

การประเมินประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำสำหรับการสำรวจและทำแผนที่อาคารสิ่งปลูกสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้งานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรณีศึกษาเทศบาลตำบลแม่กา

ชยกร พุ่มนวล^{1*}, สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข¹ และ สอาด วงใหญ่²

Performance Evaluation of Low-Cost Unmanned Aerial Vehicles for Surveying and Mapping of Buildings in Local Government Organization Application: A Case Study of Mae Ka Subdistrict Municipality

Chayakorn Pumnoun^{1*}, Sawarin Lerk U Suke¹ and Saard Wongyai²

¹ Department of Geographic Information, Faculty of Information Technology and Communication, Phayao University, Phayao, 56000

² Mae Ka Subdistrict Municipality Office, Phayao, 56000

* Corresponding author: gofexe61320327@gmail.com

Received: January 23, 2024; Revised: February 20, 2024; Accepted: February 28, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำสำหรับการสำรวจข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้งานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น การสำรวจและทำแผนที่จะอาศัยอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำบินถ่ายภาพในพื้นที่ศึกษาบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยาที่มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่น โดยอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำที่ใช้สำรวจในครั้งนี้ คือ ดีเจไอ แพนเทม โพร โปร วี สอง และมีการกำหนดพารามิเตอร์สำหรับการบินความสูงบินที่ 90 เมตร ส่วนซ้อนและส่วนเกยกันของภาพถ่ายเท่ากับ 80 เปอร์เซ็นต์และ 60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับและความละเอียดจุดภาพ 2.45 เซนติเมตรต่อจุดภาพ จากนั้นจะนำภาพถ่ายที่ได้ไปประมวลผลเพื่อสร้างข้อมูลพอยท์คลาวด์ แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลขภาพและตัดแก้โออาร์โอ โดยการกำหนดพารามิเตอร์การจัดเรียงภาพถ่าย การสร้างจุดภาพ 3 มิติ อยู่ที่ ระดับสูง และระดับปานกลาง ตามลำดับ หลังจากนั้นจะทำการสกัดข้อมูลอาคารสิ่งปลูกสร้างเพื่อวัดขนาดพื้นที่ของอาคาร ในมาตราส่วนที่แตกต่างกัน ประกอบด้วย 1:100 1:250 และ 1:500 ตามลำดับ เมื่อได้ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างแล้วจะทำการประเมินความถูกต้องเทียบกับข้อมูลขนาดอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการรังวัดสำรวจจริงที่มีการดำเนินงานเพื่อใช้ประกอบการสำรวจของระบบแผนที่ท้ายของเทศบาลตำบลแม่กา ผลลัพธ์ที่ได้พบว่า ภาพตัดแก้โออาร์โอที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำเมื่อต้องการสกัดข้อมูลขนาดอาคารและสิ่งปลูกสร้าง แผนที่มาตราส่วนที่ให้ค่าใกล้เคียงกับข้อมูลที่สำรวจจากภาคสนามมากที่สุด คือ 1:250 1:100 และ 1:500 ตามลำดับ จากผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำสามารถนำมาใช้สนับสนุนการรังวัดสำรวจข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างวิธีการดั้งเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยลดเวลาในการสำรวจข้อมูลอาคารได้อย่างมาก ทราบถึงการเปลี่ยนของอาคารและสิ่งปลูกสร้างได้อย่างชัดเจนและสามารถรังวัดข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงได้จากการสำรวจจาก

¹ สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สำนักงานเทศบาลตำบลแม่กา จังหวัดพะเยา 56000

ภาคสนาม นอกจากนี้ยังสามารถนำไปปรับใช้ในงานที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี เช่น การนับจำนวนหรือการวัดขนาดของวัตถุในพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยาก เป็นต้น

คำสำคัญ: อากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำ, การรังวัดด้วยภาพเชิงเลข, ภาพตัดแก้เออร์โธ, การสกัดข้อมูล, การประยุกต์ใช้งานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

Abstract

This research aims to evaluate the efficiency of low-cost unmanned aerial vehicles (UAVs) for surveying building and infrastructure data for the local government's organizational applications. The survey and mapping utilize low-cost UAVs for aerial photography in the densely built-up area around University of Phayao. The selected UAVs for this survey are DJI Phantom 4 Pro V2 and are set to fly at an altitude of 90 meters with 80% and 60% overlap for forward and side overlap, respectively. The image resolution is set at 2.45 centimeters per pixel. The acquired aerial images are then processed to generate point cloud data, orthophotos, and numerical elevation models. The image processing involves adjusting parameters for image alignment, creating 3D points at high and medium levels, and extracting building information to measure the area sizes at different scales, including 1:100, 1:250, and 1:500. After obtaining building and infrastructure data, an accuracy assessment is conducted by comparing it with the field survey data collected for the local municipality's tax map system. The results show that the orthophotos generated from low-cost UAV surveys closely match the surveyed data in terms of building and infrastructure sizes. The most accurate scales are found to be 1:250, 1:100, and 1:500, respectively. This study concludes that low-cost UAVs can effectively support traditional survey methods for building and infrastructure data collection.

Keywords: Low-Cost Unmanned Aerial Vehicles, Digital Photogrammetry, Orthophoto, Data Extraction, Local Government Organization Application

บทนำ

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้นำที่มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการและให้บริการในระดับท้องถิ่น โดยมีความรับผิดชอบที่หลากหลาย ตั้งแต่การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การพัฒนาทางเศรษฐกิจ การบริหารการเงิน การศึกษา สุขภาพและมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์ทุนทรัพย์และวัฒนธรรมท้องถิ่น การจัดเก็บภาษีขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นถือเป็นงานส่วนหนึ่งขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยการเก็บภาษีนี้นั้นไม่เพียงเป็นแหล่งรายได้สำหรับท้องถิ่นเท่านั้น แต่การจัดเก็บภาษีโดยเฉพาะภาษีอาคารและสิ่งปลูกสร้างเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญสำหรับการรักษาและพัฒนาพื้นที่ท้องถิ่น โดยองค์กรจะรับผิดชอบในการประเมินและเรียกเก็บภาษีที่เกี่ยวข้องกับอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ตั้งในพื้นที่นั้น ๆ ภาษีที่ได้รับนี้ไม่เพียงเป็นแหล่งรายได้สำหรับองค์กร แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญที่สนับสนุนการให้บริการสาธารณะและการพัฒนาท้องถิ่นให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพ (ฝ่ายพัฒนารายได้ กองคลัง สำนักงานเทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา, 2563)

การจัดเก็บภาพถ่ายอาคารและสิ่งปลูกสร้างเป็นหน้าที่หลักที่สำคัญต่อองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยมีพระราชบัญญัติภาษีที่ดินและสิ่งปลูกสร้างได้บัญญัติไว้ว่า ให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นดำเนินการจัดเก็บภาษีและทะเบียนทรัพย์สิน จึงทำให้ 7,255 ตำบลในประเทศไทยต้องจัดเก็บภาษี โดยมอบหมายให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเป็นผู้ดำเนินการ ดังนั้น ภาพถ่ายอาคารและสิ่งปลูกสร้างจึงเป็นส่วนงานหนึ่งในภาระหน้าที่ที่สำคัญที่ต้องดำเนินการ จึงทำให้มีการสำรวจอาคารและสิ่งปลูกสร้างทุกปี เพื่อการจัดทำแผนที่ภาษี (พระราชบัญญัติภาษีที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง, 2562)

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicles – UAV) หรือ ยูเอวี เป็นเทคโนโลยีการสำรวจและการจัดการข้อมูล ที่สามารถนำไปใช้ในการพาณิชย์และอุตสาหกรรม เป็นทางเลือกที่มีประสิทธิภาพและมีความยืดหยุ่นสูง และถูกออกแบบมาเพื่อให้ทำงานในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและทำงานได้อย่างคล่องตัว ทำให้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย ในหลายหน่วยงาน (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2560)

ดังนั้น การนำอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำเข้ามาช่วยสำรวจอาคารสิ่งปลูกสร้าง สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เป็นแนวคิดที่คำนึงถึงการนำเทคโนโลยีที่สามารถเข้าถึงได้มาช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถจัดซื้อจัดหาได้และประมวลผลข้อมูลได้เอง ไม่จำเป็นต้องมีความรู้เฉพาะทางมากนัก นอกจากนี้ยังช่วยแก้ไขปัญหาและก้าวข้ามข้อจำกัดของการปฏิบัติงานในรูปแบบเดิมเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำสำหรับการสำรวจข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างเพื่อการประยุกต์ใช้งานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำ

อากาศยานไร้คนขับ คือ อากาศยานที่ไม่มีนักบินประจำการอยู่บนเครื่องหรือตัวอากาศยาน แต่นักบินสามารถบังคับควบคุมได้จากระยะไกล (Remote control) อากาศยานไร้คนขับมีหลากหลายประเภทและมีเอกลักษณ์ที่แตกต่างกันออกไปตามลักษณะการใช้งาน ปกติแล้ว อากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำจะมีข้อจำกัดในหลายประการ เช่น ความสามารถในการบินที่ระยะกระจัดได้ไม่เกิน 5 กิโลเมตร มีแบตเตอรี่ที่ใช้บินไม่เกิน 20 นาที มีเซนเซอร์ที่สำคัญที่ใช้ในการบินสำรวจเพื่อทำแผนที่ ภาพถ่ายที่ได้จากการบินถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับจำเป็นต้องนำไปประมวลผลเพื่อใช้ในกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ความคุ้มค่าต่อการนำมาใช้งาน รวมถึงราคาเหมาะสมที่องค์กรหรือหน่วยงานสามารถจัดซื้อจัดหาได้เอง (สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด, 2560)

ขั้นตอนการสำรวจและประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

การสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพและเป็นการนำเทคโนโลยีอากาศยานไร้คนขับผนวกรวมกับการสำรวจและทำแผนที่ ภาพถ่ายที่ได้จาก อากาศยานไร้คนขับ สามารถนำเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลข้อมูลแล้ว ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลายงานประยุกต์ เช่น ข้อมูลจุดภาพสามมิติ หรือพอยท์คลาวด์ (Point cloud) ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model – DEM) และภาพถ่ายตัดแก้หรือออร์โธโฟโต้ (Orthophoto) ขั้นตอนการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ประกอบด้วย 1) การวางแผนโครงการ 2) การวางแผนการบิน 3) การสร้างจุดควบคุมภาคพื้นดิน และ 4) การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (คณะกรรมการมาตรฐานการสำรวจด้วย

อากาศยานไร้คนเพื่องานวิศวกรรม, และคณะ 2565) การวางแผนบินจำเป็นต้องมีการกำหนดพารามิเตอร์การบินของอากาศยานไร้คนขับที่เหมาะสมกับงานประยุกต์ สภาพพื้นที่และความถูกต้องทางตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อให้ได้ภาพถ่ายที่มีคุณสมบัติตามข้อกำหนดที่ออกแบบไว้ การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม ที่มีความซับซ้อนหลายขั้นตอน โดยปกติแล้ว ขั้นตอนแรกจะเริ่มจากการสร้างจุดยึดโยงของภาพถ่ายแบบอัตโนมัติ (การสร้างจุดผูกติดโดยอัตโนมัติ) ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจหาตำแหน่งจุดภาพเพื่อใช้เป็นจุดยึดโยง (Tie point) โดยใช้เทคนิควิธีการที่ชื่อว่า ชิฟท์ (Scale-Invariant Feature Transform – SIFT) หรือ เอสไอเอฟที เพื่อทำการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุบนภาพที่มีลักษณะเด่น มองเห็นได้ชัดเจน โดยอาศัยการเปรียบเทียบกับระหว่างภาพถ่ายไว้ในการจับคู่จุดภาพ (Matching) เหล่านั้น ทำให้สามารถจับคู่ลักษณะของวัตถุขึ้นเดียวกันได้อย่างถูกต้องแม่นยำ จากการบันทึกที่มีขนาดและมุมของการถ่ายภาพที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการประมวลผล เอสเอฟเอ็ม (Structure From Motion – SFM) หรือ สตรักเชอร์ ฟรอม โมชัน ที่เป็นเทคนิควิธีการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ (จากข้อมูลภาพถ่าย 2 มิติ) โดยจะประมวลผลเพื่อคำนวณค่าการจัดภาพภายนอก (Exterior Orientation – EO) และการจัดภาพภายใน (Interior Orientation – IO) ที่เรียกว่า การปรับแก้บล็อกลำแสง (Bundle Block Adjustment) ในการหาพารามิเตอร์ของตัวไม่ทราบค่า (Unknown) สำหรับค่าการจัดภาพภายนอก และการจัดภาพภายใน กระบวนการปรับแก้แบบบล็อกลำแสงนี้ จะอาศัยหลักการของของสภาวะร่วมเส้น (Collinearity) ในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างจุดภาพบนภาพถ่าย จุดควบคุมและตำแหน่งของกล้องขณะบันทึกภาพ ร่วมกับการคำนวณปรับแก้ด้วยวิธีการกำลังสองน้อยสุด (Least Squared Adjustment) ผลลัพธ์ที่ได้ของกระบวนการดังกล่าว คือ ข้อมูลจุดภาพ 3 มิติ (พอยท์คลาวด์) โดยจุดภาพ 3 มิตินี้จะมีค่าพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่งที่บ่งบอกถึงตำแหน่งทางราบและค่าความสูงของวัตถุต่าง ๆ

ข้อมูลจุดภาพ 3 มิติ

จุดภาพ 3 มิติ หรือ พอยท์คลาวด์ เป็นชุดข้อมูลเชิงตำแหน่งที่ในลักษณะของข้อมูลจุดแบบ 3 มิติ ที่ประกอบด้วยค่าพิกัดตามแนวแกนเอ็กซ์ แกนวายและแกนแซด (X, Y, Z axis) ที่ใช้เป็นตัวแทนตำแหน่งของวัตถุต่าง ๆ จากการประมวลผลข้อมูลภาพ (แบบ 2 มิติ) จำนวนมาก โดยแต่ละจุดภาพแบบสามมิตินั้นจะมีตำแหน่งพิกัดทั้งทางราบและทางดิ่ง อาจกล่าวได้ว่า ข้อมูลจุดภาพ 3 มิตินี้ ถูกสร้างขึ้นด้วยเทคนิควิธีการรังวัดด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) จากการถ่ายภาพหลากหลายมุม หลากหลายตำแหน่งของกล้องถ่ายภาพ โดยทั่วไปแล้ว ภาพถ่ายเหล่านี้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลเพื่อสร้างจุดภาพ 3 มิติ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) และ ภาพตัดแกออร์โธได้ ต่อไป โดยแบบจำลองความสูงเชิงเลขและภาพตัดแกออร์โธ นั้นจะมีความถูกต้องแม่นยำทางตำแหน่งมากน้อยเพียงใดนั้นส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลพอยท์คลาวด์เป็นสำคัญ (คณะอนุกรรมการมาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนเพื่องานวิศวกรรม, และคณะ 2565)

แบบจำลองความสูงเชิงเลข

แบบจำลองความสูงเชิงเลข ถูกสร้างขึ้นโดยการวัดค่าความสูงของพื้นที่ต่าง ๆ โดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจ เช่น ไลดาร์ หรือการใช้ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมาคำนวณและประมวลผลเพื่อเป็นใช้ตัวแทนความสูงต่ำของภูมิประเทศ แบบจำลองความสูงเชิงเลข มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตภาพตัดแกออร์โธ เนื่องจากภาพตัดแกออร์โธจำเป็นต้องใช้ค่าความสูงของวัตถุบนภาพในการคำนวณปรับแก้ทางเรขาคณิตภายใต้เงื่อนไขและความสัมพันธ์ตามสมการภาวะร่วมเส้น แบบจำลองความสูงเชิงเลขสามารถช่วยคำนวณปรับแก้ค่าความคลาดเคลื่อนบนภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับที่ได้รับผลกระทบจากความสูงต่ำของภูมิประเทศและสามารถใช้ในการผลิตภาพตัดแกออร์โธที่มีความถูกต้องของตำแหน่งทางราบ รวมทั้งค่าความสูงของพื้นที่หรือพื้นผิวภูมิประเทศได้อย่างถูกต้องแม่นยำ เช่น ค่าความสูงของสิ่งปลูกสร้างและพุ่มไม้ ที่มักเรียกข้อมูล

ลักษณะนี้ว่าแบบจำลองพื้นผิว ดิจิทัล เซอร์เฟซ โมเดล (Digital Surface Model – DSM) หรือ ดีเอสเอ็ม และ ค่าความสูงตามสภาพภูมิประเทศจริง ที่เรียกว่า ดิจิทัล เทอร์เรน โมเดล (Digital Terrain Model – DTM) หรือ ดีทีเอ็ม (ไพศาลสันติธรรมนธ์, 2564)

ภาพตัดแก้ออร์โธ

ภาพตัดแก้ออร์โธมักถูกนำมาใช้ในงานที่ต้องการข้อมูลทางภูมิศาสตร์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง เช่น การวางแผนการก่อสร้าง การจัดการทรัพยากรน้ำหรืองานด้านผังเมือง เป็นต้น เนื่องจากภาพตัดแก้ออร์โธนั้นเป็นข้อมูลภาพถ่ายที่ถูกปรับแก้เพื่อให้มีความแม่นยำทางภูมิศาสตร์ (ทางตำแหน่ง) โดยทำการตัดแก่มุมมองและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการถ่ายภาพ มีมาตราส่วนเท่ากันตลอดทั้งภาพ ลดการบิดเบือนของวัตถุที่มีความสูงเมื่อเทียบระดับความสูงต่ำของภูมิประเทศหรือความบิดเบือนอันเนื่องมาจากระยะทางจากจุดศูนย์กลางของกล้องถ่ายภาพ ผลที่ได้ คือ ภาพที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่ถูกต้องแม่นยำเชิงตำแหน่งสูง อัตราส่วนของวัตถุบนภาพใกล้เคียงกับขนาดจริงบนพื้นโลก (คณะอนุกรรมการมาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนพิ่องานวิศวกรรม, และคณะ 2565)

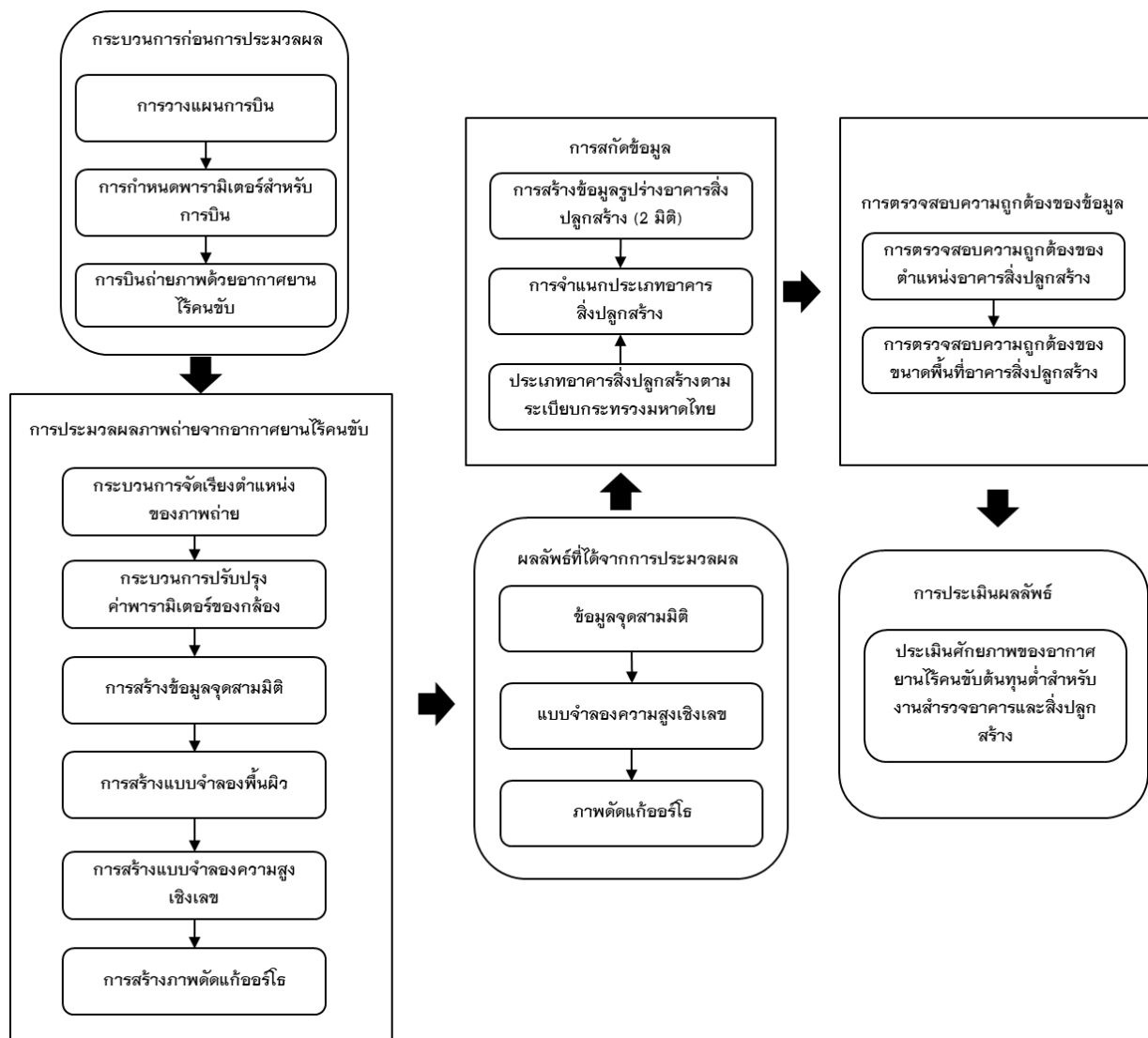
วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้แบ่งงานที่ดำเนินการออกเป็น 4 ส่วนประกอบด้วย 1) การวางแผนโครงการ 2) การวางแผนการบิน 3) การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับและ 4) การสกัดข้อมูลจากผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่าย รายละเอียดของแต่ละขั้นตอนสามารถสรุปและแสดงได้ดังรูปที่ 1 ดังนี้

กระบวนการก่อนการประมวลผล

เป็นขั้นตอนที่มีไว้เพื่อเตรียมข้อมูลเบื้องต้นให้เหมาะสมและพร้อมใช้งานสำหรับการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ หรือการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การลดข้อบกพร่อง ความพลั้งเผลอ การปรับปรุงคุณภาพข้อมูลหรือการจัดการข้อมูลเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานในกระบวนการการประมวลผลต่อไป กระบวนการนี้จะประกอบไปด้วย การวางแผนการบิน การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการบินถ่ายภาพและการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ การวางแผนการบินหรือการเตรียมความพร้อมก่อนการนำอากาศยานไร้คนขับขึ้นบิน ได้แก่ การสำรวจพื้นที่โครงการ การพิจารณา การประเมินและกำหนดจุดขึ้นบินและลงจอดของอากาศยานไร้คนขับ การสำรวจความสูงของวัตถุ อาคารและสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่เพื่อหลีกเลี่ยงการบินชนวัตถุดังกล่าวระหว่างการบินสำรวจถ่ายภาพ การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการบินถ่ายภาพ โดยอากาศยานไร้คนขับต้นทุ่นดำที่ใช้ในการบินถ่ายภาพครั้งนี้ คือ ดีเจไอ แฟน เทม โฟร์ โพร วี สอง (DJI Phantom Pro V.2) เนื่องจากอากาศยานไร้คนขับดังกล่าวมีคุณสมบัติที่ครบถ้วนต่อการนำมาสำรวจและราคาไม่สูงมากนัก องค์ประกอบของส่วนท้องถิ่นสามารถจัดซื้อจัดหาได้โดยการบินถ่ายภาพจะกำหนดค่าความสูงบินเท่ากับ 90 เมตร เหนือพื้นดิน (Above Ground Level – AGL) ระยะส่วนซ้อนของรูปภาพที่ถ่ายกับภาพถัดไปในแนวนอนเดียวกัน หรือ โอ เวกะ แลพ (Overlap) เท่ากับที่ 80 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่ซ้อนทับกันบริเวณด้านข้างหรือระหว่างแนวนอน ที่มักเรียกว่า ซายด์ แลพ (Sidelap) เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ มุมมองของกล้องถ่ายภาพกำหนดให้เป็นมุมตั้งตลอดการบินถ่ายภาพ -90 องศา (ตั้งฉากกับพื้นดิน) ความเร็วในการบินถ่ายภาพ อยู่ที่ 8.3 เมตรต่อวินาที มีการกำหนด ความละเอียดจุดภาพ (Ground Sampling Distance – GSD) หรือ จีเอสดี ของภาพ อยู่ที่ 2.45 เซนติเมตรต่อจุดภาพ (พิกเซล) และมีเส้นทางการบินกำหนดให้เป็นแนวขึ้น-ลง ตามทิศเหนือ-ใต้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเกี่ยวกับแสงที่มีผลจากการขึ้น-ลงของดวงอาทิตย์ เนื่องจากความเข้มของแสงที่สะท้อนวัตถุมายังกล้องทำให้วัตถุที่กล้องถ่ายได้มีความเข้มของแสงมากเกินไปทำให้ภาพมีความคมชัดลดลงหรือมีการบิดเบือนของสีวัตถุจาก

ความเป็นจริงและทำให้เงาของวัตถุที่มีความสูงทอดบดบังพื้นที่จำนวนมากทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในขั้นตอนการประมวลผลของภาพถ่ายในพื้นที่ที่มีเงาตกกระทบ



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

การประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับเป็นกระบวนการที่นำเอาข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการบินถ่ายภาพเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์เพื่อทำการปรับแก้ วิเคราะห์และประมวลผลภาพถ่าย การสร้างข้อมูลผลลัพธ์เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในงานนั้น จะอาศัยผลิตภัณฑ์หลัก 3 ชนิด ประกอบไปด้วย ข้อมูลจุดภาพ 3 มิติ (พอยท์คลาวด์) ข้อมูลแบบจำลองความสูง (DEM) และภาพตัดแก้ออร์โธ (Orthophoto) การประมวลผลภาพถ่ายในครั้งนี้ใช้ซอฟต์แวร์เอจิสซอฟต์ เมทาเซพ โปร (Agisoft Metashape Pro) โดยในขั้นตอนการจัดเรียงตำแหน่งของภาพถ่าย (Align photo) มีการกำหนดความถูกต้องที่ ระดับสูง (High) และเลือกใช้วิธีการเลือกภาพประมวลผลทั้ง 2 แบบในการจัดเรียงตำแหน่งของภาพถ่าย กำหนดขีดจำกัดสูงสุด (Limit) ของ จุดสำคัญ (Key points) และจุดยึดโยง (Tie points) ที่ 40,000 และ 5,000 จุดตามลำดับ มีการเลือกให้การจัดเรียงตำแหน่งภาพถ่ายใช้เทคนิคการปรับแต่งโมเดลกล้อง เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลภาพที่มีขณะทำการจับคู่ภาพ เมื่อทำการจัดเรียงตำแหน่งของภาพถ่ายเสร็จสิ้นแล้ว จึงทำการปรับปรุงตำแหน่งของกล้องด้วยการจัดเรียง

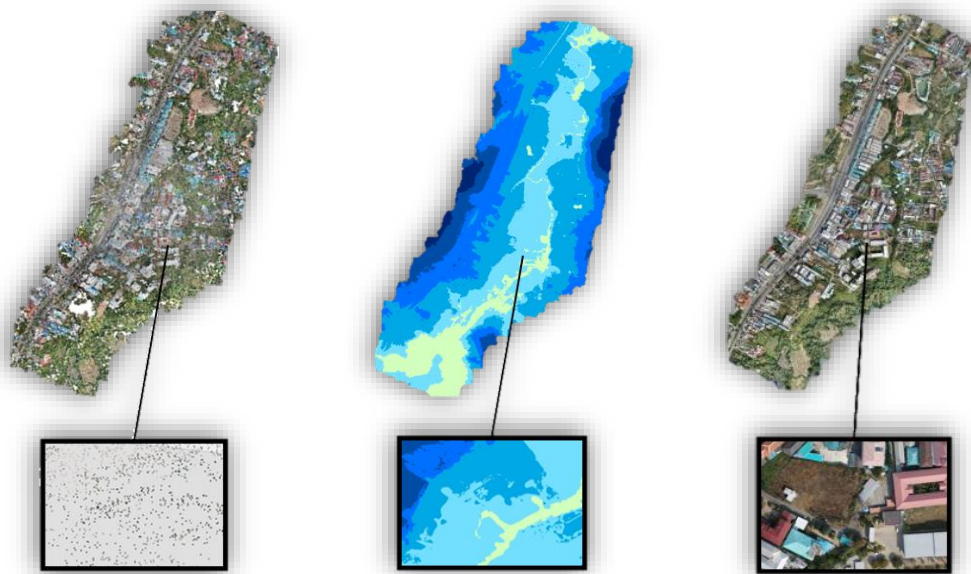
ภาพเพื่อให้การจัดเรียงตำแหน่งของภาพถ่ายได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการสร้างข้อมูลจุดภาพ 3 มิติ (พอยท์คลาวด์) โดยใช้คำสั่ง สร้างพอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น โดยคุณภาพของพอยท์คลาวด์ เลือกที่ระดับ ปานกลาง (Medium) เนื่องจากฟีเจอร์หลักที่ปรากฏบนภาพถ่ายนั้นไม่ต้องการความละเอียดและรายละเอียดของฟีเจอร์มากเกินไป ตามลักษณะและคุณสมบัติของอาคารและสิ่งปลูกสร้างไปประยุกต์ใช้งาน นอกจากนี้คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลมีกำลังการประมวลผลจำกัด หากการปรับใช้คุณภาพในระดับสูงจำเป็นต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ที่มีสมรรถนะในการประมวลผลสูงมาก และต้องการระยะเวลาในการประมวลผลยาวนาน งานวิจัยครั้งนี้จึงเลือก ระดับปานกลาง (Medium) ที่พอเพียงพอต่อการนำไปใช้งานและยังเป็นการลดระยะเวลาในการประมวลผลอีกด้วย โดยการถ่ายภาพที่มีความละเอียดจุดภาพสูงสุดของเซนเซอร์หรือกล้องบันทึกภาพซึ่งจะให้ภาพถ่ายขนาด 5472×3648 จุดภาพหรือประมาณ 20 ล้านจุดภาพ แม้จะปรับระดับคุณภาพของพอยท์คลาวด์ที่ต้องการให้อยู่ในระดับปานกลาง (คุณภาพลดลงเพียงกึ่งหนึ่งของแต่ละด้านของภาพถ่าย) ก็ยังถือว่าจำนวนจุดที่ได้มากเพียงพอต่อการนำไปใช้สกัดข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เนื่องจากวัตถุที่ปรากฏบนภาพมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับขนาดความละเอียดจุดภาพของภาพถ่าย (ประมาณ 3 เซนติเมตร) หรือรายละเอียดของวัตถุ (อาคารและสิ่งปลูกสร้าง) ที่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ ต่อมาในกระบวนการสร้างแบบจำลองพื้นผิว (DSM) ได้ทำการสร้างแบบจำลองพื้นผิวเพื่อเติมเต็มข้อมูลความสูงในกรณีที่บางส่วนของพื้นที่ขาดหายไปไม่สามารถคำนวณพิกัดแบบ 3 มิติได้ หลังจากนั้นจึงทำการสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลข โดยการกำหนดค่าของระบบพิกัดข้อมูลที่ต้องการให้อยู่ในระบบพิกัดกริด ยูทีเอ็ม ดับเบิลยูจีเอส 1984 โซน 47 เอ็น (UTM WGS84 Zone 47N หรือ EPSG:32647) โดยเลือกข้อมูลที่จะนำมาสร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลข คือ ข้อมูลพอยท์คลาวด์ชนิดหนาแน่น เมื่อได้แบบจำลองความสูงเชิงเลขแล้วจึงทำการสร้างภาพตัดแก้ออร์โธ โดยการสร้างส่วนของพื้นผิว เลือกใช้เป็น แบบจำลองความสูง ใช้ในการตัดแก้ภาพเพื่อผลิตภาพออร์โธโฟโต้และทำการต่อภาพให้เป็นผืนเดียวกัน (โมเสก) ก่อนการนำไปใช้งาน

การสกัดข้อมูลจากภาพตัดแก้ออร์โธ

การสกัดข้อมูลจากภาพตัดแก้ออร์โธในงานวิจัยครั้งนี้ เป็นการสร้างชั้นข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง โดยการวาดภาพหรือดิจิทัลไอซ์อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ปรากฏบนภาพตัดแก้ออร์โธ โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลรูปร่างแบบ 2 มิติ ที่มีการกำหนดการแสดงผลบนหน้าจอในมาตราส่วนที่แตกต่างกัน ประกอบด้วยมาตราส่วน 1:100 1:250 และ 1:500 โดยทำการดิจิทัลไอซ์ (สกัดข้อมูลขนาดอาคารจากภาพตัดแก้ออร์โธเพื่อทำการวัดขนาด) อาคารและสิ่งปลูกสร้างรวมทั้งหมด 200 อาคาร ตามสัดส่วนของจำนวนอาคาร (Stratified random sampling) แต่ละประเภท ประกอบด้วย อาคารที่ใช้ประโยชน์เพื่อเป็นที่อยู่อาศัยจำนวน 50 ตัวอย่าง ร้านค้า 50 ตัวอย่าง หอพัก 80 ตัวอย่าง และ โรงจอดรถ 20 ตัวอย่าง ตัวแทนอาคารสำหรับเปรียบเทียบความถูกต้องในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลจริงที่มีการสำรวจจากการลงพื้นที่รังวัดสำรวจจริง มีการนำไปใช้งานจริงของระบบแผนที่ภาษีของเทศบาลตำบลแม่กา โดยการดิจิทัลไอซ์จะใช้นุคคลในการดิจิทัลไอซ์เพียงคนเดียวและดิจิทัลไอซ์ในหน้าจอแสดงผลเดิมเพื่อลดความผิดพลาดของความคลาดเคลื่อนจากบุคคลและความคลาดเคลื่อนจากขนาดหน้าจอที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษา

จากการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำ จะได้ข้อมูล 3 ประเภทหลัก ประกอบด้วย ข้อมูลจุดภาพสามมิติ (Point cloud) ข้อมูลแบบจำลองความสูง (DEM) และ ภาพตัดแก้ออร์โธ (Orthophoto) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2 ดังนี้



รูปที่ 2 ข้อมูลจุดภาพสามมิติ (Point cloud) ข้อมูลแบบจำลองความสูง (DEM)
และ ภาพถ่ายแออร์โธ (Orthophoto) จากการประมวลผล

ผลการคำนวณปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต มีค่าความคลาดเคลื่อนการแปลงภาพเฉลี่ยรากที่สอง (RMSE) เท่ากับ 0.137971 หรือประมาณ 0.664 จุดภาพ ค่าสัมประสิทธิ์การสอบเทียบและเมทริกซ์สหสัมพันธ์ (Calibration coefficients and correction matrix) แสดงได้ดังรูปที่ 3 ดังนี้

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4
F	3681.55	2.4	1.00	0.89	0.22	-0.05	0.02	-0.29	-0.63	0.82	-0.87	-0.61	-0.73	0.10	-0.15
Cx	-18.6513	0.035		1.00	0.19	-0.03	0.05	-0.25	-0.56	0.73	-0.78	-0.41	-0.64	0.10	-0.14
Cy	-32.4015	0.014			1.00	-0.06	0.06	-0.07	-0.13	0.18	-0.19	-0.10	0.10	0.10	-0.08
B1	0.185438	0.041				1.00	0.01	0.03	0.02	-0.03	0.03	0.07	0.03	0.01	0.00
B2	0.952377	0.043					1.00	0.00	-0.01	0.02	-0.02	0.02	0.00	0.01	-0.01
K1	-0.00655139	2.7e-005						1.00	-0.41	0.18	-0.09	0.22	0.22	0.01	0.00
K2	-0.0315762	0.00013							1.00	-0.95	0.91	0.37	0.45	-0.10	0.14
K3	0.0716954	0.00033								1.00	-0.99	-0.49	-0.59	0.11	-0.17
K4	-0.041971	0.00025									1.00	0.51	0.62	-0.12	0.17
P1	-0.00120239	1.3e-006										1.00	0.73	0.42	-0.31
P2	-0.00264984	2.4e-006											1.00	0.47	-0.36
P3	0.136371	0.002												1.00	-0.97
P4	-0.107755	0.0022													1.00

รูปที่ 3 แสดงผลลัพธ์ค่าสัมประสิทธิ์การสอบเทียบและเมทริกซ์สหสัมพันธ์ที่ได้จากการประมวลผลภาพถ่าย

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้มีความละเอียดจุดภาพเท่ากับ 2.46 เซนติเมตร ขนาดภาพเท่ากับ 19,455 x 25,853 จุดภาพ จากการสกัดข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างแบบ 2 มิติ เพื่อหาขนาดของอาคารมีการกำหนดสีของอาคารแยกตามมาตรฐาน โดยสีแดง สีเหลือง และ สีน้ำเงิน แทนมาตราส่วน 1:100, 1:250 และ 1:500 ตามลำดับ ตัวอย่างผลการจำแนกและวัดขนาดอาคารแสดงดังรูปที่ 4 ดังนี้



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลการจำแนกและวัดขนาดอาคาร

ผลการสกัดข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างเมื่อเทียบกับข้อมูลจากการรังวัดสำรวจจากภาคสนาม (หน่วยเป็นตารางเมตร) แสดงในตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ผลการวัดขนาดอาคารและสิ่งปลูกสร้างเมื่อเทียบกับข้อมูลจากการรังวัดสำรวจจากภาคสนาม

ลำดับที่	1:100	1:250	1:500	ข้อมูลจากการรังวัดสำรวจภาคสนาม
1	201.260	169.402	224.409	178.402
2	97.106	102.808	108.847	106.075
3	112.100	112.902	113.673	89.434
4	77.483	83.335	93.482	77.616
5	138.475	149.675	149.886	139.419
6	110.179	100.192	122.870	94.495
7	229.419	218.309	250.897	219.051
8	99.643	79.484	128.458	77.943
9	74.930	70.866	80.242	73.208
10	79.832	77.123	90.883	78.481
11	78.543	79.007	89.151	80.508
12	73.295	74.223	74.998	75.198
13	81.169	82.472	75.284	83.429
14	64.341	64.978	79.731	65.720
15	176.404	179.573	208.440	182.902
16	145.879	174.995	148.402	178.579
17	151.087	148.909	152.714	138.387
18	141.550	133.757	159.191	138.571
19	125.860	132.586	166.437	134.147
20	52.495	47.834	51.583	45.617
21	104.574	92.191	102.349	60.236
22	83.810	85.042	79.867	74.530
23	111.639	118.924	116.467	100.880
24	39.106	43.047	41.162	40.359
25	139.237	151.660	141.698	139.236
26	167.313	167.443	173.219	155.470
27	51.372	49.375	53.604	42.222
28	70.972	74.910	84.649	88.427
29	65.127	62.871	67.444	63.779
30	86.772	89.833	95.351	82.609
31	149.964	151.275	154.433	156.896

ลำดับที่	1:100	1:250	1:500	ข้อมูลจากการรังวัดสำรวจภาคสนาม
32	178.591	176.672	180.598	183.847
33	87.372	89.510	97.498	93.986
34	239.744	243.918	249.231	219.605
35	164.740	175.295	176.842	198.479
36	170.858	176.041	186.586	177.492
37	210.860	223.748	244.504	231.947
38	70.180	73.612	78.235	58.423
39	86.860	99.696	104.779	75.882
40	39.924	43.709	45.685	37.777
41	94.735	98.508	104.362	89.838
42	116.981	122.651	128.371	100.651
43	97.956	103.279	101.060	90.957
44	56.223	61.955	58.802	50.133
45	111.015	120.174	116.917	96.750
46	119.501	124.270	119.501	107.870
47	89.172	93.810	89.172	82.687
48	135.283	137.334	139.832	123.812
49	99.857	108.579	114.520	93.166
50	35.850	39.933	37.838	35.850
51	43.497	46.121	44.246	47.815
52	50.595	53.594	53.972	54.690
53	37.438	39.659	40.435	40.350
54	51.188	54.406	61.809	54.773
55	71.326	63.709	60.955	64.922
56	50.730	47.762	61.064	43.910
57	46.546	44.071	56.839	43.723
58	41.891	59.478	42.679	59.766
59	176.080	170.321	199.502	166.532
60	131.124	147.017	155.363	156.069
61	34.094	36.056	36.735	36.430
62	120.653	120.076	145.262	117.522
63	163.428	158.179	180.401	166.676
64	201.590	227.111	243.115	232.834
65	580.656	569.683	701.430	591.662
66	315.447	315.447	383.447	319.925

ลำดับที่	1:100	1:250	1:500	ข้อมูลจากการรังวัดสำรวจภาคสนาม
67	398.657	372.636	442.223	394.891
68	64.263	62.751	70.006	65.782
69	110.040	106.194	124.128	100.817
70	85.480	89.151	96.137	78.937
71	22.016	33.469	44.137	30.789
72	97.751	43.748	67.020	42.816
73	86.207	65.200	59.202	63.414
74	76.714	62.137	66.472	60.402
75	70.951	62.390	62.671	60.851
76	214.205	218.697	252.187	208.698
77	230.726	274.444	259.216	246.742
78	180.544	194.779	205.327	182.855
79	431.304	418.470	428.036	403.842
80	69.771	54.850	68.475	47.671
81	76.567	62.844	62.153	55.991
82	66.241	68.319	83.335	44.003
83	48.350	49.374	76.555	50.419
84	59.640	60.481	63.139	62.101
85	57.761	58.144	74.494	60.011
86	37.752	40.816	64.218	36.108
87	59.541	60.018	58.892	52.769
88	58.819	61.640	72.669	54.034
89	81.575	84.644	105.439	77.071
90	41.649	42.592	60.193	44.008
91	191.648	216.486	223.372	184.641
92	90.921	91.458	101.886	85.424
93	53.105	56.912	68.492	59.004
94	47.321	48.052	51.409	50.480
95	46.268	48.152	50.928	50.730
96	35.724	37.234	29.317	39.798
97	49.967	48.956	69.703	44.994
98	79.246	63.723	74.678	58.990
99	83.086	78.002	88.122	67.375
100	461.287	479.503	534.944	468.536
101	353.956	329.617	384.544	275.644

ลำดับที่	1:100	1:250	1:500	ข้อมูลจากการรังวัดสำรวจภาคสนาม
102	283.398	265.677	294.838	197.045
103	285.531	273.323	334.558	299.258
104	611.775	611.775	675.431	728.976
105	259.551	166.447	265.419	135.379
106	119.873	84.871	93.745	88.624
107	46.913	57.820	86.867	50.156
108	374.719	368.311	405.056	404.982
109	165.936	169.172	168.642	155.867
110	220.706	220.704	290.293	262.689
111	465.130	468.805	522.514	464.675
112	402.024	401.527	433.103	398.081
113	470.864	462.739	478.880	466.360
114	116.493	120.119	147.397	120.120
115	134.100	125.303	169.514	130.885
116	375.669	353.589	426.713	346.895
117	412.205	401.337	427.890	411.674
118	57.767	57.493	64.424	60.472
119	67.446	59.903	66.827	45.326
120	494.769	532.705	575.200	532.703
121	626.738	596.508	634.368	633.450
122	342.548	237.855	310.455	202.856
123	382.068	383.625	373.118	368.681
124	89.170	93.782	101.664	80.860
125	265.117	335.326	337.190	309.167
126	800.645	816.895	857.042	839.471
127	731.465	864.553	814.303	836.111
128	527.388	585.930	558.631	562.904
129	569.530	594.562	593.958	595.989
130	689.069	658.745	650.992	669.614
131	775.816	658.464	708.537	725.414
132	95.004	116.781	128.494	95.004
133	632.738	686.415	785.178	729.487
134	162.985	150.152	165.946	184.349
135	232.318	239.268	205.811	334.834
136	125.415	130.920	133.471	107.420

ลำดับที่	1:100	1:250	1:500	ข้อมูลจากการรังวัดสำรวจภาคสนาม
137	237.835	218.488	234.369	197.865
138	377.110	309.522	372.565	270.134
139	372.809	364.727	371.567	339.988
140	137.314	159.745	148.955	137.315
141	173.116	219.875	235.077	173.116
142	599.282	587.881	620.091	603.292
143	327.243	333.091	267.578	388.493
144	615.870	592.439	575.145	635.505
145	321.409	324.904	379.086	307.285
146	128.725	133.077	133.840	131.613
147	400.444	404.667	442.068	415.738
148	938.269	931.478	977.156	980.537
149	468.763	461.763	504.378	461.761
150	497.170	469.907	448.939	504.068
151	467.394	440.592	474.190	473.281
152	431.566	472.420	455.059	472.418
153	417.782	433.857	436.724	433.855
154	436.096	419.038	439.780	427.006
155	832.129	824.590	844.800	815.541
156	762.315	772.730	789.584	783.553
157	1356.118	1360.011	1360.985	1371.872
158	838.111	844.097	914.413	796.119
159	822.566	822.566	902.260	842.585
160	576.085	546.929	597.562	541.452
161	812.431	819.948	820.402	805.102
162	655.481	660.539	661.867	660.537
163	807.256	816.205	791.793	816.200
164	545.090	555.379	551.161	534.037
165	428.172	428.172	434.438	450.927
166	432.241	441.475	441.226	433.316
167	702.793	707.477	713.271	714.644
168	406.537	413.788	406.537	418.172
169	324.353	324.353	330.687	336.700
170	752.275	755.113	758.865	775.261
171	509.657	509.657	512.427	440.826

ลำดับที่	1:100	1:250	1:500	ข้อมูลจากการรังวัดสำรวจภาคสนาม
172	685.187	685.187	688.323	695.044
173	589.181	594.950	593.329	566.904
174	534.465	536.589	549.045	539.785
175	76.970	79.373	87.060	81.890
176	283.972	285.022	285.827	286.046
177	119.315	124.970	121.268	164.787
178	335.006	325.623	351.626	317.107
179	450.471	438.624	454.324	442.867
180	205.986	214.190	230.831	215.799
181	32.700	31.673	33.262	32.700
182	48.082	46.757	54.110	48.083
183	64.229	59.080	57.604	64.977
184	76.455	71.786	80.119	68.342
185	117.362	134.774	144.902	141.945
186	88.398	91.319	93.247	97.447
187	106.186	103.011	108.168	98.057
188	67.059	75.422	68.331	71.278
189	58.011	61.860	67.565	58.011
190	48.980	66.602	57.067	62.228
191	99.321	98.580	101.343	103.780
192	100.081	112.064	112.682	119.596
193	68.998	68.998	76.763	68.997
194	30.070	30.070	35.661	30.070
195	78.465	75.693	81.250	78.464
196	55.818	55.955	53.323	56.841
197	191.458	185.710	189.799	190.871
198	54.689	65.526	57.623	68.305
199	149.280	131.880	139.876	131.879
200	87.386	102.318	102.223	89.302

การประเมินศักยภาพของการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับสำหรับการวัดขนาดพื้นที่ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

การประเมินศักยภาพในครั้งนี้จะอาศัยการคำนวณค่าความแตกต่าง (Difference) ระหว่างค่าที่ได้จากการสำรวจรังวัดภาคสนามที่มีการใช้งานจริงในการจัดเก็บภาษีของเทศบาลตำบลแม่กา เปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้บนภาพตัดแอกซ์โท ที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำ โดยอาศัยค่าทางสถิติประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของความต่าง

(Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation – SD) และค่าเฉลี่ยความแตกต่างตามประเภทของอาคาร ดังสรุปในตารางที่ 2 และ 3 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่ได้จากการสำรวจจริงวัดภาคสนามและค่าที่รังวัดบนภาพตัดแก้ออร์โธจากอากาศยานต้นทุนต่ำ

ค่าทางสถิติ	มาตราส่วน		
	1:100	1:250	1:500
ค่าความแตกต่างเฉลี่ย (Mean) (ตารางเมตร)	28.91	21.29	34.32
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)	50.65	36.81	53.29

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของขนาดพื้นที่ที่วัดได้แยกตามประเภทของอาคาร

ประเภทอาคาร	มาตราส่วน		
ที่อยู่อาศัย	10.07	9.36	15.65
ร้านค้า	9.88	6.58	19.51
โรงจอดรถ	6.33	3.98	6.12
หอพัก	28.19	21.93	33.11

จากผลการคำนวณค่าเฉลี่ยความแตกต่าง (Mean difference) พบว่า ภาพตัดแก้ออร์โธที่มาตราส่วนการแสดงผลที่ 1:250 ให้ค่าขนาดของอาคารและสิ่งปลูกสร้างใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการรังวัดสำรวจจากภาคสนามมากที่สุด รองลงมา คือ มาตราส่วน 1:100 และที่มาตราส่วน 1:500 ในขณะที่ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) นั้นก็มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือ ที่มาตราส่วนการแสดงผล 1:250 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ในขณะที่มาตราส่วน 1:100 และ 1:500 จะมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมากขึ้นตามลำดับ จากค่าทางสถิติดังกล่าว อาจสรุปได้ว่า มาตราส่วนของภาพตัดแก้ออร์โธที่เหมาะสมต่อการสกัดข้อมูลขนาดอาคารและสิ่งปลูกสร้าง คือ 1:250, 1:100 และ 1:500 ตามลำดับ

การสำรวจและทำแผนที่ด้วยอากาศยานไร้คนขับยังให้ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) ที่ให้ค่าความสูงของอาคารและสิ่งปลูกสร้างรวมถึงความสูงของวัตถุและพื้นผิวภูมิประเทศต่าง ๆ ที่ได้มีการบินถ่ายภาพ ในรูปของข้อมูล 3 มิติ ที่ประกอบด้วยค่าพิกัดทางราบและค่าพิกัดทางตั้งของอาคารและสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ (ทั้งระบบความสูงเหนือระดับน้ำทะเลและค่าความสูงเหนือรูปทรงรี) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสำรวจความสูงของอาคารและสิ่งปลูกสร้างได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากข้อมูลที่จัดเก็บในระบบแผนที่ปัจจุบัน ไม่ได้จัดเก็บค่าความสูงของอาคารและสิ่งปลูกสร้างในระบบค่าพิกัด 3 มิติ ที่สามารถรังวัดค่าความสูงได้ในระบบเมตริก (ที่บอกค่าความสูงเป็นเซนติเมตรหรือเมตร) แต่จัดเก็บข้อมูลในระบบ 2 มิติและข้อมูลจำนวนชั้นของอาคาร ในรูปแบบข้อมูลอรรถาธิบาย (Attribute data) อย่างไรก็ตามในอนาคตสามารถนำข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (DEM) ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้งานเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการสำรวจข้อมูลความสูงอาคารได้อีกทางหนึ่ง

เมื่อทำการแยกค่าความแตกต่าง (Difference) ของขนาดพื้นที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างระหว่างค่าที่รังวัดได้บนภาพตัดแก้ออร์โธและค่าที่ได้จากการสำรวจจากภาคสนาม โดยแบ่งตามประเภทอาคาร พบว่า โรงจอดรถ มีความแตกต่างน้อยที่สุด รองลงมา คือ ร้านค้า ที่อยู่อาศัยและหอพัก ตามลำดับ ความแตกต่างของขนาดพื้นที่มีสาเหตุหลักมา

จากวิธีการรังวัดในภาคสนามนั้นจะอาศัยการคำนวณตามขนาดพื้นที่โครงสร้างของสิ่งปลูกสร้าง กล่าวคือ การวัดขนาดของระบบจัดเก็บภาษีจะอาศัยวิธีการวัดขนาดพื้นที่ของสิ่งปลูกสร้าง ตามคู่มือปฏิบัติงาน ตามพระราชบัญญัติภาษีที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2562 ของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น ที่ให้วัดเฉพาะตัวอาคาร (ไม่รวมคาน้ำหรือหลังคา) ในประเภทอาคารบ้านอยู่อาศัย หรือใช้หลักการวัดพื้นที่สิ่งปลูกสร้างของกรมธนารักษ์ (ถ้ามี) ทำให้อาคารประเภทต่าง ๆ ที่มีความหลากหลายทั้งในด้านขนาดพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้าง คำนวณและการจำแนกประเภทโรงเรือนหรือสิ่งปลูกสร้าง รายละเอียดของส่วนประกอบอาคารและสิ่งปลูกสร้างรูปแบบใดที่จะต้องทำการรังวัดและสำรวจจากภาคสนาม ความซับซ้อนของเงื่อนไขดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการตีความจากเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญและมีประสบการณ์ แตกต่างไปจากการแปลตีความด้วยสายตาจากมุมมองด้านบน (Top view) ที่สามารถสำรวจและรังวัดได้จากภาพถ่ายดาวเทียมหรือจากระดับความสูงของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการสำรวจจริงวัดด้วยอากาศยานไร้คนขับ

อย่างไรก็ดี ในกรณีของสิ่งปลูกสร้างประเภท สถานีบริการน้ำมัน ตู้ซ่อมรถหรือตลาด ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากอากาศยานไร้คนขับจะช่วยให้การสำรวจรังวัดขนาดอาคารสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น เนื่องจากสิ่งปลูกสร้างดังกล่าวต้องทำการวัดตามแนวหลังคาของสิ่งปลูกสร้าง (สามารถมองเห็นและวัดขนาดพื้นที่ได้อย่างชัดเจนจากภาพถ่ายดาวเทียม) ตามแนวทางที่ระบุไว้ในคู่มือปฏิบัติงานฯ ของกรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

อย่างไรก็ดี หากอาคารและสิ่งปลูกสร้างมีความสลับซับซ้อน เช่น บ้านอยู่อาศัยที่มีบันไดนอกบ้านและชานบ้าน การคำนวณภาษีจะอนุญาตให้คำนวณเฉพาะพื้นที่ตัวอาคารเท่านั้น ไม่นับรวมขนาดพื้นที่ของบันไดนอกบ้านและชานบ้าน ซึ่งข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไร้คนขับจะช่วยให้การสำรวจรังวัดขนาดอาคารมีความสะดวกรวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ช่วยลดข้อขัดแย้งระหว่างเจ้าหน้าที่และเจ้าของบ้าน เนื่องจากข้อมูลภาพที่ได้เป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของตัวอาคารอย่างชัดเจน

อย่างไรก็ดี ในการสำรวจอาคารสิ่งปลูกสร้างด้วยอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำยังคงคั่งคั่งค่าแก่การนำมาใช้งานในงานขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นถึงแม้การสำรวจอาคารสิ่งปลูกสร้างเพื่อจัดทำข้อมูลแผนที่ภาษีด้วยอากาศยานไร้คนขับจะไม่สามารถสำรวจทดแทนได้ทั้งหมดแต่ยังถือว่ามีความเหมาะสมแก่การนำมาประยุกต์ใช้ เช่น การสำรวจอาคารสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ที่ผู้สำรวจไม่สามารถเข้าถึงได้หรือไม่ได้รับอนุญาตให้เข้าพื้นที่ ช่วยลดความขัดแย้งระหว่างผู้สำรวจและเจ้าของอาคารสิ่งปลูกสร้างเนื่องจากความเห็นต่าง ช่วยลดจำนวนบุคคลในการสำรวจจากเดิมที่ต้องใช้บุคคลสำรวจ 2 ถึง 3 คนขึ้นไปในแต่ละกลุ่มการสำรวจเนื่องจากต้องช่วยกันจับอุปกรณ์รังวัดอาคาร เช่น การใช้สายวัด การดึงตลับเมตร และการสอบถามข้อมูลของผู้ถือครอง เป็นไปได้ว่า หากใช้อากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำสำรวจจะช่วยลดในส่วนของการขึ้นตอนการรังวัดด้วยบุคคล และช่วยลดระยะเวลาในการสำรวจเนื่องจากอากาศยานไร้คนขับสามารถสำรวจได้ที่หลาย ๆ อาคารในพื้นที่ นอกจากงานรังวัดอาคารสิ่งปลูกสร้างข้อมูลที่ได้จากการบินถ่ายภาพจากการสำรวจบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในส่วนงานอื่นๆขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นได้ เช่น การวางแผนบริหารจัดการและการสนับสนุนข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่องานสิ่งแวดล้อม งานบริหารจัดการสาธารณสุขโรค การจัดการแหล่งน้ำและการบรรเทาสาธารณภัย หรืองานเชิงพื้นที่อื่น ๆ ที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ทั้งนี้ในส่วนของการเปรียบเทียบต้นทุนการสกัดข้อมูลอาคารสิ่งปลูกสร้างจากภาพถ่ายดาวเทียมไร้คนขับกับการลงพื้นที่สำรวจด้วยวิธีดั้งเดิมแสดงให้เห็นว่าการสำรวจด้วยภาพถ่ายดาวเทียมไร้คนขับประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่า เนื่องจาก การสำรวจข้อมูลอาคารสิ่งปลูกสร้างเพื่อจัดทำแผนที่ภาษีต้องมีการจัดทำทุกปีต้องใช้เจ้าหน้าที่ลงพื้นที่สำรวจทุกปี ดังนั้นการเลือกใช้ภาพถ่ายดาวเทียมไร้คนขับในการสำรวจจึงมีความคุ้มค่าในระยะยาว และในส่วนการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายก็สามารถใช้คอมพิวเตอร์สำนักงานประมวลผลได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ในส่วนของการสกัดข้อมูลอาคารสามารถใช้บุคลากรในองค์กรได้เช่นกันเนื่องจากวิธีการไม่มีความซับซ้อนมากนักผู้ที่สนใจสามารถเรียนรู้และลงมือทำได้ด้วยตนเอง

ทั้งนี้ผู้วิจัยเห็นว่าการลงทุนอากาศยานไร้คนขับสำหรับองค์การปกครองส่วนท้องถิ่นจึงมีความคุ้มค่าและเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งาน

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับต้นทุนต่ำเพื่อช่วยสนับสนุนการทำงานขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถสรุปได้ว่า ในการรังวัดและสำรวจข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างซึ่งเป็นการกิจที่หน่วยงานต้องจัดทำทุกปี การสำรวจดังกล่าวต้องอาศัยบุคลากร ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก แม้ว่าผลผลิตที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับดังกล่าวอาจไม่ช่วยลดระยะเวลาในการสำรวจข้อมูลได้อย่างชัดเจนเนื่องจากระเบียบและแนวทางปฏิบัติในการจัดเก็บภาษีอาคารและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีความสลับซับซ้อน มีรายละเอียดปลีกย่อยมากมาย การใช้งานข้อมูลภาพถ่ายตัดแก้หรือที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับเพียงอย่างเดียวไม่อาจทดแทนการปฏิบัติงานในรูปแบบเดิมได้ทั้งหมด แต่ก็ยังสามารถช่วยให้การทำงานสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะการสำรวจพื้นที่อาคารสิ่งปลูกสร้างที่ผู้สำรวจไม่สามารถเข้าถึงพื้นที่ได้และยังช่วยลดความขัดแย้งระหว่างผู้สำรวจและเจ้าของอาคารสิ่งปลูกสร้าง อย่างไรก็ตามประโยชน์ของการนำอากาศยานมาใช้ในงานขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นก็ยังถือว่ามีความคุ้มค่าเนื่องจากการสำรวจอาคารสิ่งปลูกสร้างในการจัดทำแผนที่ภาษีนั้นต้องมีการสำรวจทุกปีและข้อมูลที่ได้จากการสำรวจยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่น ๆ เช่น การวางแผนบริหารจัดการและการสนับสนุนข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่องานสิ่งแวดล้อม งานบริหารจัดการสาธารณสุข การจัดการแหล่งน้ำและการบรรเทาสาธารณภัย หรืองานเชิงพื้นที่อื่น ๆ ที่อยู่ในความรับผิดชอบขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น

แม้ว่าในปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจด้วยระบบการทำแผนที่แบบเคลื่อนที่ (Mobile Mapping System – MMS) อาจตอบสนองการสำรวจข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างในมุมมองจากข้างถนน (Street view) ได้เป็นอย่างดี แต่ก็ยังทำการรังวัดได้เพียงข้อมูลด้านข้างของวัตถุตลอดแนวถนนหรือแนวที่อุปกรณ์เคลื่อนที่ผ่าน (แต่ไม่สามารถวัดขนาดพื้นที่หลังคาของอาคารและสิ่งปลูกสร้างได้) การสำรวจพื้นที่ที่เข้าถึงได้ยากแทบจะทำได้ไม่เลย ดังนั้น หากมีการผนวกรวมทั้งสองเทคโนโลยี (อากาศยานไร้คนขับและระบบการทำแผนที่แบบเคลื่อนที่) จะช่วยให้การสำรวจและทำแผนที่อาคารสิ่งปลูกสร้างมีความสะดวก รวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายกเทศมนตรีเทศบาลตำบลแม่กา นายสะอาด ไชยกุล ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าพื้นที่และสำรวจพื้นที่ นาย ประสงค์ สุภาณี ผู้อำนวยการกองช่าง เทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้นิสิตเข้าร่วมโครงการแก้ปัญหาคุณภาพน้ำบริเวณหน้ามหาวิทยาลัยพะเยาจนนำไปสู่การได้มาซึ่งข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับในครั้งนี้ นาย สอาด วงใหญ่ค์ เจ้าหน้าที่งานแผนที่ภาษี เทศบาลตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำรวจรังวัดภาคสนามข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างบ้านแม่กาห้วยเคียน หมู่ 16 และให้แนวคิด การดำเนินการศึกษา

ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือสำรวจ อากาศยานไร้คนขับ รุ่น ดีเจไอ แฟนเทิม โฟร์ โปร วี สอง คณะจารย์สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยาที่ให้องค์ความรู้ แนวคิด และ เทคนิควิธีการ ในการดำเนินงานจนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร.สวรินทร์ ฤกษ์อยู่สุข ที่ให้องค์ความรู้ แนวคิด เทคนิควิธีการและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน นางสาวประนอม เครือวัลย์ เจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ที่ช่วยดำเนินการเอกสาร หนังสือภายนอกและภายในต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องของ นายภูมิพัฒน์ อุ๋นบ้าน อาจารย์ประจำสาขาวิชา ภูมิสารสนเทศ คณะวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ที่ให้องค์ความรู้ แนวคิด และ เทคนิควิธีการ ในการดำเนินงาน

เอกสารอ้างอิง

- คณะกรรมการมาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนพิ้งงานวิศวกรรม วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2565). *มาตรฐานการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนพิ้งงานวิศวกรรม*(พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์.
- จเด็จ ไพศาลสิทธิกันต์. (2562). *การประยุกต์ใช้ระบบกล้องชุดถ่ายภาพเฉียงบนอากาศยานไร้คนขับเพื่oringวัดรอยพิมพ์ฐานอาคาร กรณีศึกษาพื้นที่อาคารบ้านพักอากาศ*. (วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). สาขาวิชา วิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฝ่ายพัฒนารายได้ กองคลัง. (2563). *คู่มือการปฏิบัติงานจัดเก็บรายได้*. ฝ่ายพัฒนารายได้กองคลัง, สำนักงานเทศบาลตำบลแม่กา, อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา, 2.
- พระราชบัญญัติภาษีที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2562. (2562, 9 มีนาคม). *ราชกิจจานุเบกษา* (เล่ม 136 ตอนที่ 30 ก, น. 25-32).
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2564). *การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล* (พิมพ์ครั้งที่ 2) . กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มศวรรณ เสนาสวัสดิ์. (2566). การศึกษาความแม่นยำของการสำรวจแบบต่างๆ เพื่อการก่อสร้าง. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 28* วันที่ 24-26 พฤษภาคม 2566. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- สำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด. (2560). *การจัดการองค์ความรู้เรื่องอากาศยานไร้คนขับเพื่อการสำรวจพืชเสพติด*. เชียงใหม่: สถาบันสำรวจและติดตามการปลูกพืชเสพติดสำนักงานคณะกรรมการป้องกันและปราบปรามยาเสพติด.
- Akar, A. (2017). Evaluation of Accuracy of Dems Obtained From Uav-Point Clouds For Different Topographical Areas. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(3), 110-117.
- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling-current status and future perspectives. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, January 38, 2011 (25-31). Zurich Switzerland.
- Yastikli, N., Bagci, I., & Beser, C. (2013). The processing of image data collected by light UAV systems for GIS data capture and updating. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40, November 11-17, 2013 (267-270). Antalya Turkey.