



ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่องที่ 1

การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ
กรณีศึกษาลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ.2561)

โดย

นายอาทิตย์ ปัญโญ

ตำแหน่งนักอุทกวิทยาปฏิบัติการ

(ตำแหน่งเลขที่ 5435)

ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานนี้เป็นเอกสารประกอบการประเมินบุคคล

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักอุทกวิทยาชำนาญการ

(ตำแหน่งเลขที่ 5435)

ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง

สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา

คำนำ

การสำรวจสภาพภูมิประเทศด้วยวิธีการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) เพื่อใช้ในภารกิจของกรมชลประทานมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2515 และได้มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเทคโนโลยีในปัจจุบัน การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศได้พัฒนาก้าวหน้าไปอย่างมาก เช่น การสำรวจด้วยเทคนิคไลดาร์ ซึ่งให้ความถูกต้องสูงและสำรวจได้ข้อมูลอย่างรวดเร็ว แต่ก็ต้องแลกมาด้วยค่าใช้จ่ายที่สูงและไม่สามารถดำเนินการได้เอง แต่ในปัจจุบันได้มีการนำเอาอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ในงานสำรวจสภาพภูมิประเทศเพื่อทำแผนที่ภาพถ่าย โดยใช้วิธีการประมวลผลด้วยอัลกอริธึมทางด้านคอมพิวเตอร์วิชั่น เพื่อสร้างแผนที่ต้องการ อาทิเช่น แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศบริเวณพื้นที่น้ำท่วม หรือการสร้างแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานอุทกวิทยาต่อไป

อาทิตย์ ปัญโญ

มิถุนายน 2562

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	
สารบัญตาราง	
สารบัญรูป	
สารบัญกราฟ	
1. ชื่อผลงาน	1
2. ระยะเวลาที่ดำเนินการ	1
3. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ	1
4. สรุปสาระและขั้นตอนการดำเนินการ	9
5. ผู้ร่วมดำเนินการ	11
6. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ	12
7. ผลสำเร็จของงาน	35
8. การนำไปใช้ประโยชน์	37
9. ความยุ่งยากในการดำเนินการ/ปัญหา/อุปสรรค	37
10. ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	41

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. เปรียบเทียบความละเอียด และความถูกต้องของการรังวัดค่าระดับสูงจากหลายเทคนิค	4
2. เปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่งแนวตั้งของ NMAS และ NSSDA	9
3. แสดงการคำนวณการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง	30

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1. แผนผังการสร้างแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน	2
2. ประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะต่างๆ	3
3. การแสดงความสูง – ต่ำของพื้นผิวหลายรูปแบบในระบบภูมิสารสนเทศ	5
4. เป้า GCP ขนาด 1 x 1 เมตร	10
5. แสดงการทำหมุดควบคุมทางราบ	12
6. แสดงการสำรวจตำแหน่งพิกัดจุดควบคุม โดยวงรอบด้วยกล้อง Total Station	12
7. แสดงการสำรวจตำแหน่งพิกัดจุดควบคุม โดยวงรอบด้วยกล้อง Total Station	13
8. แสดงการสำรวจตำแหน่งพิกัดจุดควบคุม โดยวงรอบด้วยกล้อง Total Station	13
9. จุด Cloud Point ที่ได้หลังจากขั้นตอน Align Photos	17
10. เสร็จสิ้นกระบวนการ Dense Cloud	21
11. เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง Mesh	23
12. เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง Texture	25
13. เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง DEM	26
14. เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ Orthomosaic	28
15. แสดงแผนที่และรูปตัดตามยาว (Long Profile) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	33
16. แสดงรูปตัดตามยาว (Long Profile) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	34
17. แสดงรูปตัดตามขวาง (Cross section) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	34
18. แสดงรูปตัดตามขวาง (Cross section) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	34
19. ภาพถ่ายพื้นที่บริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ก่อนน้ำท่วม	35
20. ภาพถ่ายพื้นที่บริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ช่วงน้ำท่วม	36
21. ภาพถ่ายพื้นที่น้ำท่วมบริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ที่ระดับ 145.43 ม.รทก.	36
22. แบบจำลองพื้นที่น้ำท่วมบริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ที่ระดับ 145.43 ม.รทก.	36
23. เปรียบเทียบการจำลองเหตุการณ์ก่อนและระหว่างน้ำท่วมที่ระดับน้ำ 145.43 เมตร.รทก.	37

สารบัญกราฟ

กราฟที่	หน้า
1. กราฟแสดงระดับน้ำเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2539 – 2561 สถานี S.3 แม่น้ำป่าสัก อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	31
2. ระดับน้ำรายชั่วโมง แม่น้ำป่าสัก วันที่ 26 ส.ค. – 1 ก.ย. พ.ศ. 2561 สถานี S.33 อ.หล่มเก่า และสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	32
3. ระดับน้ำรายชั่วโมง แม่น้ำป่าสัก วันที่ 28 ส.ค. – 3 ก.ย. พ.ศ. 2561 สถานี S.33 อ.หล่มเก่า และสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์	32

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่องที่ 1

1. ชื่อผลงาน

การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ กรณีศึกษาลุ่มน้ำป่าสัก
อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ.2561)

2. ระยะเวลาที่ดำเนินการ

พฤษภาคม - สิงหาคม 2561

3. ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ กรณีศึกษาลุ่มน้ำป่าสัก
อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ใช้ความรู้ทางวิชาการดังนี้

3.1 ความหมายองค์ประกอบของระบบภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองสามมิติ ของ
ภูมิประเทศ

ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (สุเพชร, 2551) เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนผิวโลก (Geospatial Data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ระบบการกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกด้วยดาวเทียมสำรวจ (Global Navigation Satellite System) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการบริหารจัดการข้อมูลอันประกอบไปด้วยการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผนและการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Hardware), โปรแกรมประมวลผล (Software Application), ฐานข้อมูล (Database), หน่วยงานหรือองค์กร (Organizations), และผู้เชี่ยวชาญในระดับต่างๆ (Professionals) ทำงานร่วมกันในการประมวลผล วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การใช้ระบบสารสนเทศสร้างแบบจำลองสามมิติของภูมิประเทศ เป็นการสร้างทรวดทรงจำลองลักษณะภูมิประเทศ โดยมีสัดส่วนทั้งในมิติทางราบและทางความสูงอย่างถูกต้อง เพื่อแสดงสภาพความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.2 กระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิวสามมิติโดยระบบภูมิสารสนเทศ

มีองค์ประกอบ 5 ประการดังแสดงในภาพที่ 1 รายละเอียดดังนี้คือ

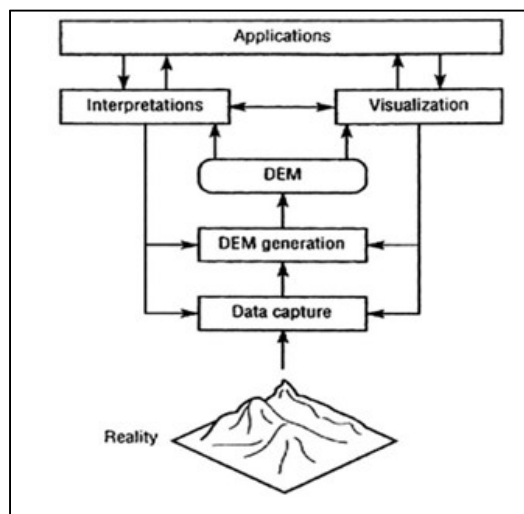
1. การสำรวจหรือสกัดข้อมูลความสูงของพื้นผิวจากภูมิประเทศจริง (Data capture) เป็นการรวบรวมตำแหน่งทั้งทางราบและความสูงของภูมิประเทศ สามารถทำได้หลายวิธี และมีหลายเทคโนโลยีที่สามารถทำได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยในหลาย ๆ อย่าง เช่น ความละเอียดถูกต้อง ปริมาณที่ต้องการ ตลอดจนปัจจัยภายนอก เช่น งบประมาณด้วยเช่นกัน

2. การสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (DEM generation) ในระบบภูมิสารสนเทศการแสดงผลพื้นผิวความสูงของภูมิประเทศสามารถทำได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับปัจจัย เช่น ปริมาณข้อมูล วิธีการที่จะนำมาใช้วิเคราะห์ หรือวัตถุประสงค์ในการแสดงผล เป็นต้น

3. การแสดงผลในระบบ (Visualization) เป็นการนำข้อมูลเชิงตำแหน่งมาประมวลผลร่วมกับแบบจำลองความสูงของภูมิประเทศ และแสดงผลการแสดงผลในรูปแบบสองมิติ หรือสามมิติ ขึ้นกับการกำหนดวิธีการแสดงผลและความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ

4. การวิเคราะห์ตีความแบบจำลอง (Interpretation) เป็นการนำข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผล นำมาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ตีความ โดยวิธีการหรือใช้แบบจำลองที่เหมาะสม ตามเงื่อนไขและข้อจำกัดที่กำหนด เช่น การวิเคราะห์เส้นทางน้ำ การวิเคราะห์ดินตัดดินถม การวิเคราะห์ภูมิประเทศ เป็นต้น

5. การนำไปประยุกต์ใช้งาน (Applications) เป็นการนำผลที่ได้จากส่วนต่างๆ ไปใช้ในการปฏิบัติงานวางแผนต่างๆหรือบริหารจัดการซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ผลสำเร็จของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในบางครั้งผู้เชี่ยวชาญต้องอาศัยการทดลองใช้งาน เพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าแบบจำลองให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดทำให้ในบางครั้งอาจจะต้องนำผลลัพธ์จากแบบจำลองมากกว่าหนึ่งแบบมาเปรียบเทียบผลจากการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง เพื่อให้ทราบว่าวิธีการใดมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากที่สุด

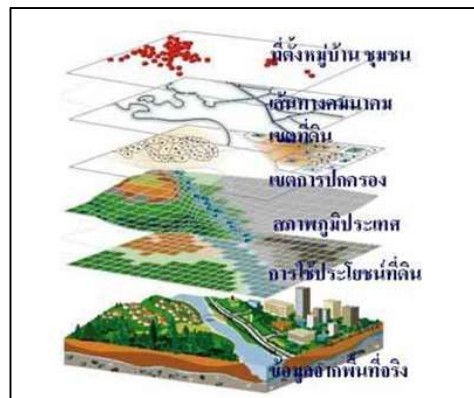


รูปที่ 1 แผนผังการสร้างแบบจำลองความสูงที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งาน

3.3 ข้อมูลเชิงตำแหน่งในระบบภูมิสารสนเทศ

1. ข้อมูลในระบบจะประกอบด้วยข้อมูลในสองรูปแบบหลักคือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Attribute Data)

1.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) มีรูปลักษณะใน 3 ลักษณะ คือ จุด (Point), เส้น (Line) และพื้นที่รูปปิด (Polygon) เพื่อใช้แทนลักษณะของสิ่งต่างๆที่ปรากฏบนผิวโลกเช่น สถานที่แทนด้วยรูปแบบจุด เส้นถนน หรือทางน้ำ แทนด้วยรูปแบบเส้น พื้นที่ป่าไม้ ขอบเขตการปกครอง แทนด้วยรูปแบบของพื้นที่รูปปิด เป็นต้น ตัวอย่างประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ลักษณะต่างๆ แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ประเภทข้อมูลเชิงพื้นที่ในลักษณะต่างๆ

1.2 ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เป็นข้อมูลที่ใช้อธิบายประกอบข้อมูลเชิงพื้นที่นั้น เช่นเป็นจำนวนตัวเลข คำอธิบาย ชื่อเรียก ตรีรกศาสตร์ รหัส หรือแม้กระทั่งรูปภาพ ก็จัดได้ว่าเป็นข้อมูลเชิงคุณลักษณะประเภทหนึ่ง

2. การรังวัดข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองสามมิติ (Height Data) ข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ ได้มาจากการสำรวจรังวัด สามารถทำได้หลายวิธี โดยขึ้นอยู่กับความถูกต้อง ระยะเวลา ค่าใช้จ่าย และการครอบคลุมพื้นที่การสำรวจ หรือปัจจัยอื่นๆ ตามความต้องการ โดยสรุปแล้ววิธีที่เป็นที่นิยมสามารถรังวัดหาค่าระดับสูงได้ 3 วิธี คือ

2.1 การรังวัดภาคพื้นดิน (Terrestrial Survey) การสำรวจภาคพื้นดินเป็นการกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกด้วยวิธีการถ่ายค่าระดับจากจุดที่ทราบค่าไปยังจุดที่ต้องการทราบค่าความสูง โดยการเทียบความสูงต่าง สามารถทำได้จากเทคนิคการรังวัดต่างๆ เช่น การรังวัดด้วยกล้องระดับ การรังวัดด้วยกล้องวัดมุม หรือการรังวัดด้วยเทคนิคการสำรวจรังวัดสัญญาณดาวเทียมสำรวจ ผลลัพธ์ที่ได้จากการรังวัดภาคพื้นดิน จะมีลักษณะเป็นจุดความสูง (Spot Height) กระจายครอบคลุมพื้นที่ มีความถูกต้องของความสูงในระดับมิลลิเมตร ถึง เซนติเมตร

2.2 การรังวัดด้วยภาพ (Image Survey) เป็นการหาค่าความสูงด้วยการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับภาพถ่ายออร์โธโฟโต (Orthophoto) มารังวัดค่าความสูงของจุดต่าง ๆ ในพื้นที่ ซึ่งเทคนิคแบบนี้จะให้ค่าความสูงในระดับ เดซิเมตร ถึง เมตร

2.3 การรังวัดด้วยเรดาร์หรือเลเซอร์ (Radar or Laser Scanner) เป็นการสำรวจระยะไกลที่ใช้คลื่นเรดาร์ หรือเลเซอร์ในการส่งสัญญาณไปกระทบวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาถึงเครื่องรับสัญญาณ โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานจากธรรมชาติหรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อสร้างพื้นผิวภูมิประเทศ ในการถ่ายภาพด้วยระบบเลเซอร์ถ้าใช้บนเครื่องบินจะเรียกว่า เครื่องกวาดภาพระบบเลเซอร์ทางอากาศ (Airborne Laser Scanner, ALS) ส่วนบนดาวเทียมจะเรียกว่า ระบบนำแสงตรวจจับและจัดการ (Light Detecting and Ranging, LiDAR) ในปัจจุบันเมื่อนำมาใช้ร่วมกับเทคนิคการสำรวจรังวัดด้วยสัญญาณดาวเทียม GPS โดยที่ความถูกต้องของค่าระดับจะอยู่ในช่วง 10 – 20 เซนติเมตร ส่วนการสำรวจด้วยเรดาร์ความถูกต้องของค่าระดับจะอยู่ในช่วง 10 – 25 เมตร

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความละเอียด และความถูกต้องของการรังวัดค่าระดับสูงจากหลายเทคนิค

(Nelson et al., 2009)

Source	Resolution (m)	Accuracy	Footprint (km ²)	Post-processing requirements	Elevation/surface
Ground survey	Variable but usually <5 m	Very high vertical and horizontal	Variable, but usually small	Low	Elevation
GPS	Variable but usually <5 m	Medium vertical and horizontal	Variable, but usually small	Low	Elevation
Table digitizing	Depends on map scale and contour interval	Medium vertical and horizontal	Depends on map footprint	Medium	Elevation
On-screen digitizing	Depends on map scale and contour interval	Medium vertical and horizontal	Depends on map footprint	Medium	Elevation
Scanned topo-map	Depends on map scale and contour interval	Medium vertical and horizontal	Depends on map footprint	High	Elevation
Ortho-photography	<1	Very high vertical and horizontal	-	High	Surface
LiDAR	1-3	0.15-1 m vertical, 1 m horizontal	30-50 h	High	Surface
InSAR/ISAR	2.5-5	1-2 m vertical, 2.5-10 m horizontal	Depends on method of acquisition	High	Surface
SRTM, Band C	90 (30)	16 m vertical, 20 m horizontal	Almost global, 60° N to 58° S	Potentially high	Surface
SRTM, Band X	30	16 m vertical, 6 m horizontal	Similar to B and C, but only every second path is available	Potentially high	Surface
ASTER	30	7-50 m vertical, 7-50 m horizontal	3600	Medium	Surface
SPOT	30	10 m vertical, 15 m horizontal	72,000 per swath	Medium	Surface

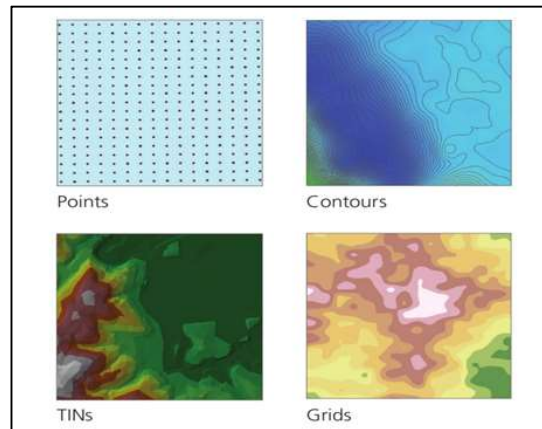
3.4 แบบจำลองความสูงสามมิติของภูมิประเทศ

โดยปกติแล้วแผนที่จะแสดงลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นผิวที่ต่อเนื่อง ซึ่งแตกต่างจากการใช้หน่วยพื้นที่ (Raster) แสดงการใช้ที่ดิน ซึ่งเป็นลักษณะของข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete data) พื้นผิวความสูงที่ต่อเนื่องสามารถแสดงด้วยเส้นชั้นความสูง (Contour line) ซึ่งเสมือนเป็นรูปหลายเหลี่ยมที่ซ้อนกันอยู่เป็นชั้น ๆ อย่างไม่รู้ที่ตามเส้นชั้นความสูงไม่เหมาะที่จะใช้ในการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (Numeric analysis) หรือการทำแบบจำลองมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการพัฒนาวิธีการต่าง ๆ ที่จะสามารถแสดงการแปรเปลี่ยนทางความสูงต่ำของพื้นที่เชิงตัวเลขคือ แบบจำลองระดับสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีแต่ข้อมูลระดับความสูงเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาแบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Terrain Model หรือ DTM) ที่มีได้หมายถึงเฉพาะ ระดับความสูงเท่านั้น แต่ยังแสดงถึงข้อมูลลักษณะอื่น ๆ ของภูมิประเทศด้วย เช่น ความชัน (Slope) การหันรับแสง (Aspect) หรือความสูงต่ำเชิงเงา

(Shaded relief) เป็นต้น แม้ว่า DEM ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองระดับความสูงของพื้นผิว แต่วิธีนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการจำลองความแปรเปลี่ยนอย่างต่อเนื่องของตัวแปรความสูงตัวอื่นๆ บนพื้นที่สองมิติได้อีกด้วย

1. การแสดงข้อมูลความสูงต่ำของพื้นผิวในระบบภูมิสารสนเทศ

1.1 การแสดงลักษณะพื้นผิวสามารถแสดงได้หลากหลายลักษณะ เช่น แสดงโดยใช้จุดความสูง (Spot Height) เส้นชั้นความสูง (Contour Line) โครงข่ายสามเหลี่ยมไม่สม่ำเสมอ (Triangulated Irregular Network) และตารางกริด (Grid) ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 การแสดงความสูง – ต่ำของพื้นผิวหลายรูปแบบในระบบภูมิสารสนเทศ

1.2 Points เป็นแบบจำลองความสูงที่เก็บค่าระดับสูงและตำแหน่งพิกัด x และ y แบบจุดต่อจุด

1.3 Contours หรือ เส้นชั้นความสูง ประกอบไปด้วยสองส่วน คือ contour line หรือ เส้นโค้งที่จุดทุกจุดบนเส้นจะมีค่าระดับสูงเท่ากัน และ contour interval เป็นช่วงต่างค่าระดับสูงในการแสดงเส้น contour line

1.4 TINs (Triangulated Irregular Network) คือ แบบจำลองความสูงที่เก็บข้อมูลในรูปแบบเชิงเส้น (vector) โดยจะเก็บตำแหน่งของจุดที่มีค่าระดับสูงที่แต่ละจุดจะมีเส้นเชื่อมกันเป็นรูปสามเหลี่ยมที่ไม่ซ้อนทับกัน

1.5 Grids คือ แบบจำลองที่ประกอบด้วยตารางกริดที่มีขนาดสม่ำเสมอ โดยที่ในแต่ละช่องจะเก็บค่าความสูงที่เป็นตัวแทนของกริดไว้

3.5 การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ

การกำหนดมาตรฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ใช้ในประเทศไทยอยู่ในขอบข่ายหน้าที่ของคณะกรรมการภูมิสารสนเทศแห่งประเทศไทย ที่ผ่านมามีการศึกษารูปแบบของต่างประเทศเพื่อการปรับใช้มาตรฐานข้อมูลหลายเรื่องได้ถูกทยอยประกาศออกมาเป็นลำดับ ดังนั้นจำเป็นที่ผู้ที่เกี่ยวข้องควรต้องติดตามการประกาศใช้มาตรฐานต่างๆของคณะกรรมการชุดดังกล่าวเพื่อให้การดำเนินการผลิตหรือใช้ข้อมูลภูมิ

สารสนเทศอยู่ในเกณฑ์อันเป็นที่ยอมรับ สำหรับแนวทางการตรวจสอบประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบของข้อมูลภาพและแผนที่ที่ได้จากการสำรวจระยะไกลตลอดจนการเทียบมาตรฐานจัดเป็นเรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่งแนวปฏิบัติอันเป็นที่ยอมรับใช้กันอย่างกว้างขวางในต่างประเทศสามารถประยุกต์ใช้เพื่อการเทียบเคียงหรือการอ้างอิงสำหรับประเทศไทยได้เช่นกัน โดยมีขั้นตอนและหลักการการประเมินดังนี้

1. กำหนดจุดตรวจสอบ

จุดตรวจสอบต้องกระจายทั่วพื้นที่ภาพหรือแผนที่โดยให้มีระยะห่างประมาณร้อยละ 20 ของความยาวเส้นทแยงมุมที่ยาวที่สุดของพื้นที่ จำนวนจุดตรวจสอบที่ใช้ต้องอย่างน้อย 20 จุด (เพื่อให้สามารถใช้อธิบายข้อมูลในความหมายที่เข้าใจได้ง่าย เช่น หากต้องการประเมินที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ก็แสดงว่า ยอมรับค่าพิสัยของจุดทดสอบที่วัดได้จากภาพที่ต้องการตรวจสอบมีความผิดพลาดได้ไม่เกิน 1 จุด จากการวัดทดสอบ 20 จุด)

2. การประเมินความถูกต้อง

ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกลสามารถอธิบายด้วยค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากค่าที่แท้จริง การที่ลักษณะทางตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกลคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงถือว่าเป็นความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูล ซึ่งอาจมีผลมาจากการได้มาซึ่งข้อมูลทั้งจากระบบสำรวจและระบบการประมวลผลภาพ การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลเป็นการสร้างความเชื่อมั่นในการนำข้อมูลไปใช้ การชี้วัดความถูกต้องอธิบายด้วยค่าความคลาดเคลื่อนที่หาจากวิธีการทางสถิติ

ตัวชี้วัดความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูลสำรวจระยะไกลได้แก่

- ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error; MSE)
- รากที่สองค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE)
- ความคลาดเคลื่อนแนววงรอบ (Circular Error; CE)

3. การเทียบมาตรฐาน

ข้อมูลภาพหรือข้อมูลแผนที่ที่ได้จากการสำรวจระยะไกลเมื่อผ่านการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตและกำหนดพิกัดทางแผนที่ให้กับภาพแล้วสามารถสร้างความมั่นใจให้กับผู้ที่นำไปใช้งานได้ด้วยการเทียบความถูกต้องกับมาตรฐาน NSSDA (National Standard for Spatial Data Accuracy) หรือมาตรฐานของ ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing Accuracy Standard) โดยมาตรฐาน NSSDA ไม่ขึ้นกับมาตราส่วนของข้อมูลแผนที่ที่กำหนดโดย คณะกรรมการเฉพาะกิจที่แต่งตั้งโดย FGDC ของสหรัฐอเมริกาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการรายงานความถูกต้องของข้อมูลเชิงพื้นที่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล ที่การได้มาซึ่งข้อมูลอาจมีความแตกต่างกันของเครื่องมือสำรวจและสามารถถูกแสดงผลที่ขนาดสเกลต่างกันออกไป ไม่ได้คงตัวเหมือนแผนที่พิมพ์ที่มีมาตราส่วนกำกับอยู่ มาตรฐานนี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ตรวจสอบและรายงานค่าความถูกต้องข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำไปเปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับได้ตามแต่การ

ประยุกต์ใช้ของผู้ใช้กล่าวคือ ผู้ใช้สามารถเทียบเกณฑ์ความถูกต้องตามข้อกำหนดที่ภาคส่วนผู้ใช้ข้อมูลยอมรับ ค่ามาตรฐาน NSSDA มีการคำนวณที่อิงหลักการทางสถิติแสดงเป็นค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) ตามระดับความ เชื่อมั่นหนึ่ง ๆ มีหน่วยเป็นระยะภาคพื้นดิน มาตรฐาน ASPRS เป็นมาตรฐานที่กำหนดเพื่อใช้กับการประเมินแผนที่ รายงานความถูกต้อง ของข้อมูลเป็นค่าความถูกต้อง ภาคพื้นดิน (Ground Scale Accuracy) โดยใช้ค่า RMSE เป็นค่าแสดง ขีดจำกัดสูงสุดที่ยอมให้เกิดได้เมื่อนำ ข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นไปทำเป็นแผนที่ที่ขนาดมาตราส่วนหนึ่ง ๆ กล่าวคือ เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ว่าข้อมูลที่ ประเมินนั้นสอดคล้องกับแผนที่ที่ระดับมาตราส่วนใดเป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจากมาตรฐาน NMAS (The National Map Accuracy Standard) อันเป็นมาตรฐานที่ใช้กับแผนที่พิมพ์มาแต่เดิม เป็นประโยชน์ต่อการ สร้างความมั่นใจในการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ไปจัดทำเป็นแผนที่หรือนำเสนอเป็นภาพพิมพ์ที่ผู้ใช้สามารถประเมิน ความถูกต้องของค่าที่อ่านจากข้อมูลนี้ได้โดยไม่ต้องใช้การอ้างอิงกับตารางมาตรฐานใดสูตรที่เกี่ยวข้องกับการ ประเมินความถูกต้องเชิง ตำแหน่งแนวราบตามหลักการต่าง ๆ ดังกล่าว มีดังนี้

1. ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง

$$\begin{aligned} - \text{ทางเหนือ (X)} & \quad \text{MSE}_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta_{x,i})^2 \\ - \text{ทางตะวันออก (Y)} & \quad \text{MSE}_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\delta_{y,i})^2 \end{aligned}$$

2. รากที่สองค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง

$$\begin{aligned} - \text{ทางเหนือ (X)} & \quad \text{RMSE}_x = (\text{MSE}_x)^{1/2} \\ - \text{ทางตะวันออก (Y)} & \quad \text{RMSE}_y = (\text{MSE}_y)^{1/2} \\ - \text{ความคลาดเคลื่อนโดยรวม} & \quad \text{RMSE}_{x,y} = (\text{RMSE}_x^2 + \text{RMSE}_y^2)^{1/2} \end{aligned}$$

เมื่อ $\delta_{x,i}$ คือค่าผลต่างพิกัดทางแกน x ของจุดที่ i

$\delta_{y,i}$ คือค่าผลต่างพิกัดทางแกน y ของจุดที่ i

n คือจำนวนจุดตรวจสอบ

3. ความคลาดเคลื่อนแนววงรอบตามมาตรฐาน NSSDA

กรณีที่ 1 ความคลาดเคลื่อนทาง X และ Y ใกล้เคียงกัน กระจายเป็นโค้งปกติ
($\text{RMSE}_{\min} / \text{RMSE}_{\max}$ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0)

$$\text{CE}_{95} = 1.7308(\text{RMSE}_{x,y}) \quad \text{ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์}$$

$$\text{CE}_{90} = 1.5175(\text{RMSE}_{x,y}) \quad \text{ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์}$$

กรณีที่ 2 ความคลาดเคลื่อนทาง X และ Y ไม่ใกล้เคียงกัน คือเบ้ไปในทิศทางใดทิศทาง หนึ่ง ($\text{RMSE}_{\min} / \text{RMSE}_{\max}$ มีค่าน้อยกว่า 0.6)

$$\text{CE}_{90} = 1.0730(\text{RMSE}_x + \text{RMSE}_y) \quad \text{ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์}$$

4. การเทียบมาตราส่วนเพื่ออิงมาตรฐาน ASPRA (เทียบเคียงกับข้อกำหนดมาตรฐานแผนที่ Class 1 USGS)

$$S = \text{ROUND}(3937 \times \text{RMSE}_{x,y})$$

เมื่อ S คือ Scale Denominator

$\text{RMSE}_{x,y}$ คือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยโดยรวมของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ต้องการเทียบ (เมตร)

ROUND คือฟังก์ชันการปัดเศษตามจำนวนหลักที่ต้องการ (เช่น กำหนดให้ปัดเลขหลักหน่วยและหลักสิบออกเพื่อให้เห็นมาตราส่วนลงตัวที่หลักร้อยเป็นต้นไป)

ตัวอย่างเช่น ผลการตรวจสอบได้ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวมเท่ากับ 22.89 เมตร โดยผิดพลาดทาง X และ Y เท่ากับ 21.08 และ 8.93 เมตร ตามลำดับ เมื่อหาอัตราส่วนความผิดพลาดทั้งสองทิศทาง โดยเอาค่าน้อยเป็นตัวตั้งได้เท่ากับ 0.42 ซึ่งน้อยกว่า 0.6 จึงถือว่าความผิดพลาดทั้งสองทิศทางไม่ใกล้เคียงกัน (ไม่เป็นโค้งปกติ) ดังนั้น ค่า CE (95%) จะหาจาก $1.22385 \times (21.08 + 8.93)$ นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามมาตรฐาน NSSDA ของข้อมูลภาพนี้เท่ากับ 36.73 เมตร ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้เมื่อเทียบมาตรฐานแผนที่ Class 1 USGS ตามสมการที่ 8 จะได้ว่าเทียบเท่าแผนที่มาตราส่วน 1:90,100 เป็นต้น

3.6 การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่ง

ความถูกต้องในแนวตั้งสำหรับข้อมูลที่ให้ค่าความสูงของพื้นที่เป็นสิ่งสำคัญและเป็นเรื่องที่ต้องมีการประเมินเพื่อให้เกิดความมั่นใจในข้อมูลของผู้ใช้ งานที่ประยุกต์ข้อมูลลักษณะนี้ อาทิเช่น งานด้านสมุทรศาสตร์ การจัดการน้ำท่วมในพื้นที่ นิเวศวิทยาพื้นที่ชุ่มน้ำ งานก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน เป็นต้น ในสหรัฐอเมริกาข้อมูลภูมิสารสนเทศที่ให้ค่าความสูงของพื้นที่จะต้องได้รับการตรวจสอบรับรองความถูกต้อง เพราะถือว่าเป็น ข้อมูลที่เมื่อถูกนำไปใช้สามารถส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของสาธารณชนได้ มาตรการหนึ่งที่ใช้ก็คือ การตรวจสอบและรับรองมาตรฐาน โดยอิงมาตรฐาน National Map Accuracy Standards (NMAS) และ National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) เกณฑ์เปรียบเทียบดังตารางที่ 1 มาตรฐาน NSSDA กำหนดให้ความถูกต้องทางดิ่งของข้อมูลอธิบายด้วยค่า RMSE ของข้อมูล ซึ่งไม่เหมือนกับมาตรฐาน NMAS ที่ใช้ค่าขีดจำกัดที่ขึ้นกับมาตราส่วนและเส้นชั้นความสูงในแผนที่ อย่างไรก็ตาม NSSDA และ NMAS มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$\text{NMAS CI} = 3.2898 (\text{RMSE}_z)$$

$$\text{NMAS CI} = \text{Accuracy}_{(z)} / 0.5958$$

เมื่อ $Accuracy_{(z)} = 1.9600 (RMSE_z)$ (การกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นโค้งปกติ)

ถ้าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นโค้งปกติ ASPRS แนะนำให้หา $Accuracy_{(z)}$ ที่ เปอร์เซ็นไทล์ที่ 95 ความเบ้ของโค้งชุดข้อมูลความคลาดเคลื่อนพิจารณาจากค่า skewness ต้องไม่เกิน ± 5

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานความถูกต้องเชิงตำแหน่งแนวตั้งของ NMAS และ NSSDA

NMAS Equivalent contour interval	NSSDA $RMSE_z$		NSSDA $Accuracy_{(z)}$		Required accuracy for reference data for "tested to meet"
	(ft.)	(cm.)	(ft.)	(cm.)	
0.5	0.2	4.6	0.3	9.1	0.10
1.0	0.3	9.3	0.6	18.2	0.20
2.0	0.6	18.5	1.2	36.3	0.40
4.0	1.2	37.0	2.4	72.6	0.79
5.0	1.5	46.3	3.0	90.8	0.99
10.0	3.0	92.7	6.0	181.6	1.98

Source: Martin Flood (2004). ASPRS Lidar Committee (PAD).

4. สรุปสาระและขั้นตอนการดำเนินการ

หลักการและเหตุผล

น้ำท่วมที่เกิดจากน้ำหลากเป็นปัญหาใหญ่ที่มีมาช้านาน และเป็นปัญหาที่ก่อให้เกิดความเสียหายเป็นวงกว้าง ในอดีตการที่เราจะเตือนภัยน้ำท่วมเป็นเรื่องที่ทำได้ยากจะทันต่อเหตุการณ์และเป็นการเตือนแบบพื้นที่ใหญ่ๆ ไม่แม่นยำ เนื่องจากยังขาดการบูรณาการจัดการข้อมูลน้ำท่วมยังไม่ครบกระบวนการที่ควรจะเป็น ทั้งการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียมมาประเมินพื้นที่น้ำท่วมที่เคยเกิดก็ยังไม่ครอบคลุมและยังไม่ละเอียดพอ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศได้พัฒนาไปไกลและยังมีต้นทุนที่ถูกกว่ายุคก่อนอย่างมาก โดยเทคโนโลยีที่เวลานั้นก็คือการถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งเทคโนโลยีนี้ เราสามารถที่จะถ่ายภาพแนวตั้งและนำภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์หาผลลัพธ์ ซึ่งจะอธิบายในโครงการเล่มนี้ ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีข้อดีคือ เราสามารถระบุให้อากาศยานไร้คนขับบินในเพดานบินที่ไม่สูงมาก ซึ่งต่างจากการใช้เครื่องบินที่ต้องมีเพดานบินขั้นต่ำ แต่อากาศยานไร้คนขับเราสามารถกำหนดเพดานบินต่ำๆได้ ซึ่งผลที่ได้คือภาพถ่ายที่ได้จะมีความละเอียดสูงและมีความถูกต้องที่มากกว่าและเป็นปัจจุบันตามเหตุการณ์ที่เราต้องการ ซึ่งข้าพเจ้าเห็นว่าเราสามารถนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้กับงานทางอุทกวิทยาและนำไปพัฒนาต่อยอดกับภารกิจต่างของกรมชลประทานได้ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์และประมวลผลพื้นที่น้ำท่วมโดยใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ
2. เพื่อจัดทำแผนที่น้ำท่วมที่ประมวลผลจากภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับโดยใช้

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

3. เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาประยุกต์ใช้งานทางอุทกวิทยา

เป้าหมาย

ศึกษาพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ช่วงระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม พ.ศ.2561

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. วางแผนการกำหนดวางจุด GCP (Ground Control Point) หรือการสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดิน โดยปกตินิยมหาจากจุดที่ปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศ หรือการเก็บค่าพิกัดของจุดจากเครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) แต่ในที่นี้จะกำหนดจุด GCP โดยใช้กล้องสำรวจชนิด Total Station เป็นตัวกำหนดจุดพิกัด โดยตำแหน่งการกำหนดจุด GCP นั้นควรที่จะกำหนดในที่มองเห็นได้ชัดเจนจากบนอากาศ ไม่มีสิ่งกีดขวางมาบัง และไม่ควรกำหนดตำแหน่งใกล้กับอาคารสูง ควรวางในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัด อาทิเช่น สะพาน พื้นที่โล่งไม่มีต้นไม้ โดยควรวางให้ครอบคลุมพื้นที่ที่มีความสูง ต่ำ ต่างกันในแต่ละจุด เป็นต้น

2. จัดหาอุปกรณ์ที่จะนำมาสร้างจุด GCP ดังนี้

- 2.1 สีขาว 1 กระป๋อง

- 2.2 สีแดง 1 กระป๋อง (ไม่จำเป็นต้องป่นสีขาว-แดง เป็นสีอื่นก็ได้ที่สามารถมองเห็นได้

จากโดรน

- 2.3 เป้าไว้นิลขนาด โดยพิมพ์เป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 1 เมตร x 1 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เป้า GCP ขนาด 1 x 1 เมตร

3.ทำการกำหนดจุด GCP ในพื้นที่โครงการตามแผนที่วางไว้ในข้อ 1 โดยใช้กล้องสำรวจชนิด Total Station เพื่อหาค่าพิกัดของจุด GCP

4.ทำการทาสีขาวฟ้าขนาด 1 เมตร x 1 เมตร หรือใช้เป้าไวโอลิสสีแดงขาว หรือตามความเหมาะสมของพื้นที่ โดยให้ทาสีให้คลุมจุด GCP ที่ได้จากกล้อง Total Station

5.กำหนดพื้นที่การบินถ่ายภาพโดยใช้ Application PIX4D เพื่อกำหนดขอบเขตบริเวณที่จะถ่ายภาพ โดยกำหนดเพดานบินที่ความสูงจากพื้น 90 เมตร หรือตามความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ กล่าวคือถ้าบินที่เพดานบินสูงขึ้นไปจะถ่ายภาพได้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น แต่จะได้รับความละเอียดของภาพลดลง

6.เริ่มบินถ่ายภาพโดยอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการให้อากาศยานไร้คนขับบินแบบอัตโนมัติ โดยที่ผู้ใช้ไม่ต้องควบคุม ซึ่งอากาศยานไร้คนขับจะทำงานตามโปรแกรมที่เราทำในขั้นตอนที่ 5 แบบอัตโนมัติ

7.นำภาพที่ถ่ายได้จากอากาศยานไร้คนขับมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Agisoft Metashape

8.วิเคราะห์ ตรวจสอบ และสรุปผล

5. ผู้ร่วมดำเนินการ

1. นายชัยวุฒิ วัฒนากการ ตำแหน่งผู้อำนวยการศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำ เพื่อให้งานถูกต้องตามหลักวิชาการ สัดส่วนผลงานร้อยละ 10

2. นางสาวรุจิรัตน์ ดั่งวงวาด ตำแหน่งหัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการ ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง ทำหน้าที่ ผู้ช่วยงานสำรวจวางแผนควบคุมภาคพื้นดิน สัดส่วนผลงานร้อยละ 5

6. ส่วนของงานที่ผู้เสนอเป็นผู้ปฏิบัติ

นายอาทิตย์ ปัญโญ ตำแหน่งนักอุทกวิทยาปฏิบัติการ ผู้ขอรับการประเมิน ทำหน้าที่กำหนดและสำรวจจุดควบคุมภาคพื้นดินโดยสำรวจพิกัด XY และค่าระดับความสูง Z โดยใช้กล้องสำรวจชนิด Total Station กำหนดแนวการบินถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับ ประมวลผลและสรุปผล โดยสัดส่วนผลงานร้อยละ 85 ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานเพื่อให้งานบรรลุวัตถุประสงค์ ดังนี้

1.สำรวจวางหมุด Ground Control Point (GCP)



รูปที่ 5 แสดงการทำหมุดควบคุมทางราบ



รูปที่ 6 แสดงการสำรวจตำแหน่งพิกัดจุดควบคุม โดยวางรอบด้วยกล้อง Total Station



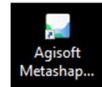
รูปที่ 7 แสดงการสำรวจตำแหน่งพิกัดจุดควบคุม โดยวางรอบด้วยกล้อง Total Station



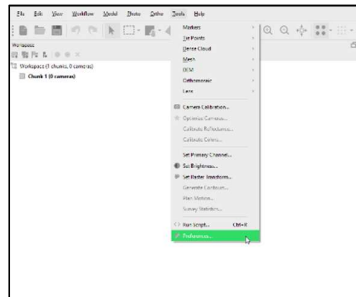
รูปที่ 8 แสดงการสำรวจตำแหน่งพิกัดจุดควบคุม โดยวางรอบด้วยกล้อง Total Station

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศโดยโปรแกรม Agisoft Metashape Professional

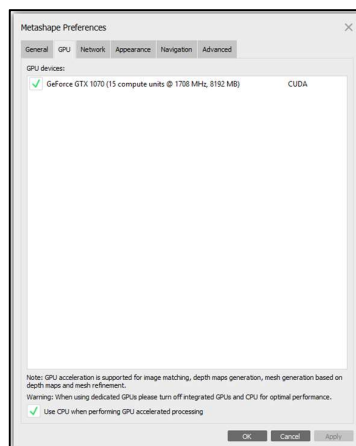
2.1 เปิดโปรแกรม Agisoft Metashape Professional



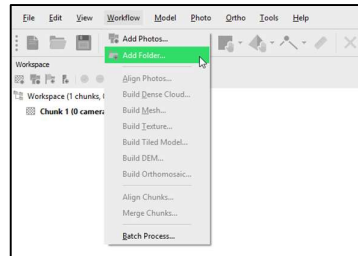
2.2 ไปที่แถบเมนู เลือก Tools แล้วเลือก Preferences...



2.3 หน้า Preferences เลือก Tab GPU ให้เลือก GPU Devices เพื่อให้การ์ดจอช่วยในการประมวลผล จากนั้นกด OK

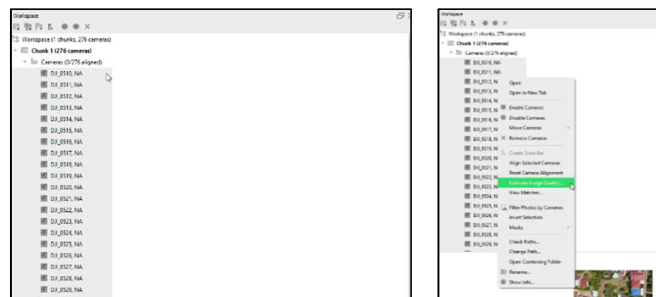


2.4 ไปที่แถบเมนู เลือกเมนู WorkFlow เลือก Add Photos (เลือกทีละภาพ) หรือ Add Folder (เลือกทั้งแฟ้ม) โดยไปที่ๆเก็บไฟล์ภาพที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ



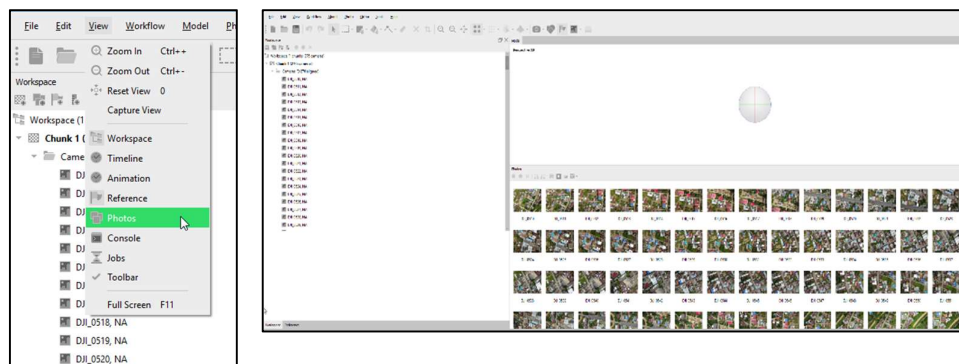
ในที่นี้เลือก Add Folder โดย เพื่อเลือกภาพที่ถ่ายไว้ทั้งหมดใน Folder


2.5 ในแถบพื้นที่ Work space ให้คลิกเลือกภาพทั้งหมดที่เรา Add เข้ามา



จากนั้นคลิกขวาแล้วเลือก Estimate Image Quality เลือก All camera แล้วกด OK ขั้นตอนนี้ทำเพื่อให้โปรแกรมคัดเลือกรูปภาพที่มีคุณภาพดีลดความผิดพลาด(Error) ในการประมวลผล

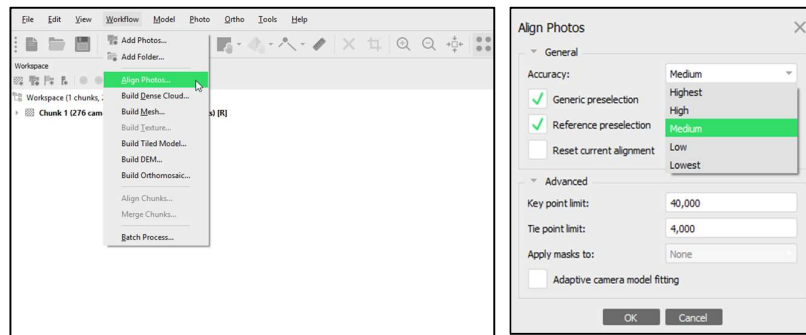
2.6 ไปที่แถบเมนู เลือก View แล้วเลือก Photos จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างแสดงภาพถ่ายขึ้นมาในตัวโปรแกรม



ที่หน้าต่าง Photos ที่ปรากฏขึ้นมาคลิก Icon  แล้วเลือก Details แล้วให้ดูที่ช่อง Quality โดยเลือกหาภาพที่มีค่า Quality น้อยกว่า 0.500 และให้ลบภาพที่มีค่าน้อยกว่าออกไป

Label	Size	Aligned	Quality	Date & time	Make	Model	Focal length	F-stop	ISO	Shutter	35mm focal	Sensor X res	Sensor Y res	Orientation (°)
DJI_0510	4000x3000		0.891754	2019-05-29 14:42...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1032.41	26			0
DJI_0511	4000x3000		0.898696	2019-05-29 14:42...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1180.64	26			0
DJI_0512	4000x3000		0.9078	2019-05-29 14:42...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1267.63	26			0
DJI_0513	4000x3000		0.887277	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1181.22	26			0
DJI_0514	4000x3000		0.890469	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1167.99	26			0
DJI_0515	4000x3000		0.908215	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1564.95	26			0
DJI_0516	4000x3000		0.914312	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1448	26			0
DJI_0517	4000x3000		0.904943	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1633.99	26			0
DJI_0518	4000x3000		0.907354	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1302.08	26			0
DJI_0519	4000x3000		0.902941	2019-05-29 14:43...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1233.05	26			0
DJI_0520	4000x3000		0.927562	2019-05-29 14:44...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1428.57	26			0
DJI_0521	4000x3000		0.935109	2019-05-29 14:44...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1661.13	26			0
DJI_0522	4000x3000		0.928814	2019-05-29 14:44...	DJI	FC220	4.73	F/2.2	100	1/1556.95	26			0

2.7 ไปที่แถบเมนูเลือก Workflow จากนั้นเลือกคำสั่ง Align Photos โดยขั้นตอนนี้จะ เป็นขั้นตอนการนำภาพมาจัดเรียงแล้วเลือกเอาจุดของภาพที่เหมือนกันมาสร้างเป็น Point Cloud



แถบ General

Accuracy ก็จะมีให้เลือก 5 แบบ แสดงถึงความถูกต้องของงาน

- Highest จะมีความถูกต้องของจุดข้อมูลสูงสุด ทำให้ใช้เวลา Process นานมาก
- lowest จะมีความถูกต้องต่ำสุด ใช้เวลาน้อยที่สุด

ซึ่งถ้าเลือก Highest แล้วไม่สามารถ align photos ได้ก็ต้องเลือกความละเอียดให้ต่ำกว่าเดิม อาจเป็น medium หรือ low

Generic Preselection จะคำนวณพื้นที่ทับซ้อนกันของภาพที่ความละเอียดต่ำที่สุดที่สามารถนำภาพมาคัดเลือกจุดได้โดยไม่ต้องมีค่าพิกัดของภาพ

Reference Preselection จะคำนวณแบบมีค่าอ้างอิงสูงต่ำ โดยภาพนั้นต้องมีค่า พิกัด x,y,z จะทำให้สามารถจัดเรียงภาพและคำนวณได้เร็วขึ้น โดยขั้นตอนนี้ให้เลือกทั้งคู่

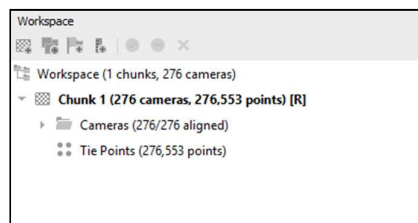
แถบ Advance

Key point limit ไม่มีการปรับแก้ คือใช้ค่าตั้งต้น มีไว้สำหรับเวลาจัดเรียงรูปภาพจะนำจุดที่เหมือนกันตามค่าที่เราใส่ ถ้าไม่สามารถเรียงภาพได้ ก็อาจจะมีการเพิ่มตัวเลขให้มากขึ้น แต่ก็ใช้เวลาในการคำนวณมากขึ้นตามไปด้วย

Tie point limit ค่านี้แสดงถึงค่าที่บ่งชี้ว่าในภาพมีจุดที่เหมือนกัน แล้วเลือกจุดที่ซ้ำกันมาเรียงเรียงเป็นโมเดล

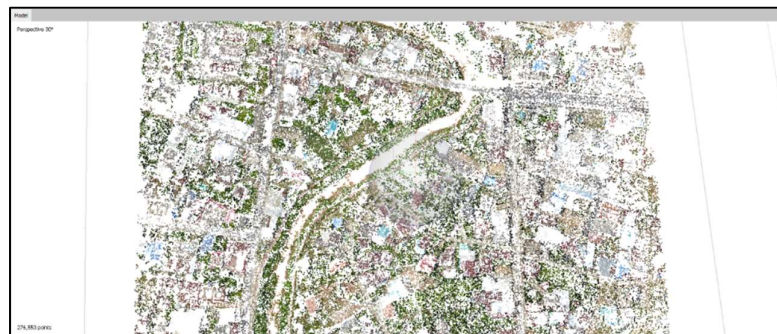
Adaptive camera model fitting เลือกคลิกถูกไว้เพื่อที่โปรแกรมสามารถปรับจำนวนมากน้อยของจุดตามความเหมาะสมได้ เมื่อเลือกได้แล้วก็กด OK ก็จะเริ่มคำนวณ

หลังจากที่ Align Photo เสร็จแล้ว ก็ต้องมาเช็คภาพที่เรา align นั้นจัดเรียงภาพได้ครบทุกภาพไหม โดยดูที่ Work space กดเครื่องหมาย ที่ chunk จากตัวอย่างเราจะเห็นได้ว่าภาพจัดเรียงและสามารถคำนวณครบทุกภาพ (276/276 aligned)




ในกรณีที่ไม้ครบ แก้ไขโดยเข้าไปดูว่าภาพไหนที่มีตัวอักษร NA แสดงว่าภาพนั้นไม่สามารถคำนวณได้เราต้องกดเลือกภาพนั้นแล้วคลิกขวา เลือก align selected cameras ทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะหายครบทุกภาพ แต่ถ้าทำแล้วไม่หายแสดงว่าภาพนั้นไม่สามารถคำนวณได้

ภาพที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอน Align Photos จะได้ดังรูปที่ 8 ด้านล่างนี้ ภาพที่ได้คือจุด Tie Points ที่ได้จากการคำนวณ จากนั้นให้บันทึกไฟล์ โดยไปที่แถบเมนูแล้วเลือก File เลือก Save As

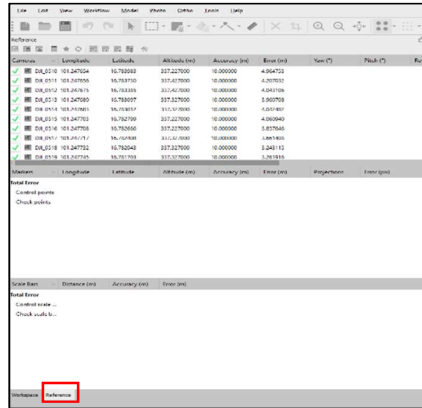


รูปที่ 9 จุด Cloud Point ที่ได้หลังจากขั้นตอน Align Photos

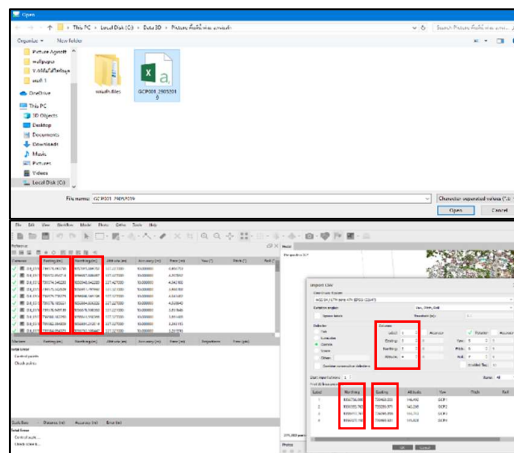
2.8 การแปลงพิกัด

เลือกแถบ Reference ที่มุมล่างซ้าย จากนั้นให้คลิกเลือกที่คำสั่ง Convert  เพื่อเปลี่ยนระบบพิกัดจาก WGS84 เป็น UTM

2.9 ขั้นตอนการใส่จุด Ground Control Points : GCP โดยเป็นขั้นตอนเพิ่มความถูกต้องเชิงตำแหน่งของโมเดล โดยไปที่แถบเมนูด้านมุมล่างซ้าย เลือก Reference



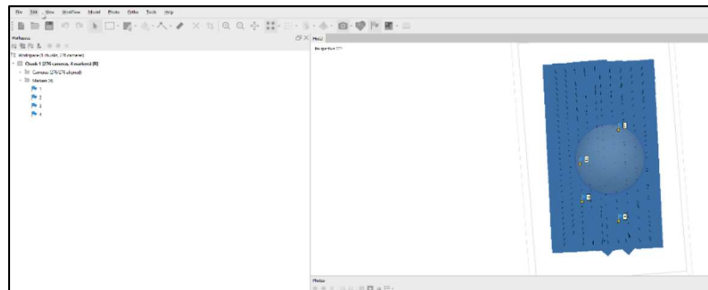
ไปที่แถบเมนูเลือก Import  แล้วเลือกไฟล์ข้อมูลพิกัดหมุด GCP ที่เตรียมไว้ กด Open



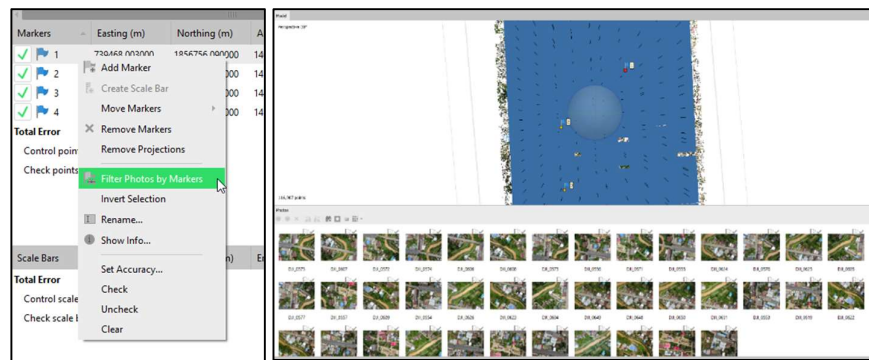
หน้าต่าง Import CSV

- Coordinate System ให้เลือกพิกัดให้ตรงกับ GCP ที่เราทำจากการสำรวจ
- Delimiter ให้เลือก Comma หรือตามการตั้งค่าไฟล์ CSV ของเรา

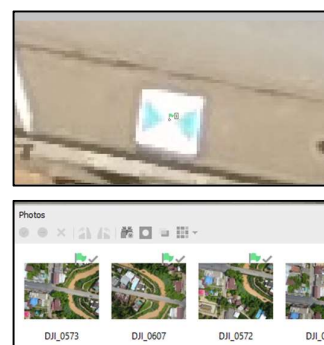
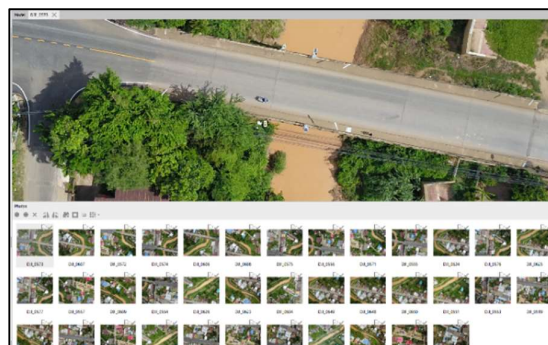
- Columns ตรงช่อง Easting กับ Northing ให้ตั้งค่าให้เรียงตรงกันกับพิกัดของภาพถ่าย ดังตัวอย่างภาพทางซ้าย Easting กับ Northing จะสลับกัน เพราะฉะนั้นให้ตั้งค่าตามตัวอย่างได้เลย จากนั้นกด OK และเลือก Yes To All



จะปรากฏรูปธงขึ้นมาที่หน้า Workspace และหน้า Model จากนั้นให้คลิกขวาที่รูปธงหมายเลข 1 เลือกคำสั่ง Filter Photos by Markers จะปรากฏรูปธงขึ้นที่ภาพถ่ายดังแสดงในรูป



ให้ Double Click ที่รูปที่มีธงขึ้นอยู่ จะเป็นการเปิดภาพถ่ายที่มีจุด GCP อยู่ในภาพขึ้นมา จากนั้นให้ทำการย้ายธงหมายเลข 1 โดยการ Click ซ้ายที่ธงค้างไว้แล้วลากไปหาจุด GCP (สามารถขยายภาพได้เพื่อให้ตรงกับจุด GCP มากที่สุด) เมื่อเราเลื่อนธงเข้าไปหาจุด GCP แล้ว ธงจะเปลี่ยนจากสี่เหลี่ยมเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ดังแสดงในภาพตัวอย่าง




โดยทำซ้ำจนครบทุกภาพที่มีธงอยู่ และทุก Marker ให้ครบ เมื่อทำจนครบทุก Marker แล้วให้ดูที่ Reference – Error(m) ดังรูปตัวอย่าง

Cameras	Eastings (m)	Northings (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
DIJ_0510	739571.493756	1857015.869762	337.227000	10.000000	4.140990			
DIJ_0511	739572.054714	1856987.808487	337.427000	10.000000	3.680312			
DIJ_0512	739574.540233	1856948.842289	337.427000	10.000000	3.578255			
DIJ_0513	739575.342609	1856917.791992	337.327000	10.000000	3.700620			
DIJ_0514	739575.778275	1856908.365196	337.327000	10.000000	3.808780			
DIJ_0515	739578.199561	1856884.836326	337.227000	10.000000	3.950209			
DIJ_0516	739578.949139	1856876.108360	337.227000	10.000000	3.823680			
DIJ_0517	739580.182280	1856841.550366	337.327000	10.000000	3.715994			
DIJ_0518	739582.304309	1856801.212014	337.327000	10.000000	3.358230			
DIJ_0519	739584.094325	1856763.508447	337.327000	10.000000	3.447082			

Markers	Eastings (m)	Northings (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
1	739468.003000	1856756.090000	146.492000	0.005000	75.291367	13	1.722
2	739286.971000	1856595.763000	145.269000	0.005000	82.020907	17	1.793
3	739296.856000	1856417.797000	144.743000	0.005000	82.789132	18	2.055
4	739469.531000	1856327.150000	145.820000	0.005000	77.609793	17	1.822

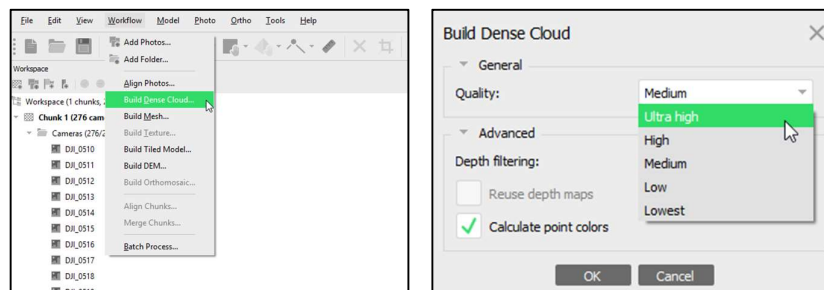
Total Error	Control points	Check points
		79.488895
		1.863

จะเห็นว่าค่า Error(m) ของแต่ละ Marker มีค่า Error มาก แต่เราได้ทำการปรับแก้ไปแล้วในขั้นตอนที่ผ่านมา แต่ยังไม่ได้สั่งให้ตัวโปรแกรมแก้ไข Error ซึ่งสามารถทำได้โดยการ Click ที่  Icon Optimize Camera เมื่อเสร็จกระบวนการ ค่า Error(m) จะลดลงจาก 79.48 เมตร เหลือแค่ 0.0105 เมตร หรือประมาณ 1 ซม. เท่านั้น ดังแสดงในภาพ

Markers	Eastings (m)	Northings (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
1	739468.003000	1856756.090000	146.492000	0.005000	0.008235	13	0.287
2	739286.971000	1856595.763000	145.269000	0.005000	0.006786	17	0.259
3	739296.856000	1856417.797000	144.743000	0.005000	0.008971	18	0.258
4	739469.531000	1856327.150000	145.820000	0.005000	0.015760	17	0.156

Total Error	Control points	Check points
		0.010520
		0.242

2.10 Build Dense Cloud โดยขั้นตอนนี้เป็นกรการเพิ่มจำนวนจุดของ tile point ให้มากขึ้น ก่อนที่จะไปสร้างพื้นผิวในขั้นตอน Mesh ขั้นตอน Dense Cloud เป็นการเพิ่มจำนวนจุดของ tile point ให้มากขึ้นก่อนที่จะไป สร้างพื้นผิวในขั้นตอน Mesh โดยไปเลือกแถบ WorkFlow แล้วเลือก Build Dense Cloud



แถบ Quality จะมีให้เลือก 5 แบบ แสดงถึงความละเอียดของจุดที่ต้องการเพิ่มขึ้นมา

- Ultra high จะมีความละเอียดของจุดข้อมูลสูงสุด ทำให้ใช้เวลานานมาก
- lowest จะมีความละเอียดต่ำสุด ใช้เวลาน้อยที่สุด

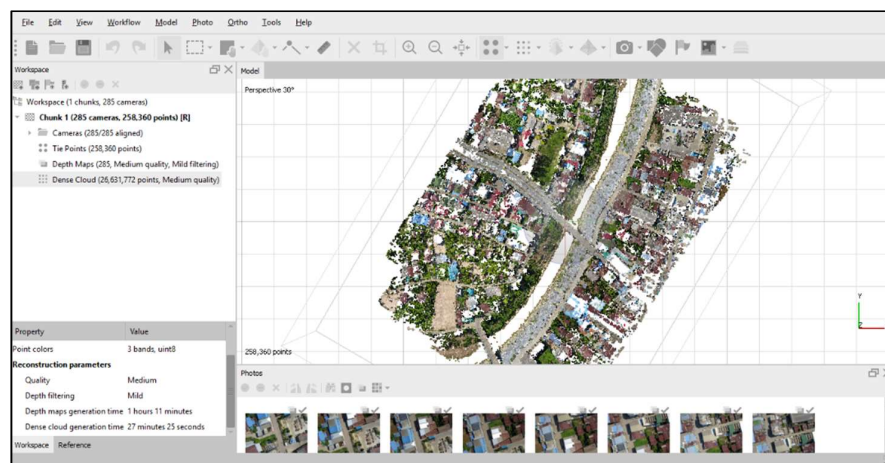
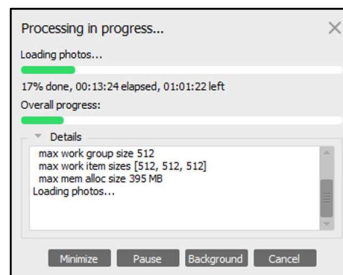
แถบ Depth filtering มีให้เลือกอยู่ 4 แบบซึ่งแต่ละแบบก็จะมีความต่างกัน

- Disabled แบบทั่วไปไม่เจาะจง มีการเพิ่มจำนวนจุดขึ้นมา
- Mild เป็นการเพิ่มรายละเอียดไม่มากจนเกินไปเน้นให้ผิวเรียบสมูท
- Moderate เป็นการเพิ่มจำนวนจุดให้พอดีสม่ำเสมอทำให้ข้อมูลไม่ขรุขระ

จนเกินไป

- Aggressive เป็นการลงรายละเอียดเพิ่มจุดให้เยอะๆ มีความละเอียดสูงแต่ถ้า

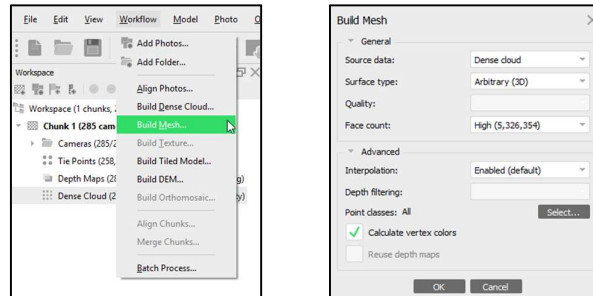
ข้อมูลไม่เพียงพออาจทำให้ผิดเพี้ยนได้ จากนั้นก็กด OK



รูปที่ 10 เสร็จสิ้นกระบวนการ Dense Cloud

2.11 Mesh

ไปที่แถบ WorkFlow แล้วเลือก Build Mesh



Surface type จะมีให้เลือก 2 แบบ คือ

- Height field จะคำนวณภาพพื้นผิวแบบระนาบตั้งฉากภูมิประเทศ มองจาก top view เหมาะสำหรับทำ แผนที่ ภูมิประเทศ เพราะใช้ RAM น้อย คำนวณเสร็จไวกว่าแบบ Arbitrary
- Arbitrary จะใช้การคำนวณพื้นผิวในทุกทิศทุกทางเพื่อให้โมเดลมีความราบเรียบ เหมาะสำหรับทำโมเดล วัตถุ หรือโมเดลปิด เป็นรูปร่าง แต่ใช้ RAM มาก ใช้เวลานานในการคำนวณ

Source data คือแหล่งที่มาของข้อมูลเลือกเอาว่าจะเอาจุดจากขั้นตอนไหนมาสร้างพื้นผิว โดยมีให้เลือกจาก 3 แหล่งที่มา

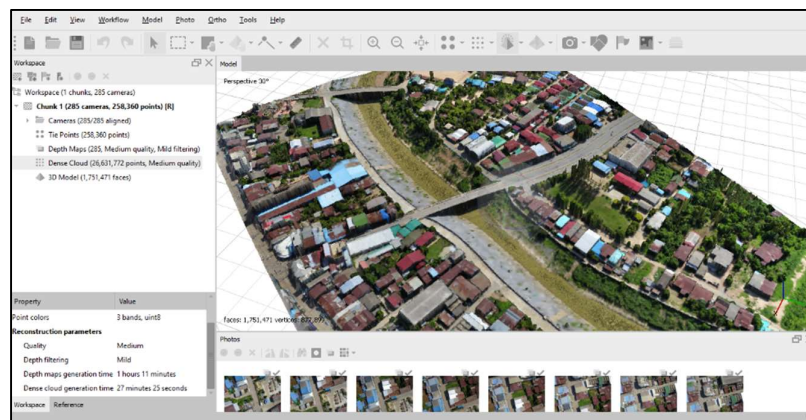
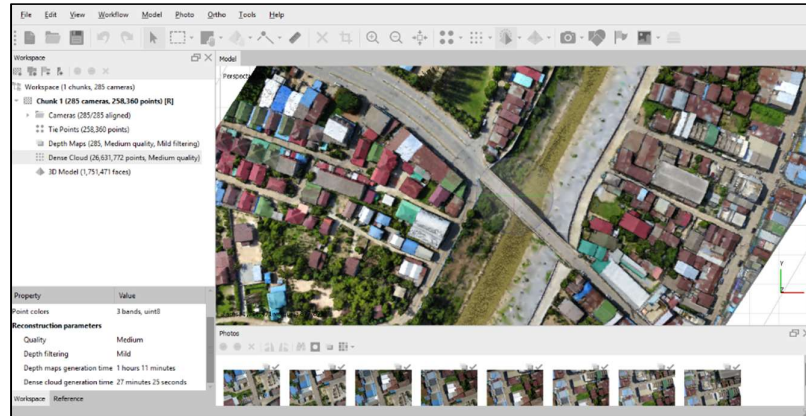
- Sparse Cloud จะนำข้อมูลมาจาก tile point จากขั้นตอน align photo
- Dense Cloud จะนำข้อมูลจากขั้นตอนก่อนหน้ามาคำนวณ
- Depth Maps เป็นข้อมูลที่สร้างพร้อมกันตอนสร้าง Dense Cloud

(คล้าย Dense Cloud)

Face count ก็ให้เลือกความละเอียดของพื้นผิวโดยจะบอกจำนวนโดยประมาณของ หน้าโครงข่ายที่เชื่อมกัน ระหว่างจุดแต่ละจุด

Interpolation เป็นการปรับแก้พื้นผิวข้อมูลโดยการประมาณค่า

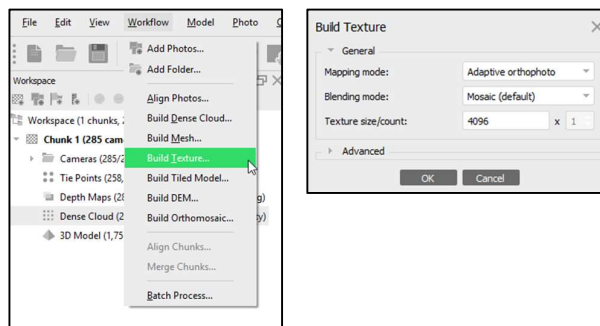
- Disabled เป็นการเพิ่มจุดเพื่อให้พื้นผิวสอดคล้องกับความเป็นจริง
- Enabled (default) เป็นการปรับให้เหมาะสม ถ้าพื้นที่ตรงไหนมีจุดเพียงพอที่จะไม่สร้างเพิ่ม
- Extrapolated เป็นการขยายขนาดรัศมีของจุดแต่ละจุดให้ครอบคลุมพื้นที่เพิ่ม



รูปที่ 11 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง Mesh

2.12 Texture

Build texture เป็นการนำพื้นสีของภาพมาใส่ในโมเดล ทำให้โมเดลมีสีสันสวยงามมีความละเอียดของเม็ตสีเพิ่มขึ้น ไปที่แถบ WorkFlow แล้วเลือก Build Texture



Mapping mode จะมีให้เลือกตามความเหมาะสม

- Generic ทำให้ภาพมีสีทั่วไป
- Orthophoto จะเน้นทางภาพ top view อย่างเดียว
- Adaptive Orthophoto จะเน้นทางภาพให้ตั้งฉาก top view และด้านข้างเล็กน้อย

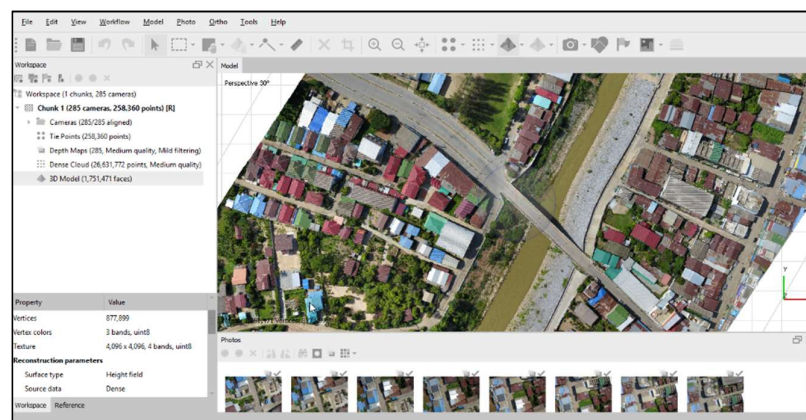
น้อยปรับให้พอดี

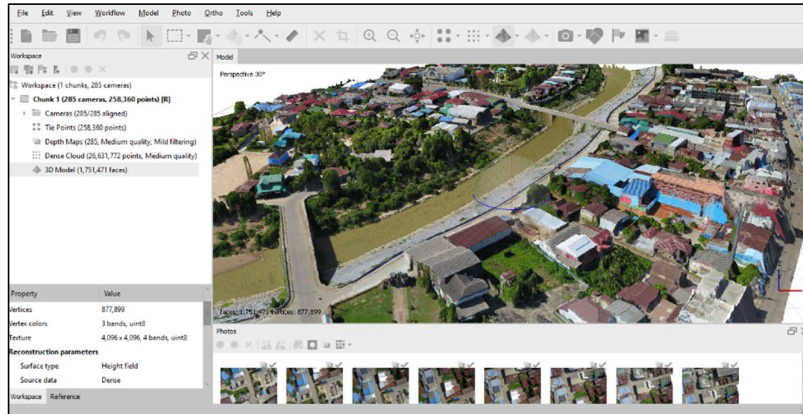
- Spherical จะเน้นทำให้ภาพเป็นทรงกลม
- Single Camera จะเป็นการนำสีของภาพๆเดียวมาใส่ในโมเดลส่วนของภาพนั้นๆ

Blending mode การปรับสี

- Mosaic (default) ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้น
- Average จะใช้ค่าเฉลี่ยของพิกเซลของภาพ
- Max intensity จะเลือกภาพที่มีความเข้มสูงสุดของพิกเซล
- Min intensity เลือกภาพที่มีความเข้มต่ำสุดของพิกเซล
- Disabled ทั่วๆไป

Texture size/count ค่าพิกเซลของของโมเดล ยิ่งมากยิ่งละเอียด แต่ปกติใช้ค่าเริ่มต้น 4096

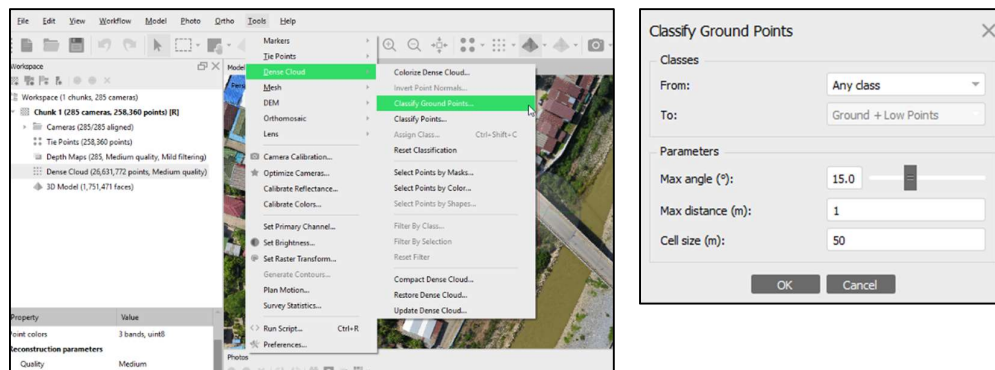




รูปที่ 12 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง Texture

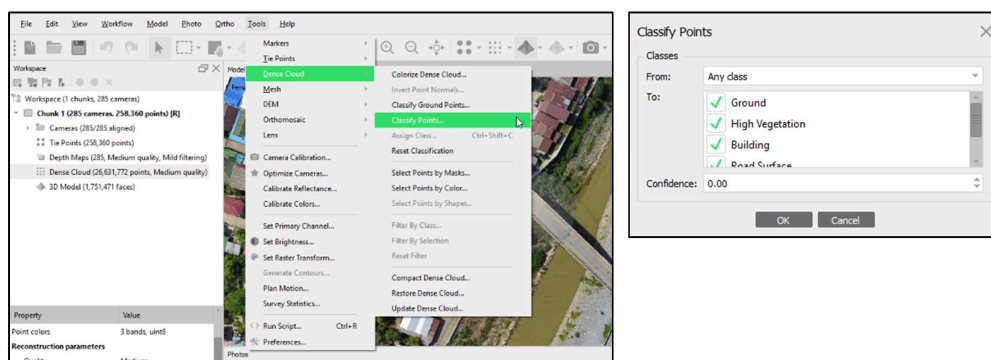
2.13 Classify Ground Points

ไปที่แถบเมนู Tools เลือก Dense Cloud เลือก Classify Ground Point เพื่อจำแนกข้อมูลของ Point



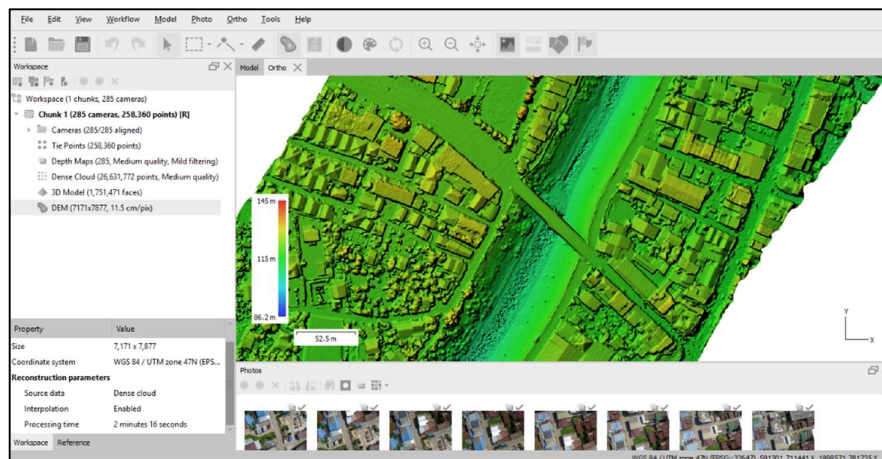
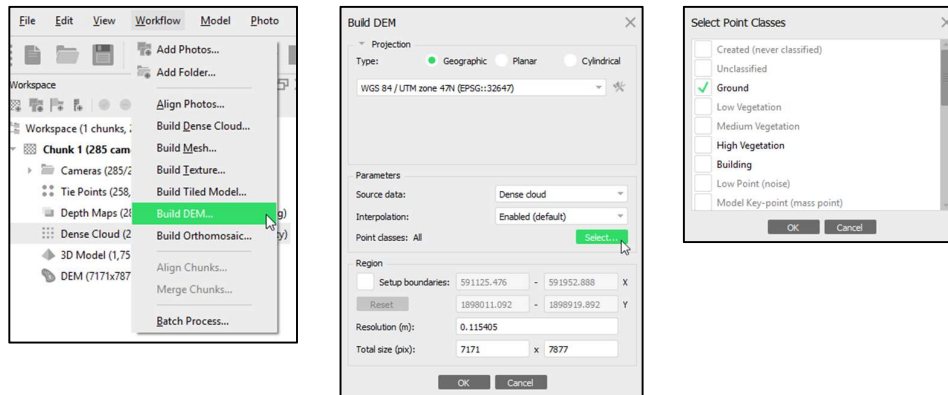
2.14 Classify Points

ไปที่แถบเมนู Tools เลือก Dense Cloud เลือก Classify Point เพื่อแยกประเภทของ Point เช่น พื้นดิน ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้างเช่นถนน เสาไฟฟ้า สายไฟฟ้า เป็นต้น แบบอัตโนมัติ



2.15 DEM

ไปที่แถบเมนู Workflow เลือก Build DEM จากนั้นให้ตรวจสอบพิกัดว่าตรงตามที่ระบบที่เราใช้หรือไม่ ตรง Parameters > Point Classes > ให้เลือก Select... ให้ทำเครื่องหมายถูก เฉพาะ Ground , Road Surface และ Man Made Object หรือจะเลือก All Classify ก็ได้แล้วแต่จุดประสงค์ในการนำไปใช้งาน จากนั้นกด OK

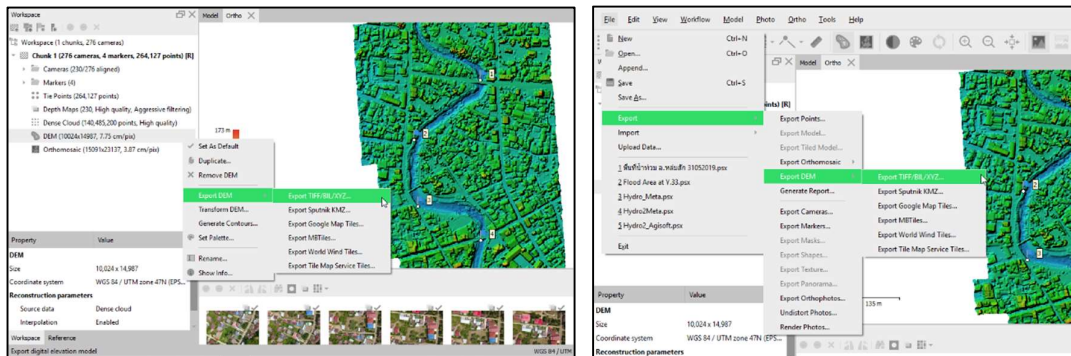


รูปที่ 13 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการสร้าง DEM

2.16 Export DEM

เป็นขั้นตอนการนำ output ไปใช้ในโปรแกรมวิเคราะห์อื่นต่อไป

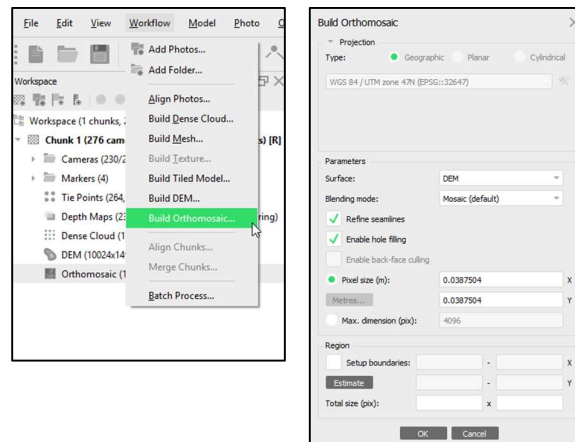
ไปที่แถบเมนู เลือก File > Export > Export DEM แล้วเลือกชนิดไฟล์ที่ต้องการจะนำไปใช้ในทีนี้เลือกเป็นไฟล์ *.Tiff/BIL/XYZ (หรือคลิกขวาที่ icon DEM ที่พื้นที่ Workspace ก็ได้)

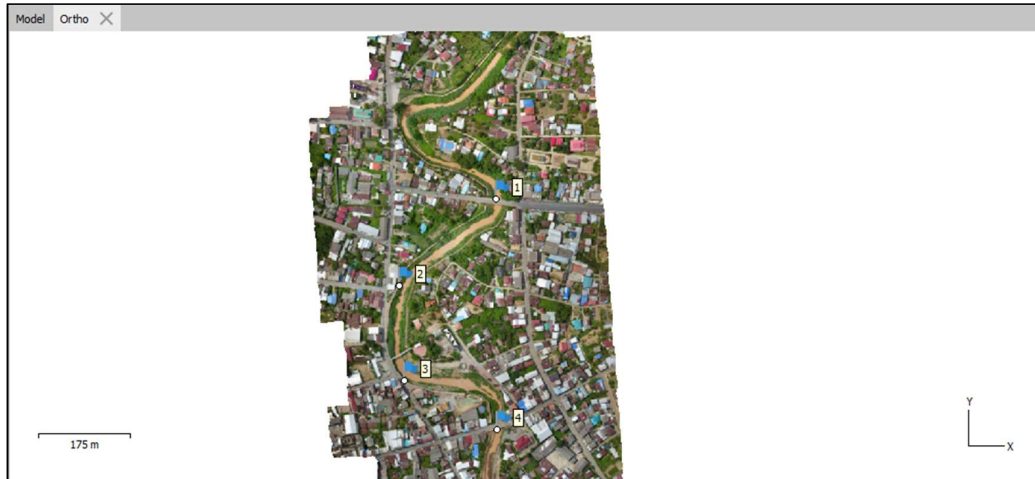


2.17 Build Orthomosaic

เป็นขั้นตอนการสร้างภาพออร์โธ โดยไปที่แถบเมนู Workflow > Build Orthomosaic

หลังจากนั้นตั้งค่าการ Build ตามรูป แล้วกด OK

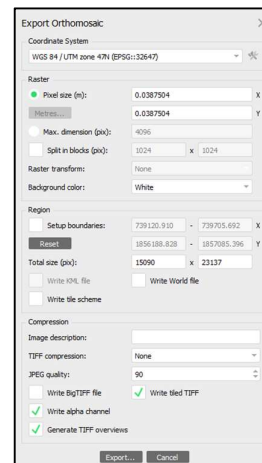
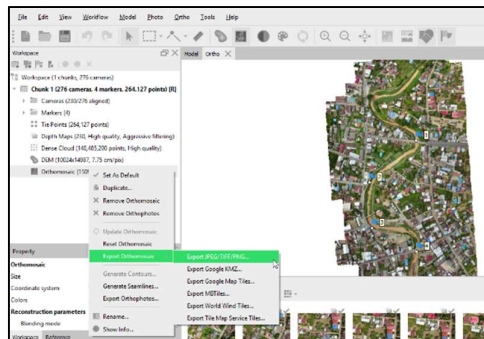




รูปที่ 14 เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ Orthomosaic

2.18 Export Orthomosaic

ไปที่แถบเมนู เลือก File > Export > Export Orthomosaic แล้วเลือกชนิดไฟล์ที่ต้องการจะนำไปใช้ ในที่นี้เลือกเป็นไฟล์ *.JPG/TIFF/PNG (หรือคลิกขวาที่ icon Orthomosaic ที่พื้นที่ Workspace ก็ได้)



จบขั้นตอนการประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft Metashape

3. การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางราบ

ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error; MSE)

$$- \text{MSE } x = 0.00076 \text{ เมตร}$$

$$- \text{MSE } y = 0.00097 \text{ เมตร}$$

รากที่สองค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root Mean Square Error; RMSE)

$$- \text{RMSE } x = 0.02748 \text{ เมตร}$$

$$- \text{RMSE } y = 0.03115 \text{ เมตร}$$

ความคลาดเคลื่อนโดยรวม

$$- \text{RMSE } xy = 0.04154 \text{ เมตร}$$

ความคลาดเคลื่อนแนววงรอบตามมาตรฐาน NSSDA

$$- \text{RMSE}_{\text{น้อย}} / \text{RMSE}_{\text{มาก}} = 0.02748 / 0.03115 \\ = 0.8822$$

ซึ่งอยู่ในกรณีที่ 1 ความคลาดเคลื่อนทาง X และ Y ใกล้เคียงกัน กระจายเป็นโค้งปกติ
($\text{RMSE}_{\text{min}} / \text{RMSE}_{\text{max}}$ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.0)

$$\text{CE}_{95} = 1.7308(\text{RMSE}_{x,y})$$

$$= 1.7308 \times 0.04154$$

$$= 0.0719$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

$$\text{CE}_{90} = 1.5175(\text{RMSE}_{x,y})$$

$$= 1.5175 \times 0.04154$$

$$= 0.0630$$

ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์

4. การประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางตั้ง

มาตรฐาน National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA)

$$\text{Accuracy}(Z) = 1.9600(\text{RMSE}_z)$$

$$= 1.96 \times 0.01972$$

$$= 0.039 \text{ เมตร}$$

5. การเทียบมาตรฐานเพื่ออิงมาตรฐาน ASPRA (เทียบเคียงกับข้อกำหนดมาตรฐาน แผนที่ Class 1 USGS)

$$S = 3937 \times \text{RMSE}_{x,y}$$

$$= 3937 \times 0.04154$$

$$= 164$$

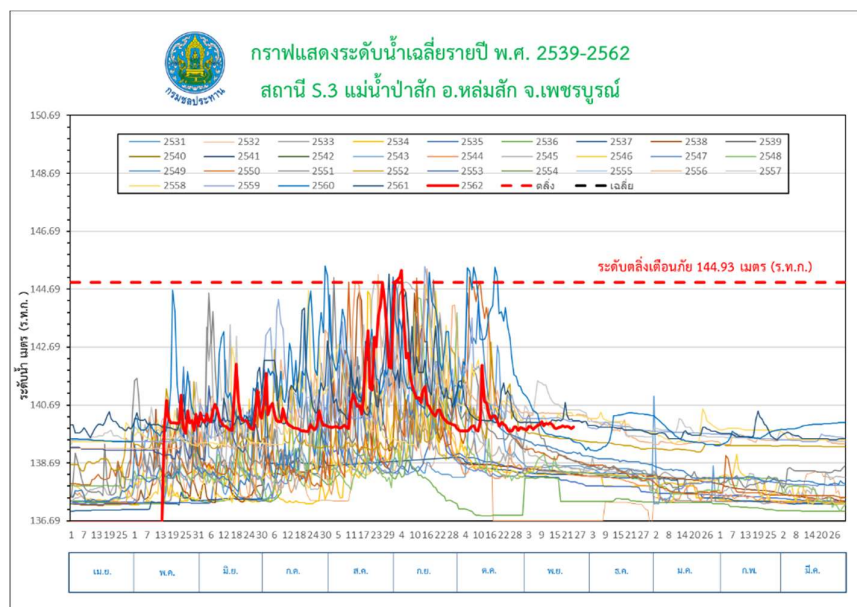
หรือมาตรฐานที่สามารถทำแผนที่ได้คือ 1 : 164 Class 1

ตารางที่ 3 แสดงการคำนวณการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่ง

GCP	จุดสำรวจภาคสนาม			จุดอ้างอิงภาพ Orthomosaic			Diff					
	E	N	Z	E	N	Z	dx	(dx) ²	dy	(dy) ²	dz	(dz) ²
No.	(X or East : m)	(Y or North : m)	Z/Altitude : m.MSL	(X or East : m)	(Y or North : m)	Z/Altitude : m.MSL						
1	739468.003	1856756.090	146.492	739468.019	1856756.083	146.523	-0.016	0.000256	0.007	0.000049	-0.031	0.000961
2	739286.971	1856595.763	145.269	739287.016	1856595.741	145.285	-0.045	0.002025	0.022	0.000484	-0.016	0.000256
3	739296.856	1856417.797	144.743	739296.872	1856417.852	144.760	-0.016	0.000256	-0.055	0.003025	-0.017	0.000289
4	739469.531	1856327.150	145.820	739469.509	1856327.168	145.827	0.022	0.000484	-0.018	0.000324	-0.007	0.000049
							Sum(dx) ²	0.003021	Sum(dy) ²	0.003882	Sum(dz) ²	0.001555
	MSE sum(dx) ²	=					0.00076	1.1๓๕				
	MSE sum(dy) ²	=					0.00097	1.1๓๕				
	RMSE _x = (MSE _x) ^{1/2}	=					0.02748	1.1๓๕				
	RMSE _y = (MSE _y) ^{1/2}	=					0.03115	1.1๓๕				
	RMSE _{xy} = (RMSE _x ² + RMSE _y ²) ^{1/2}	=					0.04154	1.1๓๕				
CE95	=						0.0719	1.1๓๕				
CE90	=						0.0630	1.1๓๕				
	MSE sum(dz) ²	=					0.0004	1.1๓๕				
	RMSE _z = (MSE _z) ^{1/2}	=					0.01972	1.1๓๕				

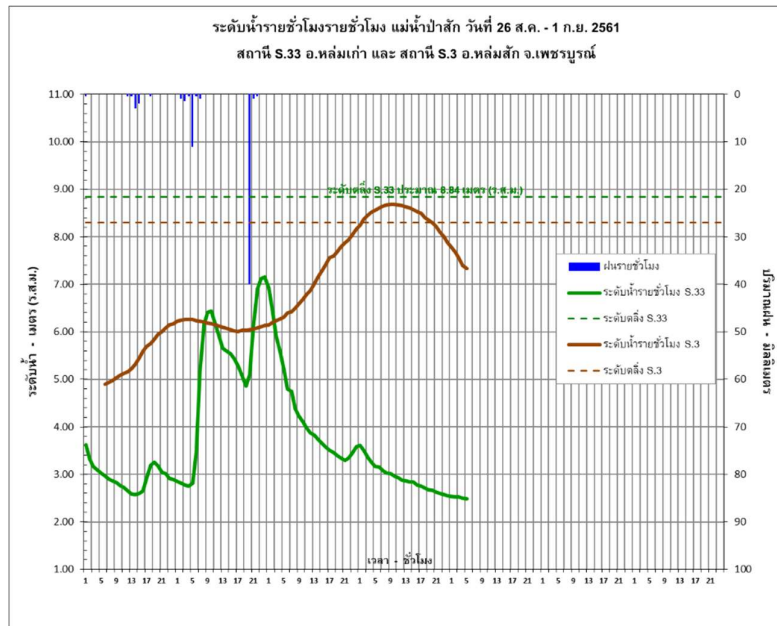
6.การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วม

เทศบาลตำบลตาลเดี่ยว อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วมเป็นประจำเกือบทุกปี เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ โดยระดับตลิ่งของสถานีอุทกวิทยาที่สถานี S.3 อำเภอหล่มสัก มีระดับตลิ่งเท่ากับ 146.63 เมตร.รทก. แต่ตลิ่งที่ใช้เตือนภัยน้ำท่วมซึ่งมีระดับตลิ่งเท่ากับ 144.93 เมตร.รทก. เมื่อระดับน้ำท่วมถึง ณ ระดับ 144.93 จะส่งผลกระทบต่อพื้นที่ชุมชนและไร่นาเป็นบริเวณกว้าง ทำให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก

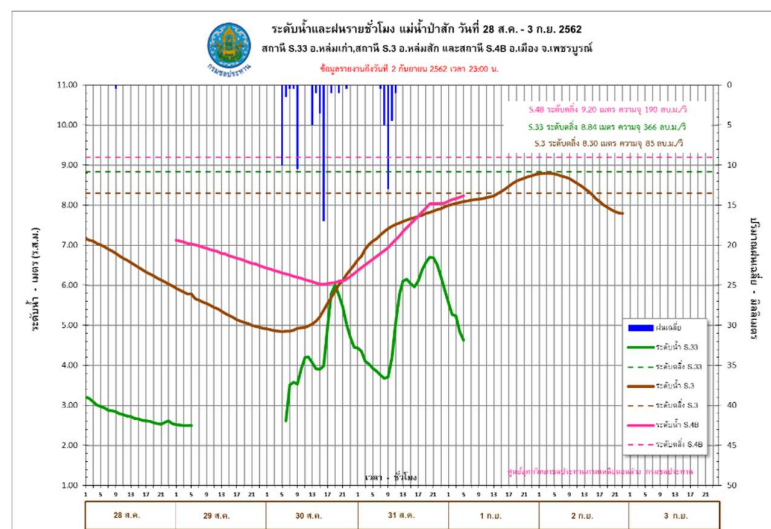


กราฟที่ 1 กราฟแสดงระดับน้ำเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2539 – 2561 สถานี S.3 แม่น้ำป่าสัก อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

จากข้อมูลระดับน้ำสูงสุดรายปีช่วงระหว่างปี พ.ศ.2539 ถึง ปี พ.ศ. 2561 ดังแสดงในกราฟที่ 1 พบว่าจากสถิติข้อมูล จำนวน 23 ปี เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมจำนวน 15 ครั้ง ในรอบ 23 ปีหรือเกิดน้ำท่วมทุกๆ 2 ปี



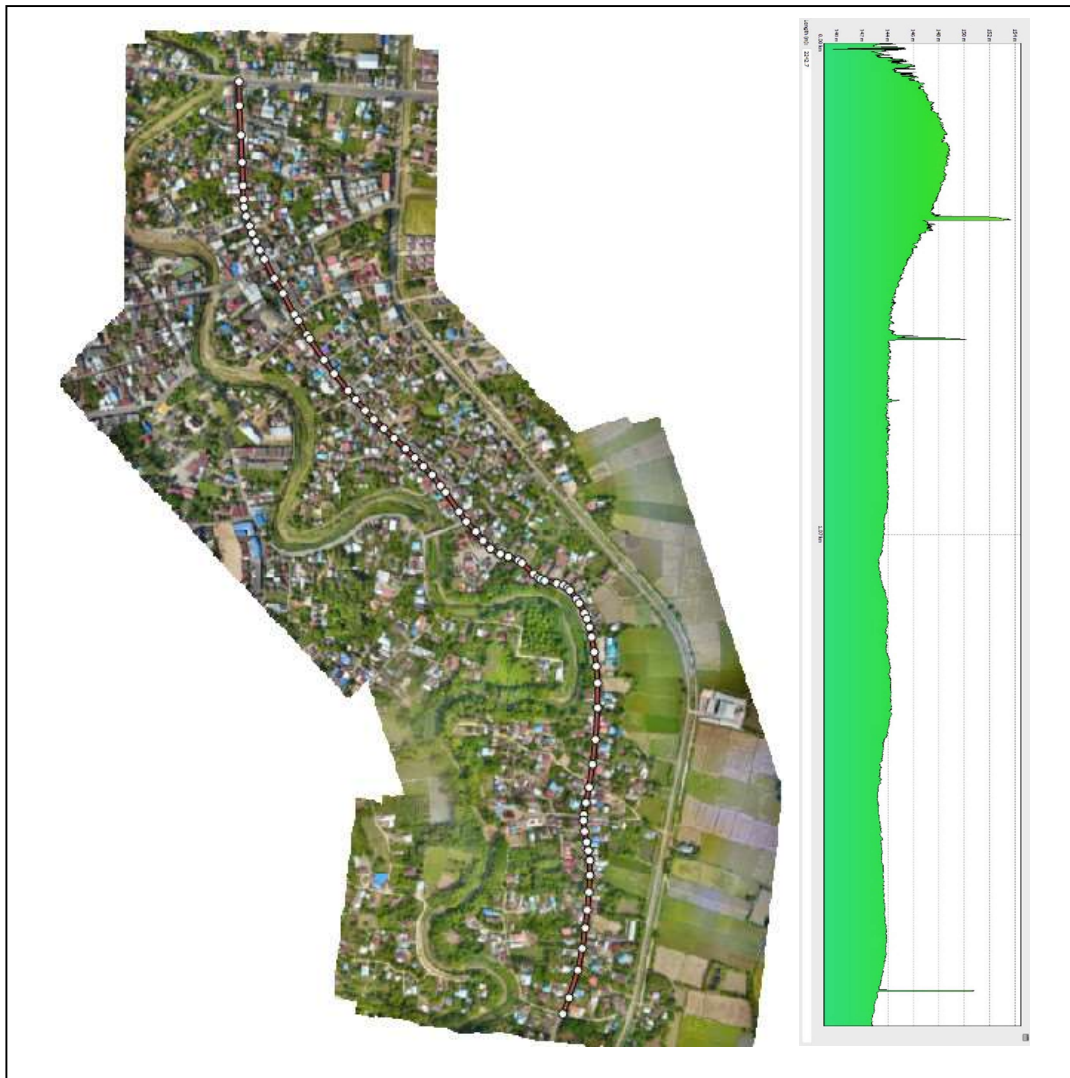
กราฟที่ 2 ระดับน้ำรายชั่วโมง แม่น้ำป่าสัก วันที่ 26 ส.ค. - 1 ก.ย. พ.ศ. 2561
สถานี S.33 อ.หล่มเก่าและสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



กราฟที่ 3 ระดับน้ำรายชั่วโมง แม่น้ำป่าสัก วันที่ 28 ส.ค. - 3 ก.ย. พ.ศ. 2561
สถานี S.33 อ.หล่มเก่าและสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

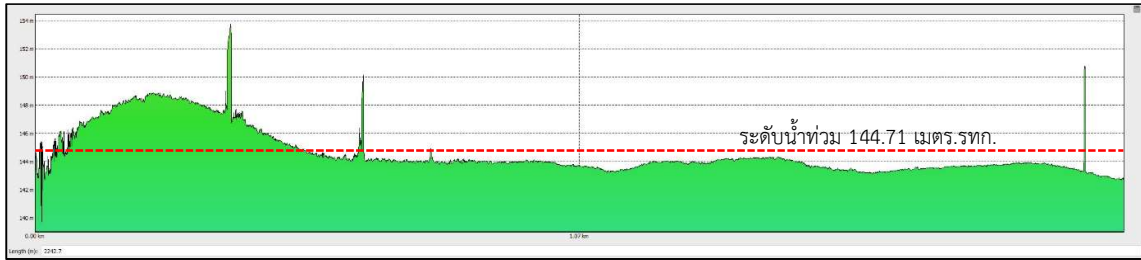
จากกราฟที่ 2 และ กราฟที่ 3 เป็นข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงที่ตรวจวัดได้จากสถานีอุทกวิทยา ในช่วงที่เกิดเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อปี พ.ศ.2561 และปี พ.ศ.2562

โดยช่วงวันที่ 26 สิงหาคม ถึง วันที่ 1 กันยายน ปี พ.ศ.2561 มีระดับน้ำสูงสุด 145.31 เมตร.รทก. และ ช่วงวันที่ 28 สิงหาคม ถึงวันที่ 3 กันยายน ปี พ.ศ.2562 มีระดับน้ำสูงสุด 145.43 เมตร.รทก. ระดับน้ำทั้ง 2 ช่วงสูงกว่าระดับตลิ่งเตือนภัย(144.93 เมตร.รทก.)แต่ไม่ล้นกำแพงกันน้ำ เท่ากับ 0.38 เมตร. และ 0.50 เมตร ตามลำดับ และจากการลงสำรวจคาบน้ำท่วม ในพื้นที่ที่ประสบภัยบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว พบว่าจุดที่น้ำท่วมสูงสุดมีระดับน้ำเท่ากับ 144.71 เมตร.รทก. หรือท่วมสูงประมาณ 0.75 เมตร.จากพื้นถนนในพื้นที่

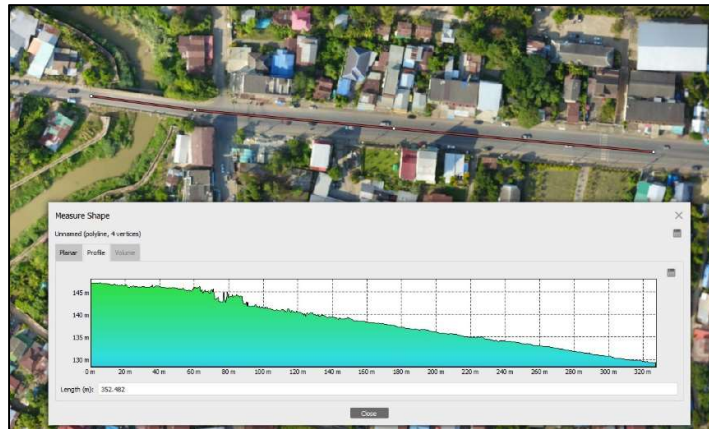


รูปที่ 15 แสดงแผนที่และรูปตัดตามยาว (Long Profile) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว

อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 16 แสดงรูปตัดตามยาว (Long Profile) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว
อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 17 แสดงรูปตัดตามขวาง (Cross section) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว
อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 18 แสดงรูปตัดตามขวาง (Cross section) ตามแนวถนนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว
อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

ลักษณะการไหลของน้ำเมื่อเริ่มล้นตลิ่ง จะไหลจากด้านบนลงล่างและจากซ้ายไปขวาตามทิศทางในแผนที่ดังแสดงในรูปที่ 15 ถึงรูปที่ 18

จากการวิเคราะห์รูปตัดตามยาว (Long Profile) ตามแนวนอนบริเวณเทศบาลตำบลตาลเดี่ยว พบว่าเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อปี พ.ศ.2561 และ พ.ศ.2562 ระดับน้ำสูงกว่าระดับตลิ่งเดือนกุมภาพันธ์ 0.38 เมตรและ 0.50 เมตร ตามลำดับ จะส่งผลให้มีน้ำท่วมบริเวณดังกล่าวลึกโดยประมาณ 0.70 ถึง 1.70 เมตร โดยบริเวณที่น้ำท่วมสูงส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ทำการเกษตร ส่วนบริเวณที่ชุมชนระดับน้ำจะสูงประมาณ 0.3 ถึง 0.7 เมตร ซึ่งค่าที่ได้ใกล้เคียงกับผลสำรวจการเก็บคาน้ำท่วม

7. ผลสำเร็จของผลงาน

1. การจัดทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยมีการตรวจสอบความถูกต้องดังนี้ ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error; MSE) MSE_x เท่ากับ 0.00076 เมตร, MSE_y เท่ากับ 0.00097 เมตร ค่ารากที่สองค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง RMSE_x เท่ากับ 0.02748 เมตร, RMSE_y เท่ากับ 0.03115 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนโดยรวม RMSE_{xy} เท่ากับ 0.04154 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนแนววงรอบตามมาตรฐาน NSSDA เท่ากับ 0.8822 ค่ามาตรฐาน NSSDA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.0719 เมตร ค่ามาตรฐาน NSSDA ที่ระดับความเชื่อมั่น 90 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 0.0630 เมตร ค่าการประเมินความถูกต้องเชิงตำแหน่งทางดิ่งตามมาตรฐาน National Standard for Spatial Data Accuracy มีค่า Accuracy(Z) เท่ากับ 0.039 เมตร การเทียบมาตรฐานเพื่ออิงมาตรฐาน ASPRA (เทียบเคียงกับข้อกำหนดมาตรฐาน แผนที่ Class 1 USGS) โดยมาตราส่วนที่สามารถทำแผนที่ได้คือ 1 : 164 Class 1

2.การเปรียบเทียบพื้นที่ก่อน – หลังน้ำท่วม บริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 19 ภาพถ่ายพื้นที่บริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ก่อนน้ำท่วม

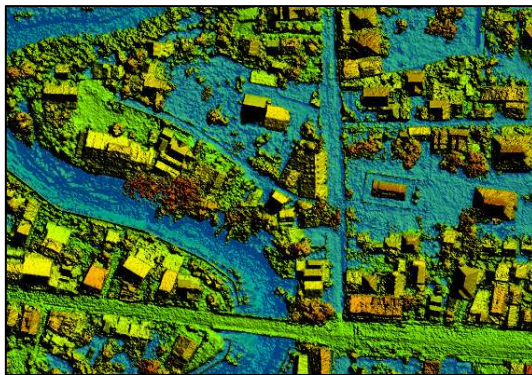


รูปที่ 20 ภาพถ่ายพื้นที่บริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ช่วงน้ำท่วม

3.การเปรียบเทียบพื้นที่น้ำท่วมจริงกับภาพที่ได้จากแบบจำลองบริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์



รูปที่ 21 ภาพถ่ายพื้นที่น้ำท่วมบริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ที่ระดับ 145.43 ม.รทก.



รูปที่ 22 แบบจำลองพื้นที่น้ำท่วมบริเวณสถานี S.3 อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ ที่ระดับ 145.43 ม.รทก.

4. การเตือนภัยน้ำท่วมจากการใช้แบบจำลองแสดงขอบเขตของพื้นที่น้ำท่วม ณ ระดับน้ำท่วม ที่ได้จากการคาดการณ์



รูปที่ 23 เปรียบเทียบการจำลองเหตุการณ์ก่อนและระหว่างน้ำท่วมที่ระดับน้ำ 145.43 เมตร.รทก.

8. การนำไปใช้ประโยชน์

1. แผนที่น้ำท่วมที่มีความละเอียดสูงในพื้นที่ๆต้องการและเป็นปัจจุบัน
2. ทำแผนที่เตือนภัยจากแบบจำลอง โดยการแสดงขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมเบื้องต้นก่อนเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมจริง
3. สามารถนำ DEM ที่ได้จากการประมวลผลไปประยุกต์ใช้ในแบบจำลองทางอุทกวิทยาอาทิ เช่น การหาทิศทางการไหลของน้ำเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วม

9. ความยุ่งยากในการดำเนินการ/ปัญหา/อุปสรรค

1. อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในปัจจุบันเป็นรุ่นที่มีขนาดเล็ก ไม่เหมาะสมกับงานที่ต้องการถ่ายภาพในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ในเวลาที่รวดเร็วและเหมาะสม
2. กล้องสำรวจที่ใช้ในการสร้างหมุดอ้างอิงต่างๆ เหมาะสำหรับใช้งานในพื้นที่ที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก ไม่เหมาะสมสำหรับใช้ในพื้นที่ชุมชน เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางแนวสำรวจมากทำให้ใช้เวลาในการทำหมุดอ้างอิงมากเกินไปและอาจมีความผิดพลาดในการสำรวจได้มากขึ้น

3. อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์และประมวลผลที่มีอยู่ มีประสิทธิภาพไม่เพียงพอหากต้องประมวลผลพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่มากขึ้น

4. เหตุการณ์น้ำท่วมที่นำมาเปรียบเทียบกับแบบจำลองมีจำนวนน้อย เนื่องจากสถานี S.3 เพิ่งเริ่มเก็บบันทึกระดับน้ำรายชั่วโมงแบบ 24 เวลาเมื่อปี พ.ศ.2561

10. ข้อเสนอแนะ

1. ควรใช้อากาศยานไร้คนขับที่ออกแบบมาเพื่องานสำรวจโดยเฉพาะ เพื่อที่จะได้ครอบคลุมพื้นที่ขนาดใหญ่มากขึ้นและใช้เวลาในการถ่ายภาพที่น้อยลง

2. ควรใช้อุปกรณ์สำรวจรังวัดด้วยดาวเทียมชนิด RTK เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และเหมาะสมกับพื้นที่ชุมชน หรือพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางแนวสำรวจมาก

3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผล ควรเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง อาทิเช่น การใช้คอมพิวเตอร์แม่ข่ายระดับสูงในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

4. ข้อมูลอุทกวิทยาบริเวณสถานีที่เกิดน้ำท่วมบ่อยครั้งควรมีการบันทึกระดับน้ำแบบต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

ขอรับรองผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(ผู้เสนอผลงาน)

วันที่.....

ขอรับรองว่าสัดส่วนหรือลักษณะงานในการดำเนินงานของผู้เสนอข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายชัยวุฒิ วัฒนการ)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวรุจีรัตน์ ดั่งवाद)

ผู้ร่วมดำเนินการ

วันที่.....

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายชัยวุฒิ วัฒนการ)

ผอช.ภาคเหนือตอนล่าง

วันที่.....

ลงชื่อ.....

(นายธีระพล ตั้งสมบูรณ์)

ผส.บอ.

วันที่.....

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. (2561). การใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองความสูงสามมิติของภูมิประเทศ, สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2561. จาก <https://www.rtsd.mi.th/main/2015/04/25/การใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศ>

กาญจน์เขจร ชูชีพ. (2561). การประเมินความถูกต้องในการสำรวจระยะไกล. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มนทิรา ชนินทรโชติก, วิษุวัตม์ แต่สมบัติ. (2562). การศึกษาเปรียบเทียบการทำแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศโดยอากาศยานไร้คนขับบนระดับความสูงการบินที่แตกต่างกัน. ชลบุรี:เอกสารการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 20.

เนติ ศรีหามู, ศิวา แก้วปลั่ง. (2560). การประเมินความถูกต้องของการรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ ต้นทุนต่ำ. มหาสารคาม:เอกสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ครั้งที่ 13.

สำนักสำรวจวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน. (2559). การพัฒนานวัตกรรมการสำรวจทำแผนที่ภูมิประเทศ ด้วยอากาศยานไร้คนขับแบบปีกหมุน. กรุงเทพมหานคร:แบบสรุปองค์ความรู้สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน องค์ความรู้ที่ 2 การสำรวจแผนที่ภูมิประเทศ

ภาคผนวก

การเผยแพร่ผลงานหรือเอกสารทางวิชาการ

ชื่อผลงาน	จำนวนหน้า เนื้อหา/ ภาคผนวก	วัน เดือน ปี ที่เผยแพร่	แหล่งเผยแพร่	สัดส่วนในการดำเนินการ
๑. การวิเคราะห์พื้นที่ น้ำท่วมโดยการ ประยุกต์ใช้อากาศยาน ไร้คนขับ กรณีศึกษา ลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอ หล่มสัก จังหวัด เพชรบูรณ์ (พ.ศ. ๒๕๖๑)	๔๐	๑๙ กรกฎาคม ๒๕๖๒	เว็บไซต์ศูนย์อุทก วิทยาชลประทาน ภาคเหนือ ตอนล่าง สำนัก บริหารจัดการน้ำ และอุทกวิทยา http://www.hydro-2.com/OLDVERSION/HD-00/1-01.html	๑.นายอาทิตย์ ปัญญา นักอุทกวิทยาปฏิบัติการ ทำหน้าที่วางแผนปฏิบัติงาน สํารวจ รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูล และจัดทำ รูปเล่ม สัดส่วนผลงานร้อยละ ๘๕ ลงชื่อ (นายอาทิตย์ ปัญญา) วันที่ ๑๙ กรกฎาคม ๒๕๖๒ ๒.นายชัยวุฒิ วัฒนการ นักอุทกวิทยาชำนาญการพิเศษ ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ เพื่อให้ งานถูกต้องตามหลักวิชาการ สัดส่วนผลงานร้อยละ ๑๐ ลงชื่อ (นายชัยวุฒิ วัฒนการ) วันที่ ๑๙ กรกฎาคม ๒๕๖๒ ๓.นางสาวรุจิรัตน์ ด้วงวาด เจ้าพนักงานอุทกวิทยาปฏิบัติงาน ทำหน้าที่ผู้ช่วยงานสำรวจวางหมุด ควบคุมภาคพื้นดิน สัดส่วนผลงานร้อยละ ๕ ลงชื่อ (นางสาวรุจิรัตน์ ด้วงวาด) วันที่ ๑๙ กรกฎาคม ๒๕๖๒

The screenshot shows a web browser window with the URL 'hydro-2.com'. The page features a navigation menu on the left with 14 items, including 'เกี่ยวกับศูนย์ฯ', 'สภาพอากาศ', 'สภาพน้ำฝน', 'สภาพน้ำท่า', 'สภาพน้ำในเขื่อน', 'สถานการณ์น้ำเขื่อนฯ', 'ระบบโทรมาตร', 'ศูนย์ข้อมูลวิทยุโทร', 'ส่วนอุทกวิทยา', 'สำนักบริหารจัดการน้ำ', 'กรมชลประทาน', 'ข่าวประชาสัมพันธ์', 'Website ข่าวสนใจ', and 'ติดต่อศูนย์ฯ'. The main content area has a green header 'เอกสารเผยแพร่' and two numbered items:

1. การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ กรณีศึกษาลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ. 2561)
2. การวิเคราะห์ปริมาณตะกอนสะสมที่ส่งผลกระทบต่ออ่างเก็บน้ำห้วยลิง อำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ. 2562)

The screenshot shows a PDF document with the following content:

5

ผลงานที่เป็นผลการดำเนินงานที่ผ่านมา

เรื่องที่ 1

4.1 ชื่อผลงาน

การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมโดยการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ กรณีศึกษาลุ่มน้ำป่าสัก อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ (พ.ศ. 2561)

4.2 ระยะเวลาดำเนินการ

พฤษภาคม - สิงหาคม 2562

4.3 ความรู้ทางวิชาการหรือแนวคิดที่ใช้ในการดำเนินการ

การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อจัดทำแผนที่น้ำท่วมบริเวณสถานีอุทกวิทยา S.3 อำเภอหล่มสัก จังหวัดเพชรบูรณ์ ใช้ความรู้ทางวิชาการดังนี้

4.3.1 ความหมาย องค์ประกอบ ของระบบภูมิสารสนเทศในการสร้างแบบจำลองสามมิติของภูมิประเทศ

ระบบสารสนเทศศาสตร์ (สุพรรณ, 2551) เป็นศาสตร์และศิลป์ที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีตำแหน่งอ้างอิงบนผิวโลก (Geospatial Data) โดยใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องคือ การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ระบบการกำหนดตำแหน่งบนผิวโลกด้วยดาวเทียมสำรวจ (Global Navigation Satellite System) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการบริหารจัดการข้อมูลอันประกอบด้วยกระบวนการรวบรวมข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์สารสนเทศเชิงพื้นที่ (Geospatial Information) ที่นำไปใช้ประกอบการวางแผนและการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากร และสิ่งแวดล้อมได้อย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยข้อมูลลักษณะต่างๆ ถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันและกัน ประกอบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Hardware), โปรแกรมประมวลผล (Software Application), ฐานข้อมูล (Database), หน่วยงานหรือองค์กร (Organizations), และผู้เชี่ยวชาญในระดับต่างๆ (Professionals) ทำงานร่วมกันในการประมวลผล วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ การใช้ระบบสารสนเทศสร้างแบบจำลองสามมิติของภูมิประเทศ เป็นการสร้างทรวดทรงจำลองลักษณะภูมิประเทศ โดยมีสัดส่วนในมิติหาราและทางความสูงอย่างถูกต้อง เพื่อแสดงสภาพความสูงต่ำของภูมิประเทศ โดยใช้เทคโนโลยีของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์