



รายงาน

คู่มือการประยุกต์ใช้งานและการประเมินผลภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

เสนอ

รศ. ดร.สิทธิชัย ชูสำโรง

ผู้จัดทำ

นางสาว สุดารัตน์ สุขอยู่

รหัสนิสิต 66163297

รายงานประกอบวิชาการประยุกต์ใช้และการประเมินผลภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2568

คำนำ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ได้เข้ามายึด主导地位 สำหรับงานสำรวจวัดและจัดทำแผนที่เป็นอย่างมาก เนื่องจากความสะดวกรวดเร็วในการเก็บข้อมูลและช่วยลดต้นทุนการดำเนินงานได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม หัวใจสำคัญของงานรังวัดคือ "ความถูกต้องแม่นยำ" (Accuracy) ของข้อมูลที่ได้

ในการปฏิบัติงานเพื่อให้ได้ค่าพิกัดที่มีความแม่นยำสูง มีแนวทางที่เป็นที่ยอมรับ 2 แนวทางหลัก คือ การใช้หมุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ แต่ต้องใช้เวลาและแรงงานในการทำงานภาคสนามค่อนข้างมาก และอีกแนวทางหนึ่งคือการใช้เทคโนโลยี GNSS RTK (Real-Time Kinematic) ที่ติดตั้งมา กับตัวโดรนโดยตรง ซึ่งมีศักยภาพในการลดขั้นตอนการทำงานภาคสนามลงได้อย่างมหาศาล

ด้วยเหตุนี้ ผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานและผลลัพธ์ด้านความแม่นยำที่ได้จากการใช้ GNSS RTK ในรายงานฉบับนี้ จึงได้รวบรวมขั้นตอนการปฏิบัติงานโดยละเอียด ตั้งแต่การวางแผน การเก็บข้อมูลภาคสนาม จนถึงการประมวลผล โดยใช้เครื่อง DJI Phantom 4 Pro V2.0 เป็นตัวแทนของวิธีที่ต้องใช้ GCP และเครื่อง DJI P4 Multispectral ซึ่งมีระบบ RTK ในตัว เป็นตัวแทนของวิธีที่สอง

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจศึกษาในเทคโนโลยีการรังวัดด้วยอากาศยาน เนื่องจากความสามารถในการทำงานที่รวดเร็วและแม่นยำ รวมถึงการลดต้นทุนและเวลาในการสำรวจ ทักษะทางด้านการใช้เทคโนโลยีและภาษาอังกฤษที่ดี ทำให้สามารถเข้าใจเนื้อหาได้ดี ขอขอบคุณทุกท่านที่อ่านและศึกษาในครั้งนี้ หวังว่าจะได้รับประโยชน์อย่างมาก

สุดารัตน์ สุขอยู่

วันที่ 27 ตุลาคม 2568

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
- ความเป็นมาและความสำคัญ	1
- ปัญหาในการดำเนินงาน	1
- วัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงาน	2
การทำรังวัดด้วยระบบ RTK โดยใช้ Trimble R8s	3
การบินโดรนสำรวจและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ	10
การประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape และ QGIS	13
ขั้นตอนในการบินโดรน DJI Phantom 4 Multispectral	16
ตาราง การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโดรนแบบใช้ GCP และโดรนมัลติสเปกตรัล (RTK/PPK)	19
สรุปและวิเคราะห์ผล	20
บรรณานุกรม	22

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

ในทศวรรษที่ผ่านมา เทคโนโลยีการสำรวจและจัดทำแผนที่ได้มีการพัฒนาไปอย่างก้าวกระโดด โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เทคโนโลยีการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV Photogrammetry (Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญและถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายสาขาอาชีพ ไม่ว่าจะเป็น งานวิศวกรรมโยธา การก่อสร้าง การเกษตรแม่นยำสูง การวางแผนเมือง หรือการจัดการภัยพิบัติ

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ UAV Photogrammetry ได้รับความนิยม คือ ความสามารถในการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Data) ได้อย่างรวดเร็ว ครอบคลุมพื้นที่กว้าง และมีต้นทุนที่ต่ำกว่าวิธีสำรวจทางอากาศแบบดั้งเดิม เช่น การใช้เครื่องบิน อิฐทึบยังให้ผลลัพธ์ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงมาก เช่น ภาพถ่ายออร์โธโมเสก (Orthomosaic) และแบบจำลองภูมิประเทศสามมิติ (3D Model)

อย่างไรก็ตาม หัวใจสำคัญของการนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยเฉพาะในงานที่ต้องการความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูง (High Positional Accuracy) คือ ความแม่นยำ (Accuracy) ของข้อมูลที่ได้ หากข้อมูลที่ผลิตออกมามีความคลาดเคลื่อนสูง ก็จะไม่สามารถนำไปใช้ในการอ้างอิง การออกแบบ หรือการคำนวณที่ต้องการความเที่ยงตรงได้ ดังนั้น ความจำเป็นในการได้มาซึ่งข้อมูลที่มีความแม่นยำสูงจึงเป็นโจทย์ที่สำคัญที่สุดในการปฏิบัติงานรังวัดด้วย UAV

ปัญหาในการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานเพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูงตามมาตรฐานงานสำรวจ ปัจจุบันมีแนวทางการปฏิบัติงานหลักอยู่ 2 แนวทาง ซึ่งมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนี้

1. วิธีดั้งเดิม (Traditional Method) การใช้หมุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) วิธีนี้เป็นมาตราฐานดั้งเดิมที่ให้ความน่าเชื่อถือสูง โดยอาศัยการรังวัด หมุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Points - GCPs) ซึ่งเป็นจุดที่ทราบค่าพิกัดที่แน่นอนบนพื้นดิน โดยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม (GNSS Receiver) วัดค่าพิกัดไว้ก่อนทำการบิน จากนั้นจึงนำค่าพิกัดของ GCP เหล่านี้ไปใช้ในกระบวนการประมวลผลภาพถ่าย (Photogrammetric Processing) เพื่อบรับแก้และอ้างอิงตำแหน่งของแบบจำลองทั้งหมดให้มีความถูกต้อง
 - ข้อดี ให้ความแม่นยำเชิงตำแหน่งที่สูงมากและเป็นที่ยอมรับในมาตรฐานงานวิศวกรรม
 - ข้อจำกัด สิ้นเปลืองเวลาและแรงงานภาคสนามอย่างมากในการติดตั้งและรังวัด GCPs โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าดงที่กว้างขวางหรือเข้าถึงได้ยากลำบาก ทำให้ต้นทุนการดำเนินงานสูงขึ้น

2. วิธีสมัยใหม่ (Modern Method) การใช้เทคโนโลยี GNSS RTK บน UAV เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของวิธีดั้งเดิม ปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับมืออาชีพได้ติดตั้งเทคโนโลยี GNSS RTK (Real-Time Kinematic) มา กับตัวลำโดด ตรง เทคโนโลยีนี้ช่วยให้ UAV สามารถรับค่าแก้พิกัด (Correction Data) จากสถานีฐาน (Base Station) ได้แบบเรียลไทม์ ทำให้ค่าพิกัดนั้น ตำแหน่งที่ถ่ายภาพ (Camera Exposure Station) มีความแม่นยำสูงในระดับเซนติเมตร
 - ข้อดี ช่วยลดหรือตัดขั้นตอนการทำ GCPs ภาคพื้นดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Productivity) ในการทำงาน
 - ข้อจำกัด จำเป็นต้องใช้อากาศยานที่มีคุณสมบัติเฉพาะและมีราคาสูงกว่า รวมถึงต้องมีความรู้ในการตั้งค่าระบบ RTK ให้ถูกต้อง

อากาศยานที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของทั้งสองแนวทาง รายงานฉบับนี้จึงเลือกใช้อากาศยานไร้คนขับ 2 รุ่น ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละเทคโนโลยี ดังนี้

1. DJI Phantom 4 Pro V2.0 เป็นตัวแทนของอากาศยานที่ใช้ การทำงานแบบพึ่งพา GCPs (GCP-based Workflow) รุ่นนี้ติดตั้งกล้องคุณภาพสูง แต่ไม่มีระบบ RTK ในตัว การทำงานเพื่อให้ได้ความแม่นยำสูงจึงจำเป็นต้องอาศัยการรังวัด GCPs ภาคพื้นดินเป็นหลัก
2. DJI P4 Multispectral เป็นตัวแทนของอากาศยานที่ใช้ การทำงานแบบ RTK (RTK-based Workflow) รุ่นนี้มีการติดตั้งโมดูล GNSS RTK แบบบูรณาการมาจากการงาน ทำให้สามารถบันทึกข้อมูลตำแหน่งภาพถ่ายที่มีความแม่นยำสูงได้โดยตรง

วัตถุประสงค์ของการจัดทำรายงาน

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานและวิธีการใช้งานของระบบ GNSS RTK ร่วมกับอากาศยานไร้คนขับ
2. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมและดำเนินการบินอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้หมุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCP) ด้วยเครื่อง DJI Phantom 4 Pro V2.0
3. เพื่อศึกษาขั้นตอนการเตรียมและดำเนินการบินอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้ระบบ RTK ด้วยเครื่อง DJI P4 Multispectral
4. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลลัพธ์ด้านความแม่นยำ ที่ได้จากการประมวลผลระหว่างวิธี UAV + GCP และ UAV + RTK

การทำวัดด้วยระบบ RTK โดยใช้ Trimble R8s

1. อุปกรณ์เสริมเพื่อความแม่นยำ

- เครื่องรับสัญญาณ GNSS (GNSS Receiver) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากดาวเทียมหลายระบบ
 - Trimble R8s 2 Base Station (ฐาน) ติดตั้งอยู่ตำแหน่งที่รู้พิกัดแน่นอน และ Rover (เคลื่อนที่) รับ correction จาก Base เพื่อนำมาปรับปรุงค่าพิกัดให้แม่นยำ
 - TSC3 Controller with Trimble Access Field Software สำหรับควบคุม
 - เสาอากาศ (Antenna) สำหรับรับสัญญาณดาวเทียม เพื่อให้รับสัญญาณได้ดีขึ้น
 - Internal Battery *2 แบตเตอรี่สำรองสำหรับใช้งานอย่างต่อเนื่อง
 - Bipod Pole ใช้สำหรับการถือ Receiver ในโหมด Rover
 - ขาตั้งกล้อง / เสาโพล (tripod, range pole) ใช้ในเป็นฐานสำหรับ Base Station
 - Tribrach, Adapter อุปกรณ์ยึดเครื่องรับให้มั่นคงและปรับระดับ
 - Transportation Case กระเป๋าสำหรับเก็บอุปกรณ์กันกระแทก
- อุปกรณ์วัดความสูง (ตัลบ์เมตร)
- แฟลชไดรฟ์สำหรับ copy ข้อมูลออกจากตัว Controller
- Internal Battery Charger and Adapter



2. อุปกรณ์ซอฟต์แวร์และการประมวลผล

- แอปพลิเคชันวางแผนการบิน (Flight Planning App) ใช้สำหรับกำหนดพื้นที่สำรวจ, สั่นทางการบิน, และตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (จะใช้ DJI GO 4 หรือ DJI GS Pro ติดตั้งในมือถือ/ไอแพด)
- ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่าย (Photogrammetry Software) ใช้สำหรับนำภาพถ่ายที่ได้มาประมวลผลเพื่อสร้างแผนที่, แบบจำลอง 3 มิติ, และข้อมูลเชิงพื้นที่อื่นๆ (จะใช้โปรแกรม Agisoft Metashape, QGIS)

3. การเลือกและวางจุด GCP (Ground Control Point)

- เลือกจุดที่โด่นเด่นจากด้านบนแล้วมองเห็นชัด มักใช้แผ่น Target GCP สีดำ-ขาว หรือ สีเหลือง-ดำ
- อยู่ในตำแหน่งคงที่ถาวรและไม่ควรเคลื่อนย้ายขณะโดรนกำลังบินถ่ายภาพ และวัดพิกัดได้สะดวก
- กระจายตัวครอบคลุมพื้นที่ครอบคลุม อย่างน้อย 5 จุดต่อ 1 พื้นที่บิน ขอบทั้ง 4 ด้าน + ตรงกลาง
- พื้นที่ใหญ่ แนะนำ 7–15 จุด (ขึ้นกับขนาดและความซับซ้อนของพื้นที่)



4. คู่มือการใช้งานเครื่องรับสัญญาณ GNSS (GNSS Receiver) และ Controller

พิกัดที่ทราบในการทำ RTK

Ellipsoid Reference	Point ID	Location	ค่าพิกัด (Northing)	ค่าพิกัด ตะวันออก (Easting)	ความสูงหมุดที่ระดับพื้นดิน (ม.)	Ellipsoid Height
UTM 47 WGH84	MN5001	เสาปูน ด้านตะวันตก	1851911.146	627469.581	41.126	6.596
UTM 47 WGH84	MN5002	ติดสะพาน	1851839.056	627521.843	41.105	5.965

ความสูงหมุดที่ระดับพื้นดิน (print ไปภาคสนาม)

จุด MN5002

ระยะจากพื้นดินถึงหัวหมุด 0.41 เมตร

จากพื้นดินถึงแนวปูนฐานหัวหมุด 0.40 เมตร (หัวหมุดหนา 1 เซนติเมตร)

ขั้นตอนการติดตั้งและการเชื่อม Bluetooth ตัว Base

การติดตั้งตัว Base Station บนจุดที่ทราบพิกัดแน่นอน (หรือเป็นจุดอ้างอิง) ด้วยขาตั้งสามขาให้ได้ระนาบโดยพองน้ำมันต้องอยู่ตรงกัน และปรับตำแหน่งขาอีกสองขาเพื่อให้จุดกึ่งกลางของ Tribrach ตรงกับหมุดควบคุม ต่อมาทำการวัดตัว Base วัดจาก center of bumper ถึงพื้นดิน



หลังจากนั้นประกอบตัว Base โดยใส่แบตเตอรี่ เสา RTK และเสาอากาศ จัดเตรียมฐานเรียบร้อยครบถ้วนแล้ว ให้นำตัว Base ที่ต่อ กับเสาวิทยุสำหรับ RTK มา ประกอบเข้ากับ Tribrach ที่ติดตั้งอยู่บนขาตั้งกล่อง เปิดตัว Base ไฟดวงขาวที่ base จะติด



ถัดมาทำการเปิดตัว Controller เพื่อทำการเชื่อมต่อ ใช้ปากกาคลิกที่ setting > connect > Bluetooth > ตรวจสอบชื่อของตัว Base และเลือกให้เป็น Base (334) Rover (056) > accept ไฟดวงขาวมือที่ base จะติด



create new job คลิกที่ general survey > job > new job > ตั้งชื่อ > enter > accept ตรวจสอบด้านบนช้ายของจะเขียนเป็นชื่อ job ที่เราตั้ง แสดงว่าอยู่ใน job นั้นแล้ว

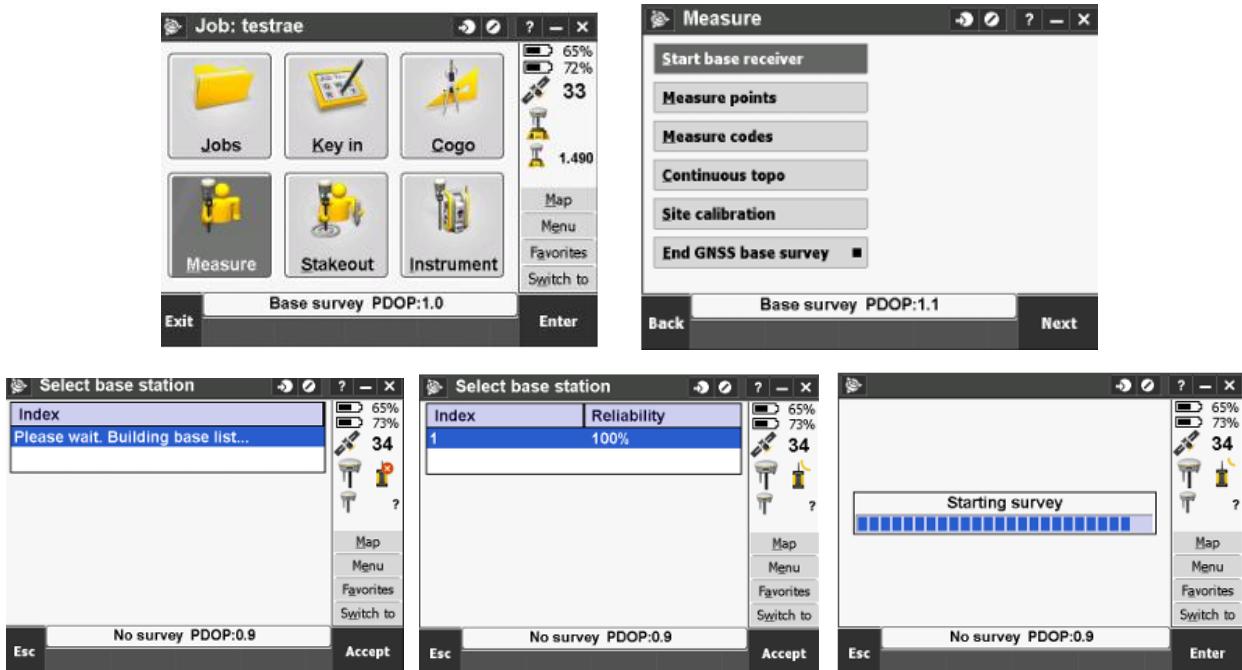
measure > RTK > start base receiver > point base name รอปดาวน์ลงมา > เลือก key in > ตั้งชื่อ ,ใส่พิกัดจุดที่ตั้ง base, ความสูง > store > ใส่ความสูงที่วัดจาก center of bumper > enter > start ไฟทั้ง 3 ดวงติดแสดงว่าตัว Base พร้อมใช้งาน จากนั้นตั้งตัว base ที่ไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อรับสัญญาณจากดาวเทียมให้เพียงพอ



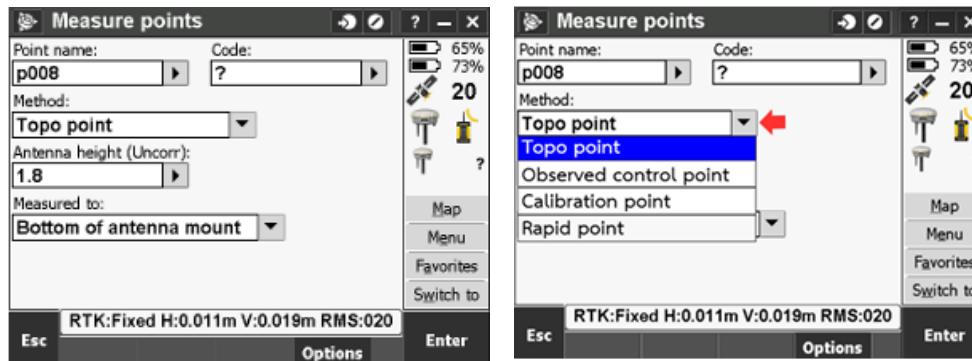
หลังจากติดตั้งตัว base เส็จเรียบร้อย ประกอบด้วย rover บันสายโพล (ทำเช่นเดียวกับตัว Base) แล้วเปิดเครื่องจากนั้น การเก็บพิกัดโดยให้นำตัว Rover ไปวางที่จุด GCP หรือจุดตัดต่าง ๆ ที่ต้องการเก็บพิกัด ในทุกครั้งที่มีการย้ายจุดต้องตรวจสอบน้ำระดับให้อยู่ตรงกลางทุกครั้งเพื่อความแม่นยำในการเก็บข้อมูล



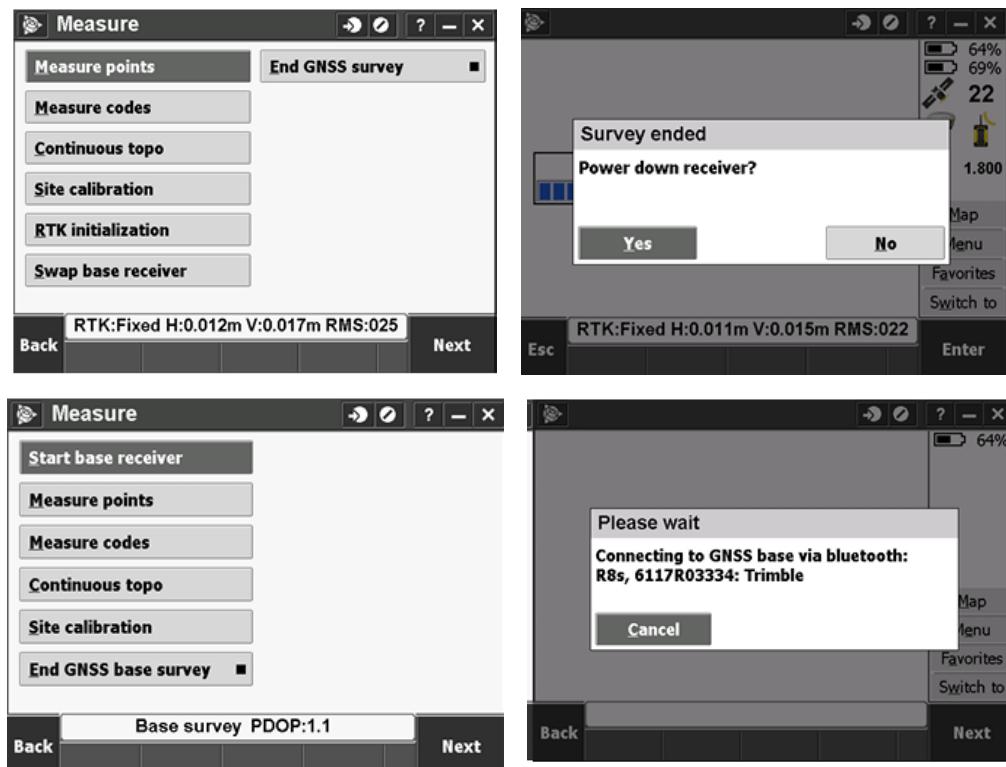
การใช้ Controller เพื่อเก็บข้อมูลนั้น ให้เข้าไปที่หน้า Jobs ที่เราสร้างเอาไว้แล้วคลิกที่ Measure > RTK > Measure point กด next ตรวจสอบให้แน่ใจว่าต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 5 ดวง PDOP น้อยกว่า 2 เพื่อความถูกต้องและแม่นยำของข้อมูล แล้วกด Accept > Enter



เก็บจุดที่ 1 ใส่ชื่อจุดที่ต้องการเก็บ จากนั้นให้เลือก topo point และให้ใส่ความสูงของตัว Rover มันจะว่าเป็น bottom of antenna mount ให้ดูความสูงจากเสาที่เหติดตั้งตัว Rover เพื่อความถูกต้องของข้อมูล ไม่ควรปรับความสูงของ Rover ระหว่างการเก็บจุด เมื่อตั้งค่าแล้วให้กด Measure จากนั้นรอ 5 วินาที หรือดูเวลา Controller ตรงกลางจะมีเมื่อหยุดนับเวลา สามารถเปลี่ยนจุดไปเรื่อยตามที่เรา想 GCP ไว้จนครบ



เมื่อครบจุดกด End Survey และ Shutdown ทั้งตัว Base และ Rover ได้เลย ส่วนจุด GCP เก็บหลังบินโดรน



วิธี export ข้อมูลจาก Controller

- เสียบแฟลชไดรฟ์เข้าตัว Controller เมื่อเข้าแล้วจะขึ้นคำว่า Hard Disk

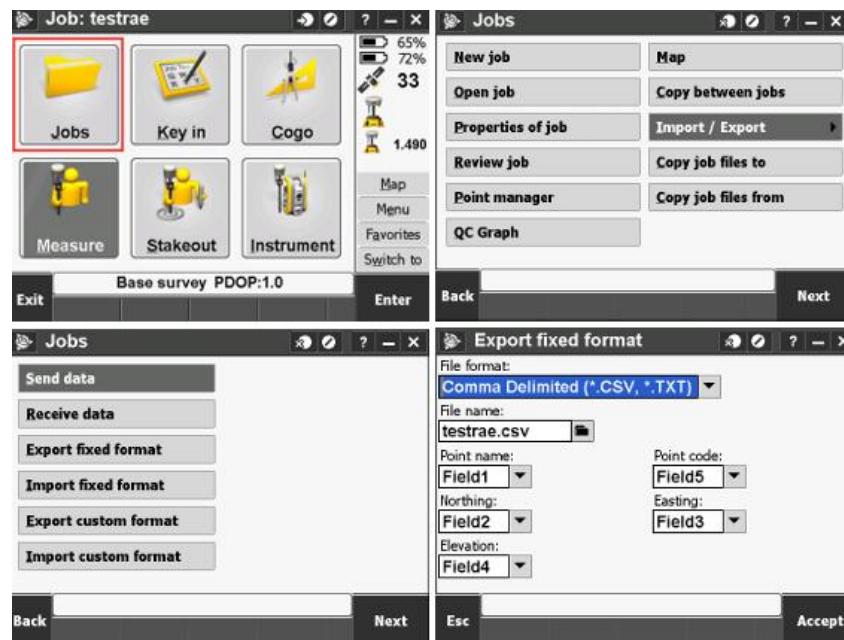


- เลือก Job ที่สร้างไว้ แล้วเลือก Export > Send Data จะขึ้นหน้า Export Fixed Format จากนั้นเลือก

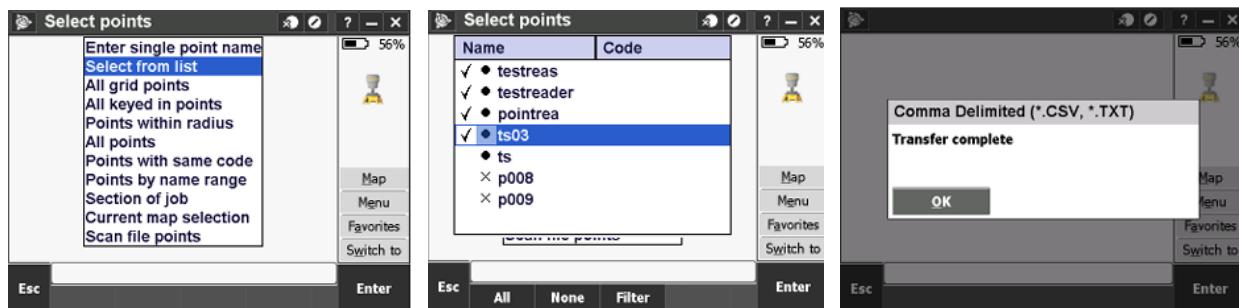
File Format : เลือกประเภทของข้อมูลที่จะส่งออก

File Name : เลือกที่เก็บไฟล์ และตั้งชื่อไฟล์

ซองอื่นๆคือการกำหนดคอลัมน์ของไฟล์ CSV * เลือกตำแหน่งจัดเก็บข้อมูลตามที่ลูกศรชี้ ตรวจสอบให้มั่นใจว่าข้อมูลถูกบันทึกลงในแฟลชไดรฟ์ และไฟล์เดอร์ที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว จากนั้นกด Accept



3. หน้า Select points ให้เลือก Select from list จากนั้นให้เลือกจุดที่ต้องการเพื่อส่งออกข้อมูลแล้วรอ จนกว่าจะขึ้น Transfer complete แล้วให้กด OK จะถือว่าการ Export ข้อมูลเสร็จสิ้น



การบินโดรนสำรวจและการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ

1. ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

1.1. อุปกรณ์หลักสำหรับโดรน

- โดรน (UAV/Drone)
- รีโมทคอนโทรล (Remote Controller) ใช้สำหรับควบคุมการบินและตั้งค่าต่างๆ
- แบตเตอรี่สำรอง สำคัญมากสำหรับงานสำรวจพื้นที่กว้าง ควรมีแบตเตอรี่ที่ชาร์จเต็มอย่างน้อย 2-3 ก้อน หรือมากกว่านั้นสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่
- ชุดชาร์จแบตเตอรี่ (Charging Hub) ช่วยให้สามารถชาร์จแบตเตอรี่ได้หลายก้อนพร้อมกัน ประหยัดเวลา
- การ์ดหน่วยความจำ (SD Card) ควรใช้การ์ดที่มีความจุสูงและมีความเร็วในการเขียนข้อมูลที่รวดเร็ว เพื่อรองรับไฟล์ภาพถ่ายจำนวนมาก
- มือถือ/ไอแพด ที่ติดตั้งโปรแกรม DJI GS Pro พร้อมใช้งาน



2. การวางแผนการบิน (Flight Planning)

ตรวจสอบก่อนบิน (Pre-flight Checklist)

- ทำ Pre-flight checklist ใบพัด, GPS, คอมพิวเตอร์, กล้อง, แบตเตอรี่, โดรนและรีโมทชาร์จเต็ม, SD Card ว่างเพียงพอ, GPS สัญญาณเพียงพอ (>10 ดาว), เช็คทิศทางลม
- บินในพื้นที่ปลอดภัย ไร้สิ่งกีดขวาง ถ้ามีใช้ DJI GO 4 ในการวัดยอดตีกหรือต้นไม้
- ตรวจสอบ GCP (ถ้ามี) ว่าอยู่ในตำแหน่ง
- ปฏิบัติตามกฎหมายการบินพลเรือน (เช่น ต้องขออนุญาตจาก กพท. และ กสทช.)
- บินในระยะที่สายตามองเห็น (VLOS)
- ห้ามบินเหนือพื้นที่ห่วงห้ามหรือสถานที่ราชการ
- ระมัดระวังสิทธิส่วนบุคคลและความปลอดภัย

2.1. ขั้นตอนการประกอบโดรน

- ใช้ DJI GO 4 หรือ DJI GS Pro ติดตั้งในมือถือ/ไอแพดให้เรียบร้อย พร้อมล็อกอิน
- ติดตั้งใบพัดให้แน่น (มี 2 สี: ขาว-ดำ ต้องตรงตำแหน่งมอเตอร์)
- ใส่แบตเตอรี่เข้าตัวโดรนจนล็อกแน่น
- เปิดรีโมทคอนโทรล → เปิดเครื่องโดรน
- เชื่อมต่อมือถือ/แท็บเล็ตเข้ากับรีโมท → เปิดแอป DJI GO 4 , DJI GS Pro
- ตรวจสอบค่า IMU และ Compass ว่าอยู่ในสถานะปกติ

2.2. การตั้งค่า Mission สำหรับงานสำรวจ

- เปิดแอป > เลือก New Mission
- กำหนดพื้นที่ (Polygon / Grid) ที่ต้องการบินสำรวจ
- ตั้งค่า ความสูงในการบินเริ่มต้น 60 -120 เมตร > Overlap / Sidelap : Front Overlap 70–85% Side Overlap 60–80% > ความเร็วในการบิน (แนะนำ 3–5 m/s) > โหมดการถ่ายภาพ > Gimbal Pitch Angle, Camera Settings

3. การบินโดรน

ต้องมีผู้ควบคุม 2 คน คนแรกให้ควบคุมหน้าจอตลอดเวลา คนที่สองให้มองดูตัวโดรนตลอดการบิน ระวังนก และสิ่งกีดขวางอื่นๆที่จะชนโดรน

3.1. วาง Phantom 4 Pro V2.0 บนพื้นราบ ไม่มีสิ่งกีดขวาง(บินให้สูงกว่าสิ่งกีดขวาง) > กด “Start” เพื่อให้โดรนบินอัตโนมัติตามแผนที่วางไว้ **ควรอ่าน error ทุกครั้งที่มีกดปิด เพื่อเช็คก่อนขึ้นบินว่าบันทึกได้กำหนดค่าหรือยังไม่ได้ทำอะไร (สังเกตเมื่อเราจะกดเริ่มแอปจะไม่ให้ขึ้นบิน)**

3.2. โดรนจะถ่ายภาพตามเส้นทางที่กำหนดไว้

3.3. ระหว่างบิน

- ตรวจสอบสัญญาณ GNSS ของโดรน
- คุณแบตเตอรี่ (เปลี่ยนเมื่อเหลือ < 30%)
- อย่าเคลื่อนย้าย iPad ระหว่างบิน

3.4. เมื่อจบภารกิจโดรนจะบินกลับ Home Point อัตโนมัติ (RTH) หลังโดรนแตะพื้น ให้กดปุ่ม Power ที่แบตเตอรี่ค้างเพื่อปิดเครื่อง และปิดรีโมทคอนโทรล

การเก็บและส่งเอกสารข้อมูล

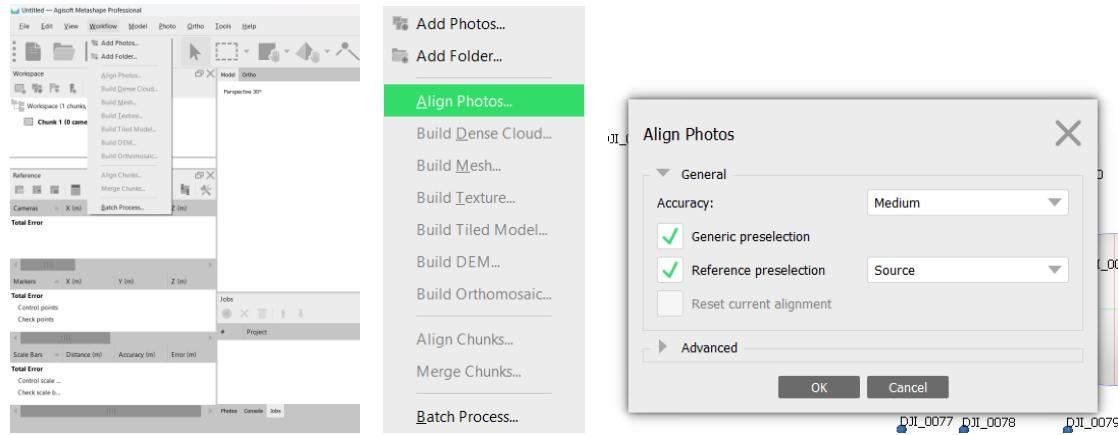
- นำ SD Card ออกจากโดรน → เชื่อมตอกับคอมพิวเตอร์
- คัดลอกไฟล์ภาพ/วิดีโอทั้งหมดไปเก็บในแฟลเดอร์ที่จัดไว้
- นำไฟล์ไปประมวลผลในโปรแกรม Agisoft Metashape

เอกสารที่ผู้บังคับโดรนต้องมี

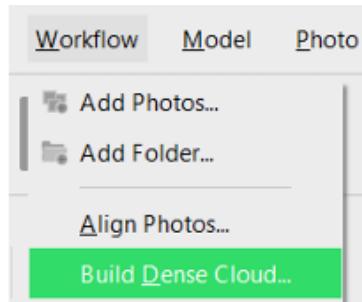
- หนังสือขึ้นทะเบียนผู้บังคับ /ปล่อยอากาศยาน (กพท.)
- กรมธรรม์ประกันภัยบุคคลที่สาม
- ใบอนุญาตเป็นคุณความถี่ กสทช.
- หนังสือยินยอมจากเจ้าของพื้นที่

การประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape และ QGIS

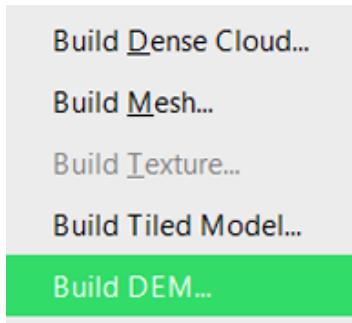
เปิดโปรแกรม Agisoft Metashape > workflow > add photo > เลือกไฟล์เดอร์รูปภาพ > การจัดเรียงภาพ (Align Photos), ความละเอียด (medium)



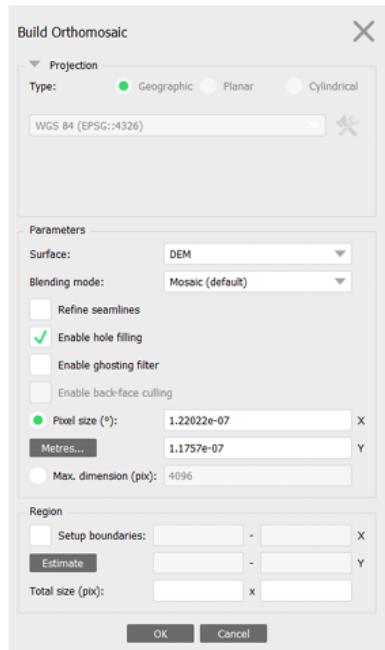
สร้างกลุ่มจุดหนาแน่น (Build Dense Cloud), ความละเอียด (medium) > OK



แบบจำลองระดับความสูง (Build DEM), ความละเอียด (medium)



สร้างแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโมเสก (Build Orthomosaic) > file > export > export orthomosaic > .tiff



ผลลัพธ์



การตรึงพิกัด (Georeference)

การตรึงพิกัด (Georeference) คือ กระบวนการกำหนดตำแหน่งเชิงภูมิศาสตร์ (พิกัดจริงบนพื้นโลก) ให้กับข้อมูลที่เดิมยังไม่มีข้อมูลพิกัด เช่น ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่กระดาษ หรือภาพสแกน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นไปใช้ร่วมกับข้อมูลภูมิศาสตร์สนับสนุนอื่น ๆ ได้อย่างถูกต้องในระบบพิกัดเดียวกัน

ขั้นตอนการตรึงพิกัด

1. เลือกจุดควบคุม (Control Points)

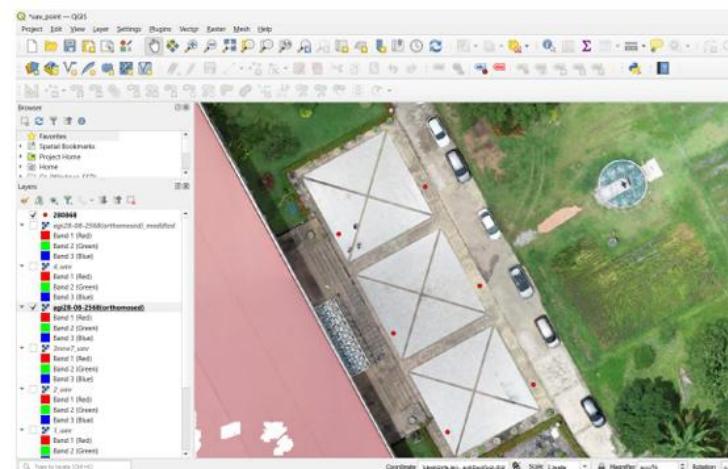
จุดที่รู้พิกัดจริงในทั้งภาพและแผนที่อย่างชัดเจน จุดตัดถนน สะพาน หรือหมุดพิกัด เปิดโปรแกรม QGIS > layer > add layer > เลือก add delimited text > เลือกไฟล์ จุด > geometry definition > geometry crs : 32647

	A	B	C	D
1	id	y	x	z
2	agi01	1851839	627521.8	41.105
3	agi02	1851853	627487.4	41.365
4	agi03	1851866	627480.6	41.359
5	agi04	1851878	627473.7	41.36
6	agi05	1851884	627484.6	41.398
7	agi06	1851872	627491.5	41.412
8	agi07	1851859	627498.3	41.402

2. เตรียมภาพหรือแผนที่ที่ต้องการตรึงพิกัด

Data sources manager > raster > ไฟล์รูป ortho

layer > georeferencer > open raster > เลือกภาพ orthomosaic > add point > หาจุด 4 จุด คัดลอกค่า x,y จากตาราง excel มาวาง > ok > ทำซ้ำจนครบ > start georeferencing > Target crs : 32647 > run again > ผลลัพธ์



ขั้นตอนในการบินโดรน DJI Phantom 4 Multispectral

1. เตรียมความพร้อมก่อนบิน

ตรวจสอบอุปกรณ์

- ตรวจสอบสภาพโดรน ใบพัด และกล้อง multispectral ว่าอยู่ในสภาพสมบูรณ์
- ตรวจสอบแบตเตอรี่ของโดรนและรีโมตให้มีพลังงานเพียงพอ (อย่างน้อย 80%)
- เตรียม SD card (แนะนำขนาด $\geq 32GB$, ความเร็วสูง)
- ตรวจสอบการติดตั้ง GNSS (GPS/GLONASS) และ RTK



ตรวจสอบสภาพอากาศและพื้นที่บิน

หลักเลี้ยงลมแรง ($>10 m/s$) หรือฝนตก

ตรวจสอบพื้นที่รับ ปลอกดสิ่งกีดขวาง และไม่มีสายไฟแรงสูง

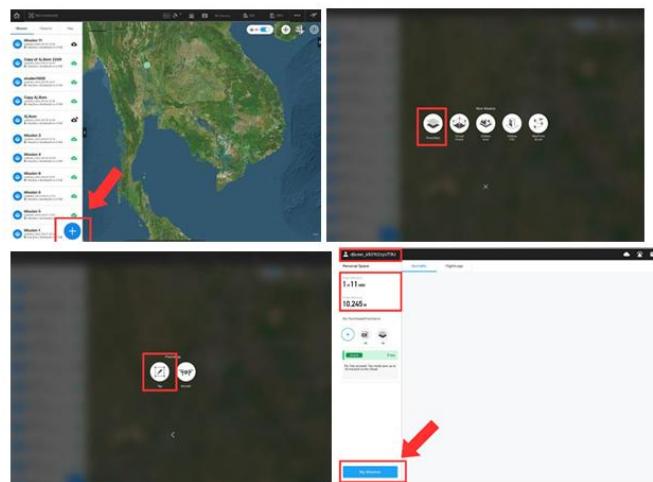
2. วางแผนการบิน (Flight Planning)

ใช้แอปพลิเคชัน

- ใช้ DJI GS Pro
- ตั้งค่าพารามิเตอร์การบิน

ตั้งค่าพารามิเตอร์การบิน

- ความสูงการบิน (เช่น 60–120 เมตร)
- ความเร็วบิน (เช่น 3–7 m/s)
- ความซ้อนทับของภาพ (Front overlap 80%, Side overlap 70%)
- รูปแบบการบิน (Grid / Double Grid สำหรับ NDVI)
- เปิดโหมด RTK หากต้องการความแม่นยำสูงในพิกัด



3. การเตรียมการก่อนขึ้นบิน

- เปิดเครื่องโดรน รีโมต และแอปควบคุม
- รอให้ GPS/RTK จับสัญญาณครบ (อย่างน้อย 10 ดาวเทียม)
- ตรวจสอบกล้อง 6 ตัวของ P4M ว่าทำงานปกติ (1 RGB + 5 Multispectral Bands)
- ตรวจสอบทิศทางแสงอาทิตย์ และตั้งค่า White Balance ให้เหมาะสม
- ถ่ายภาพ Calibration Panel (แผ่นอ้างอิงค่าการสะท้อนแสง) ก่อนเริ่มบิน

4. ปฏิบัติการบิน

- เริ่มการกิจจากจุดขึ้นบินที่ปลอดภัย
- ใช้โหมดอัตโนมัติ (Auto Flight) ตามแผนการบินที่กำหนด
- ระหว่างบิน ค่อยตรวจสอบ
 - ความสูง
 - สถานะสัญญาณ GPS/RTK
 - ระดับแบตเตอรี่

5. หลังลงจอด

- ถ่ายภาพ Calibration Panel อีกครั้ง (หลังบินเสร็จ)
- ปิดเครื่อง และเก็บอุปกรณ์อย่างระมัดระวัง
- ถอน SD card เพื่อคัดลอกข้อมูลภาพ

6. การประมวลผลข้อมูล

ซอฟต์แวร์ที่ใช้

- DJI Terra, Pix4Dfields, Agisoft Metashape, หรือ QGIS + Plugin NDVI

ขั้นตอน

1. นำเข้าภาพจาก SD card
2. ตรวจสอบ Metadata (พิกัด, band, RTK data)
3. ประมวลผล Orthomosaic / NDVI / NDRE
4. วิเคราะห์ข้อมูล (พื้นที่สุขภาพพืช, ความชื้น, ความหนาแน่นใบ ฯลฯ)

ตาราง การเปรียบเทียบการทำงานระหว่างโดรนแบบใช้ GCP และโดรนมัลติสเปกตรัล (RTK/PPK)

หัวข้อเปรียบเทียบ	โดรนแบบใช้จุดควบคุมภาคพื้น (GCP)	โดรนมัลติสเปกตรัล (ระบบ RTK/PPK)
1. หลักการทำงาน	ใช้จุดควบคุมภาคพื้น (GCP) ที่ทราบค่าพิกัดจริง (จาก GNSS ความแม่นยำสูง) วางกระจาดยที่พื้นที่เพื่อเป็นฐานอ้างอิงระหว่างภาพถ่ายและพิกัดจริง โดยซอฟต์แวร์ Photogrammetry จะเชื่อมโยงตำแหน่งภาพกับ GCP เพื่อแก้ไขค่าพิกัด	ใช้ระบบ RTK/PPK ที่รับสัญญาณแก้ไขจากสถานีฐาน GNSS (เช่น D-RTK 2) แบบเรียลไทม์ หรือหลังการบิน ทำให้แต่ละภาพมีค่าพิกัดที่ถูกต้องในระดับเซนติเมตร โดยไม่ต้องพื้น GCP จำนวนมาก
2. ระบบกำหนดพิกัด (Positioning System)	ใช้ GNSS ทั่วไป (ไม่มีการแก้ไขแบบ Real-Time) และพึ่งพาการอ้างอิงจาก GCP	ใช้ GNSS พร้อมระบบแก้ไขแบบ Real-Time Kinematic (RTK) หรือ Post-Processed Kinematic (PPK)
3. ความแม่นยำเชิงตำแหน่ง (Accuracy)	ความแม่นยำเชิงระบบ (X,Y) ประมาณ $\pm 2-5$ ซม. และเชิงตั้ง (Z) $\pm 5-8$ ซม. ขึ้นอยู่กับจำนวนและการกระจายของ GCP	ความแม่นยำเชิงระบบ (X,Y) $\pm 2-3$ ซม. และเชิงตั้ง (Z) $\pm 3-5$ ซม. เมื่อเชื่อมกับ D-RTK 2 อย่างถูกต้อง
4. จำนวนจุดควบคุมที่ต้องใช้ (GCP)	ต้องวางและวัดพิกัด GCP อย่างน้อย 5-10 จุด หรือมากกว่าตามขนาดพื้นที่ เพื่อให้ผลลัพธ์มีความเสถียร	อาจไม่ต้องใช้ GCP เลย หรือใช้พื้น 1-2 จุดเพื่อยืนยันความถูกต้อง (Check Point)
5. ระยะเวลาเตรียมงานก่อนบิน	ใช้เวลานาน เนื่องจากต้องวางหมุด วัดพิกัดด้วย GNSS และตรวจสอบตำแหน่งก่อนเริ่มบิน	ใช้เวลาสั้นกว่า เพราะไม่ต้องวางหมุดหรือเตรียม GCP จำนวนมาก
6. การดำเนินการบิน (Flight Operation)	ต้องวางแผนให้ภาพครอบคลุม GCP ทั้งหมด, การซ้อนทับภาพสูง เพื่อเชื่อมโยงพิกัดให้ถูกต้อง	ใช้การวางแผนการบินอัตโนมัติจาก RTK Mission Planning และข้อมูลพิกัดจะแม่นยำโดยตรงจากระบบ
7. งานหลังการบิน (Post-Processing)	ต้องใช้ซอฟต์แวร์ Photogrammetry (เช่น Pix4D, Agisoft Metashape) เชื่อมโยงภาพกับ GCP เพื่อสร้างโมเดลภูมิประเทศ	สามารถนำข้อมูลไปประมวลผลได้ทันที เพราะค่าพิกัด RTK/PPK ถูกฝังอยู่ใน Metadata ของภาพ
8. ความเร็วในการประมวลผล	ใช้เวลานานกว่า เนื่องจากต้องกำหนดจุด GCP และปรับแก้ค่าพิกัด	เร็วกว่า เนื่องจากระบบ RTK ให้ค่าพิกัดที่แม่นยำโดยตรง
9. ประเภทของข้อมูลที่ได้	ภาพ RGB (ทั่วไป) เหมาะกับงานแผนที่ภูมิประเทศ, ภูมิลักษณ์ หรือสำรวจพื้นที่ภายนอก	ได้ทั้งภาพ RGB และ Multispectral (5-6 แบนด์) เหมาะกับงานเกษตรแม่นยำ, การวิเคราะห์สุขภาพพืช, NDVI, NDRE ฯลฯ
10. ความหมายสมของงาน	เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูงมาก เช่น การทำแผนที่ภูมิประเทศ, สำรวจเชิงโครงสร้าง, การสร้าง DEM, DSM	เหมาะสมสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูงมาก เช่น การทำแผนที่ภูมิประเทศ, สำรวจเชิงโครงสร้าง, การทำ DEM, DSM

11. ข้อจำกัดในการใช้งาน	ใช้แรงงานและเวลาในการวางแผนมาก, เข้าถึงพื้นที่ยากอาจทำไม่ได้	ราคาสูงกว่า, ต้องพึ่งพาสัญญาณ GNSS/RTK ที่มีความเสถียร, หากสัญญาณอ่อนจะส่งผลต่อความแม่นยำ
12. ต้นทุนการดำเนินงาน	ต้นทุนอุปกรณ์ต่ำกว่า แต่ใช้แรงงานภาคสนามสูง	ราคายอดรวมสูงกว่า แต่ลดแรงงานภาคสนามและเวลาโดยรวม
13. การบำรุงรักษาและความซับซ้อน	โดรนทั่วไป ดูแลง่าย, ระบบไม่ซับซ้อน	ระบบ RTK ต้องดูแลซอฟต์แวร์ เพิร์มแวร์ และการเชื่อมต่อสัญญาณ
14. ตัวอย่างรุ่นที่ใช้บ่อย	DJI Phantom 4 Pro, Mavic 3E (ใช้ร่วมกับ GCP)	DJI Phantom 4 Multispectral, Mavic 3M, Matrice 300 RTK
15. สรุปภาพรวม	เหมาะสมกับงานที่ต้องการความละเอียดสูงในพื้นที่จำกัด และมีทีมภาคสนามพร้อม	เหมาะสมกับงานสำรวจเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ที่ต้องการความรวดเร็วและข้อมูลเชิงวิเคราะห์เพิ่มเติม (Spectral Analysis)

สรุปและวิจารณ์ผล

1. สรุปผล

- การเปรียบเทียบความแม่นยำเชิงตำแหน่งพบว่า โดรนที่ใช้ระบบ RTK (เช่น Phantom 4 Multispectral) ให้ความแม่นยำเชิงระนาบ (X, Y) ประมาณ $\pm 2\text{--}3$ เซนติเมตร และเชิงตั้ง (Z) ประมาณ $\pm 3\text{--}5$ เซนติเมตร ในขณะที่โดรนที่ใช้ จุดควบคุมภาคพื้น (GCP) ให้ความแม่นยำเชิงระนาบประมาณ $\pm 2\text{--}5$ เซนติเมตร และเชิงตั้ง ประมาณ $\pm 5\text{--}8$ เซนติเมตร ดังนั้น ระบบ RTK มีความแม่นยำสูงกว่าและเสถียรกว่า โดยเฉพาะในพื้นที่ขนาดใหญ่ที่มีการกระจายสภาพจำหนันมาก
- ในด้านขั้นตอนและเวลาการทำงาน พบว่า ระบบ RTK ลดระยะเวลาเตรียมงานภาคสนามได้อย่างมาก เนื่องจากไม่ต้องวางแผน GCP หลายจุด (จากเดิมอาจต้องใช้ 5–10 จุด) และยังสามารถประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็ว เพราะค่าพิกัดถูกบันทึกในภาพโดยอัตโนมัติ เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว RTK ช่วยลดเวลาในการสำรวจและประมวลผลได้ประมาณ 40–60% เมื่อเทียบกับการใช้ GCP แบบดั้งเดิม

2. วิจารณ์ผล / อภิปราย

- ผลที่ RTK ให้ค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่า เนื่องจากระบบนี้สามารถรับสัญญาณแก้ไขจากสถานีฐาน GNSS แบบเรียลไทม์ ทำให้ค่าพิกัดของภาพแต่ละเฟรมถูกต้องตั้งแต่ต้น ต่างจาก GCP ที่ต้องอาศัยการคำนวณย้อนกลับจากจุดอ้างอิงในภายหลัง
- อย่างไรก็ตาม การใช้ RTK มีข้อจำกัด เช่น ต้องมีสัญญาณ GNSS ที่เสถียร หากพื้นที่อับสัญญาณ (เช่น ใต้แนวต้นไม้หรือหุบเขา) ความแม่นยำจะลดลง ขณะที่ระบบ GCP ยังมีความจำเป็นในพื้นที่ลักษณะนี้ เพราะสามารถควบคุมความถูกต้องได้จากการพื้นโดยตรง
- ในด้านต้นทุน พบว่า RTK มีราคาสูงกว่า ทั้งตัวโดรนและสถานีฐาน แต่สามารถชดเชยได้ด้วยเวลาและแรงงานที่ลดลงอย่างมาก จึงถือว่าคุ้มค่าหากใช้ในงานสำรวจขนาดใหญ่ หรือโครงการที่ต้องการข้อมูลรวดเร็ว

3. ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้งาน

- ระบบ RTK เมน้ำกับงานสำรวจพื้นที่กว้าง งานเกษตรแม่นยำ การวิเคราะห์สุขภาพพืช (NDVI, NDRE) และงานที่ต้องการความรวดเร็วในการสำรวจ
- ระบบ GCP เมน้ำกับงานที่ต้องการความละเอียดสูงในพื้นที่จำกัด เช่น การสร้างแผนที่ภูมิประเทศ ความละเอียดสูงหรืองานที่สัญญาณ GNSS ไม่เสถียร

ข้อเสนอเพื่อการศึกษาเพิ่มเติม

- ควรศึกษาการผสมผสานระหว่าง RTK และ GCP เพื่อเพิ่มความแม่นยำในพื้นที่อับสัญญาณ
- ทดลองเบรียบเทียบผลในดูถูกผลหรือสภาพแสงที่แตกต่างกัน เพื่อประเมินผลต่อค่าความคลาดเคลื่อน
- วิเคราะห์ต้นทุน–ผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis) เพื่อหาความคุ้มค่าเชิงเศรษฐศาสตร์ของแต่ละระบบ

บรรณานุกรม

DJI. (2023). *Phantom 4 RTK User Manual*. DJI Official Website.

Retrieved from <https://www.dji.com>

DJI. (2023). *Phantom 4 Multispectral User Manual*. DJI Official Website.

Retrieved from <https://www.dji.com/phantom-4-multispectral>

Trimble. (2022). *GNSS RTK Technology Overview*. Trimble Inc.

Retrieved from <https://www.trimble.com>

Esri. (2021). *Fundamentals of Georeferencing*. Esri Documentation.

Retrieved from <https://doc.arcgis.com>

กรมแผนที่ทหาร. (2565). คู่มือการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ. กรุงเทพฯ: กรมแผนที่ทหาร.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA). (2564). การประยุกต์ใช้โดรนเพื่อการทำแผนที่และเกษตรแปลนย์ม่า. ชลบุรี: GISTDA.

สุรเดช วีรวัฒน์. (2566). การวิเคราะห์ความแม่นยำของภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับแบบ RTK และแบบใช้ GCP.

วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสำรวจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Pix4D. (2022). *Photogrammetry and RTK Accuracy Comparison*. Pix4D Technical Note.

Retrieved from <https://www.pix4d.com>

Agisoft LLC. (2023). *Metashape User Manual: Professional Edition*. Agisoft Documentation.

Retrieved from <https://www.agisoft.com>