การสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อหาปริมาตรของต้นไม้โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ กรณีศึกษาต้นฟ็อกเทล

Creating 3D models to estimate the volume of trees using UAV, a case study of Foxtail palm

พลพจน์ เอี่ยมสอาด[1,*] วิชญ์ภาส อภิญญารัตน์[1] เสฏฐวุฒิ แจ้งจั่น[1] ไพรัช ชูเลิศ[1] และ อนุเผ่า อบแพทย์[1]

[1] *วิศวกรรมสำรวจและสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพฯ*

**Corresponding author; E-mail address: phonphot.i@ku.th*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้แสดงผลการศึกษาและทดสอบขั้นตอนการรังวัดและสำรวจภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) ร่วมกับการประมวลผลด้วยโปรแกรมประยุกต์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติเพื่อหาปริมาตรของต้นไม้โดยใช้ต้นฟ็อกเทลเป็นกรณีศึกษา โดยเปรียบเทียบค่าปริมาตรที่ได้ระหว่างซอฟต์แวร์รหัสโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) กับ ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan) จากนั้นทำการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงของต้นฟ็อกเทลโดยใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) เพื่อใช้ในการประเมินความถูกต้องที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก จากการวิจัยหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทล พบว่าปริมาตรของต้นฟ็อกเทลที่ได้จากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) เมื่อเทียบกับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan) มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างกันเท่ากับ 0.008 ลูกบาศก์เมตรหรือ +2.52 % ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกัน จึงสามารถใช้ค่าจากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) ได้ เมื่อเปรียบเทียบการใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) มีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) อยู่ที่ 0.003 ลูกบาศก์เมตรหรือ +1.33 % ดังนั้นในการหาปริมาตรของต้นไม้ชนิดอื่นก็สามารถนำวิธีการที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ทดแทนการสำรวจต้นไม้ในสนามแบบเดิม เนื่องจากอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก มีความละเอียดสูงและมีความสะดวกรวดเร็วในการเก็บข้อมูลและยังสามารถนำไปใช้งานในการหาปริมาตรหรือพื้นที่ในงานวิศวกรรมด้านอื่น ๆ ได้อีกด้วย

คำสำคัญ: แบบจำลองสามมิติ, ปริมาตรของต้นไม้, อากาศยานไร้คนขับ, ต้นฟ็อกเทล

Abstract

This research aims to create 3D models to estimate the volume of trees using Unmanned Aerial Vehicle (UAV), a case study of Foxtail palm. The process of surveying aerial images using UAV together with processing using the Open Drone Map to create a 3D model to estimate the volume of Foxtail palm. This research compares the volume obtained between the Open Drone Map open-source software and Agisoft Photoscan commercial software. After that, we collect the chest diameter and height of the Foxtail using the theodolite to evaluate the accuracy at Obtained from UAV and compare the results with the diameter measurement at chest height. From researching the volume of the foxtail tree, we found that the volume of the Foxtail tree obtained from the Open Drone Map open-source software compared to Agisoft Photoscan's commercial software has a difference of 0.008 cubic meters or +2.52%, which considered to be similar. Besides, when comparing the volume of Foxtail by the Open Drone Map open-source software with the theodolite, we found the percentage of difference about 0.003 cubic meters or +1.33%. Therefore, to find the volume of other tree species, the proposed method can be applied to replace the traditional tree surveying field due to the high resolution and convenience of UAV for data collection. The use of UAV in this way has the advantage of finding volumes cut/fill in the construction site, and apply to the variety of other engineering fields.

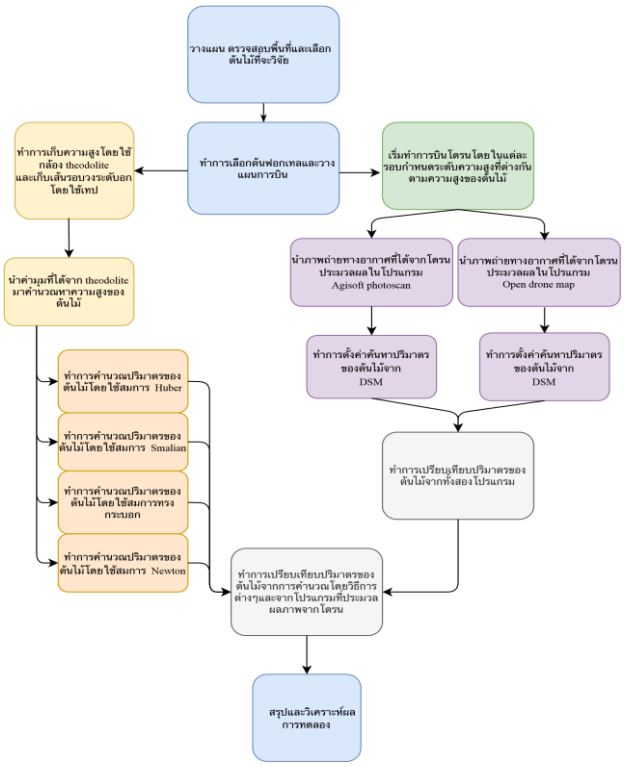
Keywords: 3D models, Volume of Trees, UAV, Foxtail Palm

1. คำนำ

การสำรวจรังวัดภาพถ่ายทางอากาศโดยอากาศยานไร้คนขับ เป็นศาสตร์ที่จะเป็นพื้นฐานที่สำคัญของอุตสาหกรรมป่าไม้ในอนาคต ซึ่งมีความต้องการทราบปริมาตรต้นไม้ เพื่อที่รองรับปริมาณความต้องการไม้ของอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ท่อนและประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจ โดยในต่างประเทศมีการนำเทคโนโลยีการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) มาใช้ทดแทนการสำรวจในสนามแบบเดิม (การวัดความสูงและ เส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก)

เนื่องจากความละเอียดที่สูงขึ้น การสำรวจสามารถทำได้ครอบคลุมพื้นที่กว้างทั้งในแบบรายต้นและรายแปลง

ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ (UAV) มีราคาถูกลงและสามารถจัดหาได้ง่าย จึงมีคนนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่นการสร้างแผนที่ภาพถ่ายดิ่งทางอากาศและการสร้างแบบจำลองสามมิติ เป็นต้น ซึ่งก่อนที่จะนำข้อมูลมาใช้งานจะต้องผ่านการประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ต่าง ๆ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำซอฟต์แวร์รหัสเปิด อย่างเช่นซอฟต์แวร์โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) มาใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพว่าจะสามารถนำมาใช้งานจริงได้หรือไม่ ซึ่งในการศึกษาขั้นต้นผู้วิจัยเลือกศึกษาการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทล เนื่องจากต้นฟ็อกเทลมีลักษณะลำต้นที่ไม่ซับซ้อนมากนักและบริเวณรอบ ๆ ต้นฟ็อกเทลมีพื้นที่มากพอที่จะออกแบบวิธีการบินถ่ายภาพได้ จึงสามารถใช้ในการศึกษาเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติจากภาพถ่ายทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ เพื่อเป็นต้นแบบ (Prototype) และแนวทางประยุกต์ใช้งานสำหรับต้นไม้ชนิดอื่น ๆ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทล ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน เช่น การหาปริมาตรด้วยการวัดความสูงของต้นด้วยกล้องวัดมุม (Theodolite), การหาปริมาตรด้วยวิธีการหาเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก การหาปริมาตรด้วยสมการของ Huber การหาปริมาตรด้วยสมการของ Smalian และการหาปริมาตรด้วยสมการของ Newton เป็นต้น ซึ่งผลการศึกษาจะนำมาเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแต่ละวิธีการ อันจะนำไปสู่การกำหนดวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป



รูปที่ 1 แผนการดำเนินงานของโครงงาน

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อศึกษาวิธีการรังวัดภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติ โดยอากาศยานไร้คนขับ

2) เพื่อศึกษาวิธีการประมวลผล และวัดปริมาตรของต้นไม้ โดยใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map)

3) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan)

4) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม เปรียบเทียบกับวิธีการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นไม้ที่ความสูงระดับอก Diameter at breast height (D.B.H) และการหาปริมาตรด้วยสมการอื่น ๆ

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

1) ชนิดของต้นไม้ตัวอย่างคือต้นฟ็อกเทลขวดซึ่งมีลักษณะของลำต้นเป็นทรงกระบอก จึงง่ายแก่การนำมาคำนวณหาปริมาตร

2) ขอบเขตพื้นที่ศึกษามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บริเวณหลังอาคารหอประชุมใหญ่ ซึ่งเป็นบริเวณที่เหมาะแก่การบินโดรน คือ เป็นที่โล่งกว้างสามารถนำโดรนขึ้นบินถ่ายภาพได้ โดยไม่ติดสิ่งกีดขวาง

3) การวางแผนการบิน ใช้การบินที่ความสูงสามระดับ แบบบินวนรอบต้นไม้ตัวอย่าง เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลของต้นฟ็อกเทลขวด ได้อย่างครบถ้วน

4) ศึกษาการใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) และซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan)

5) บินถ่ายด้วยอากาศยานไร้คนขับ ขนาดเล็ก รุ่น DJI Phantom 4 Pro วางแผนบินที่ความสูงบิน 10 เมตร จากระดับพื้นดิน โดยมีส่วนเหลื่อมซ้อนกัน (Overlapping) 80% และ ส่วนเกย (Sidelap) 60% และค่า GSD เท่ากับ 0.3 cm/pixel

2. การสำรวจและการประมวลผลเพื่อสร้างแบบจำลอง 3 มิติโดยอากาศยานไร้คนขับ

2.1 การตรวจสอบสถานที่และเลือกต้นไม้ที่ต้องการวิจัย

เลือกต้นไม้ที่ต้องการวิจัยโดยเลือกต้นฟ็อกเทล และเลือกสถานที่ที่เหมาะสมในการบินโดรนโดยมีระยะห่างอย่างน้อย 7 เมตร เพื่อได้ภาพถ่ายทางอากาศที่มีความครบถ้วน

2.2 การวางแผนการบิน

โดยวางแผนการบินที่ความสูงบิน 10 เมตร จากระดับพื้นดิน โดยมีส่วนเหลื่อมซ้อนกัน (Overlap) 80% และ ส่วนเกย (Sidelap) 60% และโดยบินถ่ายแบบวน (Circle) ตั้งเวลาถ่ายภาพทุก ๆ 2 วินาที

2.3 การสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามโดยใช้การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก

โดยทำการหาเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก ที่ระดับ 1.3 เมตรจากเส้นรอบวงที่ได้จากเทปและความสูงของต้นไม้ด้วยวิธีตรีโกณมิติโดยใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) หาเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นฟ็อกเทลเมื่อวัดที่ความสูงกล้องถึงเรือนยอด แล้วเข้าสูตรหาปริมาตรจากสมการทรงกระบอก

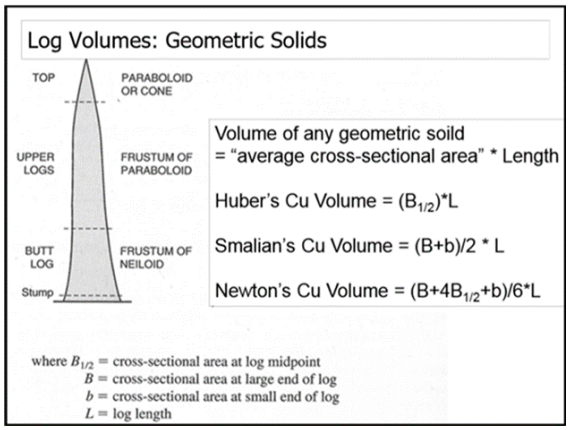
2.4 การคำนวณหาปริมาตรต้นฟ็อกเทลโดยใช้วิธีการอื่น ๆ

การคำนวณปริมาตรของ Huber, Smalian, และ Newton [1]

โดยที่ B คือพื้นที่โคนของต้นฟ็อกเทล

B1/2 คือช่วงกลางของต้นฟ็อกเทล

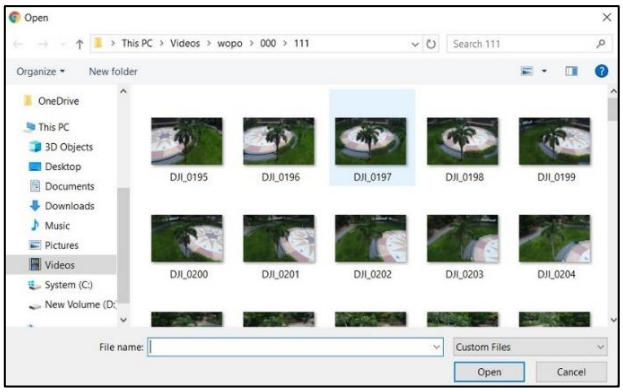
b คือบริเวณปลายมีลักษณะคล้ายพาราโบลาคว่ำ



รูปที่ 2 การคำนวณปริมาตรด้วยสมการต่างๆ
ที่มา: https://slideplayer.com/slide/7374002/

2.5 การบินถ่ายภาพทางอากาศ

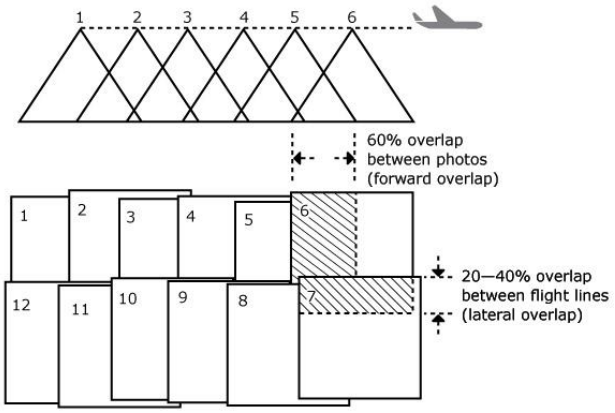
การบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับขนาดเล็ก รุ่น DJI Phantom Pro 4 โดยใช้แอพพลิเคชั่น (Application) DJI GO ในการควบคุม การบินตามการวางแผนการบิน [2] เมื่อวันที่ 27 กันยายน 2562 ได้ภาพ 140 ภาพ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 บินถ่ายภาพทางอากาศ 140 ภาพ

2.6 การสร้างแบบจำลองความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

ในการสร้างแบบจำลองความสูงที่ได้จากอากาศไร้คนขับที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศผ่านกระบวนการโฟโตแกรมเมตรี จำเป็นต้องมีการวางแผนการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ความเหมาะสมกับงานโดยภาพที่ได้ต้องมีส่วนซ้อนตามแนวบิน (Overlap) มากกว่าร้อยละ 80 ดังแสดงในรูปที่ 4

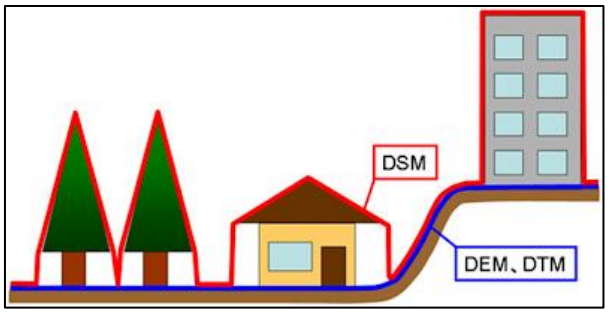


รูปที่ 4 การสร้างแบบจำลองความสูงที่ได้จากอากาศไร้คนขับ
ที่มา: https://www.slideshare.net/ThomasStarnes1/open-drones

ข้อมูลสามมิติที่ได้จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศจะอยู่ในส่วนซ้อนและส่วนเกยของคู่ภาพ ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ทางโฟโตแกรมเมตรี โดยข้อมูลที่ได้ภายหลังจากการปรับแก้จะได้ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (Point Cloud) หลังจากนั้นข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติจะถูกนำไปใช้เพื่อสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Triangular Irregular Networks, TIN) และแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ จะได้เป็นแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model, DSM)

2.6.1 Digital Surface Model (DSM) และ Digital Elevation Model (DEM)

ค่าความสูงภูมิประเทศสามารถแยกออกได้เป็นค่าความสูงพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ (Digital Surface Model, DSM) และ ค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Elevation Model, DEM) ซึ่งทั้ง DSM และ DEM จะอ้างอิงกับระดับน้ำทะเลปานกลาง



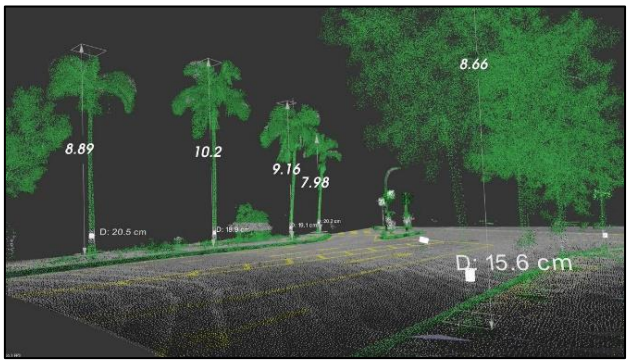
รูปที่ 5 Digital Surface Model (DSM) และ Digital Elevation Model (DEM)
ที่มา: https://sites.google.com/site/lidardemservice/

ค่าความสูงพื้นผิวปกคลุมภูมิประเทศ (Digital Surface Model, DSM) คือ ค่าความสูงบนพื้นผิวที่ปกคลุมพื้นผิวภูมิประเทศที่แท้จริง เช่น ค่าระดับสูงบนเรือนยอดของต้นไม้ หรือค่าระดับสูงบนหลังคาบ้าน เนื่องจากการรังวัดจากอากาศยานด้วยวิธีต่าง ๆ ที่ไม่สังเกตเห็นพื้นผิวพื้นดินที่แท้จริงได้ ดังแสดงในรูปที่ 5

ค่าความสูงพื้นผิวภูมิประเทศ (Digital Elevation Model, DEM) คือ ค่าความสูงพื้นผิวพื้นดินของภูมิประเทศที่แท้จริงที่แสดงผลในแผนที่ภูมิประเทศด้วยเส้นชั้นความสูง ในบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง ค่าความสูง DSM จะมีค่าเท่ากับค่าความสูง DEM แต่ในบริเวณพื้นที่ที่มีสิ่งปกคลุมพื้นดินนั้นมีค่าความสูง DSM จะมีค่าสูงกว่าค่าความสูง DEM

2.6.2 กลุ่มจุดสามมิติ (Points Cloud)

กลุ่มจุดสามมิติ (Points Cloud) ทำหน้าที่ตัวแทนของวัตถุในรูปแบบสามมิติโดยการใช้กลุ่มก้อนของจุด ที่สะท้อนมาจากพื้นผิวของวัตถุ เซนเซอร์ (Sensor) ในปัจจุบัน เช่น LiDAR (Light Detection and Ranging) ใช้การวัดเวลา



รูปที่ 6 ตัวอย่างของกลุ่มจุดสามมิติ (Points Cloud)
ที่มา: https://twitter.com/Carbomap/status/973634365627469829

การสะท้อนกลับของแสงเมื่อกระทบกับวัตถุ เพื่อคำนวณหาระยะทางจากเซนเซอร์ (Sensor) และวัตถุนั้น LiDAR sensor จะทำการบันทึกข้อมูลในรูปแบบของระบบพิกัด (Coordination System) โดยมีแกน X, Y, และ Z นอกจากนี้เมื่อเราทราบตำแหน่งของจุด (Point) ในรูปของ XYZ แล้ว เราสามารถที่จะเก็บข้อมูลสเปกตรัม (Spectral information) หรือข้อมูลของสีในรูปแบบ RGB ดังในรูปที่ 6

2.7 การประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศโดยซอฟแวร์โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map)

โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map, ODM) เป็นซอฟต์แวร์รหัสเปิดที่ใช้ในการทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศด้วยโดรนหรืออากาศยานไร้คนขับ ซึ่ง ODM นั้นจะเป็นเครื่องมือในลักษณะของการสั่งงานในรูปแบบของเครื่องมือบรรทัดคำสั่ง (Command Line Toolkit) หรือเป็นชุดเครื่องมือโอเพนซอร์สสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับโดยผู้ใช้งานจะต้องอาศัยการพิมพ์คำสั่งในการใช้งาน ทำให้ยากต่อผู้ใช้งานทั่วไปแต่มีเครื่องมือหนึ่งซึ่งได้ถูกพัฒนาในรูปแบบ ส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface) ที่ชื่อว่าเว็บโอดีเอ็ม (WebODM) ซึ่งมีปุ่มเครื่องมือให้ผู้ใช้งานคลิกสั่งการทำงาน ทำให้ง่ายต่อการใช้งานโดยการอัพโหลดข้อมูลภาพที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับเข้าไป แล้วก็สั่งให้ประมวลผล ทั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาเพียงการสร้างแบบจำลอง 3 มิติเท่านั้น จึงทำการประมวลผลเพียงฟังก์ชันเดียว โดยมีขั้นตอนในการการประมวลผลดังนี้

(1) การนำเข้ารูปภาพที่ได้จากการบินสำรวจ จำนวน 140 รูป ลงในคอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 7

(2) ทำการประมวลผลผ่านซอฟต์แวร์โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) โดยตั้งการประมวลผลเป็นแบบจำลองสามมิติ ดังในรูปที่ 8

รูปที่ 7 การนำเข้ารูปภาพที่ได้จากการบินสำรวจ จำนวน 140 รูป ลงในคอมพิวเตอร์

รูปที่ 8 หาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลจาก 3D model โดยซอฟแวร์ OpenDroneMap

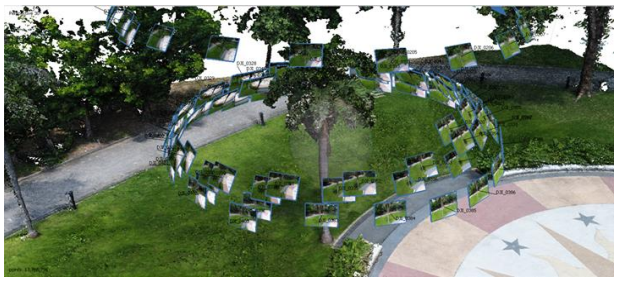
2.8 การประมวลผลภาพทางอากาศโดยซอฟแวร์เชิงพาณิชย์ Agisoft Photoscan

Agisoft Photoscan เป็นซอฟต์แวร์แบบสแตนด์อโลนที่ประมวลผลภาพถ่าย หรือการรังวัดด้วยภาพ (photogrammetric) แบบดิจิทัล และสร้างข้อมูล 3 มิติข้อมูลเชิงพื้นที่ที่นำไปใช้กับงาน (Geographic Information Systems, GIS) งานจัดเก็บข้อมูลมรดกทางวัฒนธรรม และการผลิตภาพถ่ายเทคนิคพิเศษ (visual effects) รวมไปถึงการวัดค่าของวัตถุระดับต่าง ๆ ในทางอ้อม โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) จึงเลือก Agisoft Metashape ซึ่งมีเวอร์ชั่นทดลองใช้ฟรีสามสิบวัน ข้อดีของ Agisoft Metashape เมื่อเทียบกับ โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) คือได้ภาพที่มีความละเอียดสูง และประมวลผลได้รวดเร็วกว่าโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map)

ขั้นตอนในการการประมวลผลมีดังนี้

(1) การนำเข้ารูปภาพที่ได้จากการบินสำรวจ จำนวน 140 รูป ลงในคอมพิวเตอร์

(2) ทำการประมวลผลผ่านซอฟต์แวร์ Agisoft Photoscan โดยตั้งค่าการ process Build mesh, DEM, และ Orthomosaic



รูปที่ 9 หาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลจาก 3D model โดยซอฟแวร์เชิงพาณิชย์ Agisoft Photoscan

2.9 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ของโปรแกรมโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) และ อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan)

จากการทดลองในการใช้โปรแกรมโอเพ็นท์ซอสส์โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) และ โปรแกรมเชิงพาณิชย์อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan) ในการหาความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง และปริมาตรของต้นฟ็อกเทลที่ได้ทำเลือกใช้ในการวิจัยนี้ พบว่า

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ของทั้ง 2 โปรแกรม

ผลลัพธ์ที่ได้	โปรแกรม โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map)	โปรแกรม อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan)
ความสูง (Height; m)	7.17	7.19
เส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter; m)	0.23	0.22
ปริมาตร (Volume; m^3)	0.28	0.29

ผลลัพธ์ที่ได้ทำให้ทราบว่า ค่าความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง และปริมาตรของต้นฟ็อกเทล ของโปรแกรมโอเพ็นท์ซอสส์โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) และ โปรแกรมเชิงพาณิชย์อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan) มีความใกล้เคียงกันมาก ซึ่งทำให้ทราบว่าโปรแกรมโอเพ็นท์ซอสส์โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) มีประสิทธิ์ภาพใกล้เคียงเทียบเท่าโปรแกรมเชิงพาณิชย์อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan)

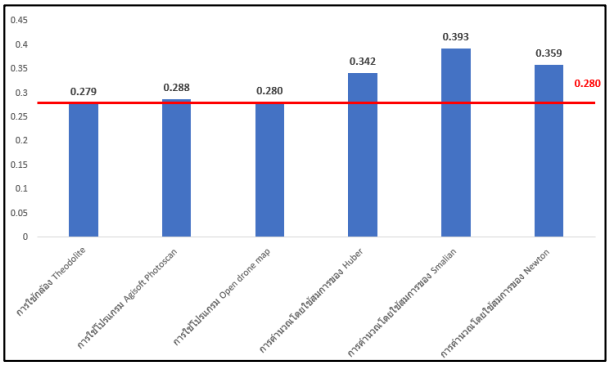
3. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบในการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 1 ด้วยวิธีการต่าง ๆ นั้น ได้ข้อสรุปผลดังตารางที่ 2 และรูปที่ 10

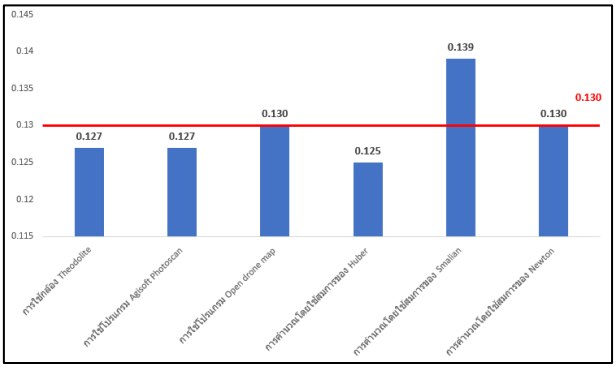
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 1 ด้วยวิธีต่าง ๆ

ผลการทดลอง	
วิธีที่ใช้ในการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 1	**ปริมาตรที่หาได้ของต้นฟ็อกเทลต้นที่1 (ลูกบาศก์เมตร)**
การใช้กล้อง Theodolite	0.279
โปรแกรม Agisoft Photoscan	0.288
โปรแกรม Open drone map	0.280
สมการของ Huber	0.342
สมการของ Smalian	0.393
สมการของ Newton	0.359

จากการวิจัยหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทล พบว่า ซอฟต์แวร์รหัสเปิด โอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan) อยู่ที่ ±2.52 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันมากจึงสามารถใช้ค่าจากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) ได้อย่างมีประสิทธิภาพใกล้เคียงซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์อาจิซอฟท์โฟโตสแกน (Agisoft Photoscan)



รูปที่ 10 กราฟแท่งแสดงค่าปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 1 ด้วยวิธีการต่าง ๆ



รูปที่ 11 กราฟแท่งแสดงค่าปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 2 ด้วยวิธีการต่าง ๆ

จากตารางที่ 3 ผลการทดสอบการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 2 ด้วยวิธีต่าง ๆ ทั้ง 6 วิธี แสดงผลดังนี้

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 2 ด้วยวิธีต่าง ๆ

ผลการทดลอง	
วิธีที่ใช้หาปริมาตรของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 2	**ปริมาตรที่หาได้ของต้นฟ็อกเทลต้นที่ 2 (ลูกบาศก์เมตร)**
การใช้กล้อง Theodolite	0.127
โปรแกรม Agisoft Photoscan	0.127
โปรแกรม Open drone map	0.130
สมการของ Huber	0.125
สมการของ Smalian	0.139
สมการของ Newton	0.130

ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาตรที่ได้จากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) กับวิธีการใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) [4] และการหาปริมาตรด้วยวิธีอื่นพบว่าการใช้ข้อมูลจากกล้องวัดมุม (Theodolite) คำนวณสมการทรงกระบอกและการใช้สมการ Newton เพื่อหาปริมาตรมีความใกล้เคียงกับการหาปริมาตรด้วยอากาศยานไร้คนขับ มากที่สุดจากสมการตัวอย่างทั้งหมดที่นำมาใช้โดยที่วิธีการใช้กล้องวัดมุม (Theodolite) มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) อยู่ที่ +1.33 % และสมการของ Newton มีค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างจากซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) อยู่ที่ +7.05 % ดังแสดงในรูปที่ 11

ทำให้สามารถสรุปได้ว่าภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ โดยอากาศยานไร้คนขับสามารถนำมาใช้หาปริมาตรของวัตถุ ซึ่งในการหาปริมาตรของต้นฟ็อกเทล สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทดแทนการสำรวจต้นไม้ในสนามแบบเดิม เนื่องจากอากาศยานไร้คนขับ มีความละเอียดสูงและมีความสะดวกรวดเร็วในการเก็บข้อมูล โดยสามารถใช้ซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) แทนการใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ในการหาปริมาตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านพื้นที่การบินในพื้นที่ที่เป็นป่ารกทึบหรือสิ่งกีดขวางในการบินมาเกินไปที่จะทำการบินได้และซอฟต์แวร์รหัสเปิดโอเพ่นโดรนแมพ (Open Drone Map) ยังต้องใช้การเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตในการใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้ สามารถนำผลการทดลองไปใช้ในงานทางด้านป่าไม้สำหรับการวิจัยหรือศึกษาพันธุ์ไม้หรือสวนป่า เพื่อหาปริมาตรสำหรับการคำนวณมูลค่าทางธุรกิจและยังสามารถประยุกต์ใช้ในงานอื่นได้ เช่นงานหาปริมาตรของดินถม (Stockpile) หรือวัตถุอื่น ๆ ที่ต้องการได้

4. ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้คำนวณปริมาตรต้นไม้และเก็บข้อมูลของต้นไม้โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ เนื่องจากต้องการศึกษาหาปริมาตรเพียงต้นเดียว จึงหาสถานที่ที่จะทำการบินอากาศยานไร้คนขับแบบบินวน (Circle) รอบต้นไม้ภายในมหาวิทยาลัยได้ค่อนข้างจำกัดเพราะพื้นที่รอบ ๆ ต้นไม้จะต้องไม่มีสิ่งกีดขวาง
2. เนื่องจากต้นไม้ไม่ได้มีเส้นผ่าศูนย์กลางคงที่ตลอดความสูง จึงทำการวัดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ช่วงความสูงของต้นไม้เพื่อได้ความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น
3. ควรมีการหาความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์ a และ b ในสมการมวลชีวภาพ โดยจะต้องตัดต้นไม้มาทำการทดลองและสร้างความสัมพันธ์แอลโลเมตรี [3]

$$W = aD^2H^b \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ W = มวลชีวภาพของต้นไม้ (กก.)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก (ซม.)

H = ความสูงของต้นไม้ (ม.)

a, b = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองในพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภท/ชนิด

4. สามารถนำผลการทดลองครั้งนี้ไปใช้ในงานทางด้านป่าไม้สำหรับการวิจัยหรือศึกษาพันธุ์ไม้หรือผู้ที่ทำธุรกิจฟาร์มป่าไม้สำหรับขายเพื่อหาปริมาตรสำหรับการคำนวณมูลค่าทางธุรกิจ
5. สามารถนำผลการทดลองครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในงานอื่นได้ เช่นงานหาปริมาตรของดินถม (Stockpile) หรือวัตถุอื่น ๆ ที่ต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ.ดร.ดีบุญ เมธากุลชาติ ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำและให้ข้อคิดเห็นในแง่มุมต่าง ๆ ที่ทำให้งานนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอบคุณ ผศ.พท.ดร.สรวิศ สุภเวชย์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้ ขอขอบคุณคุณเจนพล พลังธนสุกิจ ที่ได้ให้คำแนะนำ ปรึกษาการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยขอบคุณครอบครัวและเพื่อน ๆ ที่คอยสนับสนุนและคอยให้ความช่วยเหลือ จนทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

[1] Zainodin H. J. and Amran Ahmed [2012], Comparisons between Huber' s and Newton' s Multiple Regression Models for Stem Biomass Estimation Noraini Abdullah.

[2] Jeff Foster, an expert in 3 D modeling, share his best practices . https: / / blog. dronedeploy. com/ 4 - steps- for-making-an-excellent-3d-model-with-a-drone-25dc35f1df62

[3] ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์,วิธีการศึกษามวลชีวภาพในป่าไม้ .ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมนิเวศวิทยาอุตสาหกรรมคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์,มหาวิทยาลัยมหิดล,หน้า 2-5.

[4] A GLOBE Learning Investigation, Land Cover/ Biology Investigation, 2005.