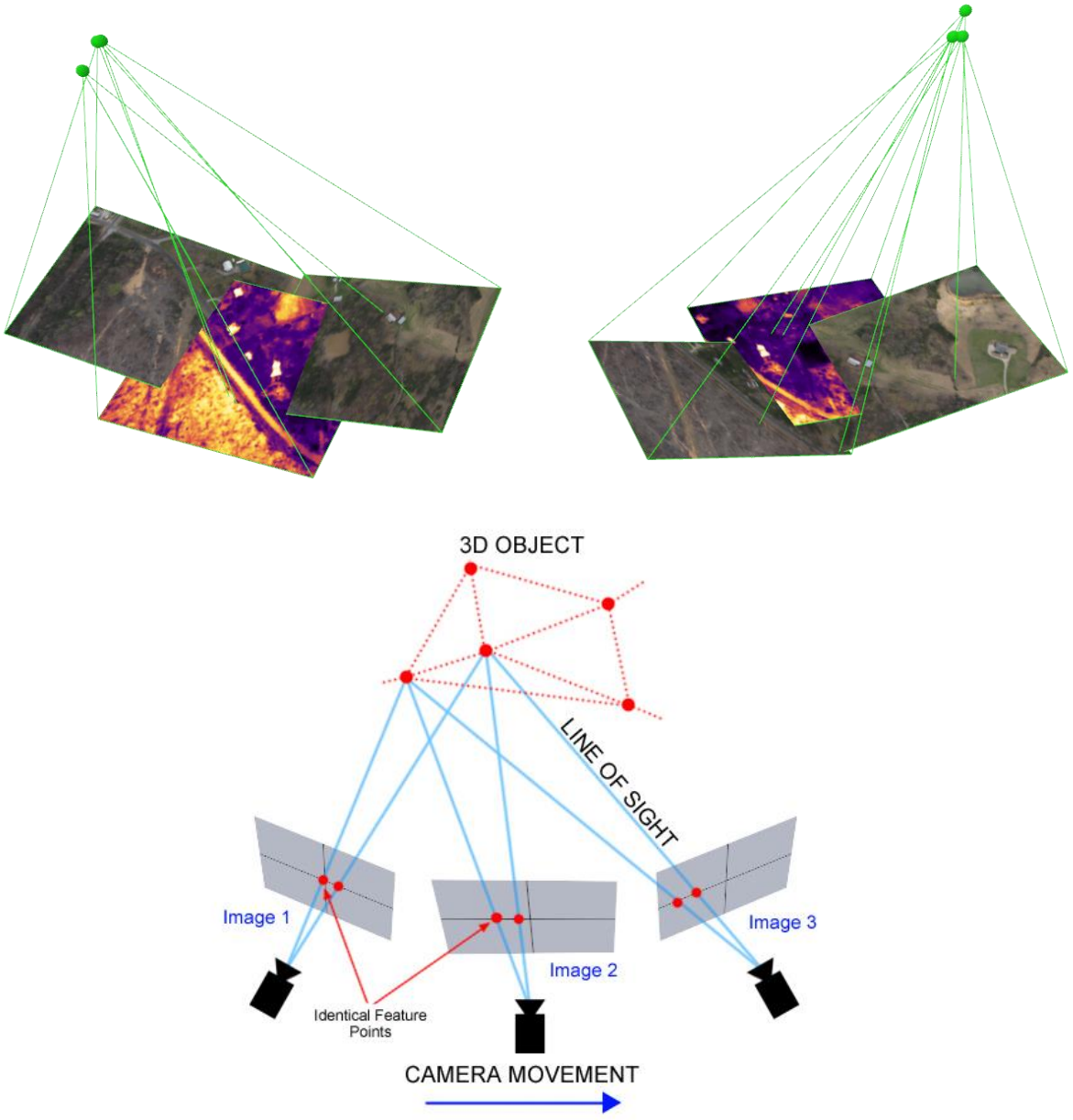
การสำรวจเพื่อทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายจาก UAV

ในปัจจุบันการสำรวจเพื่อทำแผนที่ด้วยภาพถ่ายจาก UAV ได้มีการพูดถึงและนำมาใช้อย่างแพร่หลาย โดยที่ข้อดีของการสำรวจโดยวิธีนี้คือ รวดเร็ว และมองเห็นภาพ แตกต่างจากการสำรวจโดยวิธี RTK GPS และวิธีสำรวจจุดโดยใช้กล้องประมวลผลรวมซึ่งจะได้ข้อมูลที่เป็นเพียงแค่จุดแต่ข้อพึงระวังของวิธีการสำรวจโดยวิธีนี้คือการปรับเทียบจุดอ้างอิงและหลักการของการสำรวจด้วยภาพโดยเฉพาะด้านความสูงนั้นพื้นผิวที่ได้จะเป็นพื้นผิวที่แสงตกกระทบไม่ใช่พื้นผิวดินใต้วัตถุปกคลุม (น้ำ, ต้นไม้, อาคาร เป็นต้น)

ก่อนอื่นเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับภาพที่ได้ออกมาซึ่งจะคำนวณโดยโปรแกรมประเภทสร้างภาพ 3 มิติจากภาพเคลื่อนไหว (Structure-from-Motion photogrammetry:SfM) คือการสร้างโครงสร้างในสามมิติโดยอาศัยข้อมูลภาพในหลายๆมุมมองจำนวนมาก ซึ่งคือการติดตามจุดบนภาพในตำแหน่งที่ต่างกันของจุดนั้นในแต่ละภาพ (multi-view sterio) ซึ่งจะสร้างเป็นกลุ่มจุด (point could) เพื่อบอกตำแหน่งของวัตถุขึ้นมาดังรูปที่ 1



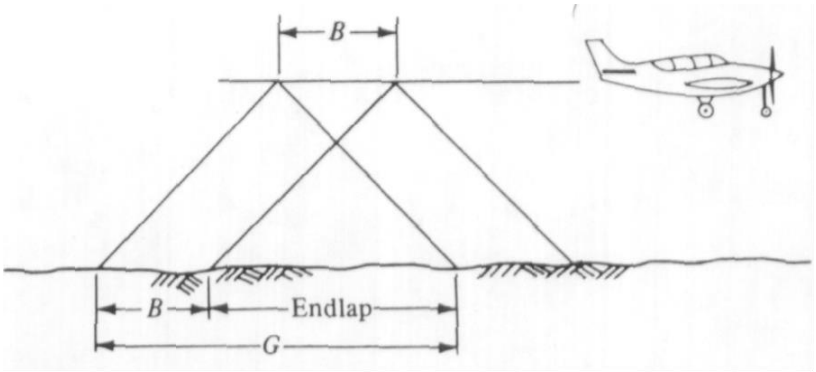
รูปที่ 1 3D tracking

ในกรณีที่ต้องการแผนที่ที่มี ความละเอียดถูกต้องที่ดีจำเป็นต้องปรับเทียบเข้ากับจุดบังคับภาพถ่ายภาคพื้นดิน (Ground Control Point) ในประมวลผลด้วย การประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์จะเป็นไป อย่างอัตโนมัติ โดยใช้หลักการ ในการจับคู่ ภาพ แล้วไปสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมทางอากาศ (Aerial Triangulation) อัตโนมัติเพื่อคำนวณหาค่าองค์ประกอบการจัดค่าภายนอก (Exterior Orientation Parameters) ของภาพทุกภาพ และได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นภาพออร์โธ (Orthophoto) แบบจำลองความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (DSM) และ ข้อมูลกลุ่มจุดความสูงสามมิติ (3D Point Cloud)

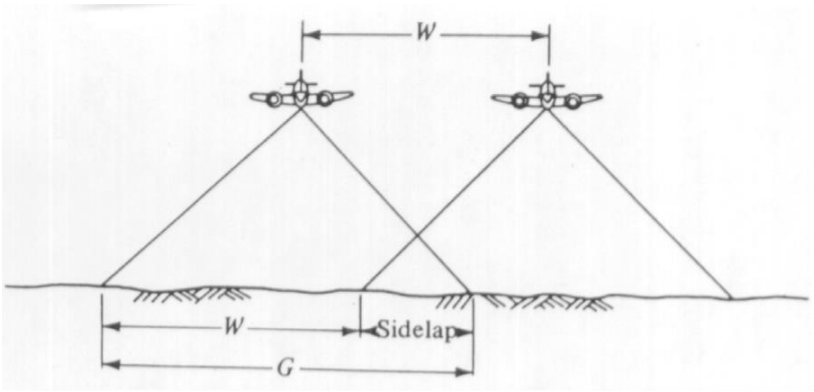
ดังนั้นในการที่จะทำให้ได้แผนที่ภาพถ่ายให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการนั้นจะต้องคำนึงถึงการได้มาของภาพถ่ายและการประมวลผลภาพถ่ายนั้นด้วย

1 การบินถ่ายภาพ สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการถ่ายภาพที่สำคัญคือ

1.1 ระยะเหลื่อมโดยที่ระยะเหลื่อมนั้นจะทำให้มีจุดของวัตถุหนึ่งอยู่ภาพที่แตกต่างกัน 6 ภาพขึ้นไปควรจะมีระยะซ้อนระหว่างภาพ (over lap) เป็น 80% ขึ้นไป และระยะซ้อนของแนวบิน (side lap) 70% ขึ้นไป เพื่อให้จำนวนจุดที่เหมือนกันในแต่ละภาพมากพอที่จะจับคู่จุดที่เหมือนกันได้



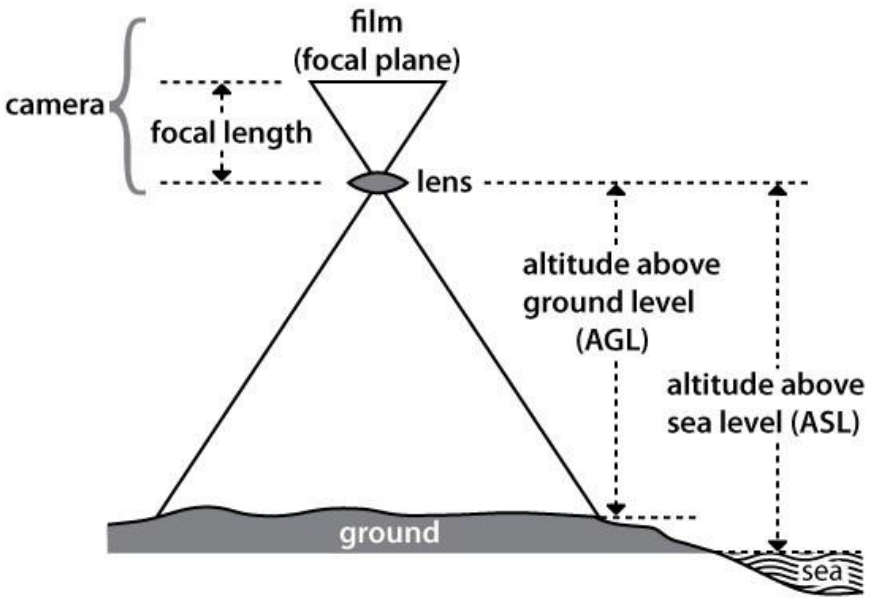
รูปที่ 2 over lap



รูปที่ 3 side lap

1.2 resolution/GSD and accuracy

ความละเอียดของจุดภาพถ่ายที่เรียกว่า Pixel จะมีขนาดต่างกันตามคุณภาพของกล้องที่ใช้นิยมบอกกันที่ความละเอียดกล้อง เป็น MP (เมกะพิกเซล) หรือในปัจจุบันจะมีบอกว่าเป็น กล้อง 4 K (4000x3000 image size) ซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดของจุดภาพอ้างอิงภาคพื้นดิน (GSD: ground sample distance) ซึ่งระยะของจุดในภาพ ที่ ได้จะได้จากการคำนวณของการตกกระทบของแสงจากกล้องดังภาพที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการหาขนาดของภาพภาคพื้นดินจากกล้องถ่ายภาพ

ซึ่งในกระบวนการในการบินปัจจุบัน application สำหรับแต่ละเครื่องจะมีการคำนวณให้พร้อมแล้วว่าถ้าต้องการความละเอียดของจุดภาพขนาด A x B จะต้องบินที่ความสูงเท่าใด ซึ่งโดยทั่วไปความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบจะเป็น 1-2 เท่าของ GSD และความถูกต้องทางดิ่ง 1-3 เท่าของ GSD

ในการคำนวณนั้นสามารถดาวน์โหลดโปรแกรม spreadsheet จาก https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560249-TOOLS-GSD-Calculator#gsc.tab=0 มาใช้ในการคำนวณได้ โดยทำการกรอกค่าพารามิเตอร์ในช่องตารางดังรูปที่5

PIX4D

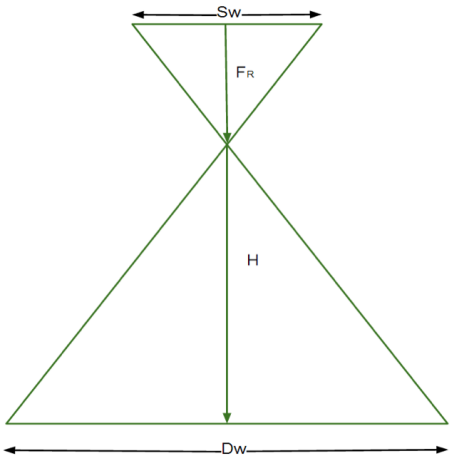
GROUND SAMPLING DISTANCE CALCULATOR

Instructions

1. Enter the Sensor Width (millimeters) in cell **C14**
2. Enter the Focal Length (millimeters) in cell **C15** (real focal length,not 35 mm equivalent)
3. Enter the Flight Height (meters) in cell **C16**
4. Enter the Image Width (pixels) in cell **C17**
5. [Optional] Enter the Image Height (pixels) in cell **C18**
6. Hit Enter

Calculator

Sw	3.61	= the sensor width of the camera (millimeters)
FR	4.64	= the focal length of the camera (millimeters)
H	100	= the flight height (meters)
imW	4000	= the image width (pixels)
imH	3000	= the image height (pixels)
GSD	1.95	= Ground Sampling Distance (centimeters/pixel)
Dw	78	= width of single image footprint on the ground (meters)
DH	58	= height of single image footprint on the ground (meters)



Dw = The footprint width / distance covered on the ground by one image in width direction

www.pix4d.com

รูปที่ 5 ตารางการคำนวณ GSD

โดยที่

S_W คือ ความกว้างของ CCD (มิลลิเมตร)

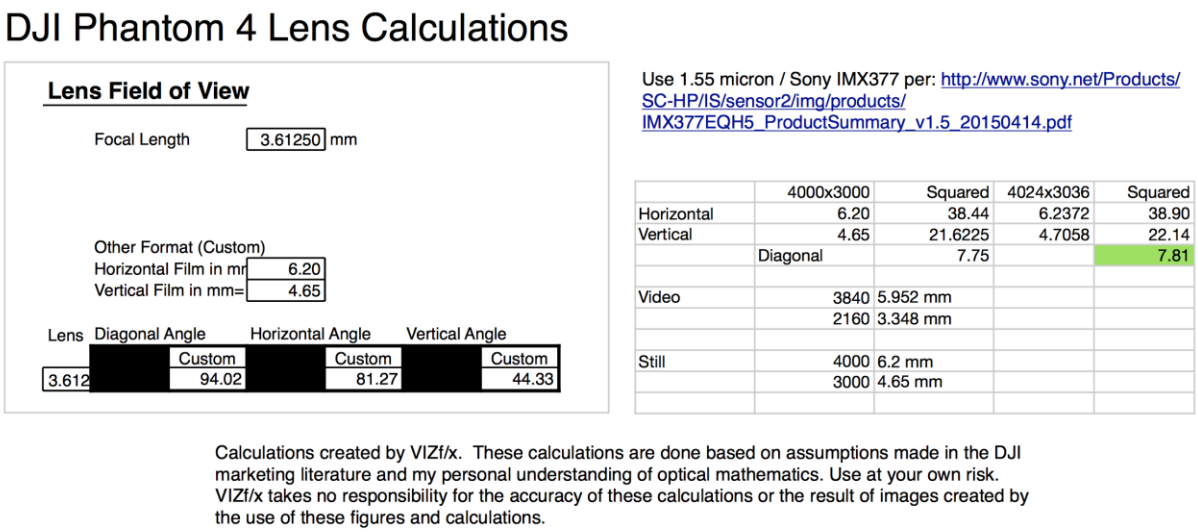
F_R คือ ความยาวของโฟกัสเลนส์ (มิลลิเมตร)

H คือ ความสูงของการบิน (เมตร)

imW คือ ความกว้างของภาพ (pixel)

imH คือ ความสูงของภาพ (pixel)

สำหรับกล้องที่ติดตั้งมาพร้อมกับ DJIPhantom 4 จะมีคุณสมบัติดังนี้



DJI Phantom 4 Lens Calculations

Lens Field of View

Focal Length 3.61250 mm

Other Format (Custom)
Horizontal Film in mr 6.20
Vertical Film in mm= 4.65

Lens	Diagonal Angle	Horizontal Angle	Vertical Angle
	Custom	Custom	Custom
3.612	94.02	81.27	44.33

Use 1.55 micron / Sony IMX377 per: http://www.sony.net/Products/SC-HP/IS/sensor2/img/products/IMX377EQH5_ProductSummary_v1.5_20150414.pdf

	4000x3000	Squared	4024x3036	Squared
Horizontal	6.20	38.44	6.2372	38.90
Vertical	4.65	21.6225	4.7058	22.14
	Diagonal	7.75		7.81
Video	3840	5.952 mm		
	2160	3.348 mm		
Still	4000	6.2 mm		
	3000	4.65 mm		

Calculations created by VIZf/x. These calculations are done based on assumptions made in the DJI marketing literature and my personal understanding of optical mathematics. Use at your own risk. VIZf/x takes no responsibility for the accuracy of these calculations or the result of images created by the use of these figures and calculations.

รูปที่ 6 คุณสมบัติของเลนส์

Focal length: 3.61mm

CMOS size: 6.2 x 4.65 mm

Image size 4000x3000 pixel

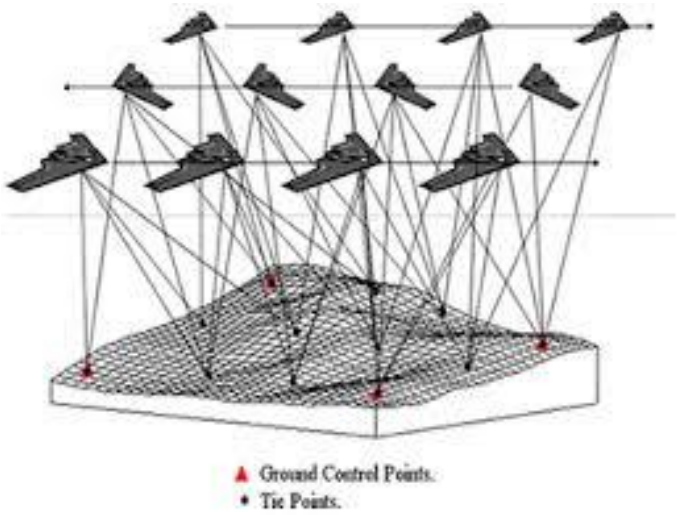
จากรูปที่ 5 จะได้ ขนาดของ GSD เป็น 1.95 cm./pixel นั่นคือจะมีความถูกต้องทางตำแหน่งได้ดีที่สุดคือ 1.95 cm.

ความละเอียดถูกต้องทางดิ่ง ในการทำแผนที่ภูมิประเทศเพื่อประมาณการปริมาณดินตัดดินถมนั้น ส่วนมากมักจะแสดงเป็นแผนที่เส้นชั้นความสูง (contour map) แผนที่ที่ต้องการความละเอียดถูกต้องที่สูง จะต้องมีการวัดที่ละเอียดขึ้น โดยการเลือกใช้ค่าช่วงของเส้นชั้นความสูง (contour interval) ที่เหมาะสมกับชนิดของงาน ซึ่งค่าความสูงที่สามารถประมาณค่าได้จะเท่ากับครึ่งหนึ่งของ contour interval เช่น หากต้องการความถูกต้องของข้อมูลที่ 0.5 เมตร จะต้องใช้ contour interval ที่ 1 เมตร

2.3 จุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground control point: GCP)

ในการที่จะทำให้ได้แผนที่ภาพถ่ายที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งสูงนั้น การปรับเทียบภาพถ่ายกับจุดอ้างอิงภาคพื้นดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง GCP คือจุดที่สามารถเทียบค่าพิกัดของภาพกับค่าที่วัดได้ จะโดยวิธี RTK GPS หรือโดยกล้องประมวลผลรวมก็ได้ หรือหากไม่มีเครื่องมือวัดดังกล่าว ก็ยังสามารถ วัดระยะห่างและระดับของจุดสองจุดเป็นคู่ๆ เพื่อใช้อ้างอิงขนาดได้ ขึ้นอยู่กับความละเอียดและความถูกต้องของตำแหน่งที่ต้องการ โดยทั่วไป GCP จะเป็นแผ่นขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้ชัดและมีจุดศูนย์กลางใกล้เคียงกับขนาดของ GSD จะใช้ จำนวน 4 - 10 จุด ต่อการทำแผนที่ที่มีภาพน้อยกว่า 1,000 ภาพ

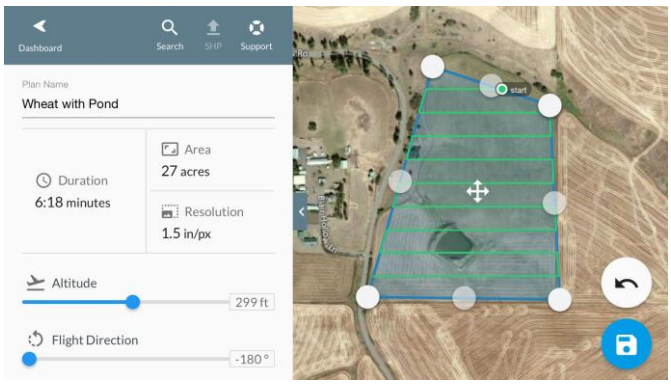
ซึ่งควรจะวางตามขอบและตอนกลางของพื้นที่เพื่อตรึงพิกัดให้ครอบคลุมพื้นที่
ข้อควรระวังคือในขอบของพื้นที่ที่ถ่ายภาพนั้นจะไม่มีภาพที่ไม่มีภาพมาซ้อนเพื่อทำคู่เทียบ การวาง GCP จึงควรมีระยะกันชนมาจากขอบของการบินถ่ายอย่างน้อย 1 แนว



รูปที่ ๗ แสดง จุด GCP และการรังวัดตำแหน่ง

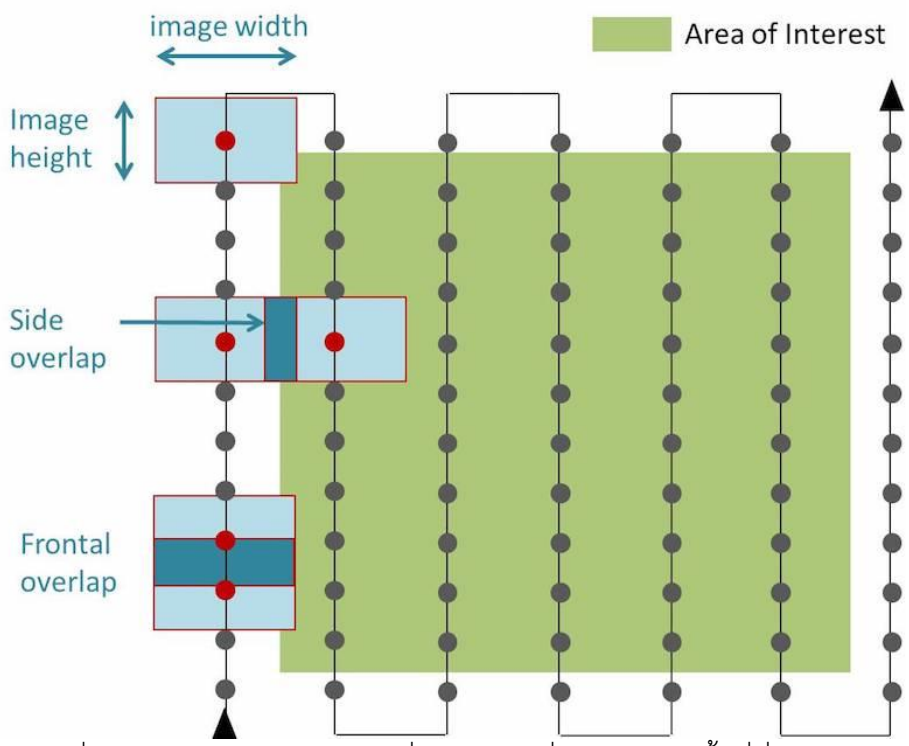
2.4 การวางแผนแนวบิน

โดยปกติแล้ว UAV ที่นำมาใช้นั้นจะมาพร้อมกับ application สำหรับการบินพร้อมแล้วซึ่งจะมีการตั้งค่าเบื้องต้นให้เหมาะสมกับอุกรณ์นั้นๆอยู่แล้ว หรือยังมี application อื่นที่พัฒนามาให้ใช้ร่วมกันได้ ซึ่งสามารถบังคับให้บินไปตามเส้นทางได้จากการขึ้นจนถึงลงจอดแบบอัตโนมัติ ซึ่งลดความยุ่งยากในการใช้งานได้อย่างมาก



รูปที่ 8 แสดงการตั้วค่าเส้นทางการบินใน application

โดยที่หลักการของการอ้างอิงค่าพิกัดตำแหน่งของจุดบนภาพถ่ายนั้นจะใช้คู่ภาพ การวางแผนการบินนั้นจึงควรจะบินครอบคลุมพื้นที่ให้มากกว่าขอบเขตของพื้นที่ที่ต้องการ ออกมาอย่างน้อย 1 แนวบิน เพื่อให้พื้นที่ภายในส่วนที่ต้องการนั้นมีคู่ภาพที่สามารถนำมาจับคู่ได้ทุกภาพ



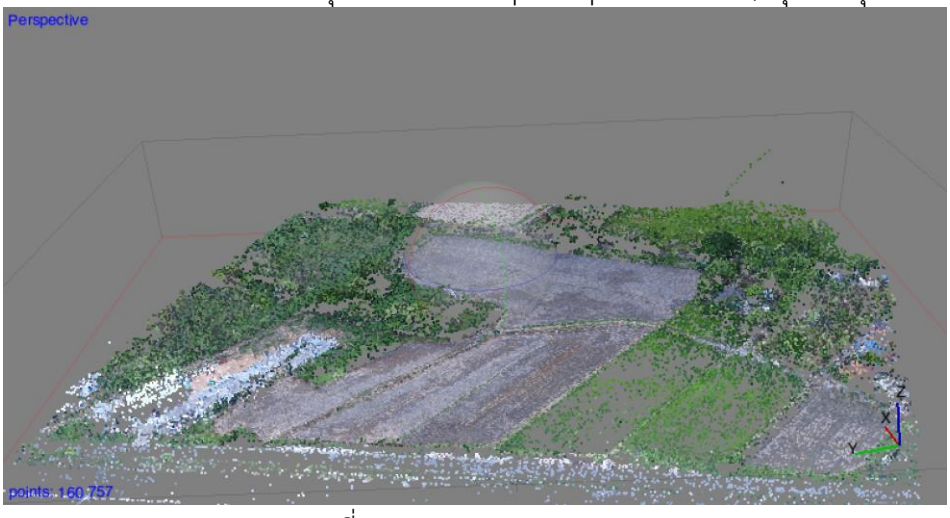
รูปที่ 9 การสร้างเส้นทางการบินเพื่อให้ได้แผนที่ภาพถ่ายของพื้นที่ที่ต้องการ

๒ การประมวลผลภาพถ่าย

ในกระบวนการประวลผลภาพถ่ายนั้นจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งมีหลายโปรแกรมทั้ง free ware และ commercial ware ซึ่งมีคุณสมบัติต่างกันไปแต่โดยหลักการจะคล้ายกันโดยมีขั้นตอนดังนี้

1 การจัดเรียงภาพ โดยการจับคู่จุดเหมือนของภาพ หรือการอ้างอิงค่าพิกัดเบื้องต้นจากข้อมูลภาพ

2 การสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมของจุดภาพซึ่งจะได้ sparse point cloud (กลุ่มของจุดภาพแบบห่างๆ)



รูปที่ 10 sparse point cloud

3 การสร้างเครื่องหมายของจุดอ้างอิง (marker)

รูปที่ 11 การสร้างเครื่องหมายจุดอ้างอิงในภาพ

4 การสร้างโครงข่ายพื้นผิวภาพ (Meshes)

5 การปรับเทียบค่าพิกัดจาก GCP และ marker ในภาพ

6 สร้าง Dense could

รูปที่ 12 Dense could

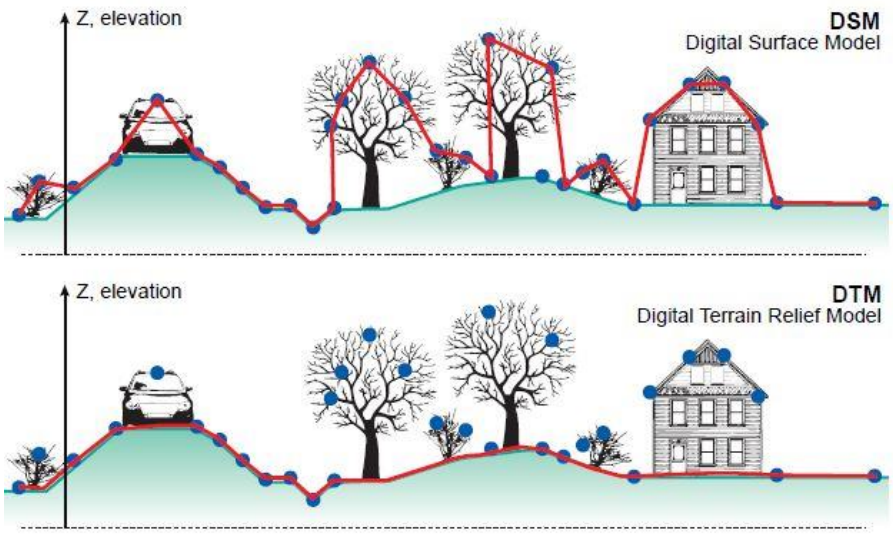
7 การปรับปรุงโครงข่ายพื้นผิวภาพ (Meshes) และสร้างพื้นผิว(Texture)

8 การสร้างแผนที่ภาพถ่าย (Orthophoto)

9 การปรับแก้ค่าทางตำหน่งของพื้นผิวเพื่อนำไปคำนวณปริมาณงาน

3 ข้อแนะนำ

การใช้วิธีการสร้างแผนที่ภูมิประเทศจากภาพถ่ายเพื่อคำนวณปริมาณงานนั้นจะเหมาะสมเมื่อพื้นที่นั้นเป็นพื้นที่เปิดโล่งถึงพื้นผิวจริง หากมีสิ่งปกคลุมหรือแสงกระทบไม่ถึง เช่น น้ำหรือกองวัสดุจะต้องมีการทำการปรับแก้หรือทำความเข้าใจให้ตรงกันก่อนการสำรวจ

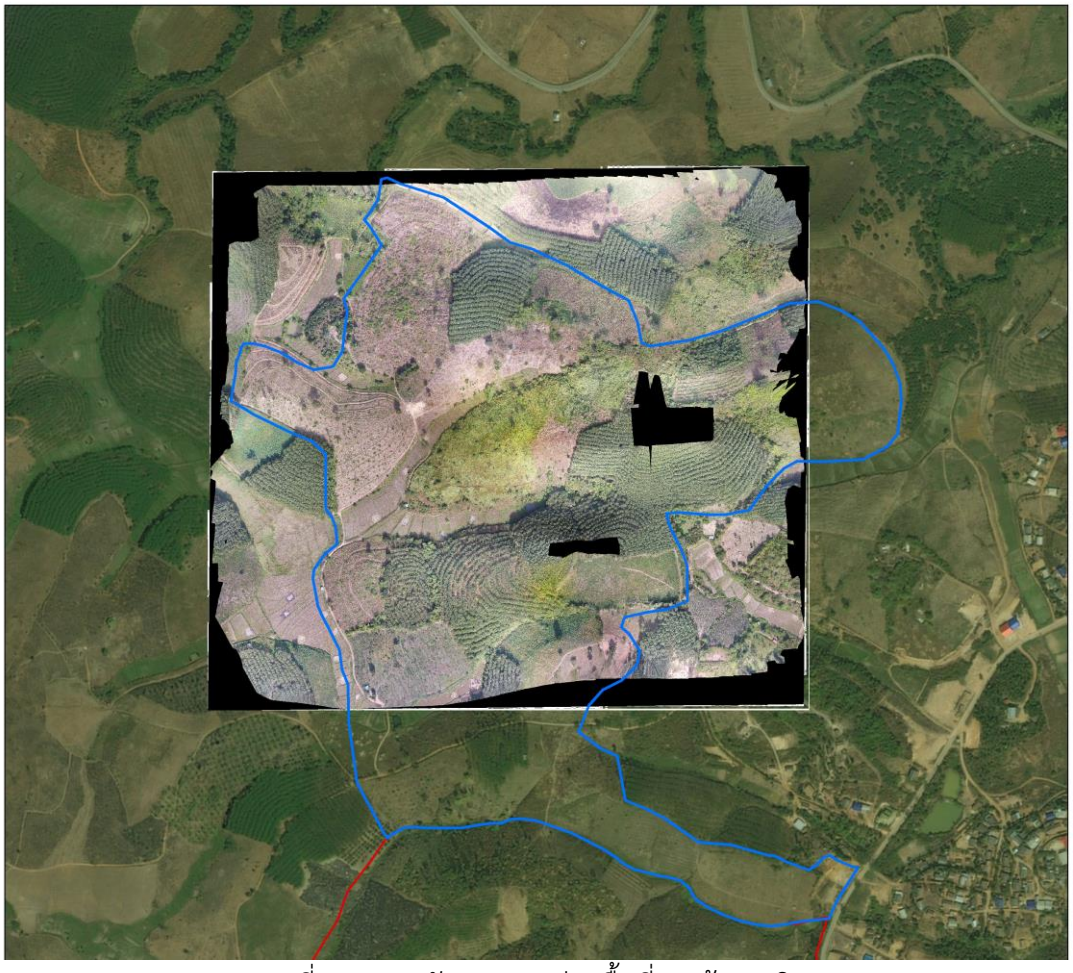


รูปที่ 12 ความแตกต่างของพื้นผิวแบบ DSM และ DTM

จากตัวอย่างรูปที่ 13 และ 14 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะของภูมิประเทศหลายแบบ ทั้งต้นหญ้า ต้นข้าว แม่น้ำ สระ ต้นไม้ หมู่บ้าน การทำแผนที่ภูมิประเทศจึงจำเป็นต้องตกลงในเรื่องมาตราส่วน ความละเอียด วิธีการเก็บข้อมูล และประมวลผลข้อมูลให้เข้าใจตรงกันเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของผลการสำรวจภายหลัง

รูปที่ 13 ภาพถ่ายพื้นที่โครงการ

รูปที่ 14 ภาพถ่าย3D (มุมเอียง) พื้นที่โครงการ



รูปที่ 15 การปรับปรุงภาพถ่ายพื้นที่จากข้อมูลเดิม