คู่มือการใช้งานอากาศยานไร้คนขับรุ่น DJI Matrice 300 RTK ที่ติดตั้งกล้อง DJI Zenmuse L1 และการประมวลผลข้อมูลด้วย DJI Terra

จัดทำโดย

นางสาวสมฤดี ขาวล้ำเลิศ และ นายธีรวุฒิ ชิยานนท์

นักวิชาการสารสนเทศภูมิศาสตร์

หน่วยสารสนเทศ งานบริหารทั่วไป

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

สารบัญ

องค์ประกอบและการติดตั้ง M300 RTK และกล้อง DJI Zenmuse L1 1

1.1 องค์ประกอบของลำอากาศยาน M300 RTK 1

1.2 องค์ประกอบของรีโมทควบคุม M300 RTK 2

1.3 องค์ประกอบของกล้อง DJI Zenmuse L1 4

1.4 การประกอบติดตั้งอากาศยานและกล้อง 4

องค์ประกอบ การติดตั้ง และการตั้งค่าการใช้งาน DJI D-RTK2 7

2.1 องค์ประกอบของ D-RTK 2 7

2.2 การประกอบติดตั้ง D-RTK 2 8

2.3 การเปลี่ยนโหมดการทำงาน 9

2.4 การใช้งาน D-RTK 2 กับ M300 RTK 10

การวางแผนการบินและการบินสำรวจข้อมูล 11

3.1 การวางแผนการบินด้วย DJI Pilot 2 App 11

3.2 การบินสำรวจข้อมูลภาคสนามจริง 15

ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล DJI Zenmuse L1 17

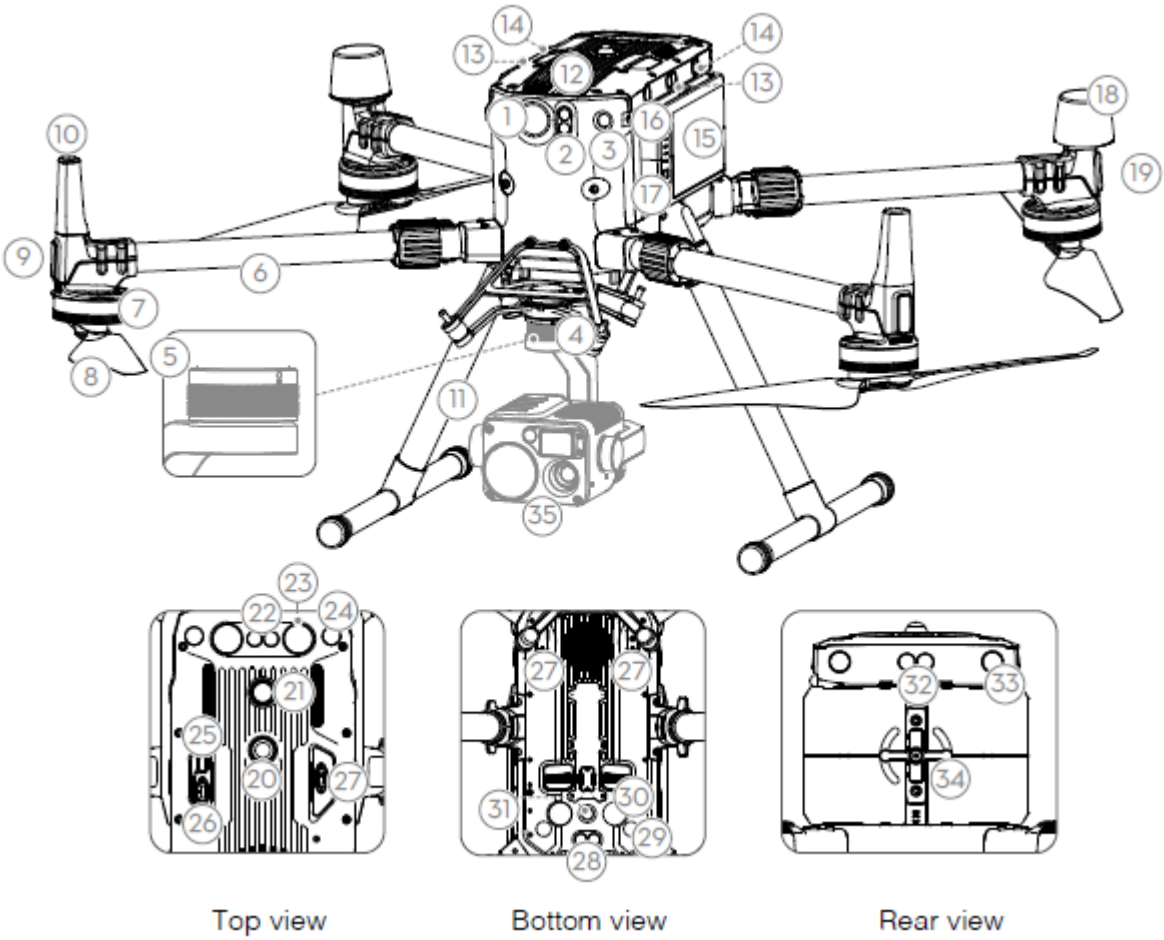
4.1 การจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล 17

4.2 การประมวลผลข้อมูลดิบ (Raw Data) ด้วย DJI Terra 18

องค์ประกอบและการติดตั้ง M300 RTK และกล้อง DJI Zenmuse L1

1.1 องค์ประกอบของลำอากาศยาน M300 RTK

MATRICE 300 RTK (M300 RTK) เป็นอากาศยานไร้คนขับขนาดใหญ่ ติดตั้งระบบควบคุมการบินขั้นสูง ระบบกำหนดตำแหน่ง และระบบตรวจจับ 6 ทิศทาง พร้อมกล้อง FPV รองรับ CSM Radar ระบบความปลอดภัย Beacons ทั้งด้านบนและด้านล่างของเครื่องบิน ช่วยให้สามารถระบุตัวเครื่องบินได้ในเวลากลางคืนหรือในสภาพแสงน้อย และสามารถเชื่อมต่อกล้องกับ Gimbal (DGC2.0) ได้สูงสุด 3 ตัว โดยสามารถบินแบบไม่มีน้ำหนักบรรทุกได้นานสูงสุด 55 นาที

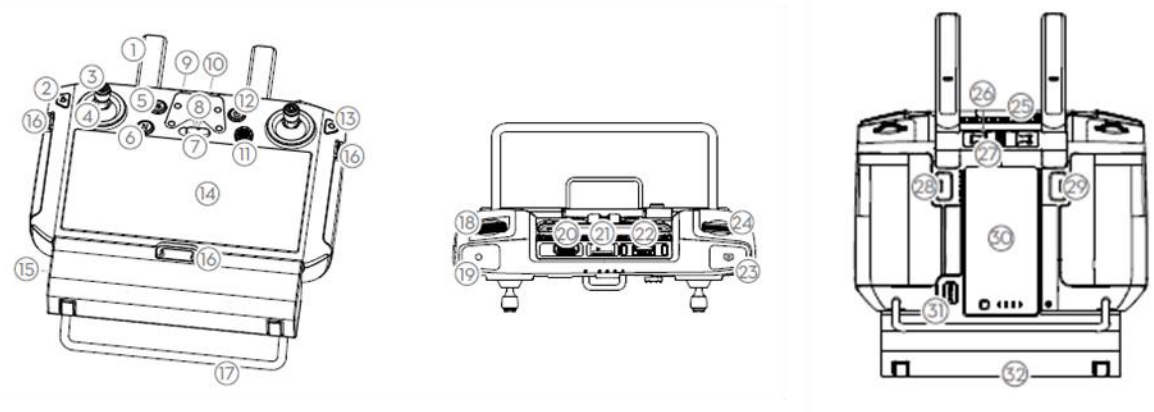


ที่มา : https://www.dji.com/matrice-300/downloads

1. กล้อง FPV	19. สัญญาณไฟสถานะเครื่องบิน
2. ระบบตรวจจับอินฟราเรดด้านหน้า	20. Upward Beacon
3. ระบบการมองเห็นด้านหน้า	21. ปุ่มเปิด/ปิด/ไฟแสดงสถานะ
4. จุดเชื่อมต่อ DJI Gimbal v2.0 (DGC2.0)	22. ระบบตรวจจับอินฟราเรดด้านบน
5. ปุ่มถอด Gimbal	23. ไฟเสริมด้านบน
6. Frame arms	24. ระบบการมองเห็นด้านบน
7. มอเตอร์ใบพัด	25. พอร์ตเสริม
8. ใบพัด	26. OSDK Port
9. ไฟ LEDs	27. PSDK Port
10. เสาอากาศส่งสัญญาณ	28. ระบบตรวจจับอินฟราเรดด้านล่าง
11. ขาตั้งลงจอด (Landing Gears)	29. ระบบการมองเห็นด้านล่าง
12. Air Filter	30. ไฟเสริมด้านล่าง
13. ระบบตรวจจับอินฟราเรดซ้ายและขวา	31. Downward Beacon
14. ระบบการมองเห็นซ้ายและขวา	32. ระบบตรวจจับอินฟราเรดด้านหลัง
15. แบตเตอร์รี่	33. ระบบการมองเห็นด้านหลัง
16. สัญญาณไฟสถานะแบตเตอร์รี่	34. ตัวล็อคแบตเตอร์รี่
17. ปุ่มระดับแบตเตอรี่	35. Gimbal and Camera
18. เสาอากาศ D-RTK	

1.2 องค์ประกอบของรีโมทควบคุม M300 RTK

รีโมทควบคุมการทำงาน มีเทคโนโลยี OcuSync Enterprise ทำให้ได้มุมมองภาพรายละเอียดสูง (HD) และมุมมองภาพขณะทำการบิน (Live Streaming) สามารถส่งข้อมูลภาพระยะทางสูงสุด 15 กิโลเมตร พร้อมกับการควบคุมเครื่องบินและ Gimbal ทำงานบนระบบปฏิบัติการ Android มีฟังก์ชันการใช้งาน เช่น Bluetooth และ GNSS รองรับการเชื่อมต่อ Wi-Fi เพื่อการใช้งานบนอุปกรณ์มือถือ ระยะเวลาทำงานสูงสุด 2.5 ชั่วโมงเมื่อใช้แบตเตอรี่ในตัวเครื่อง และขยายเวลาการทำงานสูงสุด 4.5 ชั่วโมงจากแบตเตอรี่ WB37 โดยมีปุ่มใช้งานดังต่อไปนี้

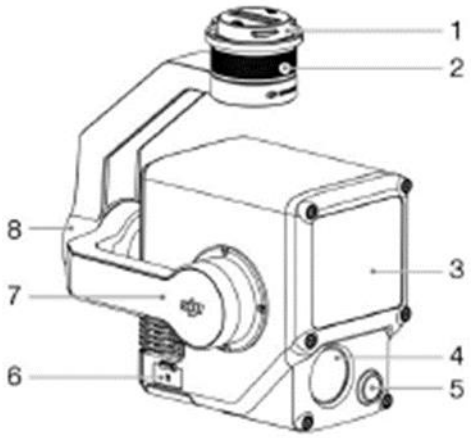


1. เสาอากาศ	17. มือจับ-ขาตั้ง
2. ปุ่มกดกลับ (Back Button)	18. แป้นควบคุมการทำงาน Gimbal
3. ปุ่มควบคุมการบิน	19. ปุ่มบันทึกหน้าจอ
4. ฐานควบคุมปุ่มการบิน	20. พอร์ตเชื่อมต่อ HDMI
5. ปุ่มเรียกกลับ (Return to Home)	21. ช่องใส่ Micro SD card
6. ปุ่มหยุดการบินชั่วขณะ (Flight Pause Button)	22. พอร์ตเชื่อมต่อ USB-A
7. ปุ่มเปลี่ยนโหมดการบิน (Flight Switch Button)	23. ปุ่มโฟกัสและถ่ายภาพ (Focus/Shutter)
8. ตำแหน่งติดตั้ง GPS Module	24. แป้นควบคุมการทำงาน Gimbal
9. ไฟบอกสถานะการทำงาน	25. ช่องระบายอากาศ
10. ไฟบอกสถานะแบตเตอร์รี่	26. ช่องเก็บอุปกรณ์ควบคุมการบิน
11. ปุ่มการซูมเข้า-ออก	27. spare sticks
12. Power Button	28. customizable button C2
13. Confirm Button	29. customizable button C1
14. หน้าจอแสดงผล (Touch Screen)	30. ช่องใส่แบตเตอร์รี่ WB37
15. พอร์ตชาร์จ USB-C	31. ปุ่มปลดล็อคฝาแบตเตอร์รี่
16. ตะขอสำหรับห้อยสายคล้องคอ	32. ฝาครอบ

1.3 องค์ประกอบของกล้อง DJI Zenmuse L1

DJI Zenmuse L1 ใช้เซ็นเซอร์ Livox LiDAR และใช้ IMU ที่มีความแม่นยำสูง และกล้องแบบ CMOS ขนาด 1 นิ้ว บน Gimbal แบบ 3 แกน เมื่อใช้กับ M300 RTK และ DJI Terra จะสามารถสำรวจข้อมูล 3D แบบเรียลไทม์ตลอดการทำงานได้อย่างสมบูรณ์ โดยองค์ประกอบการใช้งานมีดังต่อไปนี้

1. Gimbal Connector
2. Pan Motor
3. LiDAR Sensor
4. RGB Mapping Camera
5. Auxiliary Positioning Vision Sensor
6. microSD Card Slot
7. Tilt Motor
8. Roll Motor

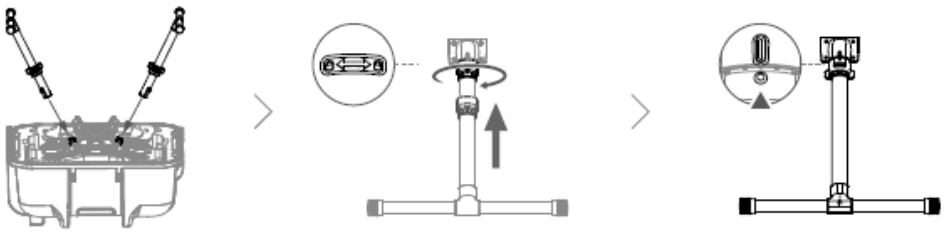


ZENMUSE L1

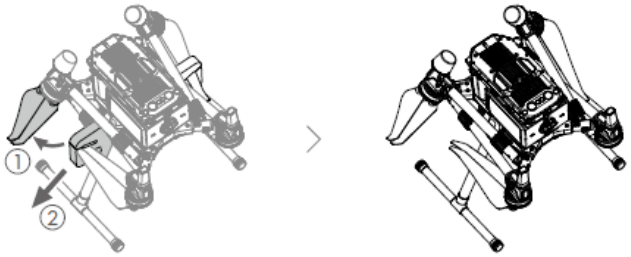
1. พอร์ตเชื่อมต่อกล้องกับ UAV	5. Auxiliary Positioning Vision Sensor
2. จานหมุน	6. ช่องใส่ MicroSD Card
3. LiDAR Sensor	7. Tilt Motor
4. RGB Mapping Camera	8. Roll Motor

1.4 การประกอบติดตั้งอากาศยานและกล้อง

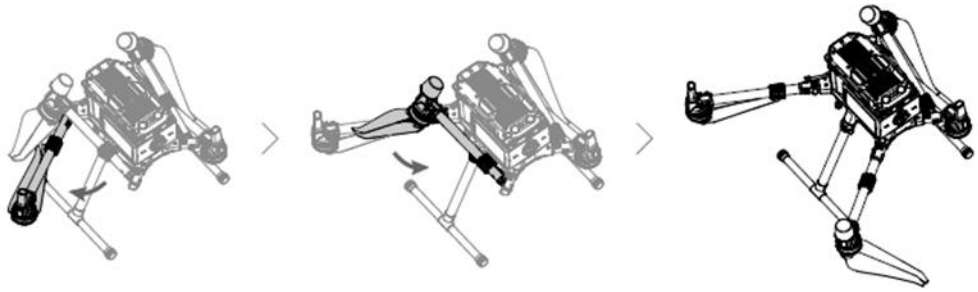
1) ติดตั้งขาตั้ง (Landing Gears) เลื่อนล็อคเกียร์ไปที่ส่วนท้ายของขาตั้ง สังเกตเครื่องหมาย Δ ที่ช่องใส่ขาตั้งของตัวอากาศยานจากนั้นหมุนประมาณ 90° จนกระทั่งลงล็อคกับเครื่องหมายการจัดตำแหน่ง



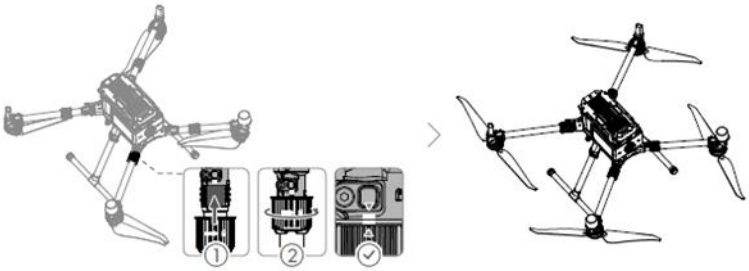
2) กางแขนยึดใบพัดของอากาศยาน โดยถอดโฟมที่ยึดใบพัดและแขนทั้งสองข้างออก



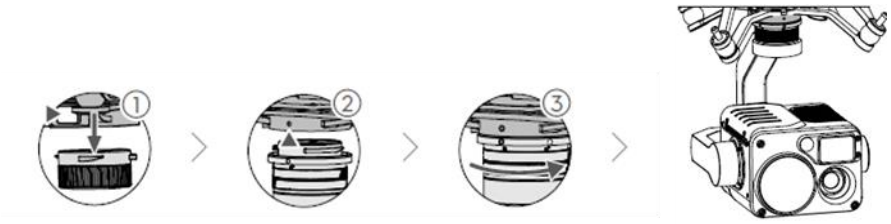
3) ขยับแขนยึดใบพัดออกตามรูป โดยทำอย่างระมัดระวังไม่ให้ใบพัดทั้งสองข้างชนกัน



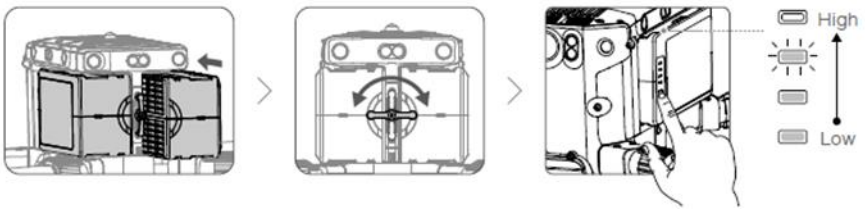
4) เมื่อกางแขนยึดใบพัดเรียบร้อยแล้ว ทำการล็อคแขนทั้ง 4 ด้าน



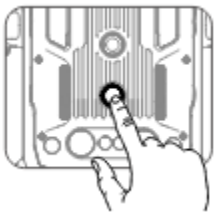
5) ติดตั้งกล้อง Zenmuse L1 โดยเริ่มจากกดปุ่มปลดล็อค Gimbal เพื่อถอดฝาครอบออก ยึดติดกล้องกับ Gimbal โดยสังเกตตำแหน่งสีขาวและสีแดงให้ตรงกัน จากนั้นหมุนไปยังตำแหน่งล็อค



6) ติดตั้งแบตเตอร์รี่ โดยใส่แบตเตอรี่หนึ่งคู่ และหมุนแกนล็อคแบตเตอรี่ ดังรูป กดปุ่มแสดงระดับแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง เพื่อตรวจสอบระดับแบตเตอรี่



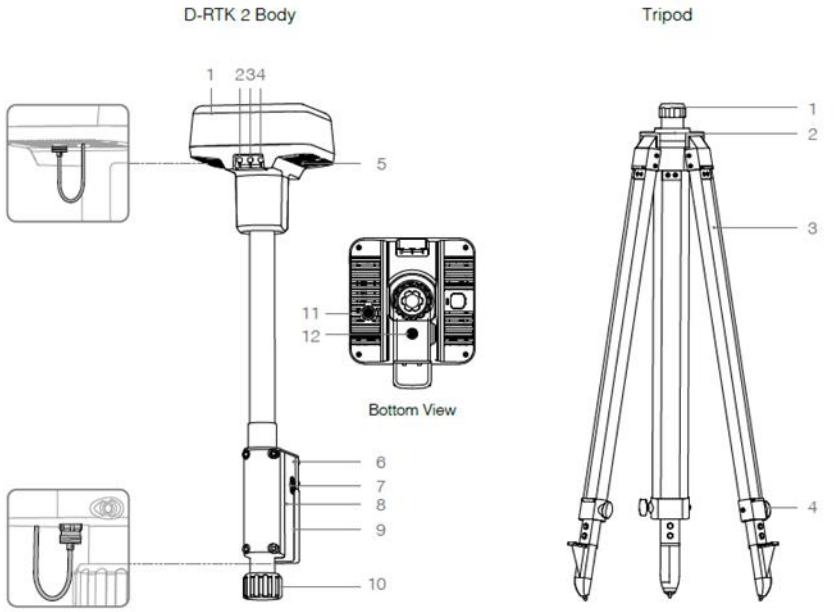
7) ตรวจสอบความพร้อมของอากาศยานอีกครั้ง ก่อนการเปิด/ปิด โดยกดปุ่มเปิด/ปิดบนเครื่องอากาศยานค้างไว้ 3 วินาที กดอีกครั้งค้างไว้เพื่อเปิด/ปิดเครื่องบิน โดยสังเกตุไฟแสดงสถานะ



องค์ประกอบ การติดตั้ง และการตั้งค่าการใช้งาน DJI D-RTK2

2.1 องค์ประกอบของ D-RTK 2

D-RTK 2 เป็นสถานี GNSS แบบเคลื่อนที่ ที่เป็นเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมความแม่นยำสูง รองรับระบบนำทางด้วยดาวเทียมทั่วโลก 4 ระบบ ได้แก่ GPS, BEIDOU, GLONASS และ Galileo พร้อมการรับสัญญาณดาวเทียม 11 แบนด์ ลิงก์การรับส่งข้อมูล OCUSYNCTM, LAN และ 4G ช่วยให้การรับส่งข้อมูลมีความเสถียร ซึ่งให้ตำแหน่งที่มีความแม่นยำระดับเซนติเมตร



D-RTK 2

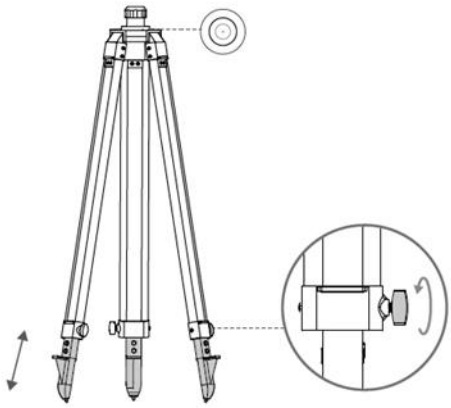
1. เสาอากาศ	7. Rosette Mount
2. ปุ่มเชื่อมต่อและระบุตำแหน่ง	8. ช่องใส่แบตเตอร์รี่
3. ปุ่มพาวเวอร์และระบุตำแหน่ง	9. ฝาปิดแบตเตอร์รี่
4. ปุ่มควบคุมโหมดการใช้งาน	10. Lock Nut
5. พอร์ตเชื่อมต่อ USB-C	11. พอร์ตเชื่อม LAN
6. Dongle Compartment	12. พอร์ตเชื่อมต่อแบตเตอร์รี่ภายนอก

Tripod

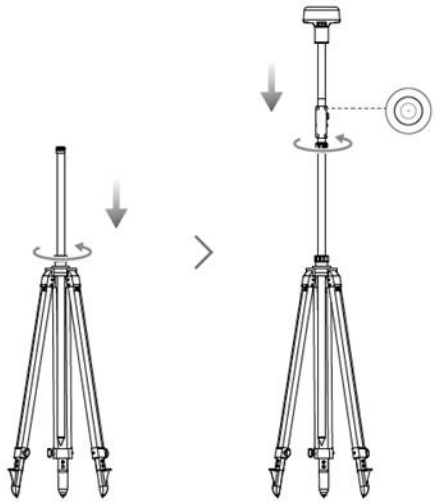
1. ปลอกเชื่อมต่อขาตั้ง	3. ขาตั้งอุปกรณ์
2. ฐานเชื่อมต่ออุปกรณ์	4. ตัวล็อคขาตั้ง

2.2 การประกอบติดตั้ง D-RTK 2

1) กางขาตั้งออก ยืดขาที่หดได้ทั้ง 3 ขาตามความยาวที่ต้องการ จากนั้นขันขาแต่ละข้างให้แน่น 3 ปุ่ม ตรวจสอบให้แน่ใจว่าฟองของระดับฟองบนฐานเมาส์อยู่ภายในวงกลมสีดำ (ดูจากด้านบนของระดับฟองอากาศในแนวตั้ง) โดยยึดขาตั้งกล้องให้แน่นหนา



2) ใส่ก้านต่อเข้ากับขาตั้งกล้องและขันปลอกบนขาตั้งกล้องให้แน่น จากนั้นติดตัว D-RTK 2 เข้ากับแกนต่อและขันนอตล็อคบนตัว D-RTK 2 ให้แน่น ตรวจสอบให้แน่ใจว่าฟองของระดับฟองบน D-RTK 2 อยู่ภายในวงกลมสีดำ (ดูจากด้านบนของระดับฟองในแนวตั้ง)



<u>ข้อควรระวัง</u>

- อย่าเปลี่ยนตำแหน่งหรือมุมของขาตั้งกล้องหลังจากปรับระดับขาตั้งกล้องแล้ว
- สภาพแวดล้อมการตั้งค่าต้องใช้ขอบเขตการมองเห็นที่กว้าง ตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีสิ่งกีดขวาง (ต้นไม้ อาคาร) ภายในเกินกว่ามุม 15° เหนือระนาบแนวนอนของเสาอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณ GNSS ถูกดูดซับหรือปิดกั้น
- ตำแหน่งติดตั้งควรอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดคลื่นวิทยุกำลังแรงสูงอย่างน้อย 200 เมตร (เช่น สถานีโทรทัศน์ สถานีไมโครเวฟ ฯลฯ) และอยู่ห่างจากสายส่งไฟฟ้าแรงสูงอย่างน้อย 50 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าต่อสัญญาณ GNSS
- ตำแหน่งการติดตั้งควรอยู่ห่างจากแหล่งน้ำขนาดใหญ่หรือวัตถุที่รบกวนการรับสัญญาณ

2.3 การเปลี่ยนโหมดการทำงาน

D-RTK 2 มีรูปแบบการทำงาน 5 โหมด เพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน การสลับโหมดต่าง ๆ สามารถทำได้ดังนี้

- กดปุ่มโหมดการทำงานค้างไว้ 2 วินาที สัญญาณไฟจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลือง เพื่อระบุว่าอุปกรณ์เข้าสู่สถานะสวิตช์โหมดแล้ว
- กดปุ่มโหมดการทำงาน 1 ครั้ง เพื่อเปลี่ยนโหมด รอ 2 วินาทีเพื่อให้อุปกรณ์เข้าสู่โหมดที่เกี่ยวข้อง สัญญาณไฟจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีเขียว โหมดการทำงานจะแสดงรูปแบบการกะพริบของสัญญาณไฟดังตารางต่อไปนี้

- อุปกรณ์จะยังคงอยู่ในโหมดเดิมหากไม่มีการดำเนินการเพิ่มเติมภายใน 2 วินาทีหลังจากเข้าสู่สถานะสวิตช์โหมด

Mode	Name and contemptible products	Blinking Pattern
Operating Mode 1	Mobile Base Station (T20/T16/MG-1P RTK/Phantom 4 RTK/P4 Multispectral)	Once
Operating Mode 2	Stationary Base Station*	Twice
Operating Mode 3	Handheld Mapping Device (T20/T16/MG-1P RTK/Phantom 4 RTK)	Three Times
Operating Mode 4	Mobile Base Station (M210 RTK V2)	Four Times
Operating Mode 5	Mobile Base Station (Broadcast Mode, M300 RTK)	Five Times

2.4 การใช้งาน D-RTK 2 กับ M300 RTK

การใช้งาน D-RTK 2 จะต้องกำหนดโหมดให้สอดคล้องลักษณะการใช้งานหรือสอดคล้องกับอากาศยานไร้คนขับ สำหรับการใช้งาน D-RTK 2 ร่วมกับ DJI M300 RTK ต้องกำหนดให้ใช้งานในโหมด 5 ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

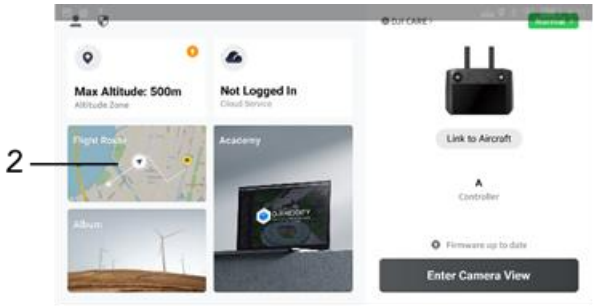
1) เปิด D-RTK 2 รอจนกระทั่งการเริ่มต้นระบบเสร็จสิ้น และเข้าสู่โหมดการทำงาน 5
2) เปิดรีโมทควบคุม M300 RTK
3) เปิด M300 RTK
4) ในแอป DJI Pilot 2 ตั้งค่าแหล่งสัญญาณ RTK เป็น D-RTK 2 รอการเชื่อมต่อสำเร็จ และสถานะ RTK แสดง FIX
5) เลื่อนไปที่ด้านล่างของการตั้งค่า RTK แล้วแตะการตั้งค่าขั้นสูง (Advanced Setting) ป้อนรหัสผ่านผู้ดูแลระบบ เพื่อเข้าสู่การกำหนดค่า รหัสผ่านเริ่มต้นคือ 123456
6) ป้อนค่าพิกัดละติจูด และลองจิจูดของจุดที่วาง D-RTK 2 และค่าระดับความสูง เพื่อตั้งค่า D-RTK 2 เป็นสถานีฐาน

การวางแผนการบินและการบินสำรวจข้อมูล

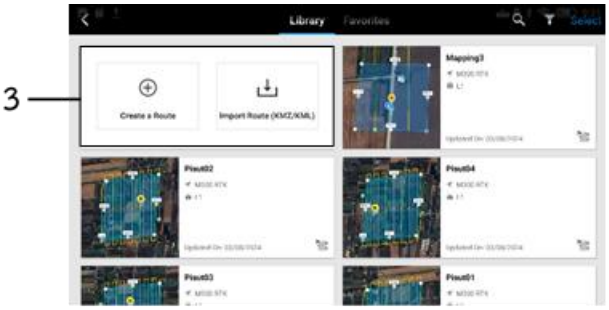
3.1 การวางแผนการบินด้วย DJI Pilot 2 App

1. เปิด Remote Controller จากนั้นเลือก Pilot 2

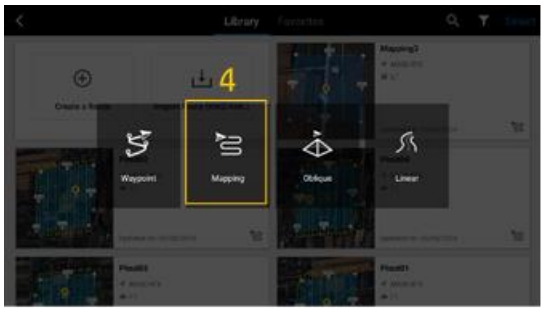
2. คลิก Flight Route เพื่อเริ่มต้นวางแผน



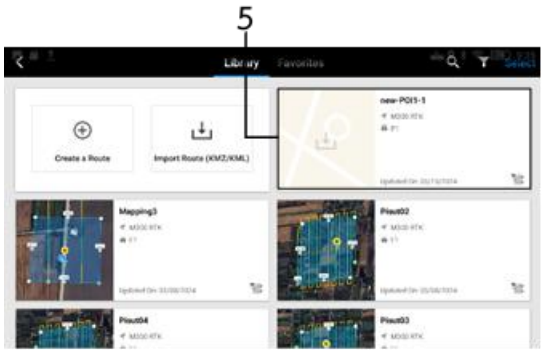
3. หน้าจอแสดงการสร้างหรือนำเข้าข้อมูลแผนการบิน และแผนการบินที่ผู้ใช้เคยสร้างไว้ โดยตัวเลือก Create a Route จะใช้สร้างพื้นที่เป้าหมายผ่าน Remote Control และตัวเลือก Import Route (KMZ/KML) จะใช้สำหรับนำเข้าข้อมูลไฟล์ KMLจาก Internal Storage หรือ External SD



4. ตัวเลือกการวางแผนภารกิจการบิน เพื่อออกแบบรูปแบบการบินสำรวจให้สอดคล้องกับพื้นที่หรือการนำภาพไปใช้ตามวัตถุประสงค์ของผู้สำรวจ ตัวเลือกดังกล่าวได้แก่ จุดอ้างอิง (Waypoint) การทำแผนที่ (Mapping) การถ่ายมุมเฉียง (Oblique) และการถ่ายตามเส้นทางหรือแม่น้ำ (Linear)

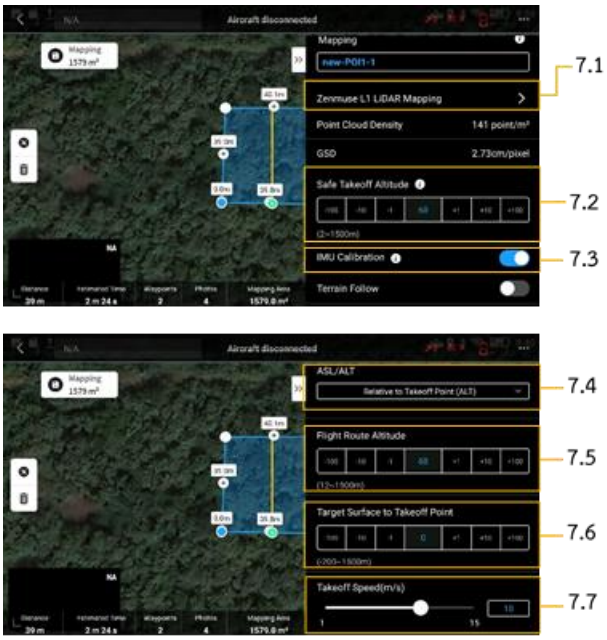


5. นำเข้าข้อมูลเรียบร้อย เลือกข้อมูลนำเข้าใหม่เพื่อกำหนดการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่อไป



6. คลิกแสดงรายละเอียดของข้อมูล ได้แก่ ระยะทาง (Distance) ระยะเวลาการบินสำรวจ (Estimated Time) จำนวนรูปถ่าย (Photos) ขนาดพื้นที่การทำงาน (Area) และตัวเลขระยะบอกขนาดของตัวอย่างบนพื้นดิน 1 จุดภาพ (GSD) เลือกไอคอนเครื่องมือดังรูป เพื่อเข้าสู่การกำหนดค่าพารามิเตอร์

7. ตั้งค่าพารามิเตอร์ทั่วไป เริ่มต้นที่การตั้งชื่อภารกิจ จากนั้นกำหนดค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้



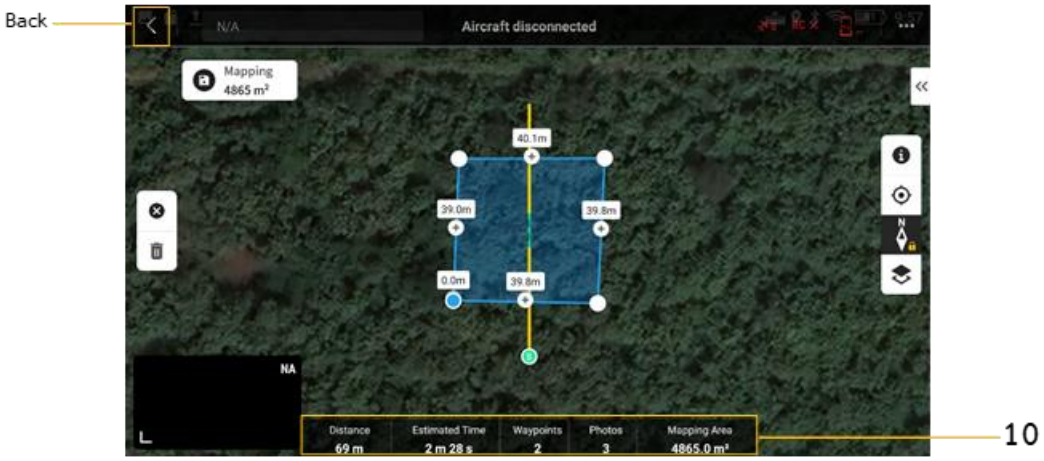
Flight Parameters	Explanation and recommended value
7.1) Camera TYPE	Zenmuse L1-LiDAR Mapping
7.2) Safe Takeoff altitude	ระยะความสูงที่ปลอดภัยในการบิน
7.3) IMU Calibration	เปิดใช้งานการวัดการวางตัว
7.4) ASL/ALT	ตั้งค่าระดับความสูงสัมพันธ์กับจุดเริ่มต้น (ALT) สามารถเลือก ASL (EGM96) ได้ หากต้องการวางแผนภารกิจด้วยระดับความสูง EGM96
7.5) Flight Route Altitude	ความสูงของเส้นทางการบิน ที่แนะนำคือ 50-100 เมตรและไม่ควรเกิน 150 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสียข้อมูล
7.6) Target Surface to Takeoff Point (ALT)	กำหนดเป้าหมายพื้นผิวไปยังจุดเริ่มต้น โดยค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 หรือสามารถปรับได้ในกรณีที่มีความแตกต่างระดับความสูงระหว่างพื้นผิวเป้าหมายและจุดเริ่มต้น
7.7) Takeoff Speed (m/s)	ความเร็วในการบินขึ้นสูงสุด
7.8) SPEED (M/S)	ความเร็วในการบินสามารถปรับได้ตามความหนาแน่นของPOINT CLOUD ที่ต้องการ แนะนำให้ใช้ 5–10 เมตรต่อวินาที
7.9) UPON COMPLETION	Return to Home

8. Advanced Setting เป็นการกำหนดค่าของการบินถ่ายส่วนซ้อนทับของภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำภาพไปใช้ในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นการปรับค่าจึงเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสมในการสำรวจของแต่ละภารกิจ

ADVANCED SETTING	VALUE
8.1) SIDE OVERLAP (LIDAR) (%)	การซ้อนทับด้านข้างช่วง LiDAR แนะนำให้มีอย่างน้อย 50%
8.2) SIDE OVERLAP (VISIBLE) (%)	การซ้อนทับด้านข้างช่วง Visible แนะนำให้มีอย่างน้อย 50%
8.3) FORWARD OVERLAP (VISIBLE) (%)	การซ้อนทับด้านหน้าช่วง Visible แนะนำให้มีอย่างน้อย 50%
8.4) MARGIN (M)	ระยะขอบภาพ โดยค่าเริ่มต้นเท่ากับ 0 สามารถปรับให้เข้ากับความต้องการได้

9. Payload Setting เป็นส่วนการกำหนดค่าการสะท้อนและการสุ่มตัวอย่างของ LiDAR จำนวนครั้งต่อ 1 วินาที โดยจะมีหน่วยเป็น Hertz (Hz) ค่าที่มากทำให้ข้อมูลมีความละเอียดมาก สามารถปรับเป็น Triple Echo/160kHz หรือ Dual Echo/240kHz พร้อมเปิดการใช้สีแบบ RGB

10. หลังจากกำหนดค่าพารามิเตอร์เรียบร้อย กดกลับและบันทึกการตั้งค่า จากนั้นจะปรากฏสรุปผลการบินสำรวจในภาพรวมของระยะทาง (Distance) ระยะเวลาการบิน (Estimated Time) จำนวนรูปถ่าย (Photos) และขนาดแผนที่ (Mapping Area) เป็นอันเสร็จสิ้นการวางแผนการบินสำรวจ



3.2 การบินสำรวจข้อมูลภาคสนามจริง

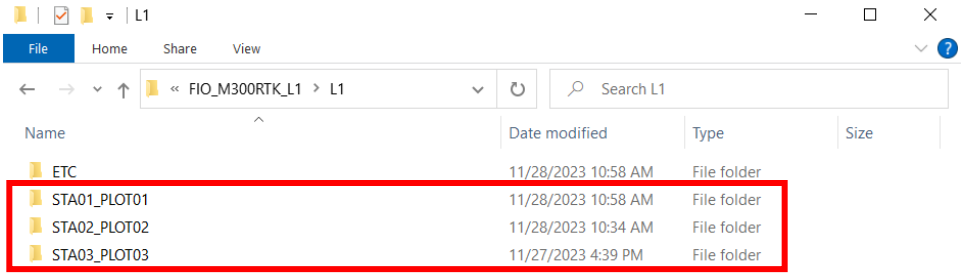
1. สำรวจค่าพิกัดจุดอ้างอิงสำหรับ D-RTK 2
    1) วางเป้า ณ จุดที่จะใช้เป็นจุดอ้างอิง (ให้วางเป้าในจุดที่ใกล้กับจุดปล่อยโดรน)
    2) ใช้ STONEX S900A เชื่อมต่อ NRTK ของกรมแผนที่ทหาร เก็บค่าแบบ Topo Point 360 วินาที โดยตั้งค่า Elev. Mask Angle = 15, Record Raw Data = On, Collection Interval = 1Hz, Name = 0002
    3) แปลงค่าพิกัด UTM จาก STONEX S900A เป็น Lat Lon ด้วย UTM Geo Map app ใน Android (ตรวจสอบค่าที่แปลงแล้วกับค่าพิกัดจากแอปในมือถือ เพื่อทวนสอบความถูกต้องของค่าจากการแปลง)
    4) ใช้ค่า Elevation จาก STONEX S900A + 1.802 เป็นค่า Altitude
    5) จดบันทึกค่า Lat Lon Altitude สำหรับกรอกข้อมูลค่าพิกัดของ D-RTK 2 ใน DJI Pilot 2
2. บินสำรวจข้อมูลด้วย DJI M300 RTK และ DJI Zenmuse L1
    1) ตั้ง D-RTK 2 ณ จุดอ้างอิง
    2) เปิด D-RTK 2 และกำหนดโหมด 5

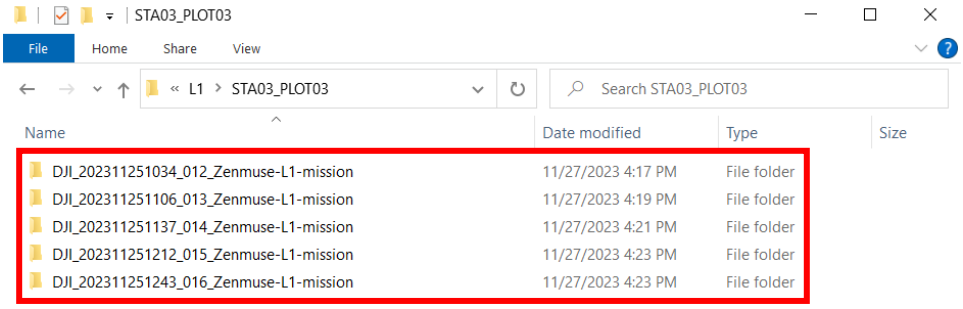
3) เปิดรีโมท M300RTK
4) เปิดโดรนที่ติดกล้อง L1
5) ให้รีโมทเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต
6) เปิดแผนการบินที่กำหนดไว้
7) ตรวจสอบการตั้งค่าแผนการบิน
8) บินสำรวจ และตรวจสอบสถานะสัญญาณวิทยุ รวมทั้ง RTK ต้อง Fix ตลอดเวลา

ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูล DJI Zenmuse L1

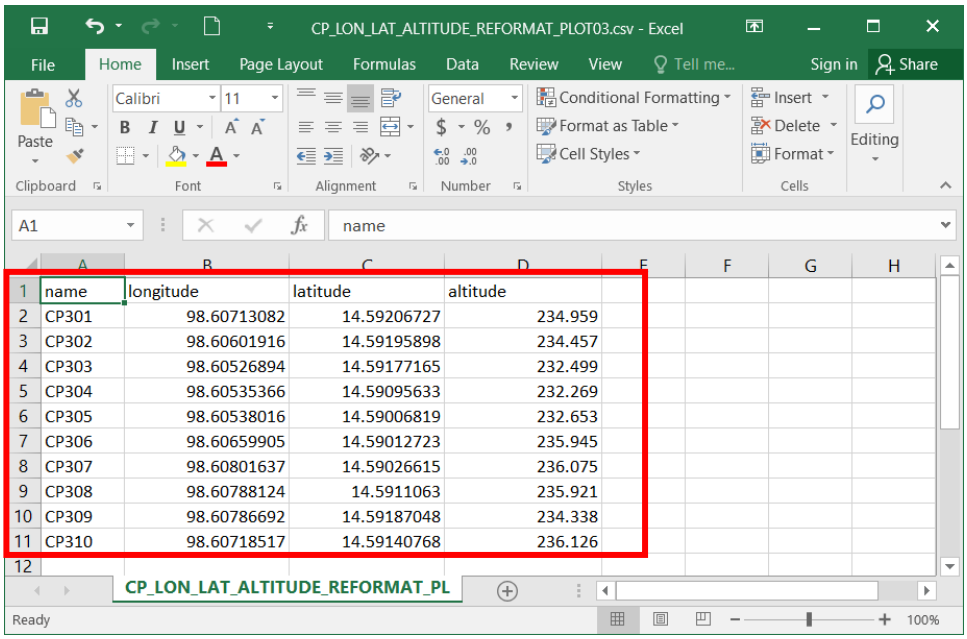
4.1 การจัดเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล

1) สำรองข้อมูลจากหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Micro SD Card) จากกล้อง DJI Zenmuse L1 ข้อมูลที่จัดเก็บในหน่วยจัดเก็บข้อมูล จะจัดเก็บแยกเป็นโฟลเดอร์ตามลำดับเวลาของโดรนที่บินขึ้นลง (บินขึ้นลง 1 ครั้ง จะสร้างโฟลเดอร์ไว้จัดเก็บข้อมูล 1 โฟลเดอร์ ดังนั้น ถ้าแผนบินมีการบินขึ้นลง 2 ครั้ง จะสร้างโฟลเดอร์ไว้จัดเก็บข้อมูล 2 โฟลเดอร์ เพราะฉะนั้น ผู้ปฏิบัติงานควรจดบันทึกจำนวนและเวลาการบินขึ้นลงของโดรน จึงจะสามารถจัดการข้อมูลได้อย่างถูกต้อง)
2) จัดโครงสร้างการจัดเก็บข้อมูลตามพื้นที่บินสำรวจ เช่น บินสำรวจข้อมูล 3 แปลง ควรแยกจัดเก็บข้อมูล 3 โฟลเดอร์ และถ้าในแต่ละแปลงมีแผนบิน (Flight Mission) มากกว่า 1 แผนบิน ควรจัดเก็บแยกกัน





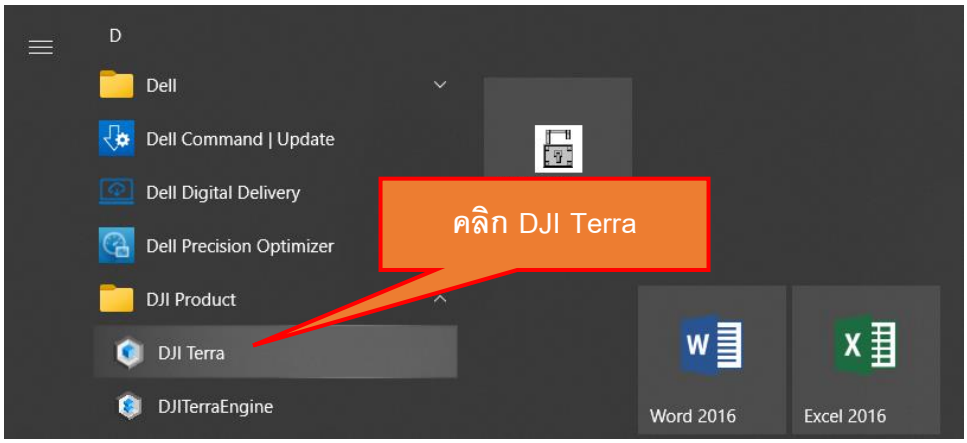
3) จัดเตรียมข้อมูลจุดควบคุม (Ground Control Point: GCP) และจุดตรวจสอบ (Check Point: CP) ที่จัดเก็บในรูปแบบ Comma Separated Value (csv) โดยต้องมีข้อมูลอย่างน้อย 4 คอลัมน์ ประกอบด้วย 1) ชื่อจุด 2) ค่าลองจิจูด 3) ค่าละติจูด และ 4) ค่าความสูงเหนือรูปทรงรี



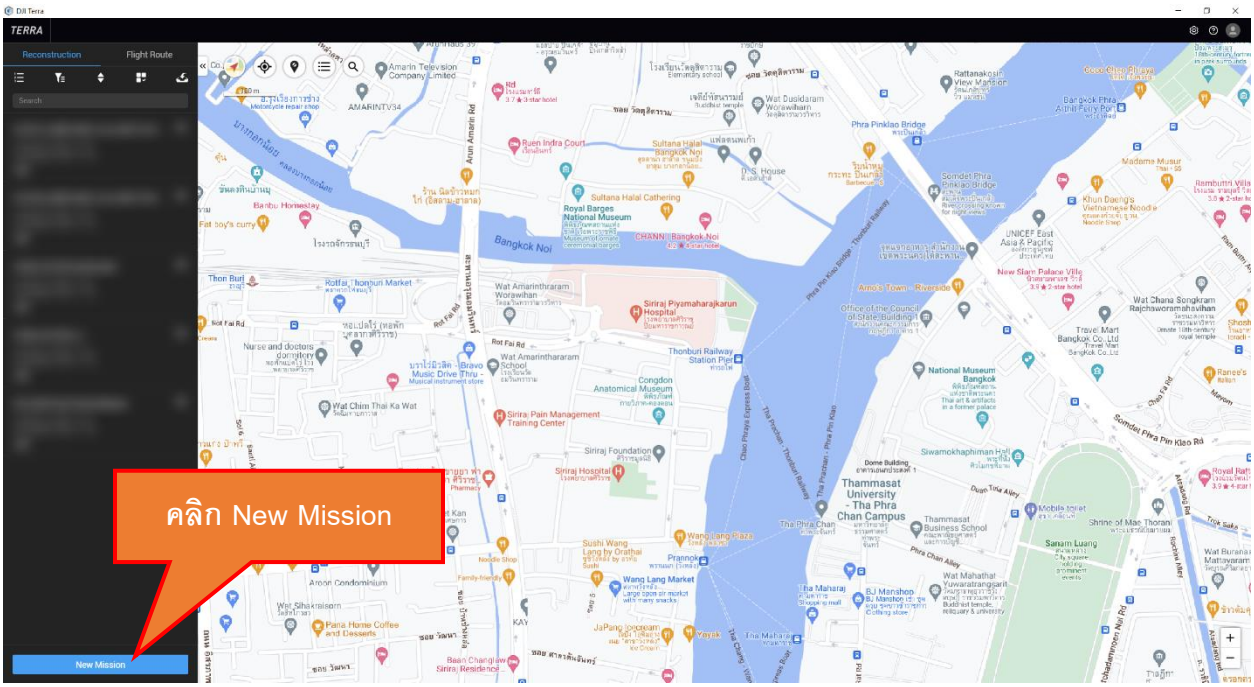
	name	longitude	latitude	altitude
2	CP301	98.60713082	14.59206727	234.959
3	CP302	98.60601916	14.59195898	234.457
4	CP303	98.60526894	14.59177165	232.499
5	CP304	98.60535366	14.59095633	232.269
6	CP305	98.60538016	14.59006819	232.653
7	CP306	98.60659905	14.59012723	235.945
8	CP307	98.60801637	14.59026615	236.075
9	CP308	98.60788124	14.5911063	235.921
10	CP309	98.60786692	14.59187048	234.338
11	CP310	98.60718517	14.59140768	236.126

4.2 การประมวลผลข้อมูลดิบ (Raw Data) ด้วย DJI Terra

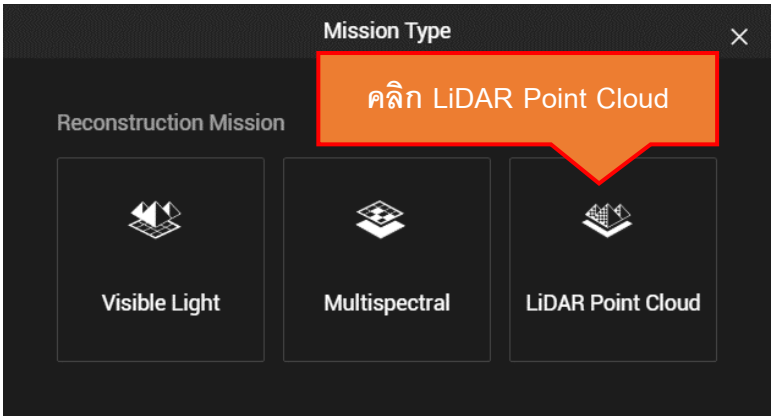
1) คลิกเปิดโปรแกรม DJI Terra



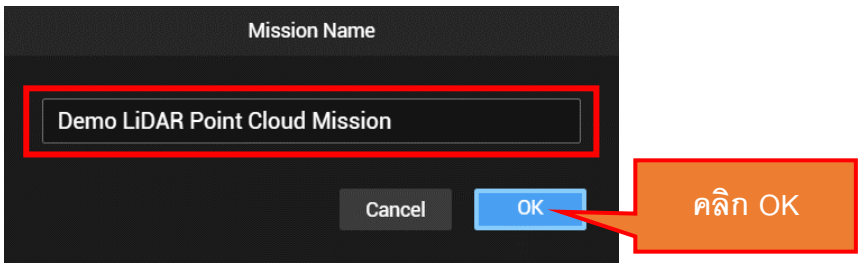
2) คลิก New Mission



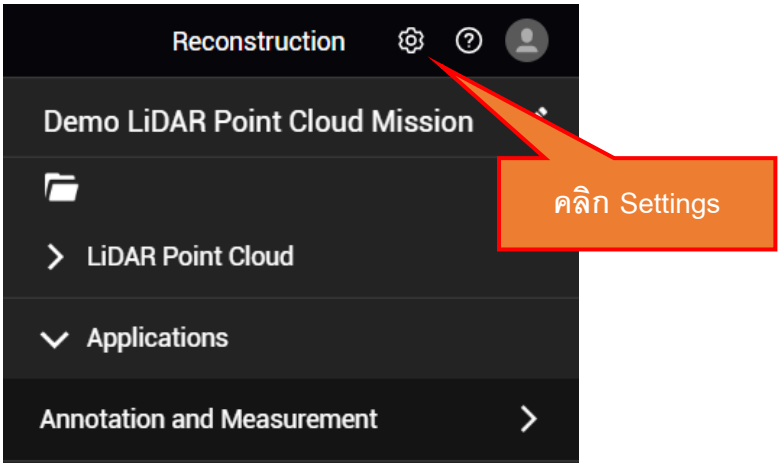
3) คลิกประเภท Reconstruction Mission แบบ LiDAR Point Cloud

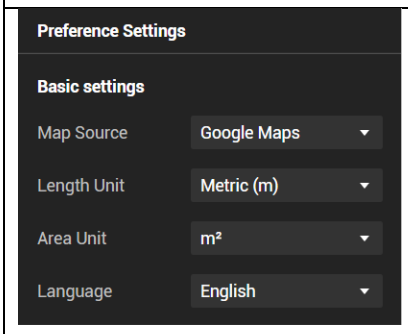


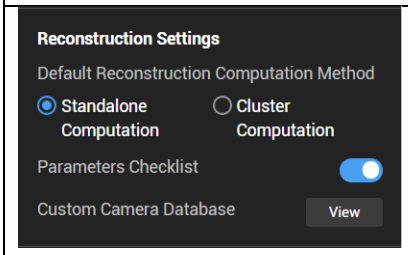
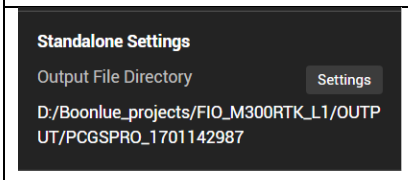
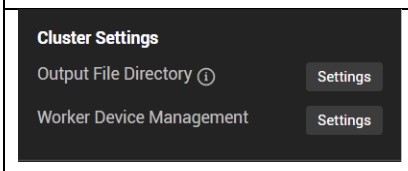
4) กำหนดชื่อของภารกิจการประมวลผลข้อมูลให้สื่อความหมาย



5) ตั้งค่าการใช้งานของโปรแกรมโดยคลิก Settings

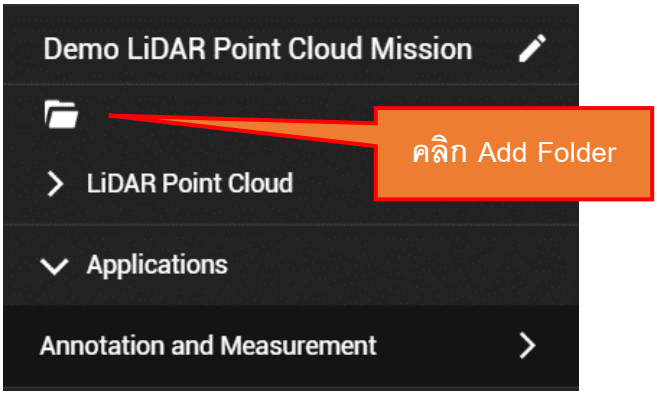


การตั้งค่าโปรแกรม	ประเภทของการตั้งค่า	รายการตั้งค่า
	การตั้งค่าพื้นฐาน (Basic settings)	- Map Source: กำหนดแผนที่ฐานที่ใช้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถเลือก Google Maps หรือ Tianditu แนะนำให้เลือก **Google Maps** - Length Unit: กำหนดหน่วยของความยาว แนะนำให้เลือก **Metric (m)** - Area Unit: กำหนดหน่วยของพื้นที่ แนะนำให้เลือก **m^2** หรือ km^2 - Language: กำหนดภาษาของโปรแกรม แนะนำให้เลือก **English**

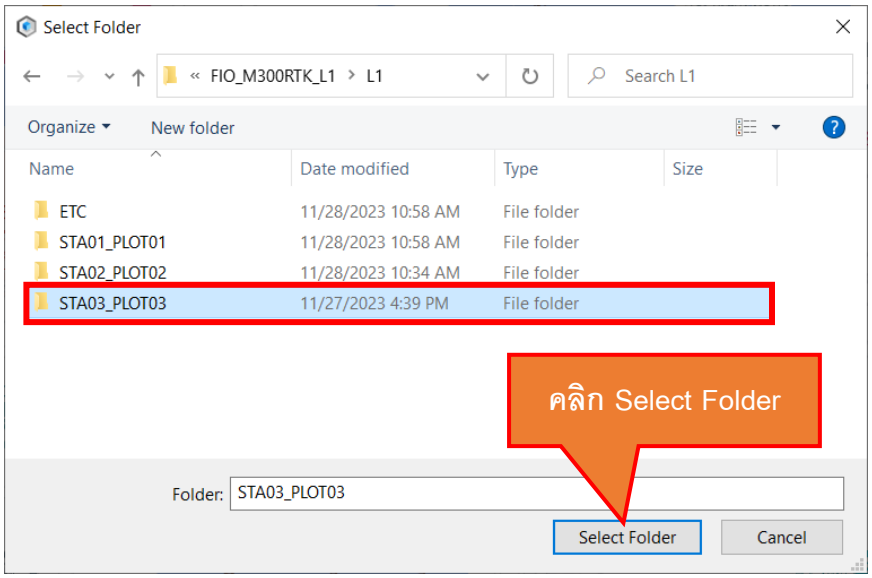
การตั้งค่าโปรแกรม	ประเภทของการตั้งค่า	รายการตั้งค่า
	การตั้งค่าการสร้างแบบจำลอง (Reconstruction Settings)	- สามารถเลือกวิธีการประมวลผลข้อมูลได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบคอมพิวเตอร์เครื่องเดี่ยว (Standalone Computation) หรือแบบกลุ่มคอมพิวเตอร์ (Cluster Computation) ต้องเลือกแบบ **Standalone Computation** (เพราะใบอนุญาตใช้โปรแกรมเป็นแบบ Standalone) - ตัวเลือก Parameters Checklist ใช้กำหนดให้โปรแกรมแสดงข้อมูลการตั้งค่าก่อนที่จะประมวลผลข้อมูล แนะนำให้ **เปิดตัวเลือก**
	การตั้งค่าแบบประมวลผลแบบคอมพิวเตอร์เครื่องเดี่ยว (Standalone Settings)	Output File Directory: คลิก Settings เพื่อกำหนดโฟลเดอร์สำหรับจัดเก็บผลของการประมวลข้อมูล
	การตั้งค่าแบบประมวลผลแบบกลุ่มคอมพิวเตอร์ (Cluster Settings)	ต้องใช้ใบอนุญาตโปรแกรมแบบ Cluster จึงตั้งค่าการใช้งานโปรแกรมส่วนนี้ได้

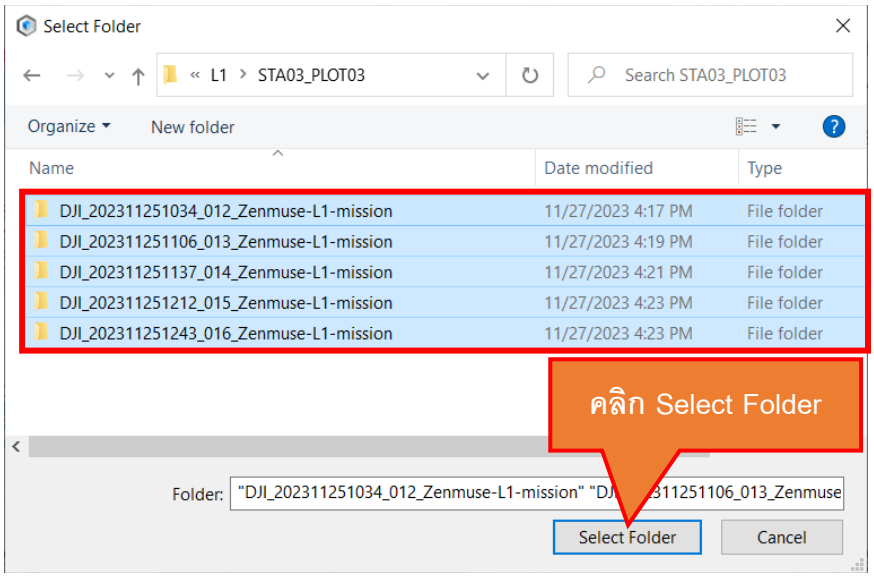
เมื่อตั้งค่าการใช้งานของโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้ว ให้คลิก Settings จะกลับเข้าสู่หน้าต่างการประมวลผลข้อมูลของ DJI Terra

6) คลิกไอคอน Add Folder เพื่อเปิดหน้าต่างเลือกไฟล์ข้อมูลไลดาร์



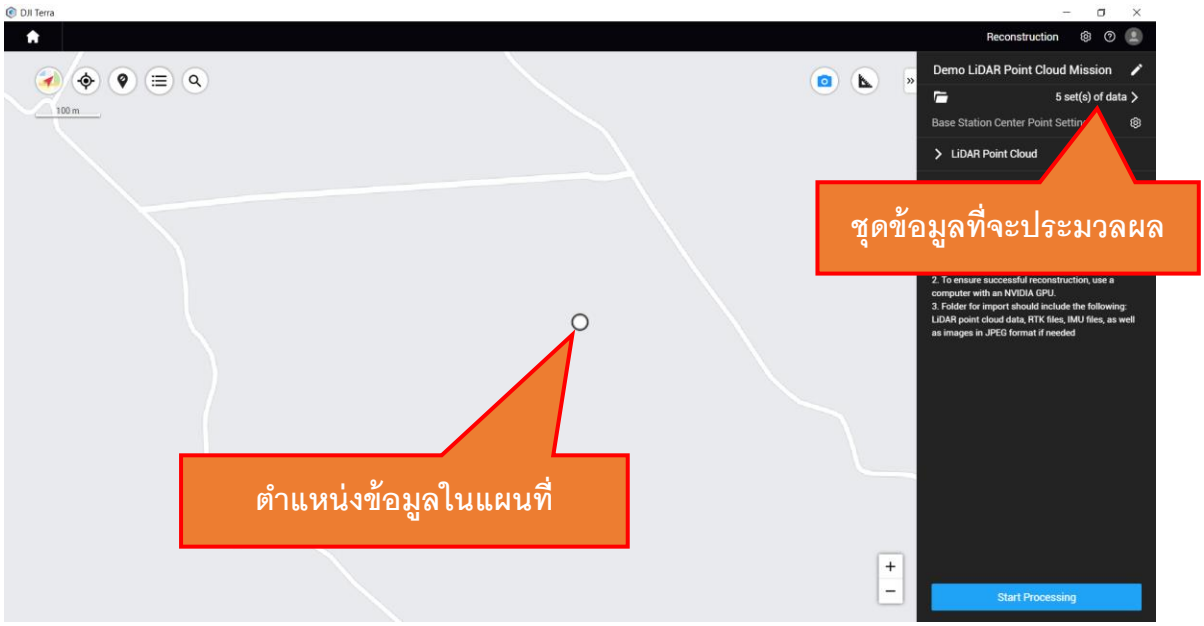
7) เลือกโฟลเดอร์ 1) ตามพื้นที่บินสำรวจที่ได้จัดโครงสร้างข้อมูลไว้ โฟลเดอร์แผนบินทั้งหมดภายในโฟลเดอร์พื้นที่บินสำรวจ จะถูกประมวลผลพร้อมกันและได้ไฟล์ LAS เพียงไฟล์เดียว หรือ 2) เลือกโฟลเดอร์แผนบินแต่ละแผนพร้อมกัน ข้อมูลจะถูกประมวลผลเป็นลำดับและได้ไฟล์ LAS แยกกัน จากนั้นคลิก Select Folder



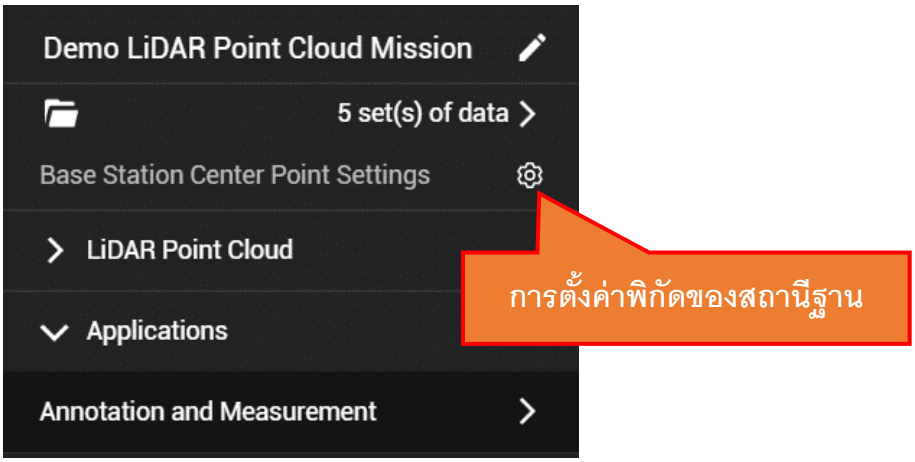


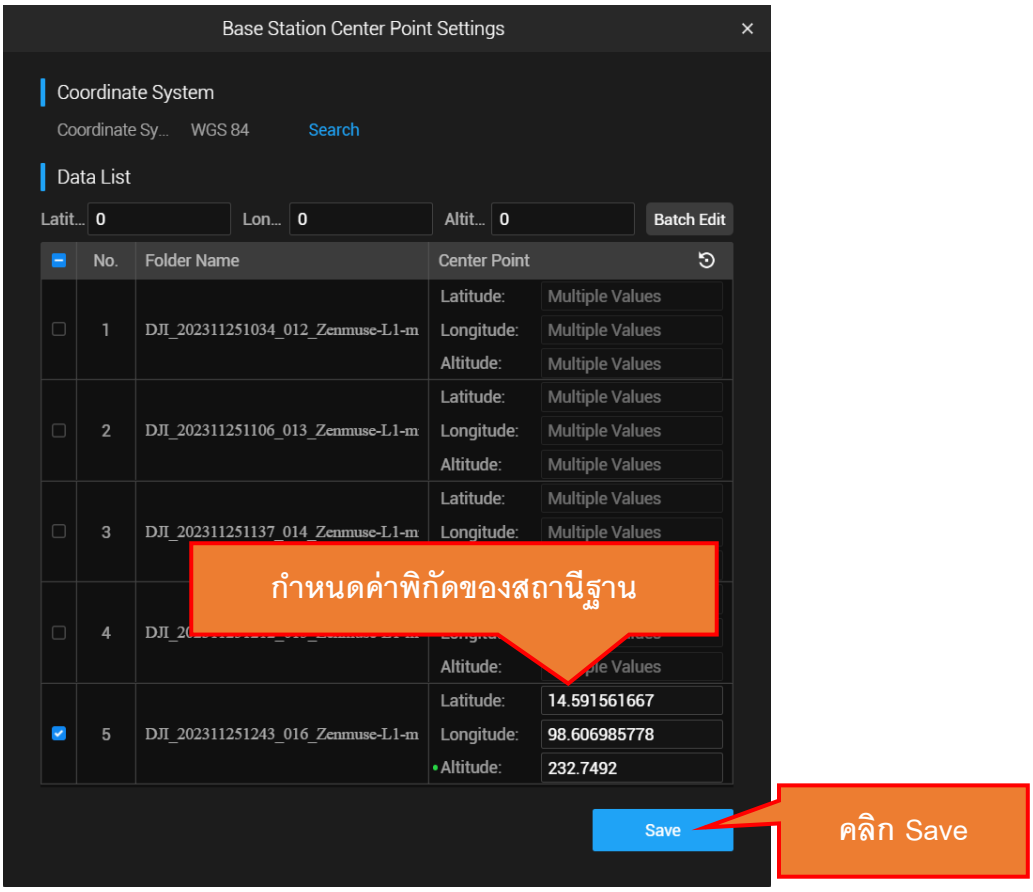
หมายเหตุ: ในโฟลเดอร์ข้อมูลไลดาร์ต้องมีไฟล์นามสกุล CLC, CLI, CMI, IMU, LDR, RTB, RTK, RTL, RTS ครบถ้วน จึงจะสามารถประมวลผลข้อมูลได้

8) หลังจากเลือกโฟลเดอร์ข้อมูลแล้ว โปรแกรมจะอ่านข้อมูลและแสดงตำแหน่งจุดสำรวจข้อมูลในแผนที่



9) กำหนดค่าพิกัดของสถานีฐานของ D-RTK 2 โดยคลิกที่ Base Station Center Point Settings จากนั้นพิมพ์ค่าพิกัดละติจูด ลองจิจูด และความสูงเหนือรูปทรงรีที่ปรับแก้ค่าความสูง 1.802 จาก D-RTK 2 จากนั้นคลิก Save

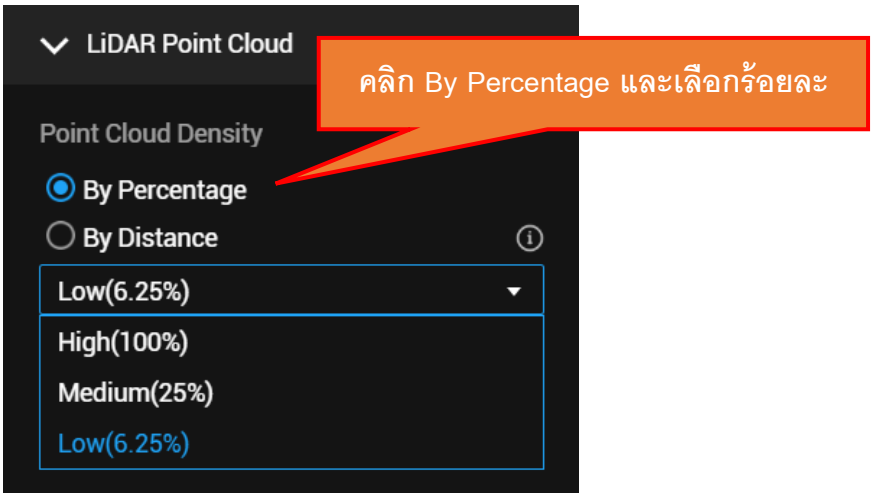




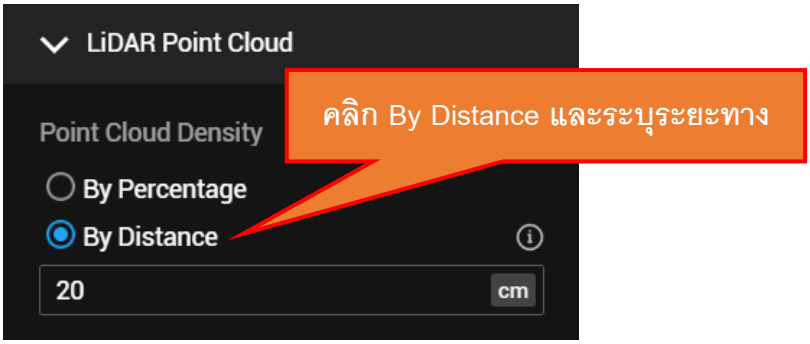
10) ตั้งค่าการประมวลผลไลดาร์โดยคลิกที่ LiDAR Point Cloud และกำหนดค่าตามความต้องการของผู้ใช้ ได้แก่

(1) กำหนดความหนาแน่นของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud Density) ซึ่งสามารถกำหนดได้ 2 แบบ ขึ้นอยู่กับลักษณะหรือวัตถุประสงค์ของการใช้งานกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ คือ

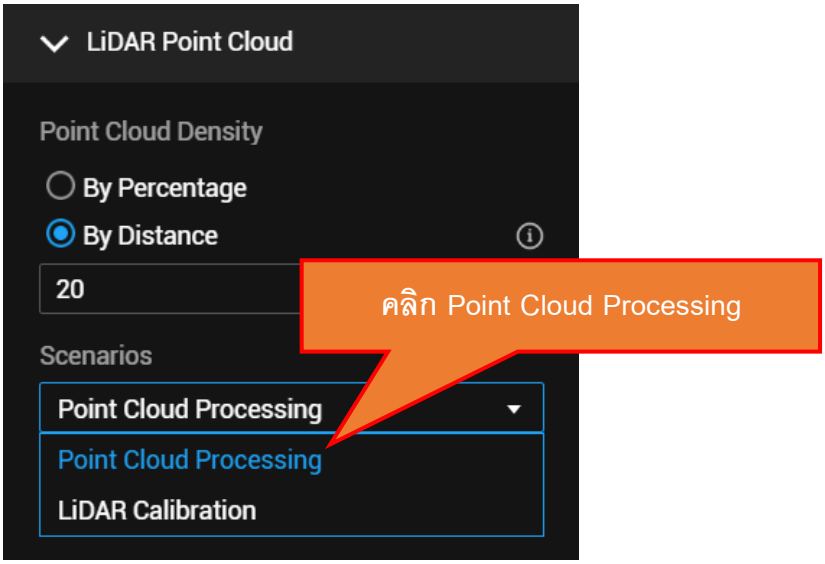
- กำหนดเป็นร้อยละ (By Percent) เช่น ถ้าต้องการประมวลผลเพื่อตรวจสอบปริมาณและคุณภาพเบื้องต้น อาจจะกำหนดความหนาแน่นเป็นแบบต่ำ (Low) และถ้าต้องการประมวลผลที่ได้ผลผลิตที่มีความละเอียดสูงสุดจะต้องกำหนดความหนาแน่นเป็นแบบสูง (High) เป็นต้น



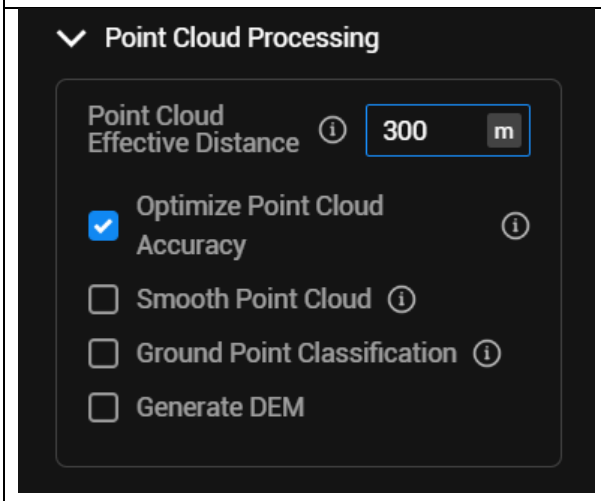
- กำหนดเป็นระยะทาง (By Distance) ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้ระหว่าง 5 – 50 เซ็นติเมตร ค่านี้เป็นค่าเฉลี่ยของระยะทางของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Average Point Distance) และเป็นค่าที่ใช้ลดความหนาแน่นของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติอย่างสม่ำเสมอกัน เมื่อผู้ใช้กำหนดค่าระยะทางที่เพิ่มมากขึ้น กลุ่มจุดพิกัดสามมิติจะเบาบางลงและโปรแกรมจะประมวลผลเสร็จได้เร็วมากขึ้น



(2) กำหนดประเภทการประมวลผลกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ ซึ่งมี 2 ประเภท คือ แบบประมวลผลกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud Processing) และแบบสอบเทียบไลดาร์ (LiDAR Calibration) **<u>โดยปกติแล้ว ผู้ใช้ต้องเลือก Point Cloud Processing เพื่อประมวลผลข้อมูลสำหรับสร้างกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ</u>** แต่ถ้าต้องการใช้ข้อมูลสำหรับสอบเทียบไลดาร์จะต้องเลือก LiDAR Calibration (หลังจากการประมวลผลแบบสอบเทียบไลดาร์เสร็จสิ้นแล้ว คลิก “Export Calibration File” และบันทึกไฟล์ไปยัง Micro SD Card (ให้จัดเก็บไฟล์ไว้ที่ไดเร็กทอรีราก) จากนั้นใส่ลงใน DJI Zenmuse L1 เมื่อเปิด DJI M300 RTK แล้วเครื่องจะสอบเทียบอุปกรณ์โดยใช้ไฟล์สอบเทียบ และประมวลผลข้อมูลครั้งต่อไปจะใช้พารามิเตอร์จากไฟล์สอบเทียบ)



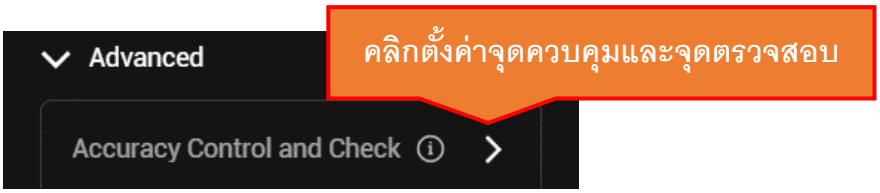
(3) กำหนดค่าการประมวลผลกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ สามารถกำหนดค่าได้ดังนี้

การตั้งค่าการประมวลผล กลุ่มจุดพิกัดสามมิติ	รายการตั้งค่า
	- Point Cloud Effective Distance: กำหนดระยะห่างระหว่างจุดพิกัดสามมิติและ DJI Zenmuse L1 ถ้าระยะห่างระหว่างจุดพิกัดสามมิติและ DJI Zenmuse L1 เกินกว่าค่าที่ระบุ จุดพิกัดสามมิติเหล่านั้นจะถูกกรองข้อมูลออกไป ผู้ใช้ควรกำหนดค่าให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งาน หรืออาจจะใช้ค่าเริ่มต้นของโปรแกรมคือ 300 เมตร - Optimize Point Cloud Accuracy: ใช้เพิ่มความถูกต้องของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติกรณีที่มีการสแกนวัตถุในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน (**ตัวเลือกนี้มีเฉพาะเวอร์ชัน Pro หรือดีกว่า**) ควรเปิดตัวเลือกนี้ทุกครั้งในการประมวลผลข้อมูล - Smooth Point Cloud: ใช้ปรับลักษณะกลุ่มจุดพิกัดสามมิติให้มีความสม่ำเสมอ โดยการขจัดจุดสัญญาณรบกวน การใช้ตัวเลือกนี้จะช่วยลดความหนาแน่นของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ และยังทำให้กลุ่มจุดพิกัดสามมิติมีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น (**ตัวเลือกนี้มีเฉพาะเวอร์ชัน Pro หรือดีกว่า**) - Ground Point Classification: กำหนดให้โปรแกรมจำแนกจุดพิกัดสามมิติเป็นประเภทจุดบนพื้นผิวภูมิประเทศ - Generate DEM: สร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ

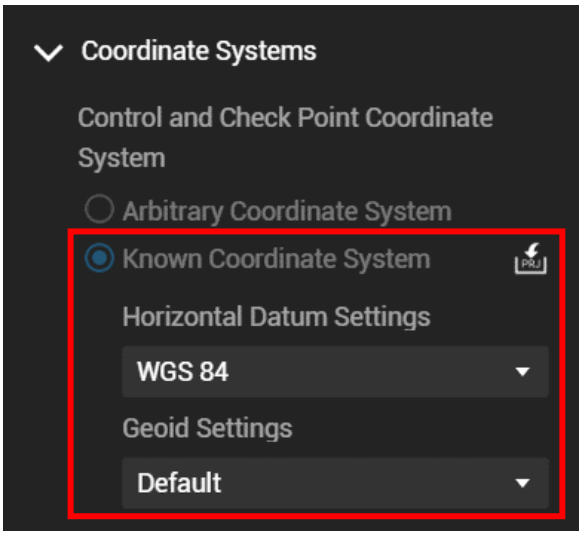
(4) กำหนดการตั้งค่าขั้นสูง สามารถกำหนดค่าได้ดังนี้

- กำหนดจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ (Accuracy Control and Check) สำหรับงานที่ต้องการความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูงและงานที่ต้องมีการรายงานคุณภาพข้อมูล ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้ดังนี้

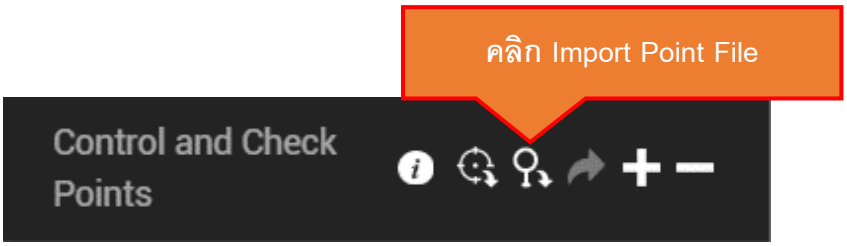
1. คลิกเครื่องหมายแสดงรายการ Accuracy Control and Check

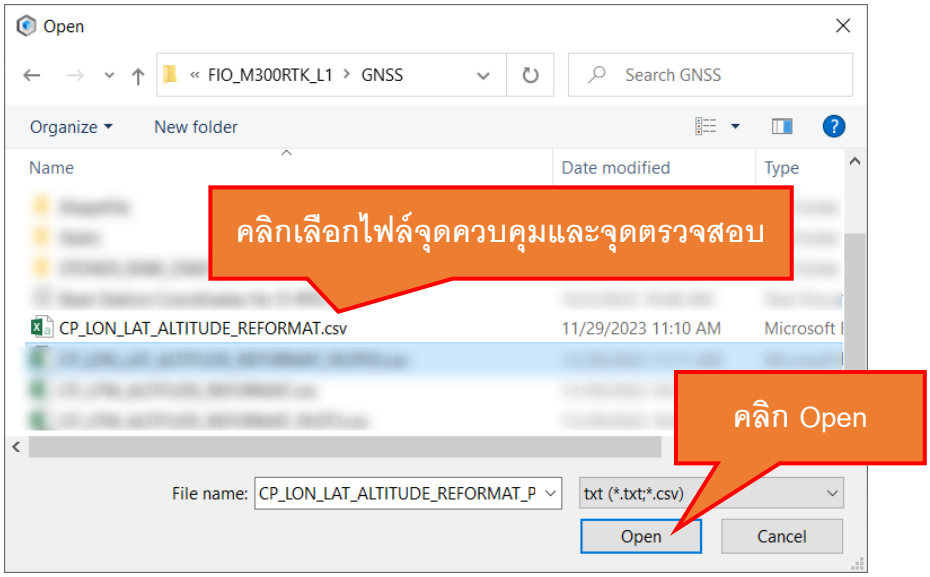


2. กำหนดระบบพิกัดของจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ ให้สอดคล้องกับแหล่งข้อมูลของจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ เช่น ถ้าจุดควบคุมและจุดตรวจสอบอยู่ในระบบพิกัดละติจูด ลองจิจูด และความสูงเหนือรูปทรงรีให้กำหนด Horizontal Datum Settings เป็น WGS 84 และ Geoid Settings เป็น Default

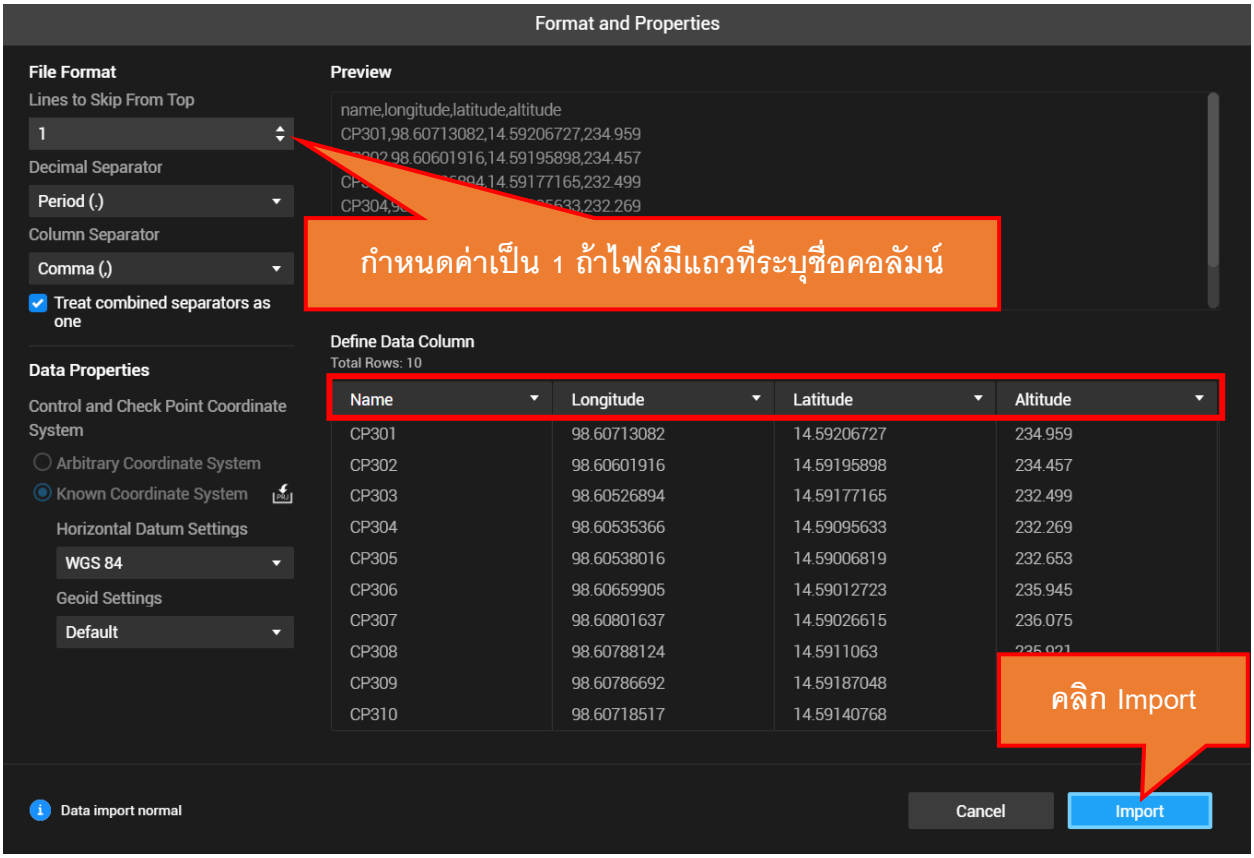


3. คลิกนำเข้าข้อมูลจุดควบคุมและจุดตรวจสอบที่จัดเก็บในรูปแบบไฟล์ cvs โดยคลิก Import Point File จากนั้นเลือกไฟล์ที่เก็บข้อมูลจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ และคลิก Open

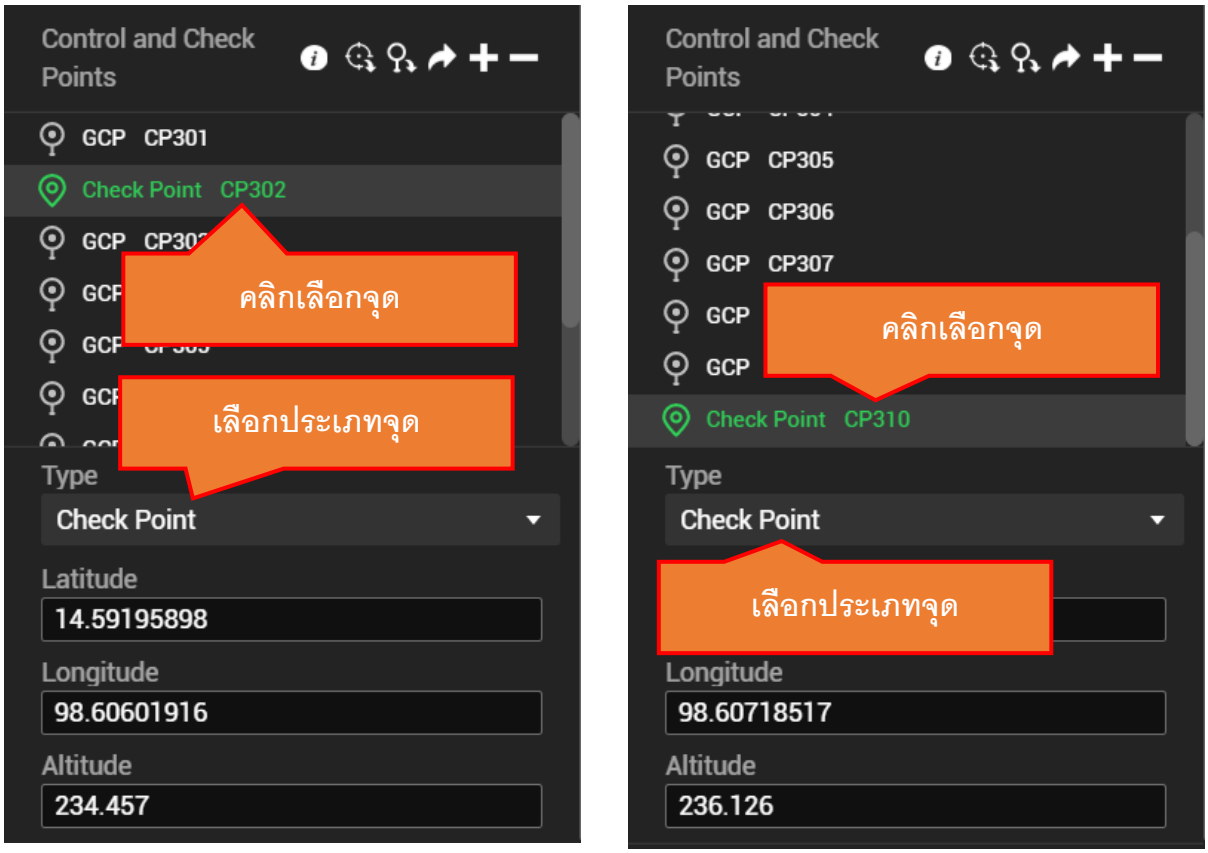




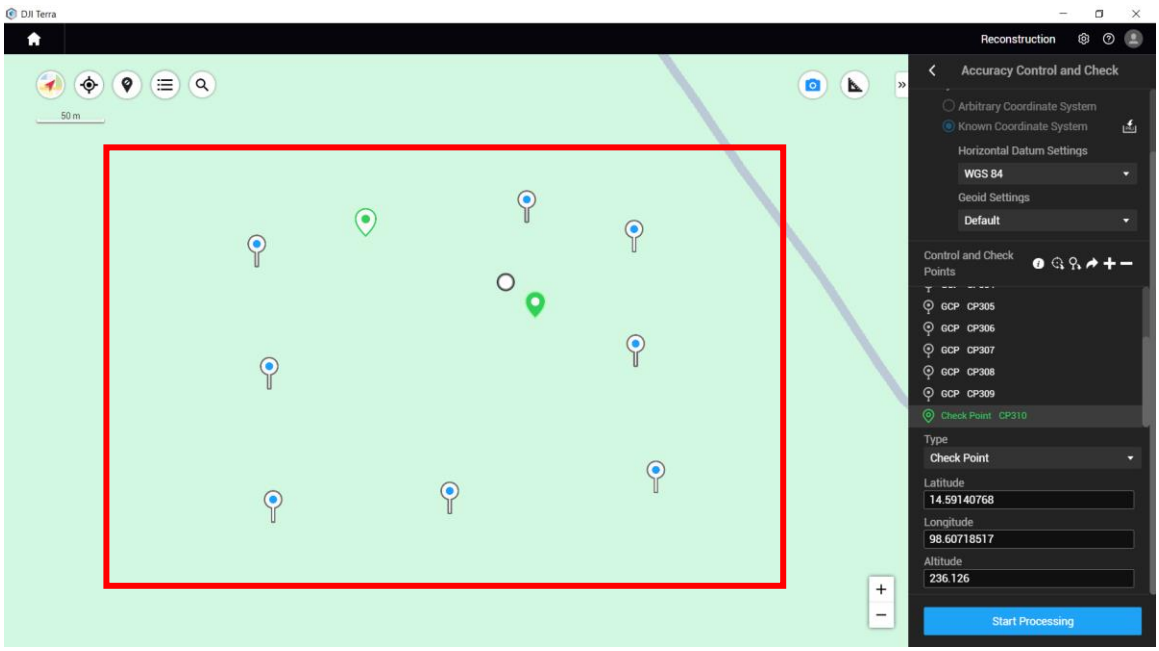
4. ตรวจสอบข้อมูลในกรอบ Preview และ File Format และตั้งค่าให้สอดคล้องกับแหล่งข้อมูล (ถ้าไฟล์ข้อมูลมีแถวที่ระบุชื่อคอลัมน์ให้กำหนด Lines To Skip From Top เท่ากับ 1) และให้ระบุชื่อคอลัมน์ให้ถูกต้องสอดคล้องกับแหล่งข้อมูล จากนั้นคลิก Import



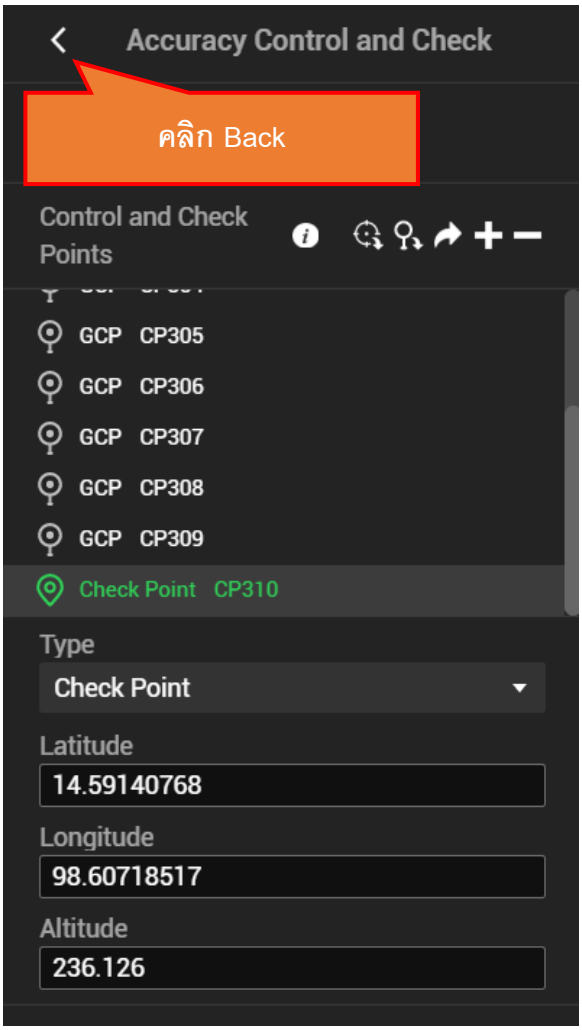
5. กำหนดประเภทของจุดควบคุมและจุดตรวจสอบตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการทำงาน เช่น ในตัวอย่างจะกำหนดให้จุดชื่อ CP302 และ CP310 เป็นจุดตรวจสอบ และจุดอื่น ๆ เป็นจุดควบคุม ให้คลิกเลือกจุด CP302 และเลือก Type เป็น Check Point และทำซ้ำขั้นตอนเดียวกันกับจุด CP310


Control and Check Points
GCP CP301
Check Point CP302
คลิกเลือกจุด
เลือกประเภทจุด
Type
Check Point
Latitude
14.59195898
Longitude
98.60601916
Altitude
234.457
Control and Check Points
GCP CP305
GCP CP306
GCP CP307
คลิกเลือกจุด
Check Point CP310
เลือกประเภทจุด
Type
Check Point
Longitude
98.60718517
Altitude
236.126

ค

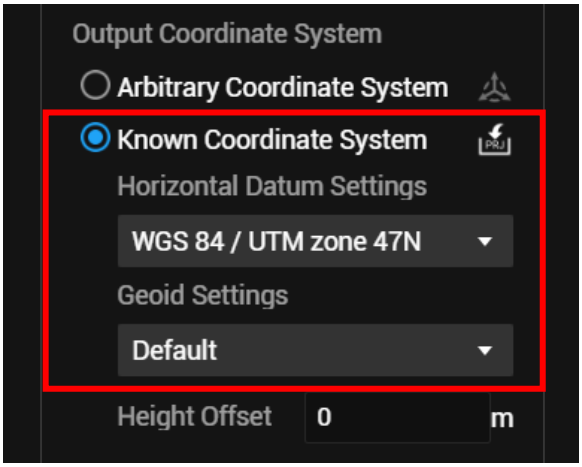

DJI Terra
Reconstruction
Accuracy Control and Check
Arbitrary Coordinate System
Known Coordinate System
Horizontal Datum Settings
WGS 84
Geoid Settings
Default
Control and Check Points
GCP CP305
GCP CP306
GCP CP307
GCP CP308
GCP CP309
Check Point CP310
Type
Check Point
Latitude
14.59140768
Longitude
98.60718517
Altitude
236.126
Start Processing

6. หลังจากการตั้งค่าจุดควบคุมและจุดตรวจสอบแล้ว ให้คลิก Back เพื่อกลับไปสู่หน้าต่างหลัก



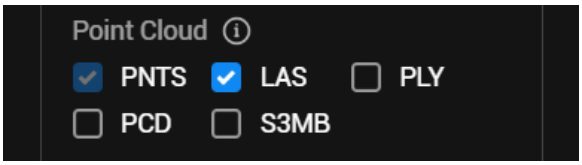
- กำหนดระบบพิกัดของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Output Coordinate System) ซึ่งสามารถกำหนดได้ 2 ลักษณะคือ
    1. Arbitrary Coordinate System เป็นการกำหนดโดยผู้ใช้กำหนดเอง ซึ่งผู้ใช้ต้องระบุพารามิเตอร์ในการแปลงระบบพิกัดด้วยตนเอง
    2. Known Coordinate System เป็นการกำหนดระบบพิกัดโดยเลือกจากระบบพิกัดที่รองรับในโปรแกรม โดยปกติ การเลือกระบบพิกัดต้อง

พิจารณาจากแหล่งข้อมูลและวัตถุประสงค์ของการใช้งานข้อมูล **ในประเทศไทยนิยมเลือกระบบพิกัดทางราบเป็น UTM และระบบพิกัดทางดิ่งเลือก Default (เนื่องจากโปรแกรม DJI Terra ไม่รองรับระบบพิกัดทางดิ่งของประเทศไทย)**

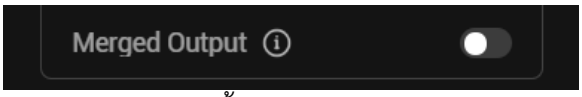


- กำหนดรูปแบบไฟล์ข้อมูลของกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ (Point Cloud) ซึ่งสามารถกำหนดเป็น
    1. PNTS: เป็นรูปแบบไฟล์ข้อมูลแบบ LOD point cloud format และเป็นรูปแบบไฟล์ข้อมูลเริ่มต้นของ DJI Terra ที่เหมาะกับการแสดงข้อมูลใน Cesium
    2. LAS: เป็นรูปแบบไฟล์ข้อมูลแบบ Non-LOD point cloud format ซึ่งกำหนดมาตรฐานขึ้นโดย ASPRS (LASer, 3D point cloud format v1.2) **นิยมใช้รูปแบบไฟล์ข้อมูลประเภทนี้ในสายงานภูมิสารสนเทศ จึงแนะนำให้บันทึกข้อมูลในรูปแบบนี้**
    3. PLY: เปนรูปแบบไฟล์ข้อมูลแบบ Non-LOD point cloud format ที่สามารถใช้กับโปรแกรม Blender, MeshLab, SketchUp, and Autodesk Maya
    4. PCD: เปนรูปแบบไฟล์ข้อมูลแบบ Non-LOD point cloud format.

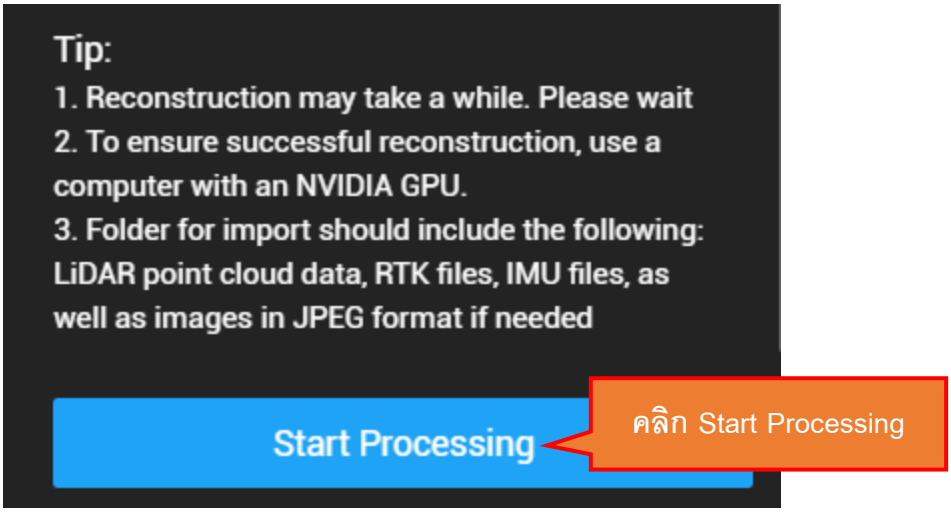
5. S3MB: เปนรูปแบบไฟล์ข้อมูลแบบ LOD point cloud format ของโปรแกรม SuperMap GIS



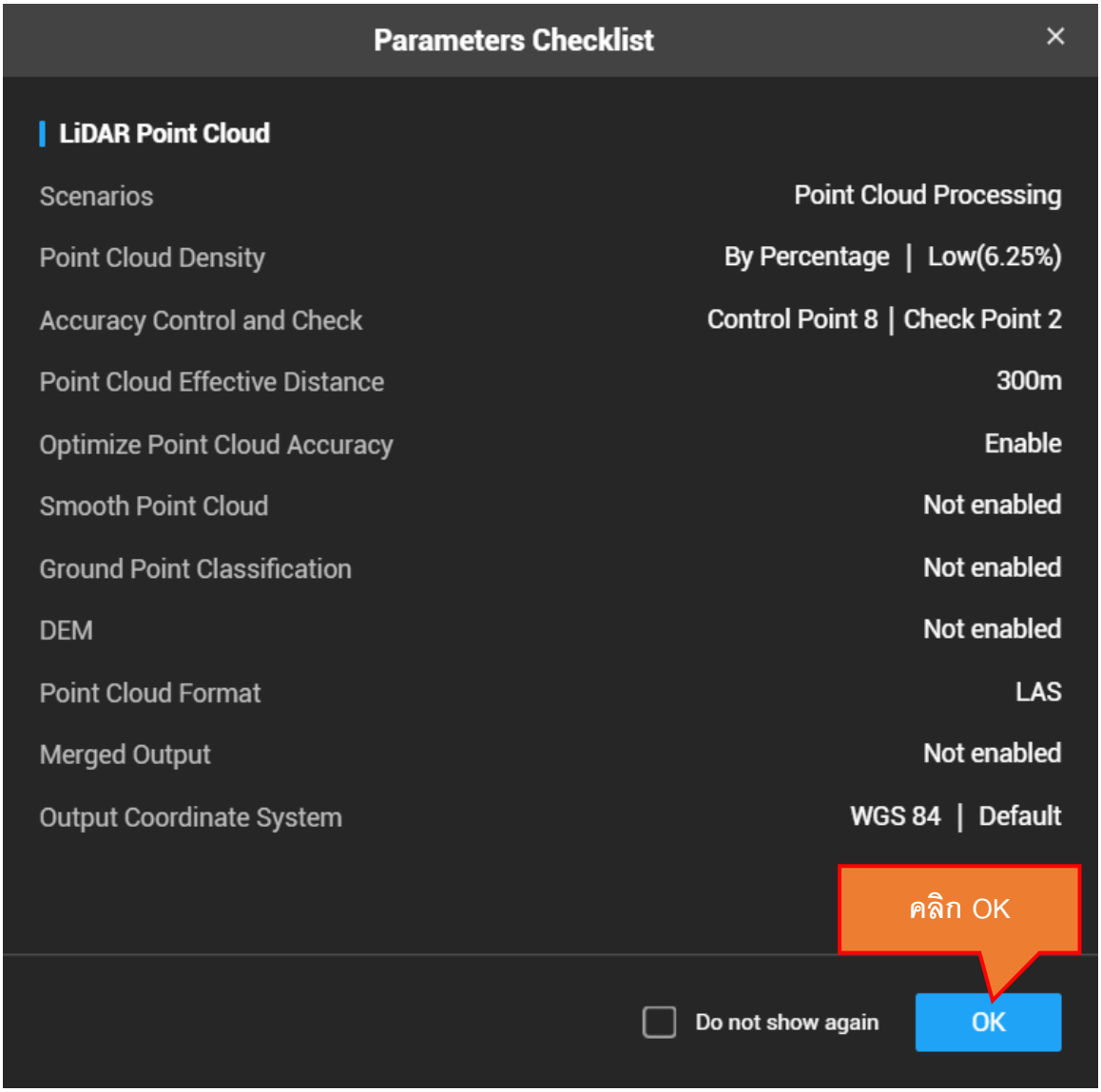
- กำหนดการผสานรวมกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ ซึ่งถ้าเลือกรูปแบบไฟล์ข้อมูลเป็น LAS, PLY, หรือ PCD และเปิดใช้งานตัวเลือกนี้ โปรแกรมจะรวมข้อมูลทั้งหมดเป็นไฟล์เดียว



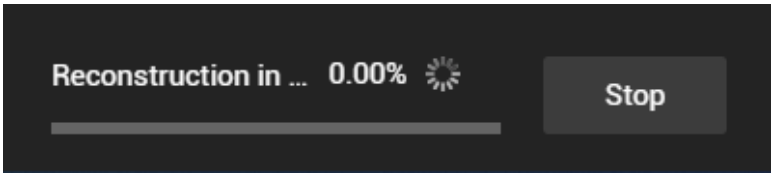
11) เมื่อตั้งค่าการประมวลผลต่าง ๆ เสร็จสิ้นแล้ว ให้คลิก Start Processing



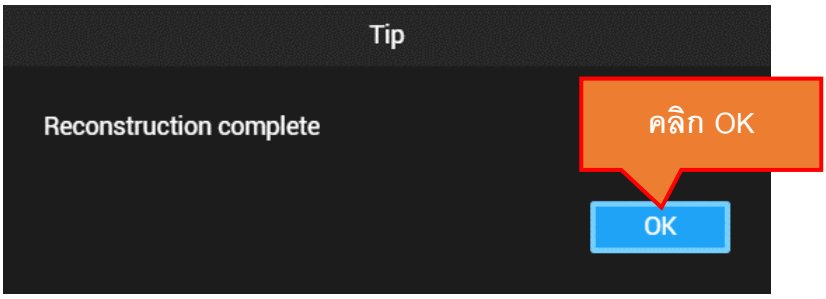
12) ถ้าผู้ใช้ได้เปิดตัวเลือก Parameters Checklist ที่อยู่ภายใต้การตั้งค่าการสร้างแบบจำลอง (Reconstruction Settings) ในการตั้งค่าโปรแกรม (Preference Settings) โปรแกรมจะแสดงข้อมูลการตั้งค่าการประมวลผลก่อนที่จะประมวลผลข้อมูลจริง ให้ผู้ใช้ตรวจสอบการตั้งค่าต่าง ๆ จากนั้นคลิก OK



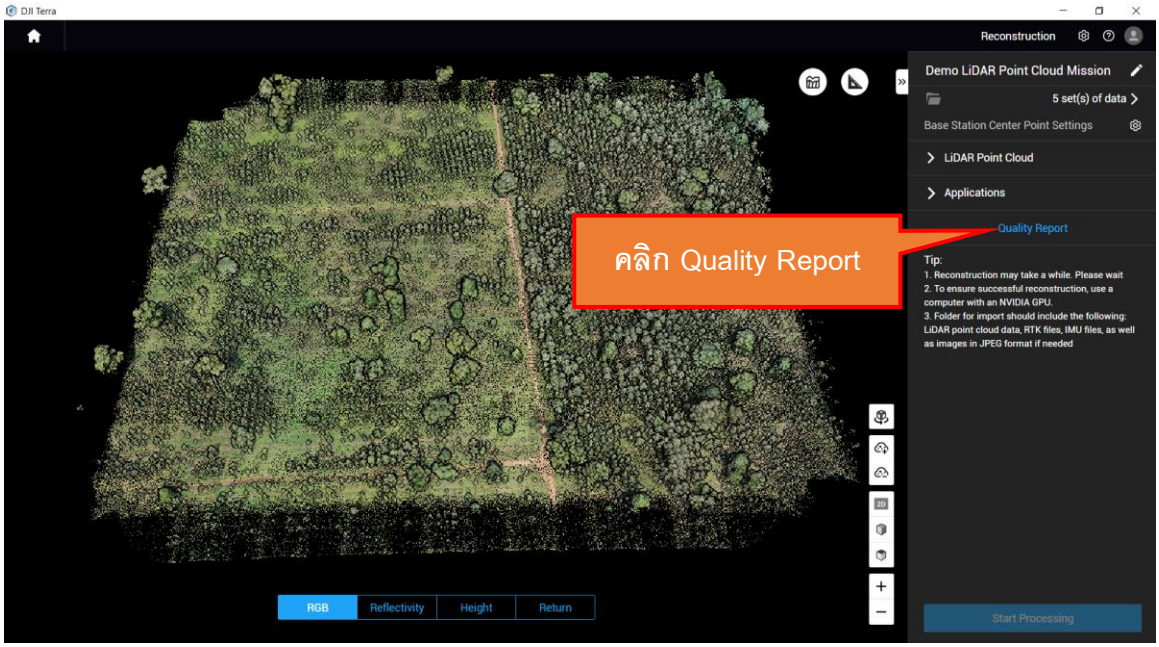
13) โปรแกรมจะเริ่มประมวลผลข้อมูล

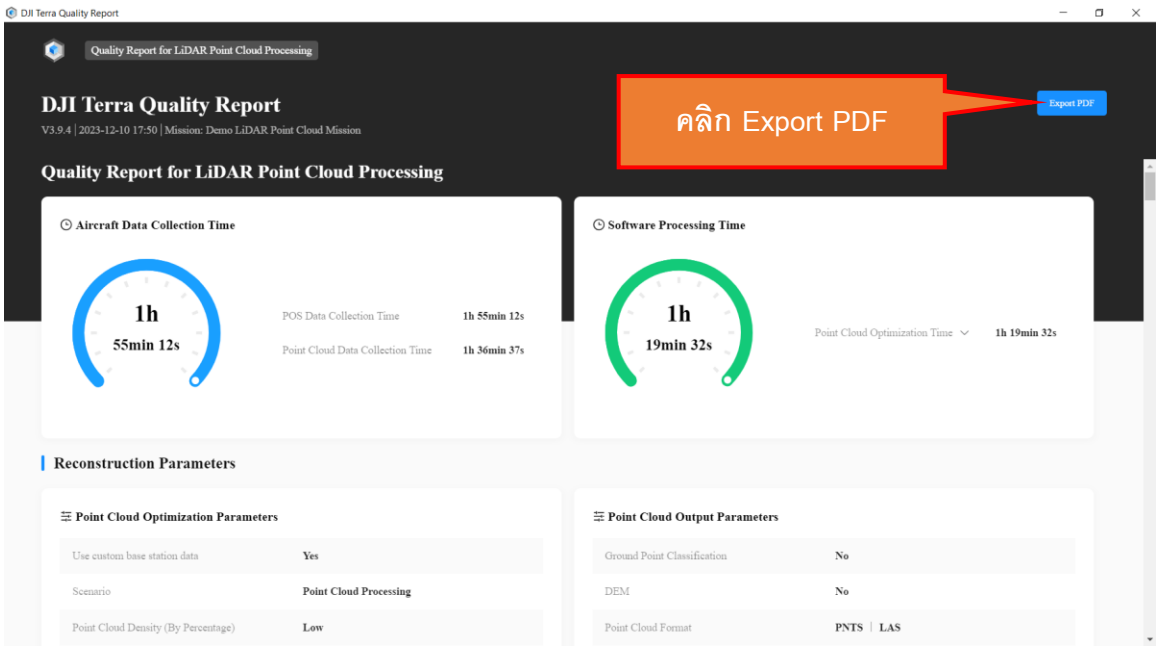


14) เมื่อประมวลผลข้อมูลเสร็จแล้ว ให้คลิก OK โปรแกรมจะแสดงผลข้อมูลกลุ่มจัดพิกัดสามมิติ

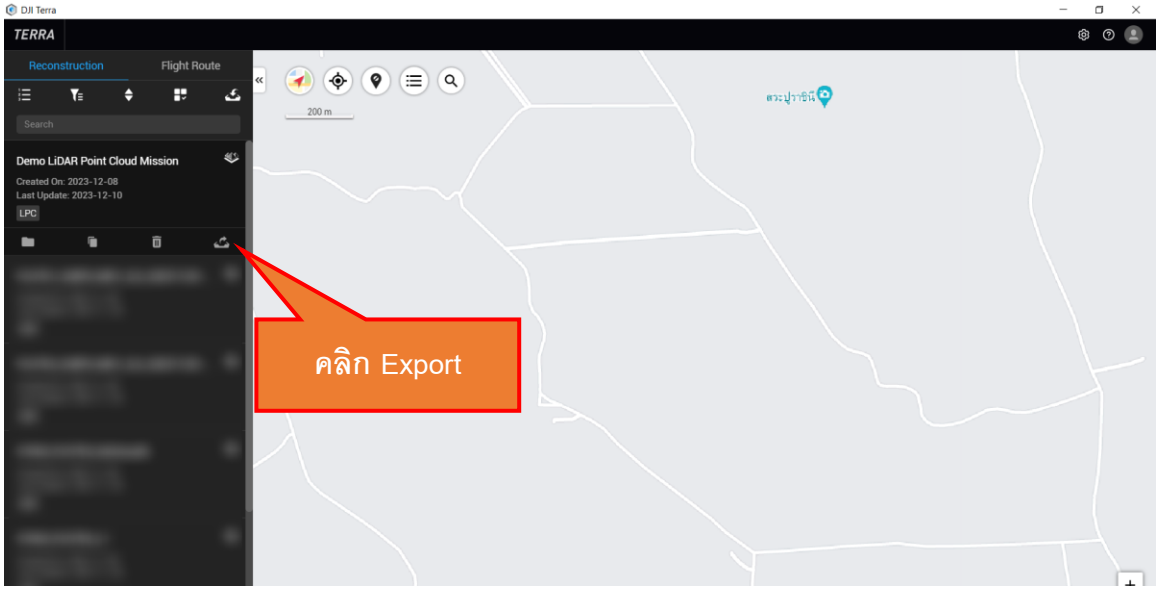


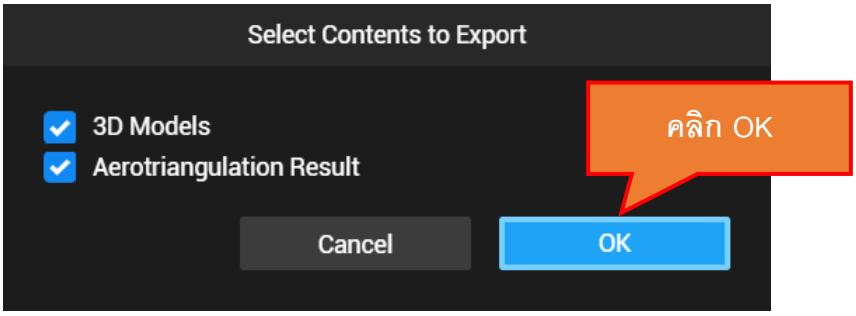
15) ผู้ใช้สามารถดูรายงานผลคุณภาพข้อมูลได้โดยการคลิก และในหน้าต่าง DJI Terra Quality Report ผู้ใช้สามารถคลิก Export PDF เพื่อส่งออกข้อมูลเป็นไฟล์ PDF เมื่อผู้ใช้ดูรายงานคุณภาพเสร็จแล้ว สามารถคลิกปิดหน้าต่างได้

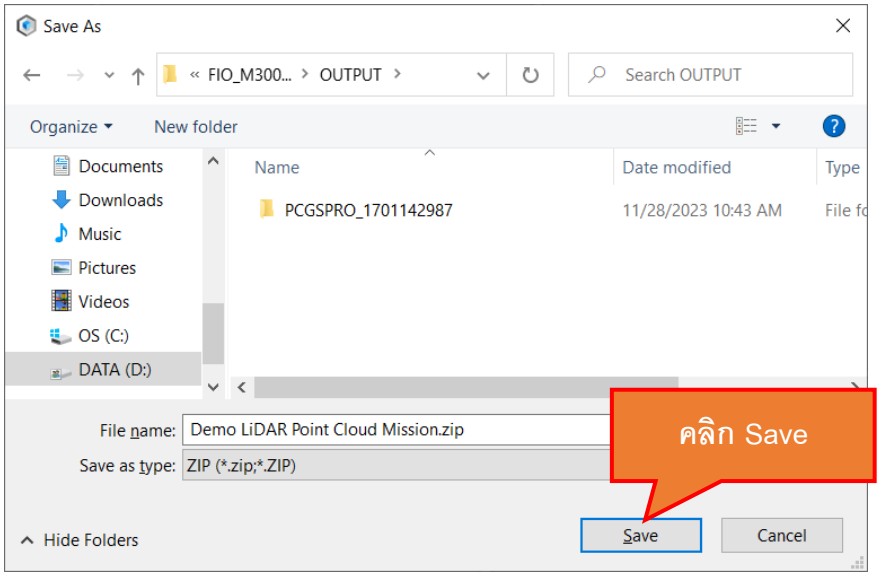

DJI Terra
Reconstruction
Demo LiDAR Point Cloud Mission
5 set(s) of data
Base Station Center Point Settings
LiDAR Point Cloud
Applications
Quality Report
คลิก Quality Report
Tip:
1. Reconstruction may take a while. Please wait
2. To ensure successful reconstruction, use a computer with an NVIDIA GPU.
3. Folder for import should include the following: LiDAR point cloud data, RTK files, IMU files, as well as images in JPEG format if needed
RGB
Reflectivity
Height
Return
Start Processing

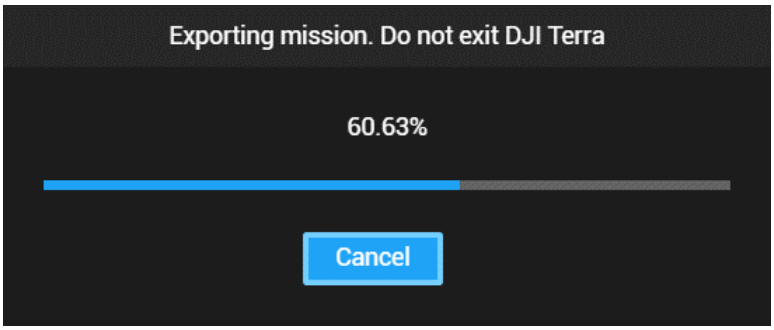

DJI Terra Quality Report
Quality Report for LiDAR Point Cloud Processing
DJI Terra Quality Report
V3.9.4 | 2023-12-10 17:50 | Mission: Demo LiDAR Point Cloud Mission
คลิก Export PDF
Export PDF
Quality Report for LiDAR Point Cloud Processing
Aircraft Data Collection Time
1h
55min 12s
POS Data Collection Time
1h 55min 12s
Point Cloud Data Collection Time
1h 36min 37s
Software Processing Time
1h
19min 32s
Point Cloud Optimization Time
1h 19min 32s
Reconstruction Parameters
Point Cloud Optimization Parameters
Use custom base station data
Yes
Scenario
Point Cloud Processing
Point Cloud Density (By Percentage)
Low
Point Cloud Output Parameters
Ground Point Classification
No
DEM
No
Point Cloud Format
PNTS | LAS

16) ผู้ใช้สามารถส่งออกไฟล์ข้อมูลกลุ่มจุดพิกัดสามมิติ เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมอื่น ๆ ได้ โดยคลิก Home จากนั้นคลิกคลิก Export แล้วเลือกข้อมูลที่ต้องการส่งอกกจากนั้นคลิก OK จะปรากฏหน้าต่าง Save As ให้ผู้ใช้กำหนดสถานที่จัดเก็บและกำหนดชื่อไฟล์แล้วคลิก Save โปรแกรมจะส่งออกข้อมูล ซึ่งผู้ใช้สามารถนำไฟล์ไปใช้งานได้ตามความต้องการ

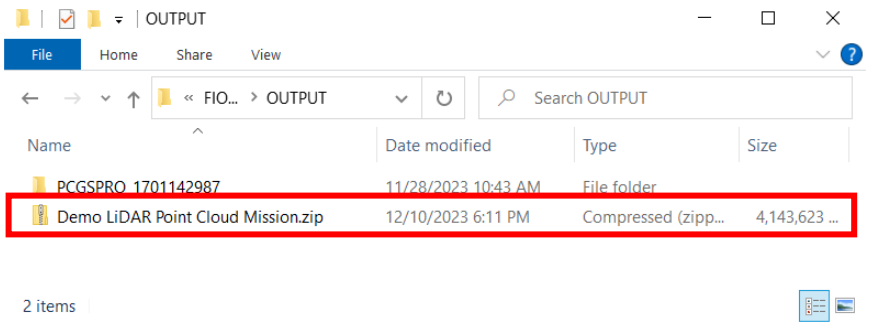




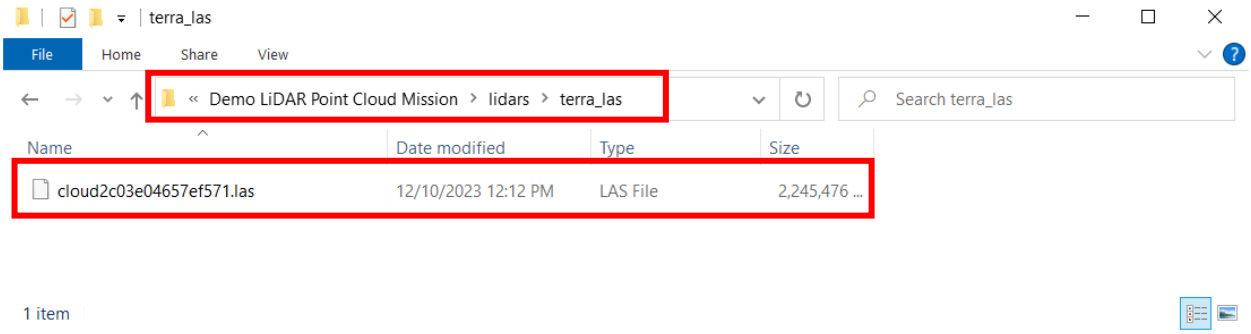




หน้าต่างแสดงสถานะการส่งออกข้อมูล



ไฟล์ Zip ที่ถูกส่งออกจาก DJI Terra



ข้อมูล LAS ที่จัดเก็บภายในโฟลเดอร์ที่ถูกส่งออกจาก DJI Terra