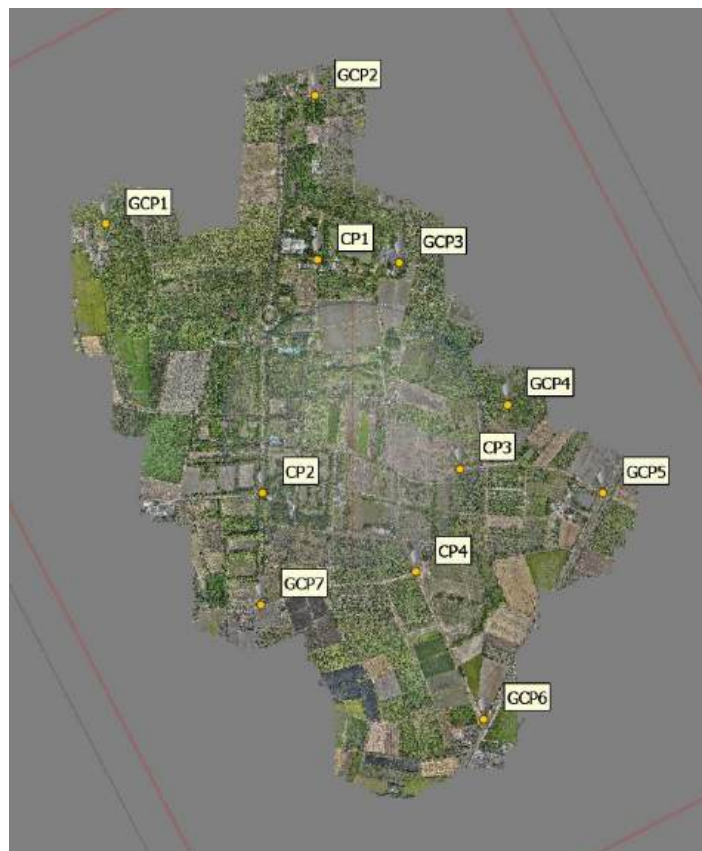
4.6.3 การปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบ

หลังจากการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินเรียบร้อยแล้ว ทำการเปรียบเทียบกับจุดตรวจสอบ (Checkpoints) โดยใช้เกณฑ์ตามมาตรฐาน ASPRS โดยทำการรังวัดจุดตรวจสอบ จำนวน 4 จุด ทั้งภาพถ่ายออร์โธรีและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

4.6.3.1 ภาพถ่ายออร์โธรี

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections
☒ GCP7	631494.335000	1632782.452000	9.607000	0.005000	0.006376	28
☒ GCP6	632324.533000	1632355.868000	9.313000	0.005000	0.001486	16
☒ GCP5	632766.924000	1633198.382000	9.982000	0.005000	0.002666	14
☒ GCP4	632411.612000	1633525.645000	9.887000	0.005000	0.001643	15
☒ GCP3	632010.077000	1634055.471000	10.590000	0.005000	0.004482	17
☒ GCP2	631696.324000	1634676.952000	10.626000	0.005000	0.001912	17
☒ GCP1	630916.137000	1634199.065000	9.547000	0.005000	0.002022	9
☐ CP4	632070.333000	1632905.279000	9.500000	0.005000	0.025849	36
☐ CP3	632234.499000	1633286.208000	9.855000	0.005000	0.033871	24
☐ CP2	631500.423000	1633197.365000	10.551000	0.005000	0.033442	39
☐ CP1	631704.961000	1634066.369000	10.359000	0.005000	0.019795	46
Total Error						
Control points					0.003391	
Check points					0.028834	

รูปที่ 32 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายออร์โธรีเปรียบเทียบกับจุดตรวจสอบ



รูปที่ 33 แสดงภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้ทำการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบแล้ว

เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายออร์โธรี ร่วมกับจุดตรวจสอบ พบว่า RMSE ของภาพถ่ายออร์โธรีนี้ เท่ากับ 0.028834 เมตร หรือ เท่ากับ 2.8 เซนติเมตร

4.6.3.2 ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)
☒ GCP4	632411.612000	1633525.645000	9.887000	0.005000	0.016651
☒ GCP3	632010.077000	1634055.471000	10.590000	0.005000	0.011005
☒ GCP2	631696.324000	1634676.952000	10.626000	0.005000	0.001229
☒ GCP1	630916.137000	1634199.065000	9.547000	0.005000	0.005600
☐ CP4	632070.333000	1632905.279000	9.500000	0.005000	0.185101
☐ CP3	632234.499000	1633286.208000	9.855000	0.005000	0.183487
☐ CP2	631500.423000	1633197.365000	10.551000	0.005000	0.322021
☐ CP1	631704.961000	1634066.369000	10.359000	0.005000	0.123483
Total Error					
Control points					0.012814
Check points					0.216145

รูปที่ 34 แสดงการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นเปรียบเทียบกับจุดตรวจสอบ

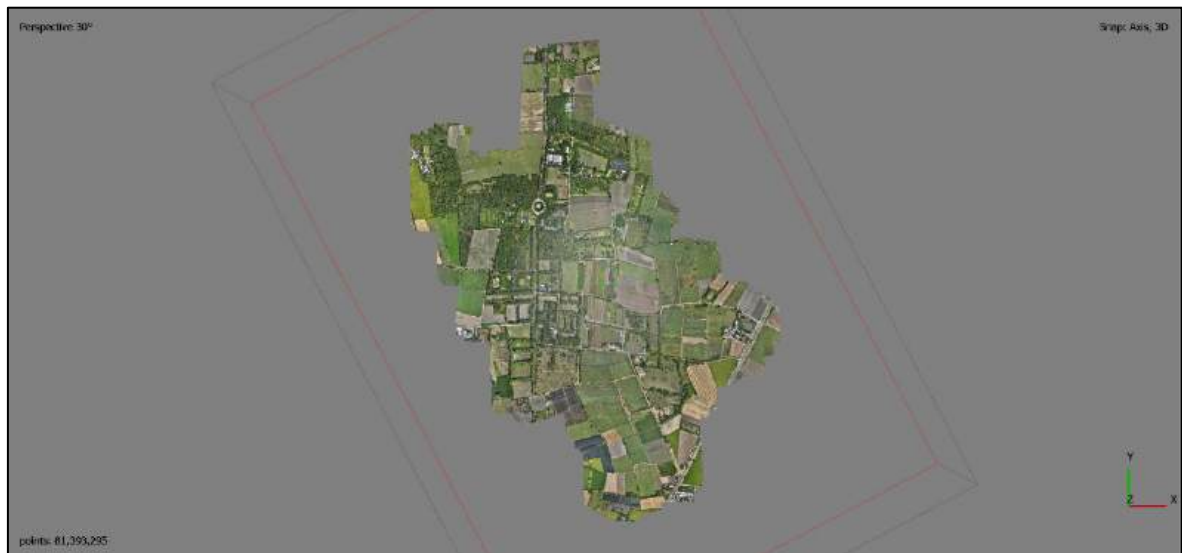


รูปที่ 35 แสดงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้ทำการปรับแก้จุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบแล้ว

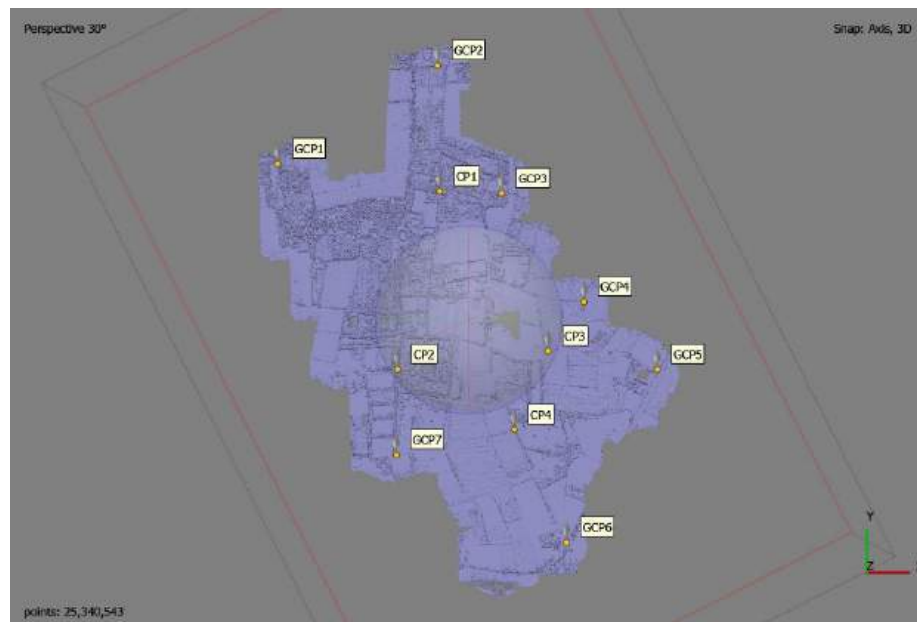
เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นร่วมกับจุดตรวจสอบ พบว่า RMSE ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นนี้ เท่ากับ 0.216145 เมตร หรือ เท่ากับ 22 เซนติเมตร

4.6.4 การ Build Dense Cloud

การ Build Dense Cloud หรือชุดข้อมูลแบบสามมิติแบบหนาแน่น เป็นผลลัพธ์ ภายหลังจากการสร้าง Sparse Point Cloud เสร็จสมบูรณ์ โดยกระบวนการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มจำนวนข้อมูลจุดสามมิติให้ครอบคลุมพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาอย่างละเอียดมากที่สุด ซึ่งจากการประมวลผลได้จำนวน Point Cloud จำนวน 81,393,295 จุด สำหรับภาพถ่ายออร์โธสี และจำนวน 25,340,543 จุด สำหรับภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น



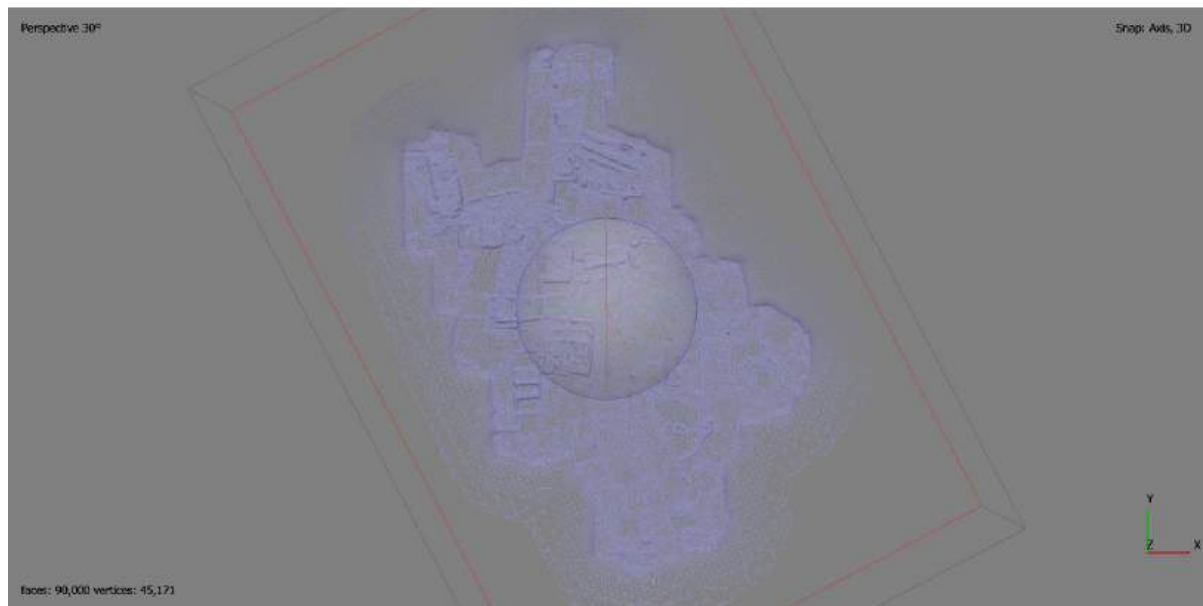
รูปที่ 36 แสดงการทำ Build Dense Cloud ของภาพถ่ายออร์โธสี



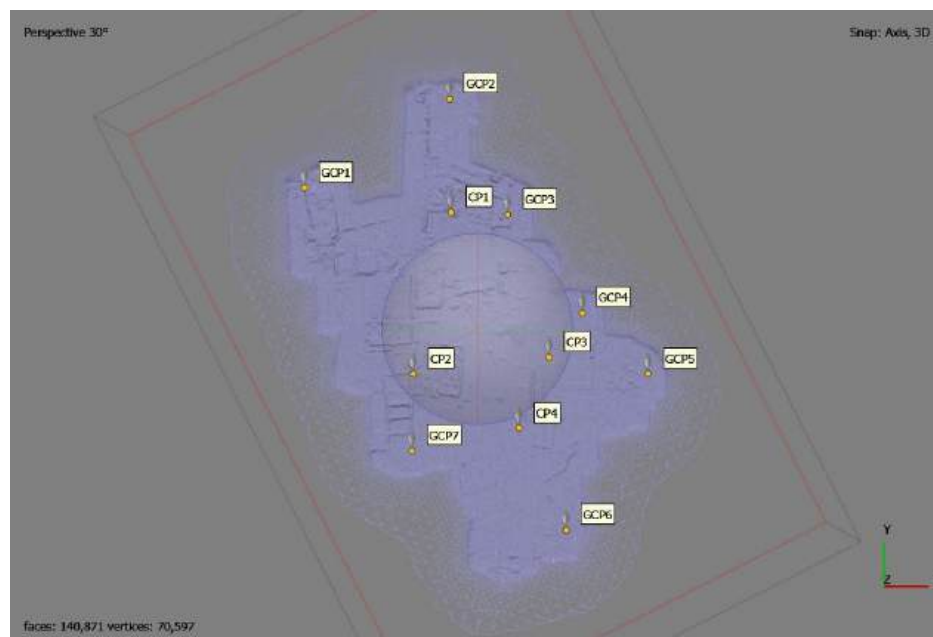
รูปที่ 37 แสดงการทำ Build Dense Cloud ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

4.6.5 การ Build Mesh

การสร้าง Mesh เป็นขั้นตอนที่อยู่ระหว่างการ Build Dense Cloud และการ Build Texture รวมทั้งเป็นพื้นฐานของการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (DSM) ที่ใช้ในการสร้างภาพถ่ายออร์โธ (Orthophoto) และการสร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น โดยการ Build Mesh ช่วยให้ข้อมูลจุดเหล่านั้นเชื่อมโยงกันเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง สามารถใช้ในการคำนวณพื้นที่ ปริมาตร ความลาดชัน และการสร้างภาพเสมือนจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ



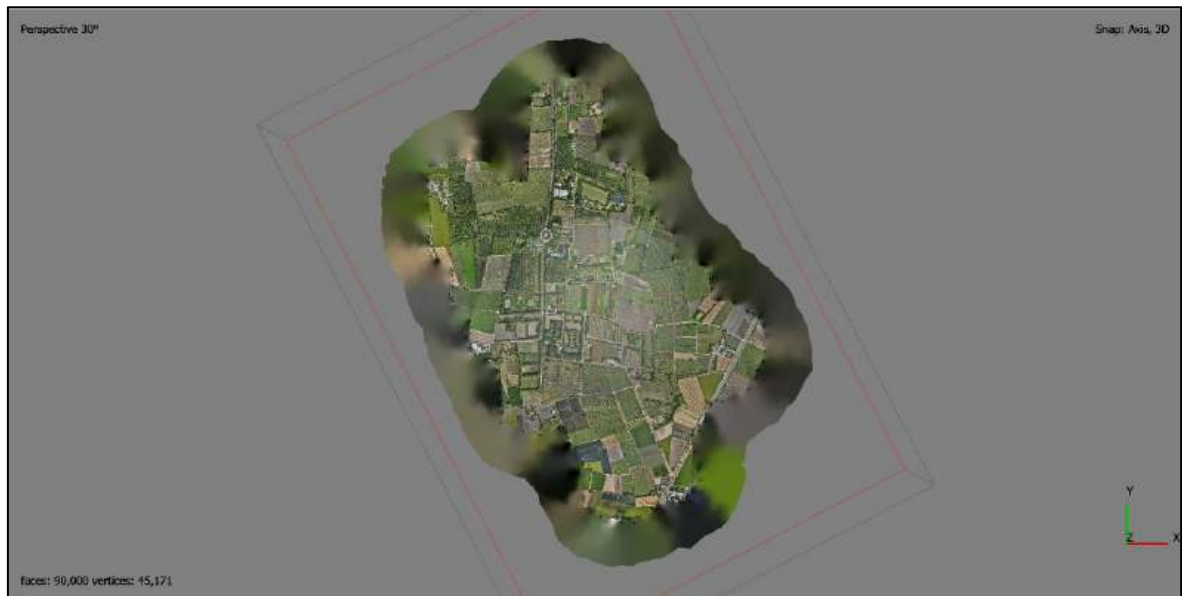
รูปที่ 38 แสดงการทำ Build Mesh ของภาพถ่ายออร์โธสี



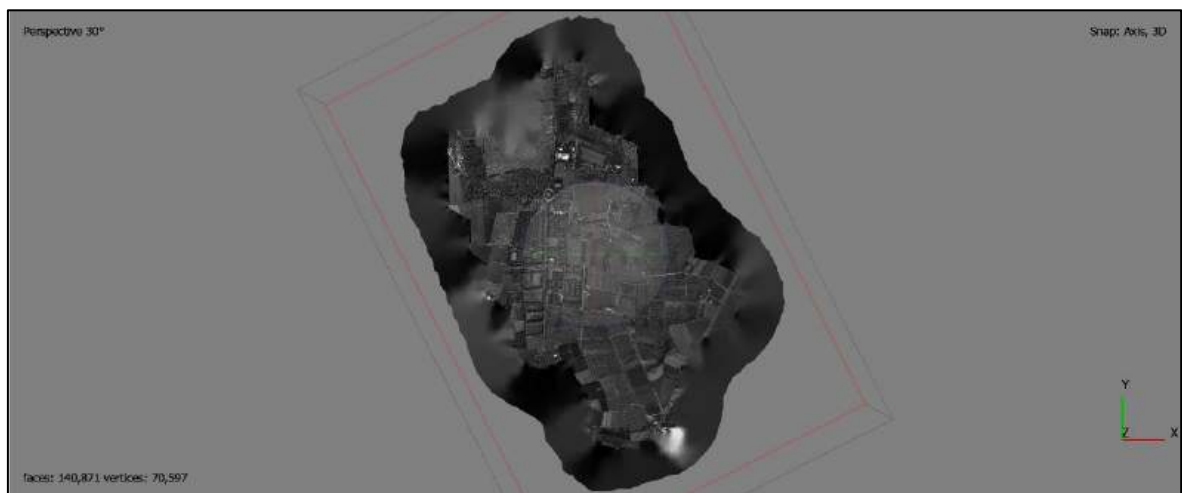
รูปที่ 39 แสดงการทำ Build Mesh ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

4.6.6 การ Build Texture

การ Build Texture เป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มข้อมูลเชิงภาพ ให้กับแบบจำลองสามมิติ โดยอาศัยข้อมูลภาพถ่ายความละเอียดสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมาสร้างพื้นผิวของวัตถุ ทำให้สามารถแสดงรายละเอียดของสิ่งปกคลุมดิน พืชพรรณ อาคาร และภูมิประเทศได้อย่างสมจริง



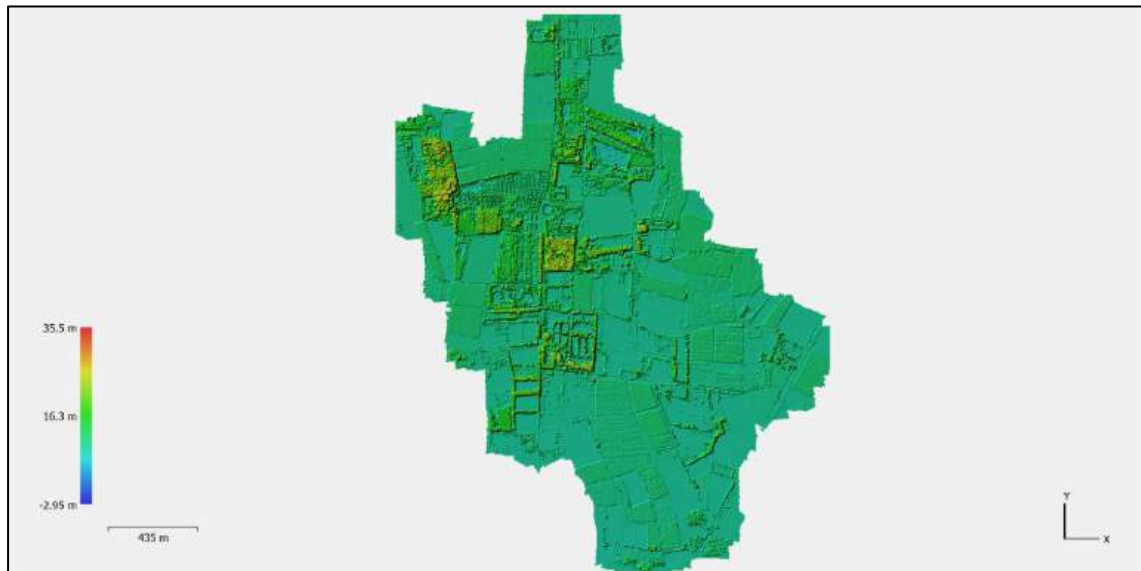
รูปที่ 40 แสดงการทำ Build Texture ของภาพถ่ายออร์โธรี



รูปที่ 41 แสดงการทำ Build Texture ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

4.6.7 การสร้างแบบจำลองพื้นผิว

แบบจำลองพื้นผิวที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ มีความละเอียดจุดภาพ 21.8 เซนติเมตร และมีขนาดประมาณ 305 เมกะไบต์ แบบจำลองพื้นผิว ที่ได้จากการ Build Texture โดยอาศัยเทคนิค โฟโตแกรมเมตรี เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงระดับความสูงของพื้นผิวทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นพื้นดิน พืชพรรณ หรือสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ



รูปที่ 42 แสดงแบบจำลองพื้นผิวที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้

4.6.8 การสร้างภาพถ่ายออร์โธรี

การสร้างภาพถ่ายออร์โธรีอาศัยข้อมูลจากหลายขั้นตอนของกระบวนการ โฟโตแกรมเมตรี ได้แก่ การจัดแนวภาพ (Image Alignment) การ Build Dense Cloud การสร้างแบบจำลองพื้นผิว และการคำนวณตำแหน่งของกล้อง เพื่อปรับแก้ความผิดเพี้ยนเชิงเรขาคณิตของภาพแต่ละภาพ



รูปที่ 43 แสดงภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้

4.6.9 การสร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น

การสร้างภาพหลายช่วงคลื่นนั้น กระบวนการสร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นนั้น มีกระบวนการเช่นเดียวกับการสร้างภาพออร์โธรี แต่จะมีความแตกต่างกัน 2 ประการคือ

4.6.9.1 การประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น โปรแกรมจะทำการประมวลผลพร้อมกันทั้ง 4 ช่วงคลื่น (Green, Red, Red Edge, Near Infrared (NIR)) โดยข้อมูลจะถูกส่งออกในรูปแบบ Raster File เช่นเดียวกับ ภาพออร์โธรี

4.6.9.2 การสร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจะอ้างอิงจากข้อมูลโมเดลที่ได้จากการ Build Texture ซึ่งคือการใช้ข้อมูลเรขาคณิตของโมเดลสามมิติที่สมบูรณ์แล้วเป็นพื้นฐาน กระบวนการนี้มีลักษณะคล้ายกับการสร้างภาพออร์โธรี (Orthophoto) แต่จะใช้ข้อมูล 4 ช่วงคลื่น (Green, Red, Red Edge, Near Infrared (NIR)) ทุกช่วงคลื่นที่ถูกบันทึกจากกล้อง Multispectral มาสร้างเป็นภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น



รูปที่ 44 แสดงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้

4.6.10 การตรวจสอบความถูกต้อง

เมื่อทำการคำนวณค่า RMSE จากภาพถ่ายออร์โธรี และภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น แล้วจะทำการคำนวณค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy) ดังนี้

4.6.10.1 ภาพถ่ายออร์โธรี จากการคำนวณ RMSE ทั้งทางราบและทางตั้งของ โปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย สามารถหา Accuracy ทางราบและทางตั้งได้ดังนี้

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
4	2.08888	1.39718	1.41372	2.51307	2.88342

รูปที่ 45 แสดง RMSE ของภาพถ่ายออร์โธรีที่ได้จากโปรแกรมประมวลผล

1) ทางราบ

$$\begin{aligned} \text{Accuracy}_r &= 1.7308 \times \text{RMSE}_r \\ &= 1.7308 \times 0.025 \\ &= 0.043 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น ภาพออร์โธรีจากอากาศยานไร้คนขับมีความถูกต้องทางราบอยู่ที่ ± 0.043 เมตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

2) ทางตั้ง

$$\begin{aligned} \text{Accuracy}_z &= 1.960 \times \text{RMSE}_z \\ &= 1.960 \times 0.014 \\ &= 0.027 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น ภาพออร์โธรีจากอากาศยานไร้คนขับมีความถูกต้องทางตั้งอยู่ที่ ± 0.027 เมตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อได้ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy) แล้ว สามารถเทียบกับมาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน ASPRS เพื่อให้ทราบมาตราส่วนแผนที่ได้ ซึ่งจะพบว่า การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี ในโครงการนี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 4.3 เซนติเมตร โดยจากตารางเมื่อได้ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง สามารถเทียบกับมาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน ASPRS เพื่อให้ทราบมาตราส่วนแผนที่จริงได้ โดยที่ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งที่บินถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับคือ 0.043 เมตร มีช่วงต่างอยู่ที่ 0.018 เมตร และช่วงต่างระหว่างมาตราส่วนทั้ง 2 มีช่วงค่าความต่างที่ 0.025 เมตร ดังตาราง

ตารางที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RMSE กับมาตราส่วนตามมาตรฐาน ASPRS ระหว่าง มาตราส่วน 1:100 และ 1:200

แผนที่ มาตราส่วน	Planimetric Accuracy Limiting RMSE (m)
1:100	0.025
1:200	0.050

มาตราส่วนของภาพถ่ายออร์โธรีสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$= \frac{0.018 \times 100}{0.025}$$

$$= 72$$

ดังนั้น มาตราส่วนที่บินถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ = $100 + 72$
= 1:172

เมื่อได้ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy) แล้ว สามารถเทียบกับมาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน ASPRS เพื่อให้ทราบมาตราส่วนแผนที่ได้ ซึ่งจะพบว่า การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อทำแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรี ในโครงการนี้ มีความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 4.3 เซนติเมตร และเทียบเท่ามาตราส่วน 1:172

4.6.10.2 ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น จากการคำนวณ RMSE ทั้งทางราบและทางตั้งของโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย สามารถหา Accuracy ทางราบและทางตั้งได้ดังนี้

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
4	16.2329	12.9575	5.98198	20.7703	21.6145

รูปที่ 46 แสดง RMSE ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้จากโปรแกรมประมวลผล

ทางราบ

$$\begin{aligned} \text{Accuracy}_r &= 1.7308 \times \text{RMSE}_r \\ &= 1.7308 \times 0.2077 \\ &= 0.359 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้น ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากอากาศยานไร้คนขับมีความถูกต้องทางราบอยู่ที่ ± 0.359 เมตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อได้ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง (Accuracy) แล้ว สามารถเทียบกับมาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน ASPRS เพื่อให้ทราบมาตราส่วนแผนที่ได้ ซึ่งจะพบว่า การบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อทำแผนที่ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น ในโครงการนี้ มีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 21 เซนติเมตร โดยจากตารางเมื่อได้ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่ง สามารถเทียบกับมาตราส่วนแผนที่ตามมาตรฐาน ASPRS เพื่อให้ทราบมาตราส่วนแผนที่จริงได้ โดยที่ค่าความละเอียดถูกต้องเชิงตำแหน่งที่บินถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับคือ 0.36 เมตร มีช่วงต่างอยู่ที่ 0.11 เมตร และช่วงต่างระหว่างมาตราส่วนทั้ง 2 มีช่วงค่าความต่างที่ 0.25 เมตร ดังตารางนี้

ตารางที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง RMSE กับมาตราส่วนตามมาตรฐาน ASPRS ระหว่าง มาตราส่วน 1:1,000 และ 1:2,000

แผนที่ มาตราส่วน	Planimetric Accuracy Limiting RMSE (m)
1:1,000	0.25
1:2,000	0.50

มาตราส่วนที่ของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$= \frac{0.11 \times 1,000}{0.25}$$

$$= 440$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น มาตราส่วนที่บินถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ} &= 1,000 + 440 \\ &= 1:1,440 \end{aligned}$$

4.7 สรุปผลการศึกษา

จากการบินภาพถ่ายออร์โธรี ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น รวมถึง แบบจำลองพื้นผิว มีความละเอียดสูง สามารถสรุปผลที่ได้จากการศึกษาดังนี้

4.7.1 ภาพถ่ายออร์โธรี





รูปที่ 47 แสดงภาพถ่ายออร์โธสตีที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เมื่อเปรียบเทียบกับ ภาพถ่ายออร์โธสตี จากโครงการแผนที่ทรัพยากรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (MOAC) ปี 2545 มาตรฐาน 1:1,000

จากการเปรียบเทียบภาพถ่ายออร์โธสตีที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เมื่อเปรียบเทียบกับ ภาพถ่ายออร์โธสตี จากโครงการแผนที่ทรัพยากรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (MOAC) ปี 2545 แสดงที่มาตรฐาน 1:1,000 ความละเอียดจุดภาพ 1 เมตร บริเวณที่กรมพัฒนาที่ดิน โดยสถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง เข้าไปมีส่วนร่วมในการทำปุ๋ยพระราชทานภายในฟาร์มตัวอย่างฯ เพื่อเป็นการประชาสัมพันธ์ผลิตภัณฑ์จากกรมพัฒนาที่ดิน รวมถึงการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรในพื้นที่ และ ประชาชน ผู้ที่สนใจ ซึ่งภาพถ่ายออร์โธสตีที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนั้น มีความละเอียด ภาพคมชัด และเป็นปัจจุบัน ทำให้สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง สามารถนำภาพถ่ายออร์โธสตีที่มีความละเอียดสูงและมีความทันสมัย บริหารจัดการพื้นที่ เพื่อไปวางแผนการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ได้ต่อไป

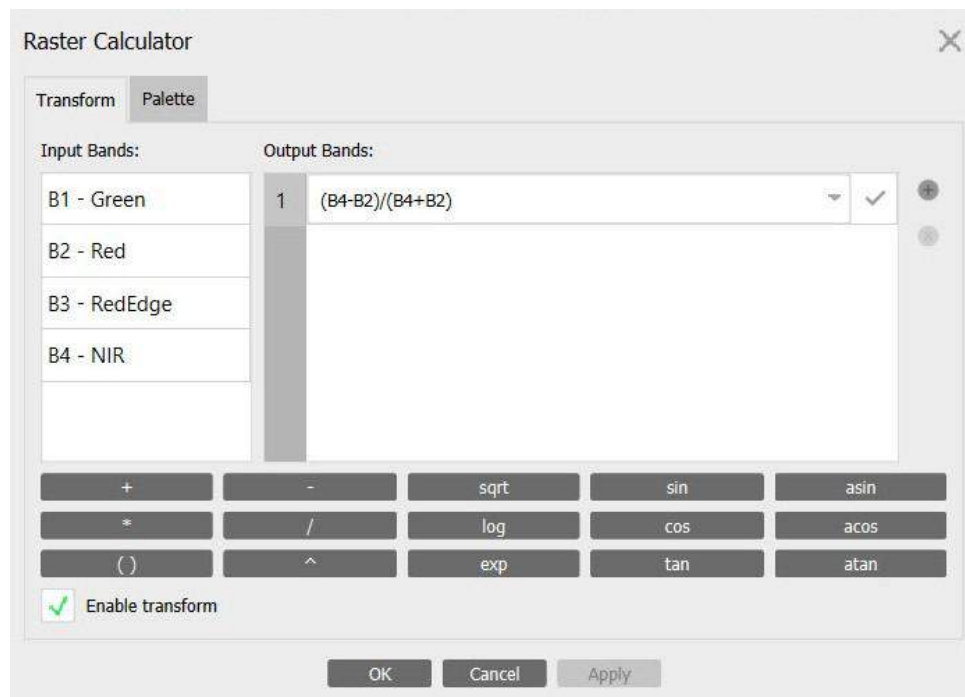
4.7.2 ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น



รูปที่ 48 แสดงภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นและภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ทำ NDVI แล้ว

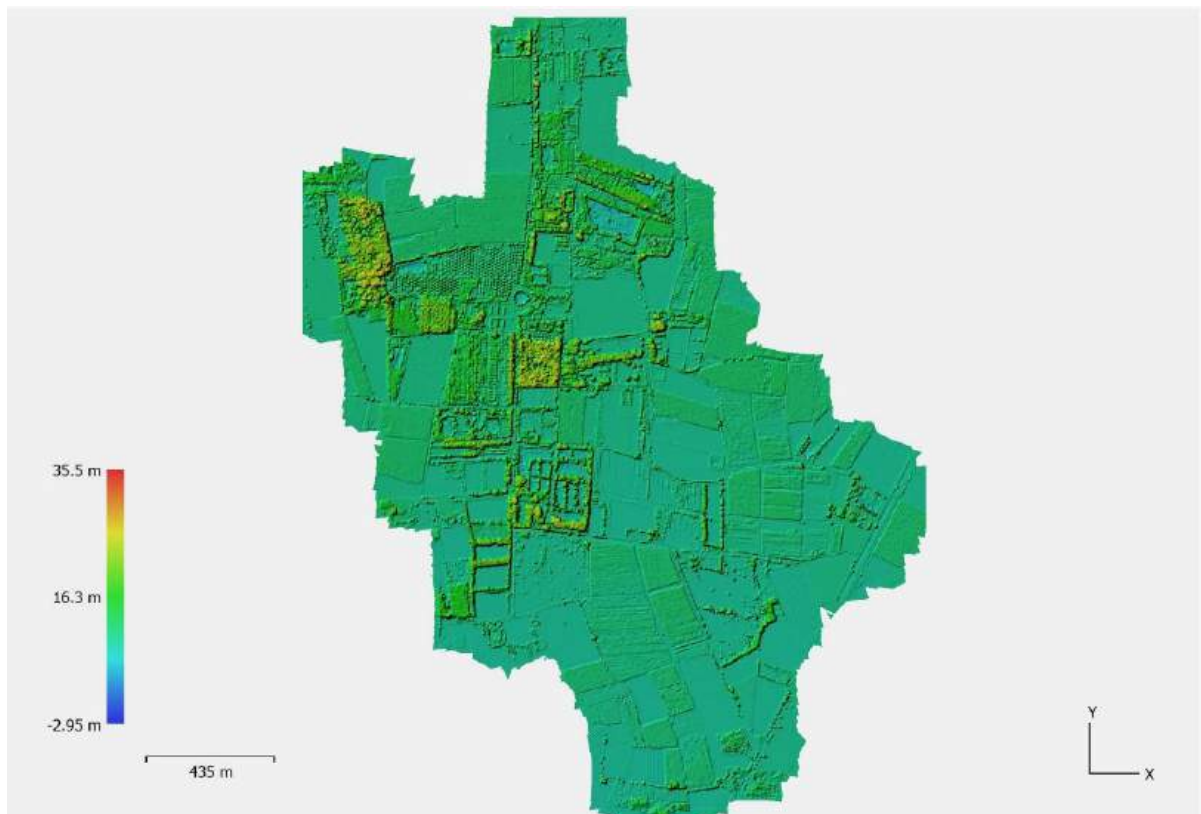
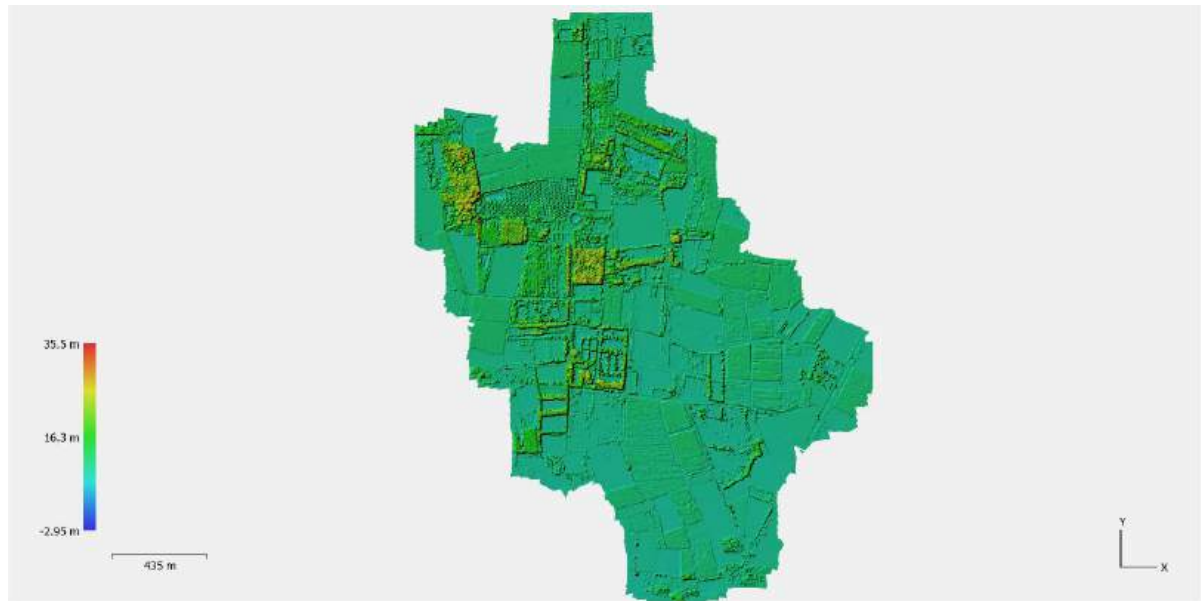
ข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ นำมาใช้สร้างภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นและสามารถคำนวณดัชนีความแตกต่างพืชพรรณเพื่อประเมินสภาพของพืชในพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลได้รับการประมวลผลผ่านกระบวนการโฟโตแกรมเมตรี การจัดแนวแบนด์ และการปรับแก้เชิงรังสี เพื่อให้ค่าการสะท้อนของแต่ละช่วงคลื่นมีความถูกต้องและสามารถนำไปวิเคราะห์ได้ โดยจากภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ได้คำนวณการหาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ ทำให้ทราบความอุดมสมบูรณ์และความเขียวของพืชโดยรวมเพื่อให้สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทอง สามารถให้ความรู้แก่ผู้ปฏิบัติงานภายในฟาร์มตัวอย่างฯ ถึงแนวทางการบริหารจัดการในพื้นที่ ที่พืชมีอัตราความเขียวต่ำ หรือสูง เพื่อควบคุมต้นทุนการผลิต ได้แก่ บำรุง หรือสารกำจัดแมลง และแรงงานภาคการเกษตรได้ โดยการคำนวณเพื่อหาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ สามารถทำได้จากโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย โดยทำการใส่สูตรการหาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ ที่ Output Bands

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$



รูปที่ 49 แสดงการคำนวณหาดัชนีความแตกต่างพืชพรรณในโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย

4.7.3 แบบจำลองพื้นผิว



รูปที่ 50 แสดงแบบจำลองพื้นผิวที่และแบบจำลองพื้นผิวที่ทำ HillShade

การได้ผลลัพธ์ของข้อมูลแบบจำลองพื้นผิวที่มีความละเอียด และถูกต้องในระดับเซนติเมตร ทำให้สถานีพัฒนาที่ดินอ่างทองและฟาร์มตัวอย่างฯ สามารถประเมินความสูงของพืชผลเพื่อติดตามการเจริญเติบโตหรือวางแผนการจัดการพื้นที่เพาะปลูก รวมถึงการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และเมื่อนำแบบจำลองพื้นผิวไปสร้าง Hillshade สามารถช่วยวางแผนการจัดการพื้นที่ในการวางแผนระบบระบายน้ำและชลประทานในอนาคตได้

วิจารณ์ผลการศึกษา

ผลการศึกษามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการโดยเห็นว่า อากาศยานไร้คนขับเป็นเทคโนโลยีที่สามารถผลิตข้อมูลทางแผนที่ที่มีความละเอียดสูงได้อย่างรวดเร็วและเป็นปัจจุบัน โดยการเลือกใช้อากาศยานไร้คนขับยี่ห้อ DJI รุ่น Mavic 3 Multispectral ซึ่งติดตั้งกล้อง RGB และกล้องหลายช่วงคลื่น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีศักยภาพสูงและมีความเหมาะสม และดำเนินการตามขั้นตอนไม่ว่าจะเป็นการวางแผนการบินอย่างเหมาะสม การกำหนดค่าการซ้อนทับของภาพถ่าย การใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน และจุดตรวจสอบ รวมถึงการประมวลผลข้อมูลด้วยหลักการโฟโตแกรมเมตรี เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพและความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะค่าความถูกต้องเชิงตำแหน่งซึ่งสามารถประเมินได้ด้วยค่า Root Mean Square Error และเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ American Society for Photogrammetry and Remote Sensing เพื่อรับรองคุณภาพของแผนที่ก่อนนำไปใช้งานจริง ทั้งนี้ ผลผลิตจากอากาศยานไร้คนขับยังสามารถผลิตข้อมูลเชิงพื้นที่และการวิเคราะห์ข้อมูลด้านพืชพรรณได้ส่งผลให้ข้อมูลที่ได้นี้มีความครบถ้วน

โดยสรุปผลการศึกษายืนยันว่า การทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงสามารถผลิตข้อมูลภูมิสารสนเทศที่มีความละเอียดและความถูกต้องเพียงพอสำหรับงานสำรวจและงานเกษตรอัจฉริยะ ทั้งยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ลดต้นทุน และลดระยะเวลาการดำเนินงาน

5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

5.1 เชิงปริมาณ

- 5.1.1 ภาพถ่ายออร์โธรีซิเชิงเลข ครอบคลุมพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างฯ
- 5.1.2 แบบจำลองพื้นผิว (DSM) ครอบคลุมพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างฯ
- 5.1.3 ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ครอบคลุมพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างฯ

5.2 เชิงคุณภาพ

ข้อมูลทางแผนที่ที่มีความถูกต้องตามมาตรฐาน ASPRS

6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

6.1 การนำไปใช้ประโยชน์

6.1.1 ประโยชน์ด้านการบริหารจัดการพื้นที่

ข้อมูลทางแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับสามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่วางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการประเมินผลกระทบจากการพัฒนาโครงการต่าง ๆ ทำให้ฟาร์มตัวอย่างฯ สามารถวางแผนการพัฒนาได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง

6.1.2 ประโยชน์ด้านการจัดการด้านเกษตรอัจฉริยะ

เมื่อนำภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นไปใช้ร่วมกับแบบจำลองพื้นผิว สามารถประเมินความสมบูรณ์ของพืช ตรวจสอบการขาดน้ำและธาตุอาหาร และสามารถคาดการณ์ผลผลิตได้ เนื่องจากความสูงของพืชมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของทรงพุ่ม และพื้นที่ใบของพืช ข้อมูลทางแผนที่จากอากาศยานไร้คนขับ จะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ผลผลิตล่วงหน้าได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้สามารถวางแผนการเก็บเกี่ยว การจัดการแรงงาน ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.1.3 ประโยชน์ด้านการประชาสัมพันธ์ และการส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงเกษตร

แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีสช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการประชาสัมพันธ์ฟาร์มตัวอย่าง โดยสามารถแสดงภาพรวมของพื้นที่ทั้งหมด แปลงเกษตร อาคารสำนักงาน ศูนย์เรียนรู้ แหล่งน้ำ โรงเรือน พื้นที่สาธิตต่างๆ และเส้นทางคมนาคมภายในฟาร์มตัวอย่าง ได้อย่างชัดเจน สามารถมองเห็นภาพรวมของฟาร์มตัวอย่าง ได้ในทันที นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประกอบสื่อประชาสัมพันธ์ เช่น เว็บไซต์ หน่วยงานราชการ สื่อสังคมออนไลน์ แผ่นพับ โปสเตอร์ รายงานผลการดำเนินงาน และวิดิทัศน์แนะนำสถานที่อีกด้วย

6.2 ผลกระทบ

6.2.1 เกษตรกรสามารถนำแนวทางการจัดการพื้นที่ไปประยุกต์ใช้

เกษตรกรภายในพื้นที่ที่สามารถนำแนวทาง เช่น การจัดแบ่งแปลง การวางระบบชลประทาน การจัดการพื้นที่ปลูก สามารถใช้เป็นต้นแบบให้เกษตรกรนำไปปรับใช้ตามสภาพพื้นที่ของตนได้

6.2.2 เกษตรกรที่ทำงานภายในฟาร์มตัวอย่างฯ ได้รับความรู้ที่ถูกต้องและทันสมัย

เกษตรกรผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่ฟาร์มตัวอย่างฯ สามารถรับรู้ถึงสภาพปัญหาของพื้นที่ และผลผลิตได้อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งหาแนวทางแก้ปัญหาได้อย่างทัน่วงที

7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

7.1 ความยุ่งยากและซับซ้อนในการวางแผนการบิน

การวางแผนการบินจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ศึกษา ความสูงในการบิน อัตราการซ้อนทับของภาพถ่าย สภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ และสถานการณ์ภายในประเทศ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพถ่ายที่มีคุณภาพและครอบคลุมพื้นที่ศึกษาอย่างครบถ้วน หากกำหนดแผนการบินไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้ข้อมูลไม่สมบูรณ์และต้องดำเนินการบินซ้ำ

7.2 ความยุ่งยากและซับซ้อนในการเลือกและติดตั้งจุดควบคุมภาคพื้นดิน และจุดตรวจสอบ

การกำหนดตำแหน่ง จุดควบคุมภาคพื้นดิน จำเป็นต้องคำนึงถึงหลักการกระจายตัวของจุดให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด ทั้งบริเวณขอบพื้นที่และภายในพื้นที่ศึกษา รวมถึงต้องหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีการบดบังสัญญาณดาวเทียมหรือมีสิ่งกีดขวาง การสำรวจค่าพิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดิน ยังต้องใช้เครื่องรับสัญญาณ GNSS ความละเอียดสูง ซึ่งต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ด้านงานสำรวจรังวัดและการประมวลผลข้อมูลดาวเทียม หากเกิดข้อผิดพลาดในการกำหนดพิกัด ทำให้มีผลโดยตรงต่อความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลแผนที่ที่ได้

7.3 ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการตามข้อบังคับตามกฎหมาย

ผู้ปฏิบัติงานต้องศึกษากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้อากาศยานไร้คนขับ รวมถึงต้องมีการขึ้นทะเบียนนักบินอากาศยานไร้คนขับ และขึ้นทะเบียนอากาศยานไร้คนขับ การทำประกันภัยสำหรับบุคคลที่ 3 รวมถึงประสานงานเพื่อดำเนินการในพื้นที่ เนื่องจากต้องคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล เพราะการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ ครอบคลุมพื้นที่ที่มีบุคคล อาคาร หรือทรัพย์สินส่วนบุคคล ซึ่งหากไม่ทำการขออนุญาตอาจก่อให้เกิดข้อพิพาททางกฎหมายได้

8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

8.1 ปัญหาด้านความจุของแบตเตอรี่ของอากาศยานไร้คนขับ

แบตเตอรี่เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระยะเวลาการบินถ่ายภาพ โดยแบตเตอรี่หนึ่งก้อนสามารถรองรับการบินได้ประมาณ 20–30 นาทีต่อการชาร์จ์หนึ่งครั้ง ทั้งนี้ ระยะเวลาการบินอาจเปลี่ยนแปลงตามสภาพอากาศ อุณหภูมิ และสภาวะแวดล้อมขณะปฏิบัติงาน นอกจากนี้ ภายหลังจากเสร็จสิ้นการบินถ่ายภาพแต่ละครั้ง แบตเตอรี่ต้องใช้เวลาชาร์จ์ประมาณ 1-2 ชั่วโมงก่อนนำกลับมาใช้งานใหม่ ส่งผลให้การสำรวจพื้นที่ต้องมีการวางแผนการบินและการบริหารจัดการแบตเตอรี่อย่างรอบคอบ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้อย่างครบถ้วนและครอบคลุมพื้นที่ศึกษา

8.2 ปัญหาด้านการวางจุดควบคุมภาคพื้นดิน และจุดตรวจสอบ

พื้นที่ศึกษาบางตำแหน่งไม่สามารถดำเนินการติดตั้งจุดควบคุมภาคพื้นดินได้ เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงพื้นที่ ส่งผลให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนตำแหน่งการวางจุดควบคุมให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่จริง

8.3 ปัญหาด้านการประมวลผลข้อมูล

การประมวลผลข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับและการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่ต้องใช้ทรัพยากรด้านคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง โดยเฉพาะหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) หน่วยประมวลผลกราฟิก (GPU) และหน่วยความจำหลัก (RAM) เนื่องจากองค์ประกอบดังกล่าวมีบทบาทสำคัญในการคำนวณการจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว และการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ควรวางแผนการบินอย่างเป็นระบบก่อนปฏิบัติงาน

ก่อนดำเนินการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ ควรศึกษาลักษณะพื้นที่ดำเนินงานอย่างละเอียด ทั้งขนาดพื้นที่ สภาพภูมิประเทศ สิ่งกีดขวาง และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อกำหนดแผนการบินที่เหมาะสม รวมถึงกำหนดความสูงในการบิน ความเร็วของอากาศยาน และอัตราการซ้อนทับของภาพ ซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดในการประมวลผลและเพิ่มความสมบูรณ์ของข้อมูล

9.2 ควรเลือกช่วงเวลาที่มีสภาพอากาศเหมาะสม

การถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ ควรดำเนินการในวันที่สภาพอากาศเหมาะสม และมีความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย เนื่องจากสภาพอากาศมีผลโดยตรงต่อเสถียรภาพของอากาศยานและคุณภาพของภาพถ่าย นอกจากนี้ควรเลือกช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาติสม่ำเสมอ เพื่อลดปัญหาเงาบังและความแตกต่างของแสงในภาพถ่าย

9.3 ควรเตรียมอุปกรณ์และแบตเตอรี่ให้เพียงพอ

ก่อนปฏิบัติงานทุกครั้งควรตรวจสอบสภาพของอากาศยานไร้คนขับ กล้อง เซนเซอร์ ใบพัด แบตเตอรี่ รีโมทควบคุม และอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน รวมทั้งควรเตรียมแบตเตอรี่สำรองให้เพียงพอต่อพื้นที่ที่จะสำรวจ เพื่อป้องกันการหยุดชะงักของภารกิจและลดความแตกต่างของสภาพแสงจากการบินหลายเที่ยว

10. การเผยแพร่ผลงาน (ถ้ามี)

มีการเผยแพร่เอกสารวิชาการนี้ในเว็บไซต์ของสำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ URL: <https://orgweb.ddd.go.th/> ในหัวข้อ คลังความรู้

11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน (ถ้ามี)

นายมนทล สุริยาประสิทธิ์ นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่กำกับ ควบคุม ให้คำปรึกษา รวมถึงประสานงาน ให้โครงการดำเนินการสำเร็จตามวัตถุประสงค์ สัดส่วนผลงานร้อยละ 10

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

(นางสาวธัญลักษณ์ ชัยวรพล)

ตำแหน่ง นักวิชาการแผนที่ภาพถ่ายปฏิบัติการ

ผู้ขอประเมิน

วันที่...../...../.....

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นายมนทล สุริยาประสิทธิ์	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายมณฑล สุริยาประสิทธิ์)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยและพัฒนา

เทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่

วันที่...../...../.....

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

ลงชื่อ.....

(นายธนากร นาเชียงใต้)

ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยี

การสำรวจและทำแผนที่

วันที่...../...../.....

เอกสารอ้างอิง/บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาที่ดิน. โครงการฟาร์มตัวอย่างในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์พระบรมราชินีนาถ สิบวทอง (Online). https://www.ddd.go.th/web_kingproject/Project/Queen/1-004.pdf, 10 เมษายน 2569
- กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2564. องค์ความรู้ตามภารกิจด้านการผังเมือง. บริษัท แอคซีฟ 888 จำกัด. ดร.เชาวลิต ศิลปะทอง. 2550. หลักการเบื้องต้นการสำรวจระยะไกล. เอกสารประกอบการอบรม เทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Online). [http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14\(29\).pdf](http://kmcenter.rid.go.th/kmc14/gis_km14/gis_km14(29).pdf), 16 เมษายน 2569
- มณฑล สุริยาประสิทธิ์. 2561. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial: UAV) ในการผลิตแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีและแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข ในพื้นที่บริเวณ วงรอบเขตพัฒนาที่ดิน ตำบลน้ำพุ อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี (Online). <https://e-library.ddd.go.th/library/Ebook/bib10201.pdf>, 16 เมษายน 2569
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 2563. การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ มหาวิทยาลัยด้วยอากาศยานไร้คนขับ (Online). https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2563/research.rmutsb-2563-20200818112148109.pdf?utm_, 16 เมษายน 2569
- สำนักงานจังหวัดอ่างทอง. 2566. แผนพัฒนาจังหวัดอ่างทอง (พ.ศ. 2566-2570) ฉบับทบทวน (Online) http://www.angthong.go.th/2564/files/com_news_devmanage/2023-10_7571c262adf726e.pdf, 20 พฤษภาคม 2569
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2552. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง.
- สุเพชร จิระจกุล. 2555. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.1. กรุงเทพฯ: บริษัท เอส.อาร์ พรินต์ติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคกลาง (Online). https://www.ddd.go.th/thaisoils_museum/pf_desc/central/Np.htm, 10 เมษายน 2569
- สำนักบริหารการทะเบียน. สถิติประชากรทางการทะเบียนราษฎร (Online). https://stat.bora.dopa.go.th/stat/statnew/statMONTH/statmonth/#/mainpage_, 10 เมษายน 2569
- สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. ความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ. ศูนย์ภูมิสารสนเทศ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน).
- อัมชา ก.บัวเกษร. 2542. รีโมทเซนซิงและระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เบื้องต้น. เอกสารประกอบการสอน, ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- โพธิ์วุฒิ บุญเรือง, ชัยนต์ ภักดีไทย, ศิลา แก้วปลั่ง. 2564. การประเมินภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับประมาณผลผลิตอ้อย (Online). <https://agkb.lib.ku.ac.th/doi/Detail/info/409175>, 20 พฤษภาคม 2569

ภาคผนวก 1

กฎหมายโทรคมนาคมในประเทศไทย ข้อจำกัดและข้อควรรู้สำหรับผู้ใช้งาน

Guideline : Air Law & Regulations

1. กฎหมายที่เกี่ยวข้อง

1.1. กฎหมายหลัก : พระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497 (พรบ. การเดินอากาศ 2497)

มาตรา 4 "อากาศยาน" หมายความว่า เครื่องที่ขึ้นที่ทรงตัวในบรรยากาศโดยปฏิกิริยาแห่งอากาศ เว้นแต่วัตถุซึ่งระบุงวเอนไว้ในกฎกระทรวง ซึ่ง กฎกระทรวงดังกล่าวหมายถึง กฎกระทรวงคมนาคม เรื่อง กำหนดวัตถุซึ่งไม่เป็นอากาศยาน พ.ศ. 2548 โดยระบุวัตถุต่อไปไม่เป็นอากาศยาน (1) วาว (2) บอลลูนหรือลูกโป่งซึ่งมีปริมาตรไม่เกินหนึ่งลูกบาศก์เมตร (3) เครื่องบินเล็กซึ่งใช้เป็น เครื่องเล่น (เครื่องบินบังคับวิทยุ)

อากาศยานอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ในกฎหมาย หมายถึง อากาศยาน ที่ควบคุมการบิน โดยผู้ควบคุม การบินอยู่ภายนอกอากาศยานและใช้ระบบควบคุมอากาศยาน

ซึ่งอาจมีทั้งขนาดเล็ก ที่เราเรียกว่า โดรน ไปจนถึงเป็นขนาดใหญ่เท่ากับอากาศยานจริง ก็เป็นไปได้ หาก อากาศยานลำนั้นไม่มีนักบินอยู่บนอากาศยาน โดยใช้การบังคับจากภายนอก

ทั้งนี้ จะยกเว้น เครื่องบินเล็กซึ่งใช้เป็นเครื่องเล่น (เครื่องบินบังคับวิทยุ) ไม่ถูกบังคับตามกฎหมายนี้ ตาม กฎกระทรวงคมนาคม เรื่อง กำหนดวัตถุซึ่งไม่เป็นอากาศยานฯ ตามที่กล่าวมา

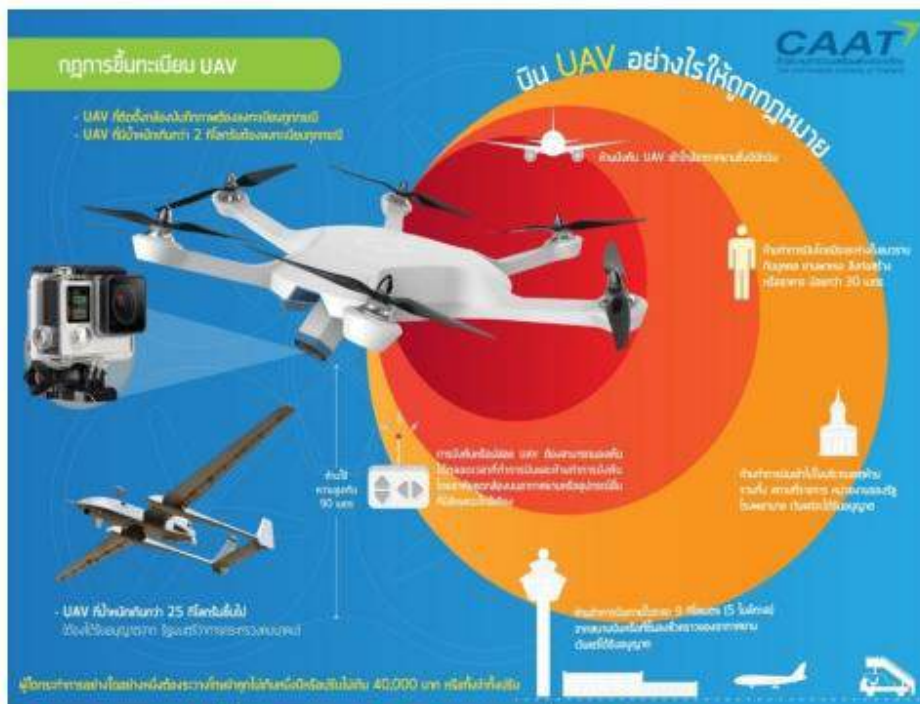
พรบ. การเดินอากาศ มาตรา 24

"ห้ามมิให้ผู้ใดบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินหรือทิ้งร่มอากาศ นอกจากได้รับอนุญาตเป็น หนังสือจากรัฐมนตรีและปฏิบัติตามเงื่อนไขที่รัฐมนตรีกำหนด"

พรบ. การเดินอากาศ มาตรา 24 เป็นกฎหมายมาตราหลักที่สำคัญ สำหรับอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน หรือ โดรน โดย กำหนดให้ อากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน หรือ โดรน หากจะทำการบิน จะต้องได้รับอนุญาต ให้ทำการบิน จาก รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม และปฏิบัติตามเงื่อนไขที่รัฐมนตรีกำหนด เนื่องจาก หากอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน หรือ โดรน ทั้งหมดในประเทศไทย หากต้องขออนุญาตทำการบินจาก รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม คงไม่เหมาะสมและปฏิบัติได้ยาก ดังนั้น เพื่อที่จะทำให้ทำการบิน อากาศยานซึ่งไม่มีนักบินหรือโดรน สะดวกและง่ายขึ้น จึงมีการออกกฎหมายลำดับรอง ก็คือ ประกาศ กระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไข ในการบังคับหรือปล่อยอากาศยาน

ซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 โดยหากผู้ที่ทำการบินอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน หรือโดรน ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขต่างๆ ที่กำหนดไว้ ก็จะสามารถได้รับอนุญาตจาก รัฐบาลตรีฯ ให้ทำการบินได้

1.2. ประกาศกระทรวงคมนาคม เรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไข ในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน เป็นกฎหมายลำดับรอง ที่มีความสำคัญ เป็นรายละเอียดและข้อกำหนดสำหรับการทำการบินอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินหรือโดรน โดยมีรายละเอียดเงื่อนไขต่างๆสำหรับการทำการบิน ดังต่อไปนี้



ผู้บังคับหรือปล่อยจะต้องขึ้นทะเบียน (ยกเว้นโดรนไม่มีกล้องและน้ำหนักต่ำกว่า 2 KG)

1. คุณสมบัติผู้บังคับโทร

1.1. มีอายุไม่ต่ำกว่า 20 ปีบริบูรณ์

1.2. ไม่เป็นผู้มีพฤติการณ์อันเป็นภัยต่อความมั่นคงของประเทศ

1.3. ไม่เคยต้องโทษจำคุกโดยคำพิพากษาถึงที่สุดให้จำคุกในความผิดตามกฎหมายว่าด้วยยาเสพติด หรือกฎหมายว่าด้วยศุลกากร

*โดรนน้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม ที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการเล่นเป็นงานอดิเรก เพื่อความบันเทิง หรือเพื่อการกีฬา ผู้บังคับหรือปล่อยต้องมีอายุเกินกว่า 18 ปีบริบูรณ์ หากมีเช่นนั้น ต้องมีผู้แทนโดยชอบธรรมควบคุมดูแล

CAAT
สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย
The Civil Aviation Authority of Thailand

เอกสารการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน (โดรน)
ผ่านระบบออนไลน์
WHAT DOCUMENT CAAT REQUIRE FOR
DRONE CONTROLLER REGISTRATION

พลเรือนไทยในสังกัดราชการทหาร ราชการตำรวจ ราชการศุลกากร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
ไม่ต้องชำระเป็นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน (โดรน) เนื่องจากได้มีการกำหนดให้พลเรือนดังกล่าวจัดขึ้น
ใบอยู่ภายใต้บังคับพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497 ตามมาตรา 5
ประกอบกฎกระทรวงกำหนดรายการอื่นที่ใบอยู่ภายใต้บังคับพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. 2497

ประเภทบุคคล/หน่วยงาน	เอกสารที่ต้องยื่น	เอกสารที่ต้องยื่น	เอกสารที่ต้องยื่น	
กรณีบุคคลธรรมดา (คนไทย)	แบบฟอร์มรับรองตนเอง	สำเนาบัตรประชาชนและทะเบียนบ้าน	ค่าธรรมเนียมประกันภัยเครื่องบินโดรน 3 DRONE INSURANCE POLICY WHICH COVERS DAMAGES CAUSED TO THE BODY, LIFE AND PROPERTIES OF THE THIRD PARTIES, AND ALSO THE MINIMUM SUM INSURED IS NOT LESS THAN ONE MILLION BAHT PER TIME ("COVERAGE IN THAILAND" MUST BE MENTIONED)	
กรณีนิติบุคคล	หนังสือรับรองบริษัท	แบบฟอร์มรับรองตนเอง (สำหรับกรรมการและผู้บังคับ)		สำเนาบัตรประชาชนและทะเบียนบ้าน (ของกรรมการและผู้บังคับ)
กรณีหน่วยงานราชการ รัฐบาล	หนังสือส่งจากหน่วยงานเรื่อง ขอขึ้นทะเบียนผู้บังคับฯ	แบบฟอร์มรับรองตนเอง (สำหรับผู้บังคับ)		สำเนาบัตรประชาชนและทะเบียนบ้าน หรือ บัตรเจ้าหน้าที่พนักงาน (ของผู้บังคับ)

รูปถ่ายโดรน
รูปเลขหมายจดทะเบียนตัวโดรน
PICTURE OF DRONE ITSELF
AND SERIAL NUMBER

การขึ้นทะเบียนหรือผู้บังคับบัญชาอากาศยานไดรอนออนไลน์สามารถลงทะเบียนได้ด้วยตัวเองได้ที่เว็บไซต์ www.caat.or.th/uav โดยจะแจ้งผลการพิจารณาให้ทราบภายใน 15 วันทำการ ทั้งนี้นับตั้งแต่วันที่เอกสารครบถ้วน *** หนังสือขึ้นทะเบียนผู้บังคับบัญชาอากาศยานไดรอนมีอายุ 2 ปี นับจากวันที่อนุมัติ โดยจะเป็นการขึ้นทะเบียนใหม่ทุกๆ 2 ปี ***

2. เงื่อนไขก่อนทำการบิน

- 2.1. ให้ตรวจสอบว่าอากาศยานอยู่ในสภาพที่สามารถทำการบินได้อย่างปลอดภัยซึ่งรวมถึงตัวอากาศยานและระบบควบคุมอากาศยาน
- 2.2. ต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของพื้นที่ที่จะทำการบิน
- 2.3. ให้ทำการศึกษาพื้นที่และขั้นตอนของห้วงอากาศที่จะทำการบิน
- 2.4. ต้องมีแผนฉุกเฉิน รวมถึงแผนที่สำหรับกรณีเกิดอุบัติเหตุ การรักษาพยาบาล และการแก้ปัญหา กรณีไม่สามารถบังคับอากาศยานได้
- 2.5. ต้องมีการบำรุงรักษาตามคู่มือของผู้ผลิต
- 2.6. ต้องมีความรู้ความชำนาญในการบังคับอากาศยานและระบบของอากาศยาน
- 2.7. ต้องมีความรู้ความเข้าใจในกฎจราจรทางอากาศ
- 2.8.ให้นำหนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยาน (ประเภทที่ควบคุมการบินจากภายนอก) ติดตัวไว้ตลอดเวลาที่ทำการบิน
- 2.9. ต้องมีอุปกรณ์ดับเพลิงที่สามารถใช้งานได้ติดตัวตลอดเวลาที่ทำการบิน
- 2.10. ต้องมีการประเมินภัยอากาศยานโดยรับผิดชอบต่อความเสียหายอันเกิดแก่ร่างกาย ชีวิตตลอดจนทรัพย์สินของบุคคลที่สามในวงเงินไม่ต่ำกว่า 1 ล้านบาท / อุบัติเหตุ/ ครั้ง และกรมธรรม์ประกันภัยต้องอยู่ติดกับหนังสือการขึ้นทะเบียนผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานและต้องต่ออายุกรมธรรม์ล่วงหน้าก่อนวันสิ้นอายุไม่น้อยกว่า 30 วัน

3. เงื่อนไขระหว่างทำการบิน

- 3.1. ห้ามทำการบินในลักษณะที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิต ร่างกาย ทรัพย์สิน และรบกวนความสงบสุขของบุคคลอื่น

- 3.2. ห้ามทำการบินเข้าไปในบริเวณพื้นที่หวงห้ามเด็ดขาด พื้นที่หวงห้ามเฉพาะ และพื้นที่อันตรายตามที่ประกาศใน รายละเอียดแนบท้ายประกาศสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย เรื่อง กำหนดพื้นที่หวงห้ามเด็ดขาด พื้นที่หวงห้ามเฉพาะ และพื้นที่อันตราย พ.ศ. 2566 รวมทั้งสถานที่ราชการ หน่วยงานของรัฐ โรงพยาบาล เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากหน่วยงานเจ้าของพื้นที่
- 3.3. แนวการบินขึ้นลงของอากาศยานจะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง
- 3.4. ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานต้องสามารถมองเห็นอากาศยานได้ตลอดเวลาที่ทำการบินและห้ามทำการบังคับอากาศยานโดยอาศัย ชุดกล้องบนอากาศยานหรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง
- 3.5. ต้องทำการบินในระหว่างเวลาพระอาทิตย์ขึ้นถึงพระอาทิตย์ตก ซึ่งสามารถมองเห็นอากาศยานได้อย่างชัดเจน
- 3.6. ห้ามทำการบินเข้าใกล้หรือเข้าไปในเมฆ
- 3.7. ห้ามทำการบินภายในระยะ 9 กิโลเมตร (5 ไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยาน เว้นแต่ ได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินอนุญาตหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวอนุญาต
- 3.8. ห้ามทำการบินโดยใช้ความสูงเกิน 90 เมตร (300 ฟุต) เหนือพื้นดิน
- 3.9. ห้ามทำการบินเหนือเมือง หมู่บ้าน ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีคนมาชุมนุมอยู่
- 3.10. ห้ามบังคับอากาศยานเข้าใกล้อากาศยานซึ่งมีนักบิน
- 3.11. ห้ามทำการบินละเมิดสิทธิส่วนบุคคลของผู้อื่น
- 3.12. ห้ามทำการบินโดยก่อให้เกิดความเดือดร้อน ความรำคาญแก่ผู้อื่น
- 3.13. ห้ามส่งหรือพาวัตถุอันตรายตามที่กำหนดในกฎกระทรวงหรืออุปกรณ์ปล่อยแสงเลเซอร์ติดไปกับอากาศยาน
- 3.14. ห้ามทำการบินโดยมีระยะห่างในแนวราบกับบุคคล ยานพาหนะ สิ่งก่อสร้าง อาคาร ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการบินน้อยกว่า 30 เมตร (100 ฟุต) ในกรณีอากาศยานที่มีน้ำหนักไม่เกิน 2 กิโลกรัม และ 50 เมตร (150 ฟุต) ในกรณีอากาศยานที่มีน้ำหนักเกินกว่า 2 กิโลกรัม แต่ไม่เกิน 25 กิโลกรัม
- 3.15. เมื่อมีอุบัติเหตุเกิดขึ้นแก่อากาศยานฯ ให้ผู้บังคับหรือปล่อยอากาศยานฯ แจ้งอุบัติเหตุนั้นต่อพนักงานเจ้าหน้าที่โดยไม่ชักช้า

4. บทกำหนดโทษ

- 4.1 กรณีไม่ได้รับอนุญาต เป็นหนังสือจากรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม เป็นการฝ่าฝืนมาตรา 24 มีความผิดตามมาตรา 78 (1) ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 1 ปีหรือปรับไม่เกิน 40,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ
- 4.2 กรณีไม่ปฏิบัติตามเงื่อนไข ที่กำหนดในการอนุญาต เป็นการฝ่าฝืนมาตรา 24 มีความผิดตามมาตรา 67/20 ต้องระวางโทษปรับไม่เกิน 50,000 บาท



5. ก ขที่กำหนดได้

- เช่น • ทำการบินในพื้นที่หวงห้ามเด็ดขาด พื้นที่หวงห้ามเฉพาะ หรือพื้นที่อันตราย
- ทำการบินในเวลากลางคืน
 - กรณีทำการบินที่ความสูงเกิน 90 เมตร
 - ทำการบินเหนือพื้นที่ที่มีคนชุมนุมอยู่หนาแน่น
 - ทำการบินบรรทุกสิ่งของ / วัตถุอันตราย

โดยเอกสารส่งคำขออนุญาตทำการบินสามารถส่งมาได้ที่ uas_ur@caat.or.th โดยมีเอกสารประกอบการขออนุญาตดังนี้

เนื่องจากอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินหรือโดรน จะมีการใช้งานคลื่นความถี่ จึงจำเป็นต้องมีการควบคุมหรือกำหนดเงื่อนไขการใช้งานคลื่นความถี่ดังกล่าว ตามที่ประกาศจากสำนักงาน กสทช. กำหนด ดังนั้นหากท่านครอบครองโดรนแล้วจึงจำเป็นต้องขึ้นทะเบียนคลื่นความถี่กับทาง กสทช. ภายใน 30 วันตั้งแต่วันที่ครอบครองโดรน ทั้งนี้โดรนที่ท่านครอบครองนั้นจะต้องมีมาตรฐานทางเทคนิคตามที่สำนักงาน กสทช. กำหนด และจะต้องผ่านการตรวจสอบโดยสำนักงาน กสทช.

1.4 ประกาศ กพท. เรื่อง การอนุญาตให้อากาศยานซึ่งไม่มีนักบินฯ บินเข้าพื้นที่หวงห้ามเฉพาะ VT R1 Bangkok City พ.ศ. 2563

พื้นที่ในกรุงเทพมหานครทั้งหมด ซึ่งเป็น พื้นที่ชุมชน มีตึกสูงและมีอัตราการอาศัยของประชากรหนาแน่น จึงมีการประกาศให้เป็นพื้นที่หวงห้ามเฉพาะ เรียกว่า VT R1 Bangkok City ซึ่งโดยปกติกรณีอากาศยานจริงจะอนุญาตให้ทำการบินได้เฉพาะกรณีที่มีการกิจที่จำเป็น ส่วนในกรณีทำการบินอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินหรือโดรนในพื้นที่กรุงเทพมหานครนั้น สามารถทำการบินได้ แต่ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่ทาง กพท. กำหนด ดังนี้

- 1.4.1 ผู้บังคับโดรนนั้นจะต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้รับผิดชอบพื้นที่ก่อนจะทำการบิน
- 1.4.2 อนุญาตให้ทำการบินเฉพาะตามเงื่อนไขการบิน ที่ระบุตาม ประกาศกระทรวงคมนาคมเรื่อง หลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานซึ่งควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558
- 1.4.3 จะต้องแจ้งข้อมูลทำการบินโดยกรอกแบบฟอร์มทำการบินในพื้นที่ VT R1 Bangkok City ที่ กพท.เป็นคนกำหนด พร้อมแนบเอกสารหลักฐานต่างๆ ก่อนทำการบินล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 5 วันทำการ

ทั้งนี้ท่านสามารถดาวน์โหลดเอกสาร และศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ www.caat.or.th/uav

1.5 ประกาศ กพท. เรื่อง กำหนดพื้นที่หวงห้ามเด็ดขาด พื้นที่หวงห้ามเฉพาะ และพื้นที่อันตราย พ.ศ. 2566

โดยประกาศฉบับนี้ประกาศออกมาเพื่อให้สามารถทำการบินในพื้นที่หวงห้ามเด็ดขาด พื้นที่หวงห้ามเฉพาะและพื้นที่อันตรายได้ โดยจะต้องได้รับอนุญาตจากผู้รับผิดชอบพื้นที่นั้นๆ พร้อมทั้งจะต้องใช้ความระมัดระวังและต้องปฏิบัติตามคำแนะนำของพนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายและมีผลกระทบต่อกิจกรรมที่เกิดขึ้นในเขตพื้นที่ควบคุมทั้งสามพื้นที่ โดยพื้นที่แต่ละพื้นที่นั้นจะมีข้อจำกัด หรือข้อห้าม

แตกต่างกันออกไปแต่ละพื้นที่ ซึ่งก่อนทำการบินนั้นจะต้องตรวจสอบพื้นที่ที่ทำการบินก่อนว่าอยู่ในพื้นที่ควบคุมหรือไม่ โดยที่ท่านสามารถดาวโหลด Google Earth Pro และดาวโหลดไฟล์ตรวจสอบพื้นที่ควบคุมทั้งสามได้โดยตัวท่านเอง ผ่าน www.caat.or.th/vtr1_detail2.php ท่านสามารถอ่านข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ แนวทางข้อสอบวิชา Air Space Restriction

1.6 ประกาศ กพท. เรื่อง แนวทางในการพิจารณาอนุญาตให้อากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอกทำการบินภายในระยะเก้ากิโลเมตร (ห้าไมล์ทะเล) จากสนามบินหรือที่ขึ้นลงชั่วคราวของอากาศยาน พ.ศ. 2561

เนื่องจากตามกฎหมาย การทำการบินโดรนในระยะ 9 กิโลเมตรจากสนามบินนั้นจะต้องได้รับอนุญาตจากเจ้าของหรือผู้ดำเนินการสนามบินก่อน ในทุกกรณี ไม่ว่าจะเป็นสนามบินพลเรือน หรือสนามบินของหน่วยงานรัฐ ประกาศฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อให้เกิดความชัดเจน รวมทั้งเป็นแนวทาง สำหรับสนามบิน ในการพิจารณาอนุญาตดังกล่าว เพื่อความปลอดภัยต่อการบินของอากาศยานอื่นที่ปฏิบัติการบิน ตลอดจนความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินของผู้เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดต่างๆ ได้แก่ การพิจารณาในระยะ 9 กิโลเมตรนั้น นับจากจุดอ้างอิงเส้นกึ่งกลางทางวิ่ง (Runway) ของแต่ละทางวิ่ง ผู้ที่ต้องการทำการบินจะติดต่อไปยังหน่วยควบคุมจราจรทางอากาศที่รับผิดชอบในสนามบินที่ต้องการทำการบินก่อน และจะสามารถอนุญาตให้ทำการบินได้ต่อเมื่อหน่วยควบคุมจราจรทางอากาศนั้นไม่ขัดข้องต่อการทำการบินนั้นๆ

หลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการอนุญาตมีดังนี้

- 1.6.1 ผู้บังคับต้องขึ้นทะเบียนกับสำนักงาน กสทช. และ กพท. เรียบร้อยแล้ว
- 1.6.2 ผู้ขอจะต้องแจ้งเหตุผลหรือความจำเป็นในการทำการบินในระยะ 9 กิโลเมตร
- 1.6.3 ผู้จะต้องได้รับหนังสือยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางสนามบิน และนำมายื่นประกอบในการขออนุญาตด้วย
- 1.6.4 ผู้ขออนุญาตจะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไขตามประกาศกระทรวงคมนาคมเรื่องหลักเกณฑ์การขออนุญาตและเงื่อนไขในการบังคับหรือปล่อยอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ประเภทอากาศยานที่ควบคุมการบินจากภายนอก พ.ศ. 2558 อย่างเคร่งครัด

1.6.5 สนามบินผู้อนุญาตจะต้องแจ้งให้ผู้ขอทำการบินทราบว่าจะต้องติดต่อประสานกับ ศูนย์ต่อต้านอากาศยานซึ่งไม่มีนักบินประเภทที่ควบคุมการบินจากภายนอก สำนักงานตำรวจแห่งชาติ ก่อนเวลาทำการบินจริงล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 1 วัน หรือก่อนทำการบิน

ตัวอย่างอากาศยานซึ่งไม่มีนักบิน ซึ่งมีหลายรูปแบบ และหลากหลายขนาด



■ Fixed Wing



■ Multi Rotor



■ Helicopter

ประเภทปีกแข็ง หรือเครื่องบิน

ประเภทปีกหมุน

ประเภทเฮลิคอปเตอร์



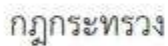
Balloon (Lighter than Air)

ประเภทบอลลูน



VTOL

ประเภทขึ้นลงทางตั้ง



รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม

หมายเหตุ :- เหตุผลในการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับนี้ คือ โดยที่ได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมบทบัญญัติในมาตรา ๕ แห่งพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. ๒๔๙๗ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการเดินอากาศ (ฉบับที่ ๑๒) พ.ศ. ๒๕๕๓ ให้ราชการศุลกากรเป็นราชการที่ไม่อยู่ภายใต้บังคับกฎหมายว่าด้วยการเดินอากาศ สมควรปรับปรุงกฎกระทรวงกำหนดราชการส่วนอื่นที่ไม่อยู่ภายใต้บังคับพระราชบัญญัติการเดินอากาศ พ.ศ. ๒๔๙๗ พ.ศ. ๒๕๔๗ โดยตัดราชการศุลกากรออก เพื่อให้สอดคล้องกับการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัตินี้ดังกล่าว ประกอบกับในปัจจุบันสำนักข่าวกรองแห่งชาติมีภารกิจหลักในการปฏิบัติงานด้านข่าวกรอง และเป็นศูนย์กลางบูรณาการข่าวกรองของชาติ และเพื่อให้การปฏิบัติงานของสำนักข่าวกรองแห่งชาติเป็นไปด้วยความรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ สมควรกำหนดเพิ่มเติมให้ราชการสำนักข่าวกรองแห่งชาติเป็นราชการอื่นที่ไม่อยู่ภายใต้บังคับกฎหมายว่าด้วยการเดินอากาศด้วย จึงจำเป็นต้องออกกฎกระทรวงนี้

ภาคผนวก 2

การประมวลผลภาพถ่ายออร์โธรีตีด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย

Processing Parameters Ortho

General

Cameras	1209
Aligned cameras	1209
Markers	11
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Tie Points

Points	432,768 of 527,047
RMS reprojection error	0.223591 (1.71972 pix)
Max reprojection error	0.862805
(53.8645 pix) Mean key point size	6.66389 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	10.287

Alignment parameters

Accuracy	Medium
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Source
Key point limit	40,000
Key point limit per Mpx	1,000
Tie point limit	4,000
Exclude stationary tie points	Yes
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	6 minutes 27 seconds
Matching memory usage	1.87 GB
Alignment time	9 minutes 53 seconds
Alignment memory usage	829.71 MB

Optimization parameters

Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	34 seconds

Software version	2.1.1.17762
File size	94.30 MB
Depth Maps	
Count	1198
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium Filtering mode
Aggressive Max neighbors	16
Processing time	22 minutes 7 seconds
Memory usage	2.07 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	2.64 GB
Point Cloud	
Points	81,393,295
Point attributes	
Color	3 bands, uint8
Normal	
Confidence	1-55
Point classes	
Created (never classified)	81,393,295
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium
Filtering mode	Aggressive
Max neighbors	16
Processing time	22 minutes 7 seconds
Memory usage	2.07 GB
Point cloud generation parameters	
Processing time	1 hours 3 minutes
Memory usage	10.51 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	1.14 GB
Model	
Faces	90,000
Vertices	45,171
Vertex colors	3 bands, uint8

Texture	8,192 x 8,192, 4 bands, uint8
---------	-------------------------------

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Tie points
Interpolation	Enabled
Strict volumetric masks	No
Processing time	4 seconds
Memory usage	126.45 MB

Texturing parameters

Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	8,192
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	Yes
UV mapping time	20 seconds
UV mapping memory usage	74.25 MB
Blending time	10 minutes 18 seconds
Blending memory usage	7.42 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	63.80 MB

DEM

Size	9,568 x 12,469
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)

Reconstruction parameters

Source data	Point cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 9 seconds
Memory usage	1.01 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	305.39 MB

System

Software name	Agisoft Metashape Professional
---------------	--------------------------------

Software version	2.1.1 build 17762
OS	Windows 64 bit
RAM	63.21 GB
CPU	11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11800H @ 2.30GHz
GPU(s)	NVIDIA RTX A3000 Laptop GPU

ภาคผนวก 3

การประมวลผลภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นด้วยโปรแกรมประมวลผลภาพถ่าย

Processing Parameters Multispectral

General

Cameras	4836
Aligned cameras	4836
Markers	11
Coordinate system	WGS 84 / UTM zone 47N (EPSG::32647)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Tie Points

Points	1,842,564 of 2,220,477
RMS reprojection error	0.204867 (1.42974 pix)
Max reprojection error	1.45784 (59.5278 pix)
Mean key point size	6.15792 pix
Point colors	1 bands, uint16
Key points	No
Average tie point multiplicity	8.77735

Alignment parameters

Accuracy	Medium
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Source
Key point limit	40,000
Key point limit per Mpx	1,000
Tie point limit	4,000
Exclude stationary tie points	Yes
Guided image matching	No
Adaptive camera model fitting	No
Matching time	14 minutes 21 seconds
Matching memory usage	2.79 GB
Alignment time	1 hours 2 minutes
Alignment memory usage	4.00 GB

Optimization parameters

Parameteprs	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	1 minutes 5 seconds

Software version	2.1.1.17762
File size	344.43 MB
Depth Maps	
Count	1206
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium
Filtering mode	Aggressive
Max neighbors	16
Processing time	8 minutes 48 seconds
Memory usage	1.08 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	666.84 MB
Point Cloud	
Points	25,340,543
Point attributes	
Color	None
Normal	
Confidence	1-43
Depth maps generation parameters	
Quality	Medium
Filtering mode	Aggressive
Max neighbors	16
Processing time	8 minutes 48 seconds
Memory usage	1.08 GB
Point cloud generation parameters	
Processing time	12 minutes 27 seconds
Memory usage	2.38 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	265.37 MB
Model	
Faces	140,871
Vertices	70,597
Vertex colors	1 bands, uint16

Texture	8,192 x 8,192, 5 bands, unit16
---------	--------------------------------

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Tie points
Interpolation	Enabled
Strict volumetric masks	No
Processing time	11 seconds
Memory usage	132.60 MB

Texturing parameters

Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	8,192
Enable hole filling	Yes
Enable ghosting filter	Yes
UV mapping time	53 seconds
UV mapping memory usage	107.18 MB
Blending time	39 minutes 37 seconds
Blending memory usage	3.53 GB
Software version	2.1.1.17762
File size	218.60 MB

System

Software name	Agisoft Metashape Professional
Software version	2.1.1 build 17762
OS	Windows 64 bit
RAM	63.21 GB
CPU	11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-11800H @ 2.30GHz
GPU(s)	NVIDIA RTX A3000 Laptop