

การสำรวจทำแผนที่ด้วยไลดาร์ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน ถนศึกษาพื้นที่เขาใหญ่ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา

UAV LiDAR Systems for Mapping

A Case Study of Khao Yai Area, Pak Chong, Nakhon Ratchasima

ภูชงค์ วงศ์เกิด¹, สำเนียง สุตรระ¹, รณชัย อยู่เย็น¹, ธนะพัฒน์ วิริต² และ กิตติศักดิ์ ฤาแรง^{1,*}
Phuchong Wongkerd¹, Samniang Sutra¹, Ronachai Yooyen¹, Thanapat Wirit²
and Kittisak Lurang^{1,*}

¹มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น สาขาวิศวกรรมสำรวจ ต.สระลงเรือ อ. ห้วยกระเจา จ.กาญจนบุรี 71170

²มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น ต.สระลงเรือ อ. ห้วยกระเจา จ.กาญจนบุรี 71170

¹Western University Department of Surveying Engineering, Sa Long Ruea, Huai Krachao, Kanchanaburi 71170

²Western University, Sa Long Ruea, Huai Krachao, Kanchanaburi 71170

* E-mail: kittisak.lu@western.ac.th

บทคัดย่อ¹

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) แล้วนำผลที่ได้มาสร้างเป็นแผนที่ภูมิประเทศแบบต่างๆ ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เพื่อใช้ในการออกแบบการประมาณราคาก่อสร้าง รวมทั้งการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จาก LiDAR พื้นที่ที่ทำการศึกษาคือบริเวณเขาใหญ่ ตำบลหมูสี อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา จำนวนพื้นที่ศึกษาจำนวน 3000 ไร่ การบินสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ใช้ LiDAR ยี่ห้อ Yellow Scan รุ่น Mapper ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) ยี่ห้อ DJI รุ่น Matrice 300 RTK ด้วยโปรแกรม PILOT การทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่1 เป็นการทำงานของอากาศยานไร้คน (UAV) ติดตั้ง LiDAR จะทำการบินแบบอัตโนมัติตามที่ได้ออกแบบไว้ และส่วนที่2 เป็นส่วนของการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรม Yellow Scan Cloud Station ผลการศึกษาพบว่า การสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) สามารถให้ข้อมูลภูมิประเทศที่มีความละเอียดถูกต้องแม่นยำสูง และสามารถเก็บข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ใช้คนปฏิบัติงานน้อยกว่าวิธีเดิมมาก ซึ่งข้อมูลที่ได้จ่านำมาตรวจสอบความถูกต้องทางดิ่งกับจุดอ้างอิงบนพื้นดิน ณ จุดพิกัดทางราบเดียวกันได้ค่าความต่างเฉลี่ยไม่เกิน 5 เซนติเมตร

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คน, การบินแบบอัตโนมัติ, แผนที่ภูมิประเทศ, โปรแกรม PILOT

Abstract

The objective of this research is to study LiDAR mapping surveys installed on unmanned aerial vehicles (UAVs) and then use the results to create various topographic maps, both 2D and 3D, for use in designing construction cost estimates. The area studied checking accuracy of data obtained from

LiDAR, the area studied is Khao Yai, Moo Si Subdistrict, Pak Chong District, Nakhon Ratchasima Province. The amount of study area is 3000 rai. Survey flight mapping with LiDAR using LiDAR brand Yellow Scan, Mapper model, installed on a DJI brand unmanned aerial vehicle (UAV), Matrice 300 RTK model, with the PILOT program. The work is divided into 2 parts: Part 1 is the operation of an unmanned aerial vehicle (UAV) equipped with LiDAR. It will fly automatically as designed and part 2 is the data processing and analysis part. Using the Yellow Scan Cloud Station program, the results of the study found that LiDAR mapping surveys installed on unmanned aerial vehicles (UAVs) can provide topographic information. with high resolution accuracy and can collect data quickly It uses much less workers than the original method, which data that have been pawned to check vertical accuracy with reference points on the ground at the same horizontal coordinate point to get an average difference of not more than 5 centimeters.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Automatic flight, topographic maps, PILOT programs

1. บทนำ

การสำรวจ หมายถึง การตรวจสอบหรือการปฏิบัติงานเพื่อหาความสัมพันธ์เกี่ยวกับตำแหน่งที่แน่นอนของจุดต่างๆ ที่อยู่บน อยู่ใต้ผิวโลก หรืออยู่ในอากาศ โดยมีพิกัดกำกับ เพื่อกำหนดจุดบังคับแผนที่ การตรวจสอบหรือการปฏิบัติงานนี้ เป็นการวัดระยะทางราบ (Distance) ระยะทางตั้ง (Elevation) และการวัดทิศทาง (Direction) แล้วนำผลที่ได้มาสร้างเป็นแผนที่ภูมิประเทศหรือแบบต่างๆ เพื่อใช้ในการประมาณราคาก่อสร้างและการก่อสร้าง

จากการสำรวจจะได้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับตำแหน่งและทิศทางของสิ่งต่างๆใน ภูมิประเทศ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะช่วยให้รู้ถึง เนื้อที่ (Area) ของบริเวณหรือพื้นที่ที่ต้องการทราบ ขอบเขต (Boundary) หรือแนวเขตของพื้นที่ รูปร่าง (Shape) ของพื้นที่ บริเวณหรือสิ่งอื่นใด เช่น รูปร่างของอาคาร ถนน อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ ฯลฯ เป็นต้น แม้ว่าการสำรวจสามารถบอกให้รู้ถึงสิ่งต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วนั้น แต่ก็ต้องทำการสำรวจหาข้อมูลอย่างครบถ้วน ซึ่งต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายมาก

ปัจจุบันการสำรวจได้เจริญก้าวหน้าไปมาก โดยการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาประยุกต์ใช้ในงานสำรวจ การสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) ใช้งานง่าย สะดวก มีความคล่องตัวมากขึ้น ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย เมื่อเทียบกับวิธีการสำรวจแบบเดิมอีกทั้งทำให้ได้แผนที่ที่มีรายละเอียดและความถูกต้องแม่นยำสูง สามารถนำไปใช้งานทางด้านวิศวกรรมได้เป็น อย่างดี การสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) เป็นอุปกรณ์สำหรับ สแกนพื้นผิวภูมิประเทศ ด้วย LiDAR ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) สามารถทำงานได้อย่าง เป็นระบบ โดยการกำหนดพื้นที่ในการสำรวจ การกำหนดแนวบิน การกำหนดจุดบินสำหรับบินขึ้น และร่อนลง จากผู้ใช้งานในเบื้องต้น การควบคุมและแสดงผลการทำงานผ่านสถานีควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Station) โดยผู้ปฏิบัติงานสามารถทราบตำแหน่งของตัวอากาศยานไร้คน ว่าอยู่ตำแหน่งใด สถานะเชื่อมต่อ สถานะดาวเทียม สถานะของพลังงานแบตเตอรี่ อีกทั้งผู้ปฏิบัติงานสามารถกำหนดให้อากาศยานไร้คน เคลื่อนที่ไปยังจุดที่ต้องการเพิ่มหรือลดระดับความสูง การร่อนลง ถูกเดินตามลักษณะเหตุการณ์เฉพาะหน้าได้ โดยเมื่อหลังจากที่บินในพื้นที่ที่กำหนดเสร็จสิ้นตามขั้นตอนแล้ว จะต้องนำข้อมูลทั้งหมดมาทำการ ประมวลผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะได้ข้อมูลเป็น Point Cloud เพื่อนำผลข้อมูลดังกล่าวไปใช้งานต่อไป

แม้ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยี LIDAR มาใช้งานในการวิเคราะห์โครงสร้าง แต่ยังคงติดปัญหาในการตรวจจับวัตถุในพื้นที่ที่สภาพแวดล้อมหลากหลาย เนื่องจากมีปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่จำกัดเป็นปัญหาสำคัญ โดยปัจจัยที่ส่งผล

มากที่สุดคือสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเดินทางของแสงเช่น วัตถุหรือพื้นผิวที่เมื่อแสงตกกระทบจะไม่เกิดการสะท้อนกลับของแสงทั้งหมด แต่จะทำการเบี่ยงเบนหรือหักเหแสงไปในทิศทางอื่น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ติดตั้งบน อากาศยานไร้คน (UAV) ซึ่งมีความละเอียด ความถูกต้องแม่นยำสูง นำมาใช้ในการสำรวจทำแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อให้ได้แผนที่ภูมิประเทศที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง และง่ายต่อการออกแบบ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

ในการการสำรวจไลดาร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักที่สำคัญทั้งหมด 3 อย่าง คือ

- 1) ระบบ Sensor หรือ การวัดระยะทางด้วยเลเซอร์
- 2) ระบบ GPS หรือ ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกเพื่อระบุตำแหน่งและความสูงของเครื่องรับสัญญาณ
- 3) Inertial Measurement Unit (IMU) หรือ เครื่องวัดอัตราความเฉื่อยที่คอยช่วยในเรื่องการวางตัวของเครื่องบินหรือดาวเทียม โดยทั้ง 3 องค์ประกอบจะทำงานสัมพันธ์กันเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ต้องการ

ในการดำเนินงานได้วางแผนการทำงาน โดยมีการเตรียมงาน ศึกษาเอกสารต่างๆ โดยกำหนดขอบเขตพื้นที่ปฏิบัติงานคือ บริเวณเขาใหญ่ ตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ออกแบบกำหนดตำแหน่งที่จะทำการสร้างหมุดหลักฐานการสำรวจ ตำแหน่งจุด Check Point วางแผนเส้นทางการบิน การโยกย้ายระดับ ไปยังตำแหน่งหมุดหลักฐานที่กำหนด ในการทำการสำรวจหมุดหลักฐานทางตั้ง และหมุดหลักฐานทางราบ โดยต้องคำนึงถึงเกณฑ์การทำงาน มาตรฐานความถูกต้อง ทำการสำรวจ ทำแผนที่ มาตราส่วน 1 : 1,000 เป็นมาตราส่วนมาตรฐานของแผนที่ กรณีศึกษาพื้นที่บริเวณเขาใหญ่ ตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แสดงดังรูปที่1



รูปที่1 ขอบเขตพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษา

2.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

2.1.1 กล้องระดับ ยี่ห้อ TOPCON รุ่น DL-502 ใช้ในการโยกค่าระดับจากหมุดที่ทราบค่าระดับ ไปยังหมุดที่สร้างขึ้นใหม่ ใช้ในขั้นตอนโยกค่าพิกัดและค่าระดับ ไปที่หมุดหลักฐานการสำรวจและหมุด Check Point (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กล้องระดับ ยี่ห้อ TOPCON รุ่น DL-502 (cst.co.th, 2021)

2.1.2 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ยี่ห้อ TOPCON รุ่น HIPER HR ใช้ในการโยกค่าพิกัดจากหมุดที่ทราบค่าพิกัด ไปยังหมุดที่สร้างขึ้นใหม่ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ยี่ห้อ TOPCON รุ่น HIPER HR (mascus.com, 2021)

2.1.3 อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ DJI รุ่น MATRICE 300 RTK ใช้บินถ่ายภาพทางอากาศและติดตั้ง LiDAR เพื่อเก็บจุดระดับ (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ DJI รุ่น MATRICE 300 RTK (wingtra.com, 2021)

2.1.4 LiDAR ยี่ห้อ YellowScan รุ่น Mapper ใช้เก็บจุดระดับ (รูปที่ 5)



YellowScan Mapper >

The best cost-performance ratio UAV LiDAR

System Accuracy	3cm
System Precision	2cm
Weight battery excl.	1.30kg 2.87lbs
Weight battery incl.	1.50kg 3.31lbs
Typ. flight speed	10m/s
Typ. AGL altitude	70m
Point density @50m AGL 5m/s	400pts/sqm
Max number of echoes	Up to 2

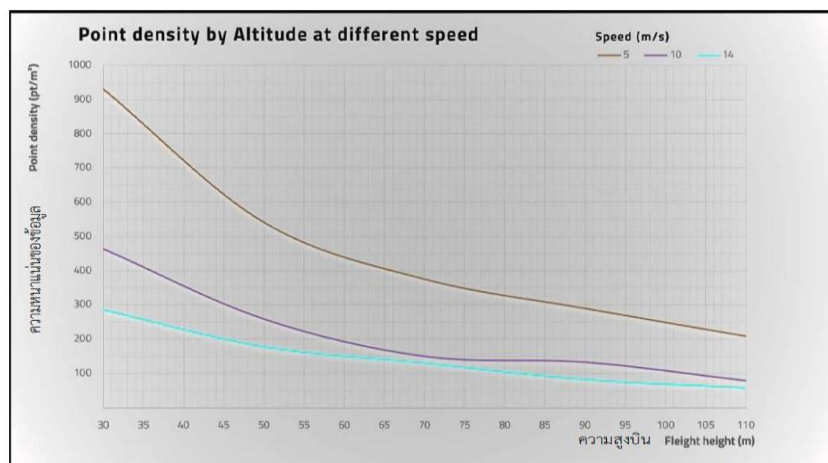
รูปที่ 5 LiDAR ยี่ห้อ YellowScan รุ่น Mapper (yellowscanlidar, 2021)

2.2 การวางแผนการบินด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR

เพื่อควบคุมความถูกต้องเชิงตำแหน่งของผลลัพธ์ การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คน ขึ้นขั้นตอนการวางแผนการบินเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากการกำหนดพารามิเตอร์ของการวางแผนการบินจะต้องสอดคล้องกับความถูกต้องที่ต้องการ พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการวางแผนการบินประกอบด้วย ความสูงบิน รูปแบบการบิน

2.2.1 ความสูงบิน

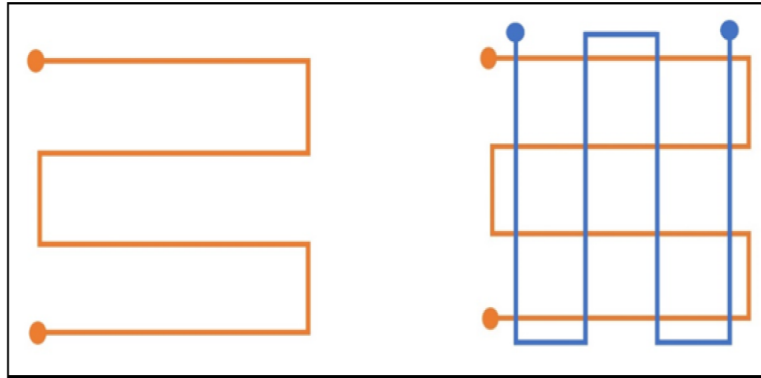
ความสูงบินเป็นส่วนสำคัญของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คน เนื่องจากความสูงบินที่ต่ำลงจะได้ข้อมูลที่ความละเอียด สามารถผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งที่มีความแม่นยำถูกต้องมากขึ้นดังนั้นนอกจากจะต้องระวังเรื่องความสูงของสภาพพื้นที่แล้ว ระดับสูงบินมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คน โดยสามารถคำนวณระดับสูงบินได้จากกราฟความสัมพันธ์ความเร็ว ความสูงของ UAV และความหนาแน่น แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ความเร็ว ความสูงของ UAV และความหนาแน่นของข้อมูล (yellowscanlidar,2021)

2.2.2 รูปแบบการบิน

การวางแผนรูปร่างของบล็อกการบินสำรวจด้วยอากาศยาน ไร้คน คัดตั้ง LiDAR โดยทั่วไปจะกำหนดให้บินถ่ายในลักษณะบล็อกสี่เหลี่ยมมุมฉาก โดยสามารถเลือกรูปแบบการบินได้ดังนี้ รูปแบบการบินแบบทั่วไป และ รูปแบบการบินแบบกริด แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งรูปแบบการบินที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือรูปแบบการบินแบบทั่วไป



รูปที่ 7 รูปแบบการบินแบบทั่วไปและรูปแบบการบินแบบกริด

2.3 การสร้างจุดตรวจสอบ (Check Points: CPs)

การสร้างจุดตรวจสอบ มีความสำคัญต่อคุณภาพการผลิตข้อมูลเชิงตำแหน่งให้ถูกต้องดังนั้นผู้ปฏิบัติงานจำเป็นต้องเข้าใจหลักการและทฤษฎีในการสร้างจุดตรวจสอบ ได้แก่ การสร้างจุดตรวจสอบให้เห็นได้เด่นชัด การรังวัดค่าพิกัดที่จุดตรวจสอบได้ถูกต้องตามแผนที่วางไว้ และการกำหนดตำแหน่งเพื่อให้จุดตรวจสอบมีจำนวนและการกระจายตัวที่เหมาะสมครอบคลุมทั้งโครงการ

2.3.1 กำหนดตำแหน่งของจุดตรวจสอบภาคพื้นดิน (CPs) บนภาพถ่ายดาวเทียม GOOGLE หรือจากแหล่งข้อมูลอื่น ให้กระจายครอบคลุมบริเวณพื้นที่โครงการ ซึ่งใช้จุดตรวจสอบภาคพื้นดิน CPs จำนวน 9 จุด กระจายทั่วพื้นที่

2.3.2 ทำการสำรวจจุดตรวจสอบพื้นดิน (CPs) ด้วยเครื่องมือสำรวจ (GNSS) จุดตรวจสอบต้องไม่อยู่ในใต้บริเวณเงา และสามารถมองเห็นชัดเจน ในการสำรวจใช้เฉพาะ CPs ในการตรวจสอบข้อมูล เนื่องจาก LiDAR มีระบบการทำงานอยู่ในเกณฑ์การสำรวจ

2.3.3 ดำเนินการในเกณฑ์งานสำรวจ ขั้นที่ 3 มาตรฐานของ FGDS ทั้งทางพิกัดและระดับประมวลผลข้อมูลจากการสำรวจรังวัดค่าพิกัดเพื่อให้ได้ข้อมูลค่าพิกัดและระดับความสูงของจุด ตรวจสอบ กำหนดให้เป็นระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) ในการรังวัดค่าพิกัดและระดับ สำรวจด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ด้วยเทคนิควิธีการรังวัดแบบจลน์ (RTK) 2 เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ยี่ห้อ TOPCON รุ่น HIPER HR

2.3.4 ประมวลผลข้อมูล จัดทำรูปเล่มรายงานที่ได้จากการสำรวจรังวัดจากภาคสนามประกอบด้วย ค่าพิกัดและค่าระดับ

2.4 บินสำรวจทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR

2.4.1 ใช้โปรแกรมการบิน DJI PILOT

โปรแกรม DJI PILOT เป็นแอปพลิเคชัน ใช้ในการออกแบบแนวกบินได้หลากหลายรูปแบบ ช่วยให้ผู้ใช้สามารถทำแผนที่และวิเคราะห์พื้นที่ได้ เป็นซอฟต์แวร์สำหรับอากาศยานไร้คน ทำให้ได้ข้อมูลที่แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ แอปพลิเคชันให้การบินอัตโนมัติและการบันทึกข้อมูลที่ยาว

2.4.2 สร้าง Projects

2.4.4 การตั้งค่า ขอบเขตแนว และ ความสูงของแนวกบิน

2.4.5 การตั้งค่า แนวกบิน วิธีการบิน และรุ่นของโดรนที่จะทำการบิน

2.5 การประมวลผล

YellowScan Cloud Station เป็นโปรแกรมในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยอัตโนมัติ สามารถประมวลผลให้ได้ผลลัพธ์และแก้ไขจัดการต่างๆอย่างหลากหลาย เช่น การแยกชั้นข้อมูล Point Cloud และยังสามารถเลือกการประมวลผลได้อย่างหลากหลายอีกด้วย เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำสูงโดยอัตโนมัติ จึงจำเป็นต้องมีการทับซ้อนกันระหว่างภาพสูง ต้องมีการออกแบบมาเพื่อให้มีการทับซ้อนกันมากพอ การประมวลผลด้วย YellowScan Cloud Station ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

- 1) นำเข้าข้อมูลที่ได้จาก LiDAR เป็นไฟล์นามสกุล .apx
- 2) นำเข้าข้อมูล GNSS ที่ได้จากการ Postprocess เพื่อประมวลผล
- 3) ประมวลผลข้อมูล จะได้ข้อมูลเป็น Point Cloud
- 4) สร้าง Point Cloud ให้เป็นสี (Colorize Point Cloud)
- 5) ตัดข้อมูลที่ไม่ต้องการออก (Classify)
- 6) Export ข้อมูล Point Cloud และข้อมูล DTM,DSM ไปใช้งาน

ในการประมวลผลที่ได้จากการบินสำรวจพื้นที่ โดยโปรแกรมจะประมวลผล เป็นสามมิติ ที่มีสเกลที่ถูกต้อง สอดคล้องกับขนาดจริงหรือใกล้เคียงพื้นที่จริง มีการใช้งานที่ง่ายต่อการเรียนรู้ รูปแบบซอฟต์แวร์ ที่ทันสมัย กระบวนการของการประมวลผลเป็นไปโดยอัตโนมัติอย่างสมบูรณ์

2.6 การตรวจสอบคุณภาพผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR เพื่องานวิศวกรรมต้องมีการตรวจสอบคุณภาพ และความถูกต้องเชิงตำแหน่งให้เป็นไปตามข้อกำหนดความความถูกต้องที่ต้องการ

2.7 การประกอบระวางแผนที่ ใช้โปรแกรม Auto Cad Civil 3D

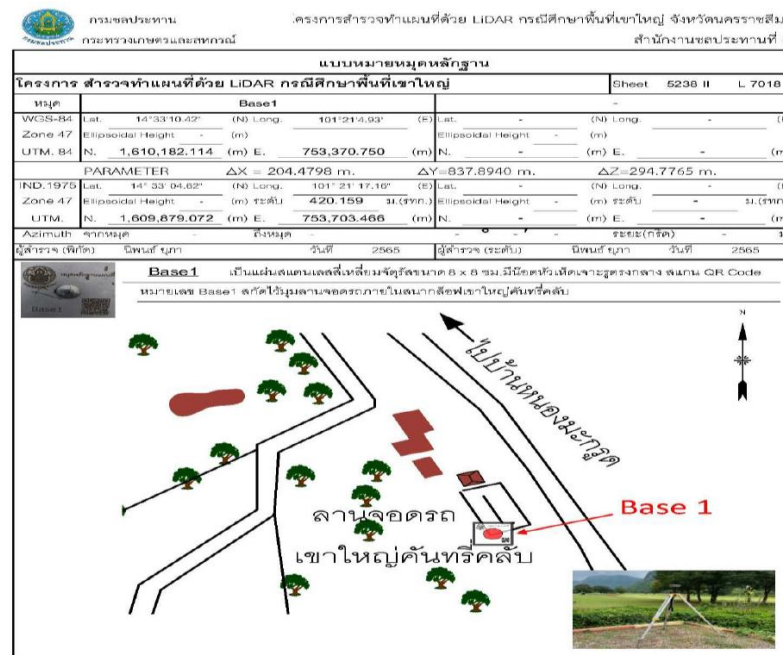
ในการประกอบระวางแผนที่เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำแผนที่โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR นำมาเข้าโปรแกรมก็จะได้แผนที่ออกมา

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง “การสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน (UAV) กรณีศึกษาพื้นที่เขาใหญ่ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้มีการวางแผนเพื่อดำเนินงาน ทั้งนี้ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ซึ่งมีผลการทำวิจัยดังนี้

3.1 การรังวัดจุด Check Point

การกำหนดตำแหน่งหมุด Check Point ดำเนินการรังวัดค่าพิกัดและระดับ ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบจลน์ (Real Time Kinematic : RTK) แบบการรังวัดจากสถานีเดี่ยว (Single Base Real Time) จากหมุด Base1 จำนวน 9 จุด แสดงดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 หมุดหลักฐานที่ใช้อ้างอิง (Base 1) 1610182.114 mN. , 753370.750 mE. และค่าระดับ 420.159 เมตร (รทก.)



รูปที่ 9 การวางตำแหน่งจุด Check Point

เมื่อได้หมุดหลักฐานที่ใช้อ้างอิง (Base 1) จากนั้นดำเนินการวางแผน Check Point และทำการรังวัดค่าพิกัดและระดับ ด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียม GNSS ด้วยเทคนิควิธีการรังวัดแบบจลน์ (RTK) โดยใช้หมุดอ้างอิง Base 1 จำนวน 9 จุด แสดงดังรูปที่ 9 และจะมีค่าพิกัดและค่าระดับจุด Check Point ดังตารางแสดงที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพิกัดและค่าระดับจุด Check Point

Point	Northing (m)	Easting (m)	Elevation (m)
CP1	1609884.704	753411.547	407.286
CP2	1609754.849	753322.154	399.958
CP3	1610005.879	753207.011	407.344
CP4	1609897.938	753055.520	404.520
CP5	1609784.639	753064.104	402.543
CP6	1609715.970	752865.208	406.545
CP7	1609922.874	752865.698	411.202
CP8	1610130.618	752700.054	422.530
CP9	1610189.026	753027.199	415.509

3.2 การบินสำรวจทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR

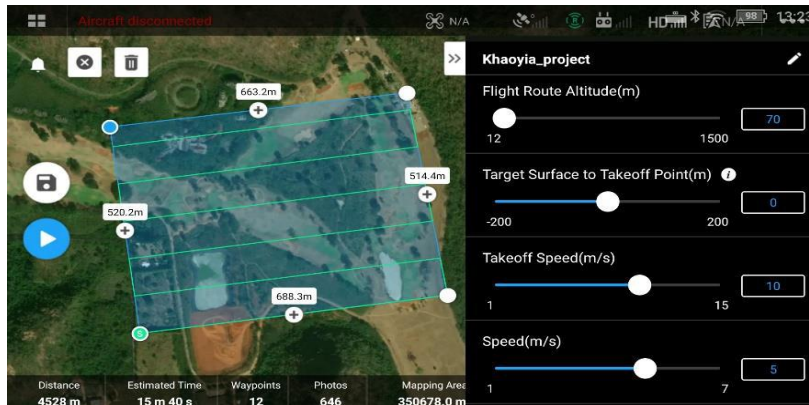
ทำการขึ้นบินสำรวจทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง DJI รุ่น MATRICE 300 RTK ที่ติดตั้ง LiDAR แสดงดังรูปที่ 10 เพื่อออกแบบแนวการบินด้วยโปรแกรม DJI PILOT ความสูง 70 เมตร Flight Speed 5 เมตร/วินาที แสดงดังรูปที่ 11, 12 และ 13



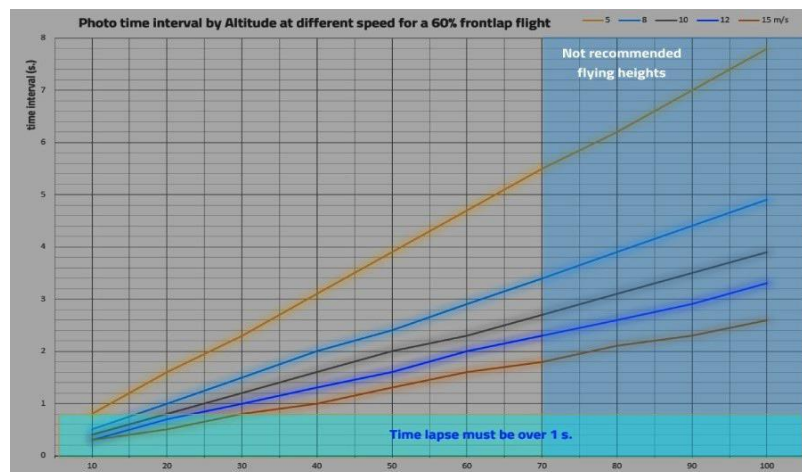
รูปที่ 10 อากาศยานไร้คนดัดตั้งแบบปีกหมุน (UAV) ยี่ห้อ DJI รุ่น MATRICE 300 RTK ติดตั้ง LiDAR



รูปที่ 11 โปรแกรม DJI PILOT ออกแบบแนวการบิน



รูปที่ 12 การตั้งค่าความสูงบิน ความเร็วในการบิน



รูปที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ความสูงบินและความเร็ว (yellowscanlidar, 2021)

3.3 ประมวลผลข้อมูลและผลิตแผนที่

หลังจากทำการขึ้นบินสำรวจทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คน เพื่อทำการเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จากนั้นเป็นขั้นตอนการประมวลผลด้วยโปรแกรม YellowScan CloudStation แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.3.1 ขั้นตอนที่ 1 นำข้อมูลที่ได้จาก LiDAR จะเป็นไฟล์นามสกุล .apx เปิดด้วยโปรแกรม YellowScan CloudStation

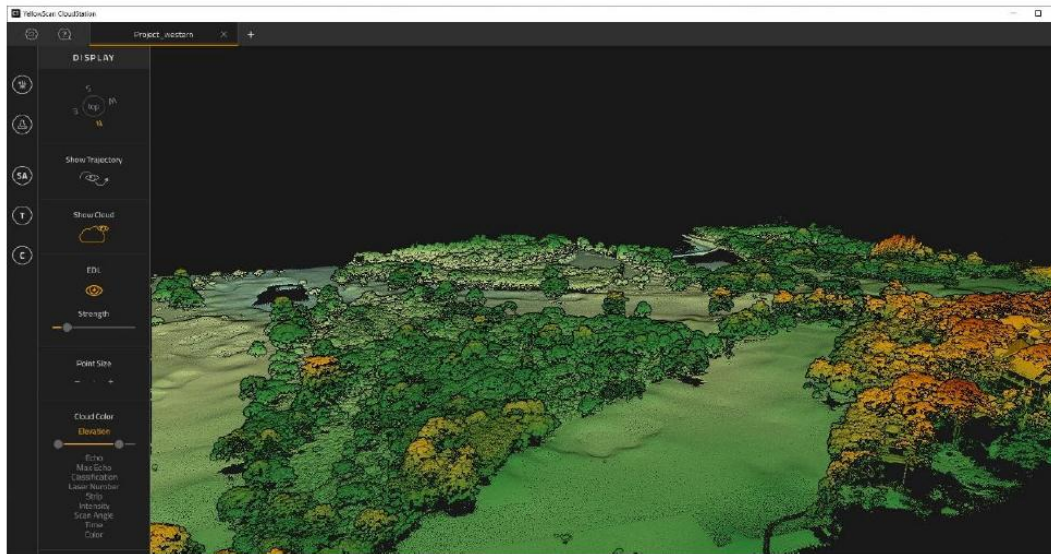
3.3.2 ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูล GNSS ที่ได้จากการ Post Process เข้ามาเพื่อทำการประมวลผลข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (Digital Surface Model, DSM) แสดงดังรูปที่ 14 และ 15 ซึ่งเส้นสีขาวแนวทแยงในรูปที่ 15 คือเส้นวิ่งเข้าไปจุดเริ่มต้น และกลับตำแหน่งเดิมเมื่อบินครบแนวบินที่กำหนด เส้นสีต่างคือเส้นที่เลือกในการนำไปคำนวณ

3.3.3 ขั้นตอนที่ 3 ประมวลผลข้อมูล จะสร้างข้อมูล Point cloud DSM Orthomosaic and Index เป็นขั้นตอนการสร้างแบบจำลองความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Surface Model, DSM) การสร้างจะจัดเก็บในรูปแบบบราสเตอร์ โดยรวมความสูงของ สิ่งปกคลุมพื้นผิวของโลก เช่น สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ พุ่มไม้ เป็นต้น แสดงดังรูปที่ 16

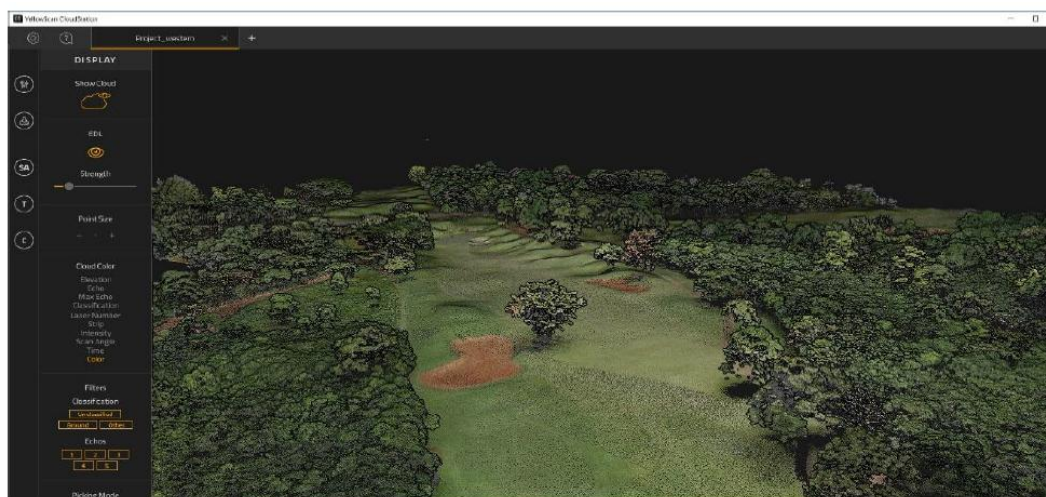
รูปที่ 14 ไฟล์ข้อมูล Post Process GNSS



11



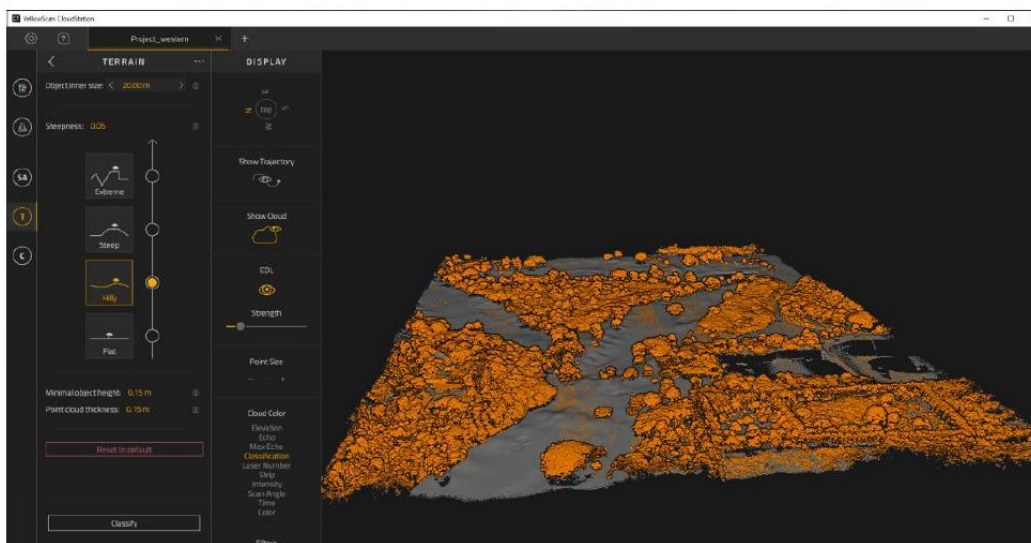
รูปที่ 16 แสดงข้อมูล Point cloud ในรูปแบบ 3 มิติ



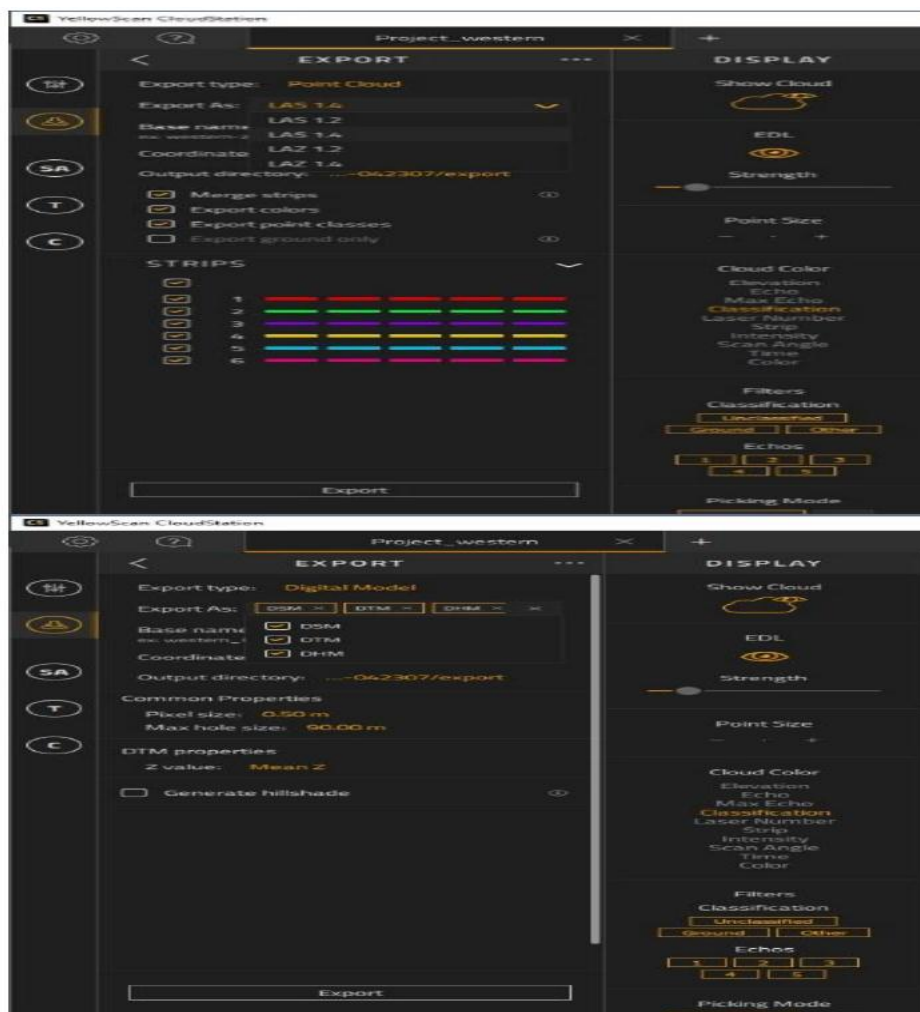
รูปที่ 17 แสดงข้อมูล Colorize Point Cloud

3.3.5 ขั้นตอนที่ 5 Classify เป็นการประมวลผลแบบจำลองความสูงพื้นดินภูมิประเทศ (Digital Terrain Model, DTM) การสร้างจะจัดเก็บในรูปแบบราสเตอร์ เฉพาะข้อมูลส่วนที่เป็นพื้นดินในบริเวณภูมิประเทศ (โดยโปรแกรมจะสร้าง Canopy Height Model (CHM) เพื่อสร้างแบบจำลองของสิ่งปกคลุมพื้นผิวโลกและตัดข้อมูลส่วนนี้ออกต่อไป) แสดงดังรูปที่ 18

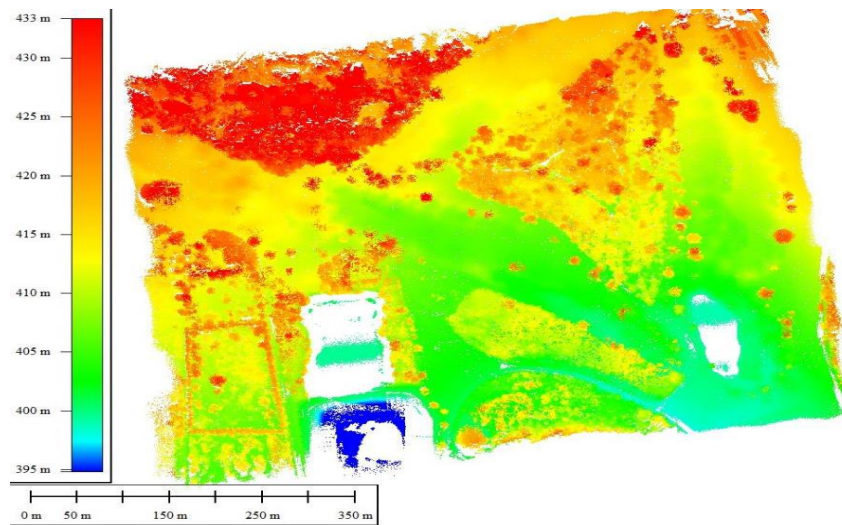
3.3.6 ขั้นตอนที่ 6 Export ข้อมูล Point cloud ในรูปแบบ .las ไฟล์ เพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์เส้นชั้นสูงและจัดทำแผนที่ภูมิประเทศต่อไป แสดงดังรูปที่ 19 และ 20 ในการสำรวจทำแผนที่ด้วย LiDAR จะได้แผนที่ภูมิประเทศ ดังรูปที่ 21



รูปที่ 18 แสดงข้อมูล Classify วัตถุที่ไม่ต้องการออกไป



รูปที่ 19 แสดงรูปแบบในการ Export ข้อมูลไปใช้งาน



รูปที่ 20 ผลข้อมูล Point cloud ในรูปแบบ Color LiDAR by RGB/Elev



รูปที่ 21 แสดงแผนที่พื้นที่เขาใหญ่ ในรูปแบบ Color LiDAR by

3.4 อภิปรายผลการวิจัย

การสำรวจวางหมุดหลักฐาน เพื่อใช้เป็นหมุดหลักฐานทางราบ และหมุดหลักฐานทางดิ่งบริเวณพื้นที่เขาใหญ่ ตำบลหมูสีอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ทั้งหมด 1 หมุด มีความถูกต้องตามมาตรฐานการสำรวจ ผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 มาตรฐานของ FGDS ดังนี้

1. หมุดหลักฐานแผนที่ หมุดที่จัดสร้างขึ้นอย่างมั่นคง แข็งแรง และมีการรังวัดค่าพิกัดตำแหน่งที่มีความถูกต้องสูง
2. หมุดหลักฐานทางราบ หมุดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางราบในรูปแบบพิกัดทางยอเดซีและ/หรือในรูปแบบพิกัดแผนที่ระบบยูทีเอ็ม (UTM)

3. หมดหลักฐานทางดิ่ง หมดหลักฐานแผนที่ที่ให้เฉพาะค่าพิกัดทางดิ่งในรูป ความสูงเหนือทรงรี (ellipsoidal height) หรือความสูงออร์โธเมตริก (orthometric height) หรือค่าระดับ (elevation) อย่างน้อยอย่างใดอย่างหนึ่ง

4. หมดหลักฐานสามมิติ หมดหลักฐานแผนที่ที่ให้ค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่ง ตามที่อธิบายไว้ข้างต้น

ค่าระดับและค่าพิกัด เป็นการรังวัดเพื่อกำหนดตำแหน่งจากดาวเทียม GNSS (Global Navigation Satellite System) ใช้การรังวัดแบบสถิต (Static Survey) โดยนำเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมไปตั้งรับสัญญาณที่ตำแหน่งหมดหลักฐานการสำรวจ ตำแหน่งหมด GCP และหมด Check Point โดยหมดหลักฐานการสำรวจจำนวน 1 หมด ตำแหน่งหมด Check Point จำนวน 9 หมด ผ่านเกณฑ์งานชั้นที่ 3 มาตรฐานของ FGDS ซึ่งจุดบังคับภาพถ่าย จุดที่มองเห็นได้อย่างเด่นชัดบนภาพถ่าย และสามารถระบุตำแหน่งได้ในภูมิประเทศ เป็นจุดที่มีการหาค่าพิกัดตำแหน่งทางราบและทางดิ่งมาเพื่อใช้ในการควบคุมการประมวลผลเชิงตำแหน่งของข้อมูลภาพ และปกติเป็นการหาค่าพิกัด จากกระบวนการทำงานงานรังวัดภาพถ่าย (photogrammetry) นำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลพอยท์คลาวด์ LiDAR ด้วยโปรแกรม YellowScan CloudStation

การบินสำรวจโดยใช้โดรนยี่ห้อ DJI รุ่น MATRICE 300 RTK ด้วยโปรแกรม PILOT ด้วยความสูง 70 เมตร Mapping Flight Speed 5 m/s บริเวณพื้นที่เขาใหญ่ ตำบลหมูสีอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เพื่อจัดทำแผนที่ที่มีความละเอียดถูกต้องแม่นยำสูง

ผลลัพธ์ที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR มีการตรวจสอบคุณภาพความถูกต้องเชิงตำแหน่งของพอยท์คลาวด์ เป็นไปตามข้อกำหนดความถูกต้อง โดยมีกระบวนการประมวลผลข้อมูลจากหมดหลักฐานอ้างอิง และการรายงานผลความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยทางราบและทางดิ่งไม่เกิน 10 เซนติเมตร และนำข้อมูลที่ได้มาตรวจสอบความถูกต้องทางดิ่งกับจุดอ้างอิงบนพื้นดิน ณ จุดพิกัดทางราบเดียวกันได้ค่าความต่างเฉลี่ย ไม่เกิน 5 เซนติเมตรด้วยโปรแกรม YellowScan CloudStation

4. สรุปผล

การสำรวจทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR (Light Detection and Ranging) บริเวณพื้นที่เขาใหญ่ ตำบลหมูสีอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา เป็นระบบสำรวจรังวัดความสูงภูมิประเทศ (ค่าระดับสูง) ด้วยแสงเลเซอร์ที่ติดตั้งบนอากาศยานไร้คน ให้ค่าความสูงภูมิประเทศทั้งชนิดที่เป็นพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ (DSM : Digital Surface Model) และค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (DEM : Digital Elevation Model) ที่มีค่าความละเอียดถูกต้องของค่าความสูงภูมิประเทศในช่วง 3 – 5 เซนติเมตร ได้จากการนำข้อมูล DEM ไปตรวจสอบเปรียบเทียบกับข้อมูล CPs ที่ได้จากการรังวัด ณ ตำแหน่งเดียวกัน ด้วยโปรแกรม Global Mapper นอกจากความถูกต้องแล้วการสำรวจด้วย LiDAR ยังให้ความหนาแน่นของจำนวนจุดระดับบนพื้นดินที่หนาแน่นสูง ในหนึ่งตารางเมตรมีจุดระดับถึง 375 จุดระดับ ไม่ได้เป็นมาตรฐาน LiDAR แต่เป็นความสามารถของเครื่องมือ ความสัมพันธ์ของความสูงในการบินและความเร็วในการบิน การสำรวจด้วย LiDAR มีขีดความสามารถในการรังวัดค่าความสูงภูมิประเทศที่มีความน่าเชื่อถือและมีความหนาแน่นของจุดระดับสูง ทำให้ได้แผนที่ 3 มิติ ที่มีความละเอียดถูกต้องแม่นยำสูง โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำให้ได้แผนที่ที่มีรายละเอียดของพื้นที่ ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัลและสามารถพิมพ์เป็นกระดาษ ทำให้ทราบรูปร่างของพื้นที่บริเวณที่ทำการสำรวจภูมิประเทศ ทั้งยังสามารถวัดค่าพิกัดและระยะได้จากแผนที่ที่จัดทำนี้ และยังสามารถนำข้อมูลไปจำลองเป็น 3D โมเดลได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือของคุณ ธิษณะ เสรีคชศิริ ให้ความอนุเคราะห์อากาศยานไร้คนดัดตั้ง LiDAR (Light Detection and Ranging) มาใช้ในการสำรวจครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กนก วีรวงศ์. (2564). เอกสารคำสอนวิชา 2108627 Geoimage Processing การประมวลผลภาพเชิงภูมิศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- กริธา สุวรรณสะอาด. (2553). การปรับแก้ข้อมูลไลดาร์ระหว่างแนวกบินโดยอาศัยจุดควบคุมจากภาพถ่ายทางอากาศ [วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ThaiLIS.
<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/30675>
- จนิษฐ์ ประเสริฐบุรณะกุล, วิลาศลักษณ์ วงศ์เยาว์ฟ้า, และ สุกิจ วิเศษสินธุ์. (2550). การวิเคราะห์พื้นที่น้ำท่วมด้วย LIDAR: ข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงเลขความละเอียดสูง. บริษัท ESRI (ประเทศไทย) จำกัด.
- ธวัชิต แฉล้มเขตต์. (2554). การศึกษาการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศเพื่อใช้ในการดึงข้อมูลลักษณะวัตถุจากข้อมูลไลดาร์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. ThaiLIS.
<https://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/61057>
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2553). การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทพฤทธิ์ ศรีรัฐไพศาล. (2563). การสำรวจความสูงภูมิประเทศด้วยแสงเลเซอร์ (LiDAR). วารสารแผนที่ (Royal Thai Survey Department Journal), 40(1), 12–28.
- Aguilera, D. G., Matellán, E. C., López, D. H., & González, P. R. (2013). Automated urban analysis based on LiDAR-derived building models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 51(3), 1844–1851. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2012.2205931>
- ASPRS. (2014). *Introduction to lasers and lidar*. Retrieved November 15, 2016, from https://www.e-education.psu.edu/geog481/l1_p3.html
- Baltsavias, E. (2008, March 31–April 4). *Introduction to airborne LiDAR and physical principles of LiDAR technology (Lectures 1 and 5)*. Retrieved November 15, 2016, from <http://home.iitk.ac.in/~blohani/LiDARSchool2008/Downloads/Kanpur-Baltsavias.pdf>
- Harrap, R., & Lato, M. (2016). *An overview of LIDAR for urban applications*. Queen's University.
- Chen, Z., Li, J., & Yang, B. (2021). A strip adjustment method of UAV-borne LiDAR point cloud based on DEM features for mountainous area. *Sensors*, 21(8), Article 2782.
<https://doi.org/10.3390/s21082782>