



การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ
ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
Quantification of carbon sequestration of Teak areas with UAV (Unmanned Aerial
Vehicle) in Amphoe Wang Thong, Phitsanulok

หทัยทิพย์ เงินอิน

วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เสนอภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาภูมิศาสตร์

All rights reserved ธันวาคม 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ และ
หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เรื่อง "การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอน
ของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก"
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา
ภูมิศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



(ดร.นัฐพล มหาวิถ)
อาจารย์ที่ปรึกษา



(รองศาสตราจารย์ พัฒนา ราชวงศ์)
ประธานบริหารหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์



(ดร.ชาญยุทธ กฤตสุนันท์กุล)
หัวหน้าภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากบุคคลหลายๆท่าน ได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ และขอขอบคุณ ดร. นัฐพล มหาวิค อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัยที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์ ด้านการเดินทาง ตลอดจนด้านค่าใช้จ่ายบางส่วน อีกทั้งยังคอยให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการดำเนินงานวิจัย และตรวจสอบข้อบกพร่องของงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณท่านรองนายกองค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น ร.ต.สุธนจิรันดร์ มาเดช ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่สวนสัก บริเวณพื้นที่ข้างองค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก อีกทั้งเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย และสุดท้ายนี้ ขอขอบคุณคุณอาจารย์ สาขาวิชาภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรทุกท่าน ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ และคอยชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงงานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จเสร็จสิ้นอย่างสมบูรณ์

หทัยทิพย์ เงินอิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ชื่อเรื่อง	การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
ผู้วิจัย	หทัยทิพย์ เงินอิน
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.นัฐพล มหาวิค
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.บ. สาขาวิชาภูมิศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2561
คำสำคัญ	อากาศยานไร้คนขับ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และคาร์บอนกักเก็บ

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากพื้นที่สวนสัก และหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับความสูงของต้นสักจากภาคสนาม ในเขตพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากพื้นที่สวนสักปลูก และตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับความสูงของต้นสักจากภาคสนาม และเพื่อใช้ในการประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ในเขตพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้ข้อมูลความสูงจากแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (DSM) แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DEM) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto) และแบบจำลองสามมิติ (3D model) ที่ได้จากการประมวลผลของภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น มีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยที่ค่า R เท่ากับ 0.97 และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงที่ได้จากภาคสนามนั้น มีค่า ± 0.51 เมตร ในพื้นที่สวนสักมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ประมาณ 171,985.68 กิโลกรัม และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ประมาณ 85,992.84 กิโลกรัม และสวนสักแห่งนี้ยังมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 31,533.57 กิโลกรัมต่อปี

Title QUANTIFICATION OF CARBON SEQUESTRATION OF TEAK AREAS WITH UAV (UNMANNED AERIAL VEHICLE) IN WANG NOK AEN, WANG THONG DISTRICT, PHITSANULOK

Author Hathaitip Ngernin

Advisor Nattapon Mahavik, D.Sc.

Academic Paper Thesis B.S. in Geography, Naresuan University, 2018

Keywords UAV, Teak, Biomass, Carbon



ABSTRACT

This research is a study of photogrammetry techniques from unmanned aerial vehicles to assess the amount of carbon sequestration from the teak area. The correlation between the height of teak trees from unmanned airplanes and the height of teak trees was investigated in Wangthong district, Phitsanulok to estimate the amount of carbon sequestration from the plantation area. The accuracy between the height of teak from unmanned aircraft and the height of teak from the field. And to estimate the diameter of the chest using height data from the DSM, DEM, Orthophoto, and 3D models. The results of aerial photos from unmanned aircraft found that the relationship between the height of the teak from the unmanned aircraft and the height of the teak from the field has shown well correlation. The correlation coefficient was 0.97 and the mean square error (RMSE) of the unmanned aerial altitude and field height was ± 0.51 m. The plantation has an above ground biomass of about 171,985.68 kg and a carbon capture capacity of 85,992.84 kg. This plantation is also capable of absorbing carbon dioxide approximately 31,533.57 kilograms per year.

All rights reserved

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ความสำคัญของการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
1.6 สมมติฐานของการวิจัย.....	5
1.7 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ.....	7
2.1.2 หลักการ Drone photogrammetry.....	8
2.1.3 แนวคิดเกี่ยวกับการหามวลชีวภาพ.....	11
2.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน.....	13
2.1.5 Agisoft Photoscan.....	13
2.1.6 Pix4D Mapper.....	14
2.1.7 ลักษณะทางกายภาพของต้นสัก.....	15
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
3 วิธีดำเนินการวิจัย	21
3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	21
3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม.....	24
3.3 การสร้างข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ.....	26
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	32
3.5 การเตรียมความพร้อม.....	40

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย	43
4.1 การสร้างข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ	43
4.2 ตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม	49
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ	52
4.4 ประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก	53
5 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา	55
สรุปและอภิปรายผล	55
ปัญหาและอุปสรรค	58
ข้อเสนอแนะ	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก	64
ภาคผนวก ข	68
ประวัติผู้วิจัย	85

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....	21
3.2 เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาระดับของความสัมพันธ์.....	33
3.3 ค่าผิดปกติของข้อมูล.....	34
3.4 เปรียบเทียบสถิติพรรณนาก่อนตัดค่าผิดปกติและหลังตัดค่าผิดปกติ.....	36
3.5 ตรวจสอบผลค่าสหสัมพันธ์ (Correlations).....	37
3.6 ผลการวิเคราะห์ถดถอย (Regression).....	38
3.7 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการศึกษา.....	40
4.1 ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับที่ได้จากการสุ่ม จำนวน 30 ต้น.....	49
4.2 ผลต่างของความสูงจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากการภาคสนาม.....	50
4.3 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน.....	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา.....	3
2.1 ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ.....	8
2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายรูปกับพื้นดินสำหรับภาพถ่ายตั้ง.....	9
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายรูปกับพื้นดินสำหรับภาพถ่ายเฉียงต่ำ.....	10
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายรูปกับพื้นดินสำหรับภาพถ่ายเฉียงสูง.....	10
2.5 การวัดความสูง.....	12
2.6 ตำแหน่งการวัดเส้นรอบวงที่ถูกต้อง.....	13
3.1 แผนแนวมินจากแอปพลิเคชัน DJI GS Pro.....	24
3.2 ตำแหน่งของต้นสังกัดที่ได้จากการสุ่มจำนวน 30 ต้น.....	25
3.3 ตำแหน่งการยืนวัดความสูง.....	25
3.4 การสร้างโปรเจคใหม่.....	26
3.5 การนำเข้าภาพถ่าย.....	26
3.6 ข้อมูลภาพถ่ายแต่ละภาพ.....	27
3.7 การนำเข้าภาพถ่าย.....	27
3.8 การนำเข้าภาพถ่าย.....	27
3.9 ชั้นข้อมูล Point Cloud.....	28
3.10 การนำเข้าชั้นข้อมูล Ground.Las และผลการคำนวณค่าสถิติของข้อมูล Point Cloud..	29
3.11 การตั้งค่าเครื่องมือใน Las dataset to Raster.....	29
3.12 สูตรการคำนวณ CHM.....	30

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ

หน้า

3.13 การคำนวณหา CHM ด้วยเครื่องมือ Raster Calculator.....	30
3.14 การสร้าง Buffer	31
3.15 การคำนวณหาความสูงของต้นสักด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics.....	31
3.16 ผลการคำนวณค่าความสูงด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics.....	32
3.17 การสร้าง Box plot.....	34
3.18 ค่าผิดปกติของข้อมูลจากการตรวจสอบด้วย Box plot.....	35
3.19 คำสั่งการตัดค่าผิดปกติ.....	35
3.20 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก.....	36
3.21 ทดลองบังคับอากาศยานไร้คนขับ(a)และทดลองถ่ายภาพพื้นลานข้างคณะวิศวกรรมศาสตร์(b).....	41
3.22 ตำแหน่งต้นไม้(a)และวัดความสูงต้นไม้ด้วยกล้องวัดความสูงต้นไม้(b).....	42
4.1 ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ.....	43
4.2 แบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (DSM)	44
4.3 แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM)	44
4.4 CHM (Canopy height model).....	45
4.5 ภาพถ่ายออร์โธรีเชิงเลข (Orthophoto)	45
4.6 แบบจำลองสามมิติ DSM, DTM, CHM และ Orthophoto	46
4.7 การคำนวณค่าความสูงด้วย Zonal statistics	47
4.8 ความสูงของต้นสักจากภาพตัดขวางจากด้านหน้าสวนถึงด้านหลังสวน.....	48
4.9 ความสูงของต้นสักจากภาพตัดขวาง (แนวขวาง).....	48
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสัก.....	51
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในชั้นบรรยากาศนั้นมีทั้งที่เกิดจากธรรมชาติ ที่สร้างขึ้นมาเพื่อรักษาสมดุลของธรรมชาติ และที่เกิดจากฝีมือมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากฟอสซิล การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการคมนาคมขนส่ง การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการตัดไม้ทำลายป่า เพื่อใช้ป่าเป็นที่อยู่อาศัย หรือ เพื่อใช้ทำการเกษตรกรรม และยิ่งไปกว่านั้นช่วงเวลาที่ผ่านมามีการใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความต้องการใช้ทรัพยากรป่าไม้ที่เพิ่มมากขึ้น ตามจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นด้วย ทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศมีปริมาณสูงขึ้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นในปี 2016 เป็นการเพิ่มขึ้นมากที่สุดในรอบ 30 ปี โดยการเพิ่มขึ้นครั้งใหญ่ก่อนหน้านี้มีขึ้นในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญในปี 1997-1998 ซึ่งเอลนีโญส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งและทำให้อัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้ลดลง (BBC News, 2017) ประกอบกับมีการตัดไม้ทำลายป่าเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ป่าจึงลดน้อยลง การตัดไม้ทำลายป่านี้ นับว่าเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ เนื่องจาก ต้นไม้และป่าไม้มีคุณสมบัติในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการกักคาร์บอนไว้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อไม้และองค์ประกอบที่เป็นต้นไม้ ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง

อากาศยานไร้คนขับ (UAV, Unmanned Aerial Vehicle) หรือ โดรน (Drone) เป็นเทคโนโลยี ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย อาทิเช่น ด้านงานสำรวจด้วยภาพถ่าย ใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนการทำงานทางด้านกรปรับปรุงแผนที่ให้เป็นปัจจุบันในระบบภูมิสารสนเทศ การทำแผนที่เฉพาะกิจ การบริหารจัดการพื้นที่การเกษตรและ ป่าไม้ การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาวะของสิ่งแวดล้อม การป้องกันและประเมินผลกระทบจากภัยพิบัติธรรมชาติ และอุบัติเหตุต่าง ๆ การตรวจติดตามสภาพความแข็งแรงของพืช การขาดแคลนน้ำและช่วงเวลากการเก็บเกี่ยว ผลผลิตทางการเกษตรทั้งนี้ในปัจจุบันการนำมาใช้ในงานการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) ด้วยการติดกล้องถ่ายรูปดิจิทัลออกไปเพื่อทำการถ่ายภาพและนำมาประมวลผลภาพ ซึ่งให้ผลลัพธ์ 3 ลักษณะ คือ แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto) แบบจำลองข้อมูลจุดความสูงเชิงพื้นผิว (Digital Surface Model, DSM) และแบบจำลองสามมิติ (3D model) โดยการใช้ UAV ในงาน

สำรวจด้วยภาพถ่ายนั้นเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากมีพิสัยการบินครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1-5 ตารางกิโลเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดและระบบของ UAV ขณะที่ UAV ต้นทุนต่ำมีการพัฒนาที่ดีขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลง และมีประสิทธิภาพในการผลิตผลลัพธ์ที่สามารถให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูงขึ้นในระดับน้อยกว่า 10 เซนติเมตรได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ต้องมีการวางแผนการบินอย่างเหมาะสม รวมทั้งมีความเข้าใจในหลักการและวิธีการประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์สำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ส่วนประเภทของอากาศยานไร้คนขับ ที่ใช้ในงานสำรวจด้วยภาพถ่ายนั้น จัดจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1.ประเภทปีกหมุน (Multirotor) ที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับเฮลิคอปเตอร์ โดยมีใบพัดแวนอนมากกว่า 2 ใบ เช่น 3/4/6 และ 8 ใบ และมีชื่อเรียกเฉพาะว่า tricopter, quadcopter, hexacopter และ octocopter ตามลำดับ และ 2.ประเภทปีกยึด (Fixed wing) มีลักษณะเช่นเดียวกับเครื่องบินทั่วไป มีขนาดเล็ก และอาจมีการลดองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องลง ขึ้นอยู่กับกรออกแบบของผู้ผลิต ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย (UAV Photogrammetry) ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ ตัวอากาศยาน (platform) ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ (autopilot) ระบบบันทึกภาพ (sensor) และซอฟต์แวร์ประมวลผล (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2559)

ดังนั้นการรังวัดด้วยภาพดิจิทัล หรือ UAV Photogrammetry ที่สามารถสร้างข้อมูลภูมิประเทศที่มีความละเอียดสูง ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ลักษณะของต้นสัก เช่น ความสูง และขนาด ซึ่งการทำแผนที่ทางภูมิศาสตร์จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศหลัก และการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของวัตถุที่ต้องการศึกษา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใน UAV ช่วยให้สามารถสร้างแบบจำลองความสูงที่มีคุณภาพสูงและ มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากถึงได้ถึง 10 ซม. UAV เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการดูแลลักษณะทางภูมิประเทศที่มีความละเอียดมาก

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมาย เพื่อประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสัก ในพื้นที่สวนสัก ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยมุ่งเน้นไปที่การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับค่าความสูงที่ได้จากภาคสนาม ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลความสูงจากการประมวลผลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับค่าความสูงที่ได้จากการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดความสูงต้นไม้จากภาคสนาม และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสัก ในพื้นที่สวนสัก ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก
2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของค่าความสูงจากอากาศยานไร้คนขับกับค่าความสูงจากการลงพื้นที่ภาคสนาม

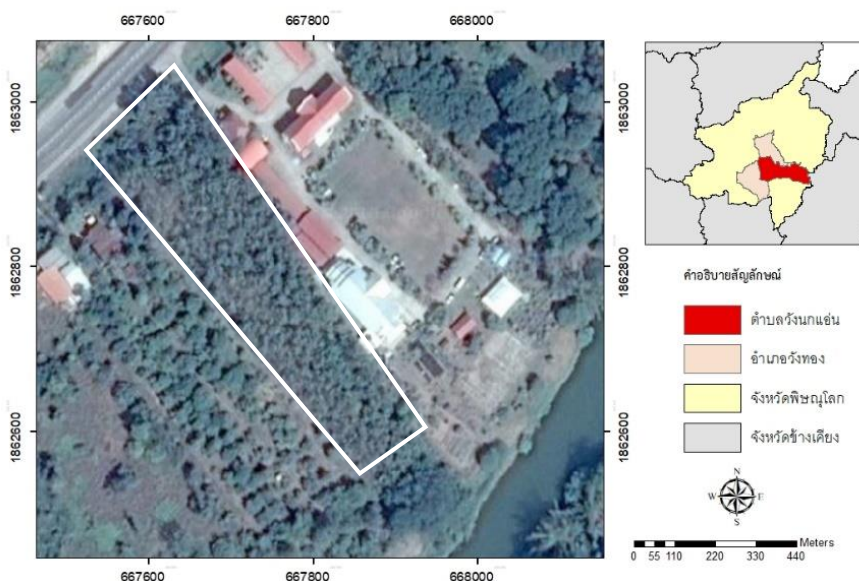
1.3 ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการใช้อากาศยานไร้คนขับ ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก
2. เพื่อทราบค่าความคลาดเคลื่อนของค่าความสูงจากอากาศยานไร้คนขับกับค่าความสูงจากการลงภาคสนาม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1) ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

อยู่ในตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก อยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย (Latitude : 16.842277, Longitude : 100.576186) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 81 เมตร เป็นพื้นที่สวนสักปลูกอยู่บริเวณด้านข้างองค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น สวนสักมีอายุประมาณ 10 ปี มีเนื้อที่ประมาณ 7,065.61 ตารางเมตร



ภาพ 1.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

2) ขอบเขตด้านเนื้อหาและเวลา

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศได้จากอากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ DJI Phantom 4 Advanced ทำการบินถ่ายในวันที่ 27 เดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2651 ตั้งแต่เวลา 9.14 – 9.23 น. เป็นช่วงต้นฤดูหนาว โดยตั้งค่ากล้องที่ใช้ถ่ายภาพ ดังนี้ รูรับแสง (f) : f/2.8, ค่าความไวแสง (ISO) : 100, ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) : 1/1000 sec. ความยาวโฟกัส (Focal length) : 9 mm

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) เป็นเทคโนโลยีที่ทำหน้าที่ในการบังคับเครื่องบินแทนมนุษย์ ในอดีตอากาศยานไร้คนขับถูกใช้ในการทหารและภารกิจป้องกันประเทศเป็นหลัก แต่ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับ กำลังเข้ามามีอิทธิพลต่อรูปแบบการทำธุรกิจ และถูกประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในด้านการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศอากาศยานไร้คนขับสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. ประเภทปีกหมุน (Multicopter) ที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับเฮลิคอปเตอร์ โดยมีใบพัดแฉกมากกว่า 2 ใบ เช่น 3/4/6 และ 8 ใบ และ 2. ประเภทปีกยึด (Fixed wing) มีลักษณะเช่นเดียวกับเครื่องบินทั่วไป แต่มีขนาดเล็กกว่ามาก

การกักเก็บคาร์บอน (Carbon Sequestration) กระบวนการดึงคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศมาเก็บไว้ในแหล่งเก็บที่ใดที่หนึ่ง หรือนำคาร์บอนมาเก็บไว้นั่นเอง พืชสีเขียวทุก ชนิดดูดคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศมาปรุงเป็นอาหาร แล้วกลายเป็นเนื้อไม้ โดยเนื้อไม้โดยทั่ว ๆ ไปมีคาร์บอนอยู่ราวร้อยละ 50 ของเนื้อไม้

มวลชีวภาพ (Biomass) ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใดๆ จากนิยาม ดังกล่าว สิ่งมีชีวิตจะรวมทั้งพืชและสัตว์แต่เมื่อกล่าวถึงมวลชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับพืชพรรณนั้น จะ หมายถึง ส่วนของเนื้อเยื่อที่เกิดจากการสังเคราะห์แสงและมีหน้าที่ต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือ หมู่มไม้ในขณะใดขณะหนึ่ง และนิยมวัดค่าในรูปของน้ำหนักแห้งปราศจากน้ำ โดยคิดเป็นน้ำหนักต่อตันของพืช เช่น กิโลกรัมต่อตัน หรือคิดเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ เช่น กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับหน่วยวัดมวลชีวภาพมาตรฐานจะใช้เป็น ต้นต่อเฮกแตร์

แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model, DTM) การจำลองความสูงของภูมิประเทศ และจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด หรือข้อมูลแรสเตอร์ โดยมีการกำจัดความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพของโลกออก

แบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model, DSM) การจำลองความสูงของภูมิประเทศ และจัดเก็บให้อยู่ในรูปแบบตารางกริด หรือข้อมูลแรสเตอร์ โดยรวมความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวทางกายภาพของโลกด้วย เช่น สิ่งปลูกสร้าง ต้นไม้ และพุ่มไม้ เป็นต้น

ภาพถ่ายออร์โธรีโทเชิงเลข (Orthophoto) คือ แผนที่ภาพถ่ายที่ผลิตจากภาพถ่ายทางอากาศสี ซึ่งผ่านกระบวนการปรับแก้ความผิดเพี้ยนเนื่องจากเรขาคณิตของการถ่ายภาพ และมีค่าพิกัดที่มีความถูกต้องเชิงตำแหน่งที่สอดคล้องกับพื้นที่จริง

1.6 สมมติฐานของการวิจัย

ค่าความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าความสูงในพื้นที่จริง

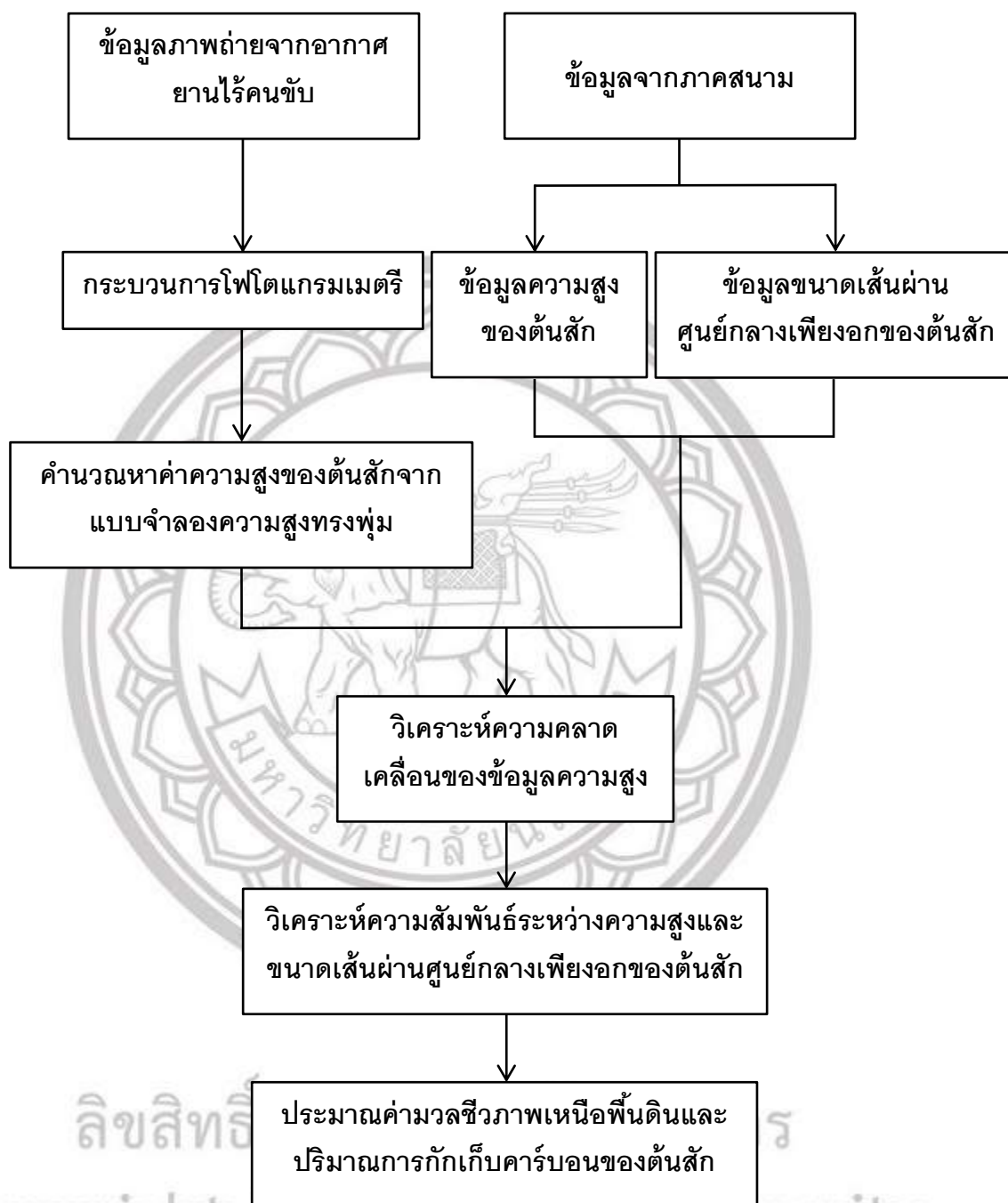
1.7 กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีกรอบแนวคิดในการศึกษา ดังภาพ 1.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาพ 1.2 กรอบแนวคิด

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวน แนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสัก กรณีศึกษา : ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ

2.1.2 หลักการโฟโตแกรมเมตรี

2.1.3 แนวคิดเกี่ยวกับการหามวลชีวภาพ

2.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน

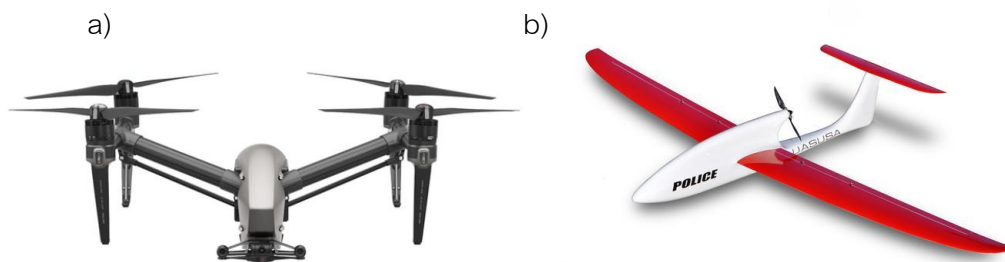
2.1.5 ลักษณะทางกายภาพของต้นสัก

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับอากาศยานไร้คนขับ

การพัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) มีความสำคัญต่องานสำรวจในด้านต่างๆ เช่น ด้านการปรับปรุงแผนที่ให้เป็นปัจจุบัน การทำแผนที่เฉพาะกิจ ฯลฯ ซึ่งงานสำรวจด้วยภาพถ่ายนั้นเหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากมีพิสัยการบินครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1-5 ตารางกิโลเมตร ขึ้นอยู่กับชนิดและระบบของอากาศยานไร้คนขับ ในขณะที่อากาศยานไร้คนขับมีต้นทุนที่ต่ำ แต่มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานนั้นลดลง และมีประสิทธิภาพในการผลิตผลลัพธ์ที่สามารถให้ความถูกต้องทางตำแหน่งสูงขึ้นในระดับน้อยกว่า 10 เซนติเมตรได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ต้องมีการวางแผนการบินอย่างเหมาะสม รวมทั้งมีความเข้าใจในหลักการและวิธีการประมวลผลภาพถ่ายด้วยซอฟต์แวร์สำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ 1. ประเภทปีกหมุน (Multicopter) ที่มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับเฮลิคอปเตอร์ โดยมีใบพัดหมุนวนมากกว่า 2 ใบ เช่น 3/4/6 และ 8 ใบ และ 2. ประเภทปีกยึด (Fixed wing) มีลักษณะเช่นเดียวกับเครื่องบินทั่วไป แต่มีขนาดเล็ก (ดังภาพ 2.1)



ภาพ 2.1 ประเภทของอากาศยานไร้คนขับ โดยที่ a) คือ ประเภทปีกหมุน (Multirotor) และ b) คือ ประเภทปีกยัด (Fixed wing) (ที่มา : www.dji.com, www.rmusc.com)

ระบบอากาศยานไร้คนขับสำหรับงานสำรวจด้วยภาพถ่าย (UAV Photogrammetry) ประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ ตัวอากาศยาน (platform) ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ (autopilot) ระบบบันทึกภาพ (sensor) และซอฟต์แวร์ประมวลผล ทั้งนี้ระบบควบคุมการบินอัตโนมัติถือเป็นส่วนสำคัญที่สุด ซึ่งประกอบด้วย หน่วยประมวลผล GPS และ IMU (Inertial Measurement Unit) เนื่องจากในการควบคุมการบินต้องมีระบบวิถึควบคุมระยะไกลระหว่างสถานีฐานและตัวอากาศยาน จึงต้องมีระบบโปรแกรมวางแผนการบินสำหรับการถ่ายภาพ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดการถ่ายภาพตามที่ต้องการ อย่างเช่น ส่วนซ้อนและส่วนเกยของภาพถ่าย โดยการกำหนดวิธีการบินถ่ายภาพ จะใช้ข้อมูลตำแหน่งพิกัดที่ได้จากการวางแผนการบินเป็นตัวกำหนดการบินของอากาศยานไร้คนขับ และการถ่ายภาพของระบบบันทึกภาพ ด้วยวิธีการกำหนดช่วงเวลาถ่ายภาพ หรือสั่งถ่ายภาพด้วยคำสั่งจากระบบควบคุมการบินอัตโนมัติ เมื่อถึงตำแหน่งพิกัดที่ต้องถ่ายภาพพร้อมทั้งมีการบันทึกตำแหน่งพิกัดและค่าความเอียงของภาพแต่ละภาพที่ทำการถ่ายผลผลิตของการสำรวจด้วยภาพถ่ายอากาศยานไร้คนขับผลผลิตที่ได้จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับประกอบด้วย 3 ลักษณะ คือ แผนที่ภาพถ่าย (Orthophoto) กลุ่มข้อมูลจุดพิกัด 3 มิติ (Point Cloud) และแบบจำลอง 3 มิติ (3D model) (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2559)

2.1.2 หลักการ Drone photogrammetry

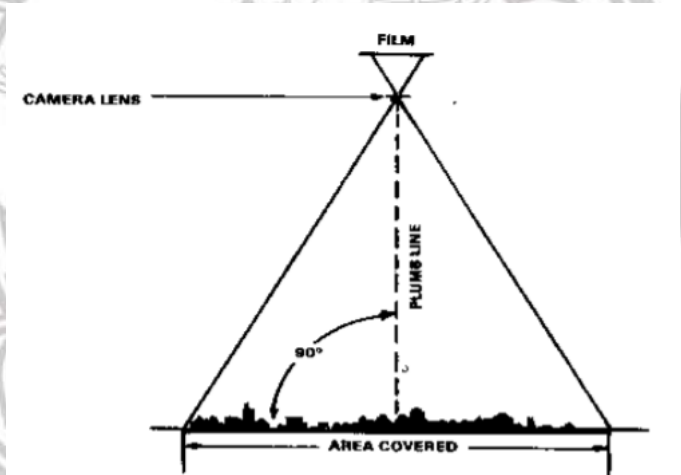
1) การรังวัดด้วยภาพ (Photogrammetry)

เป็นการสำรวจจริงวัดที่ใช้ภาพเป็นสื่อกลางในการวัด โดยมีการใช้ภาพภูมิประเทศ อาณาเขตบริเวณ อาคารสถานที่ หรือวัตถุที่สนใจ จากนั้นทำการจำลองแบบตามหลักการฉายแสงด้วยวิธีทางกลไก เชิงทัศน หรือเชิงคณิตศาสตร์ ทำให้สามารถทำการจำลองสถานการณ์เหมือนขณะที่บันทึกภาพได้ (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)

2) ภาพถ่ายทางอากาศ

ภาพถ่ายทางอากาศ คือ ภาพถ่ายที่ได้มาจากการถ่ายภาพจากอากาศยาน ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้กันทั่วไป โดยแต่ละประเภทขึ้นอยู่กับมุมของกล้องถ่ายรูปที่กระทำกับพื้นผิวโลก ขณะที่ทำการถ่ายภาพ อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

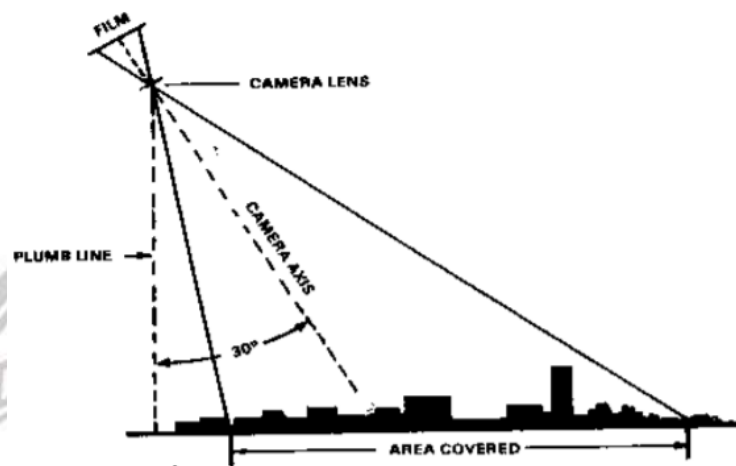
ภาพถ่ายทางตั้ง (VERTICAL) เป็นภาพที่กล้องถ่ายรูปถ่ายภาพลงมาตรง ๆ ในทางตั้ง ความผิดพลาดที่ยอมรับให้ ± 3 องศา จากแนวตั้งซึ่งตั้งฉากกับพื้นผิวโลกกับแกนของกล้อง ครอบคลุมพื้นที่ขนาดเล็ก พื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยภาพถ่ายทางตั้งภาพหนึ่ง จะมีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ระยะและทิศทางอาจจะต้องใกล้เคียงกับแผนที่ ถ้าพื้นที่ที่ถูกถ่ายภาพเป็นพื้นที่ราบ และความสูงไม่ปรากฏให้เห็นเด่นชัด



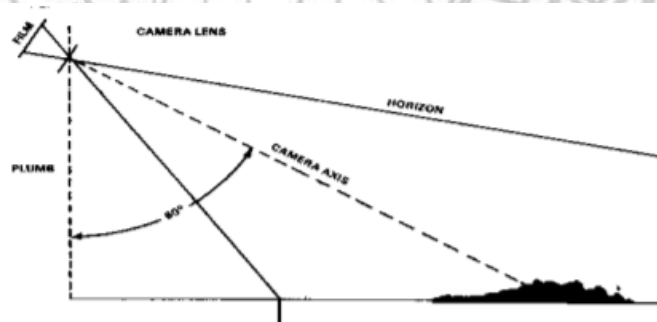
ภาพ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายรูปกับพื้นดินสำหรับภาพถ่ายตั้ง
(ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)

ภาพถ่ายทางเฉียง ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ประเภทดังนี้ (1) ภาพถ่ายเฉียงต่ำ (LOW OBLIQUE) เป็นภาพถ่ายซึ่งกล้องทำมุมประมาณ 30 องศากับแนวตั้ง (ดังภาพ 2.3) เพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดให้กับแผนที่ ภาพถ่ายเฉียงต่ำ ครอบคลุมพื้นที่ได้ขนาดเล็ก พื้นที่ที่ครอบคลุมได้มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แม้ว่าภาพถ่ายจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม จตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ภาพที่ได้จะมีลักษณะเหมือนกับภาพที่มองเห็นจากยอดเขาหรือตึกสูง ๆ มาตราส่วนจะใช้ไม่ได้เลยทั่วทั้งภาพถ่ายเช่นเดียวกับระยะที่วัดไม่ได้ เส้นที่ขนานกันบนพื้นดินจะไม่ขนานในภาพถ่าย ดังนั้นจึงไม่สามารถวัดทิศทางได้ (2) ภาพถ่ายเฉียงสูง (HIGH OBLIQUE) เป็นภาพถ่ายที่กล้องทำมุม 60 องศา กับแนวตั้ง (ดังภาพ 2.4) ครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างขวาง พื้นที่ที่ภาพถ่ายครอบคลุมมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู แต่ภาพถ่ายจะเป็นรูป สี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่สามารถวัด

ระยะและทิศทางจากภาพถ่ายได้ ซึ่งมีเหตุผลเช่นเดียวกับภาพถ่ายเฉียงต่ำ และภาพถ่ายเฉียงสูงแสดงเส้นขอบฟ้า (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)



ภาพ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายภาพกับพื้นดินสำหรับภาพถ่ายเฉียงต่ำ (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)



ภาพ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกล้องถ่ายภาพกับพื้นดินสำหรับภาพถ่ายเฉียงสูง (ไพศาล สันติธรรมนนท์, 2546)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

3) การวางแผนการบิน

การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศที่นำเทคโนโลยีการถ่ายภาพและเทคโนโลยี UAV (Unmanned Aerial Vehicle) หรือ โดรน (Drone) อากาศยานที่ควบคุมจากระยะไกล ควบคุมคู่ไปกับการสำรวจทางพื้นดินสำหรับสร้างแผนที่บริเวณที่ต้องการศึกษา ทำให้สามารถเก็บข้อมูลรายละเอียดภาคพื้นดินและสร้างเป็นแผนที่ 2 มิติ และ 3 มิติได้ ดังนั้นจึงมีขั้นตอนการวางแผนการบิน เพื่อลดข้อผิดพลาดในการบิน และเป็นการประหยัดเวลาในการทำงาน ด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอน 1 กฎหมายและข้อบังคับ ก่อนเริ่มทำขั้นตอนต่อไป จะต้องผ่านการยอมรับด้วยกฎหมายและกฎการสำรวจภาคสนาม รวมถึงการได้รับอนุญาตให้สำรวจในพื้นที่เขตคุ้มครองหรือทรัพย์สินส่วนบุคคล และข้อกำหนดเฉพาะสำหรับพื้นที่นั้น ๆ ดังนั้นจึงต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าภารกิจการบินของเรานั้น ได้ปฏิบัติตามกฎระเบียบที่กำหนดไว้หรือไม่

ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจพื้นที่ การสำรวจเขตพื้นที่ศึกษาและประเมินภาพรวมถึงเส้นทางการบิน สิ่งกีดขวาง จุดเริ่มต้นการบินและลงจอด จากนั้นวางแผนการบิน กำหนดจำนวนแนวนบินและจำนวนจุดขึ้นลง / ลงจอด ให้มีความเหมาะสมต่อลักษณะพื้นที่

ขั้นตอนที่ 3 งานภาคสนามก่อนการบิน กำหนดจุดกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) เพื่อความถูกต้องในการทำแผนที่ เนื่องจากเทคนิคนี้มีความแม่นยำมากกว่าการกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์โดยตรง 5-10 เท่า อาจต้องใช้ GCPs ตั้งแต่สามตำแหน่งขึ้นไปในการอ้างอิงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ คุณลักษณะที่สำคัญต่อการทำงานก่อนการบิน คือ การกำหนดการตั้งค่าสำหรับอากาศยานไร้คนขับ และค่าพารามิเตอร์ของกล้องตามการออกแบบแผนงาน จากนั้นจับบันทึกค่าต่างๆ อย่างเช่น ความสูงบิน ความยาวโฟกัส ขนาดพื้นที่ และระยะทางในการบินถ่ายภาพ ซึ่งการตั้งค่าพารามิเตอร์ของกล้องที่ความสำคัญอย่างมาก ก็คือการตั้งค่าความเร็วชัตเตอร์ในสภาพแสงที่มีอยู่เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดประมาณ 1/1000

ขั้นตอนที่ 4 ภารกิจการบิน ใช้วิธีการถ่ายภาพ มุมตั้ง มุมเฉียง และแนวนอน เพื่อให้ได้ความแม่นยำและคุณภาพของพื้นผิว ในการสร้างแบบจำลอง รูปถ่ายเฉียงให้ภาพรวมระหว่างมุมตั้งและแนวนอน และตรวจจับลักษณะของภูมิประเทศที่อยู่ด้านล่างของต้นไม้บริเวณในพื้นที่ศึกษา

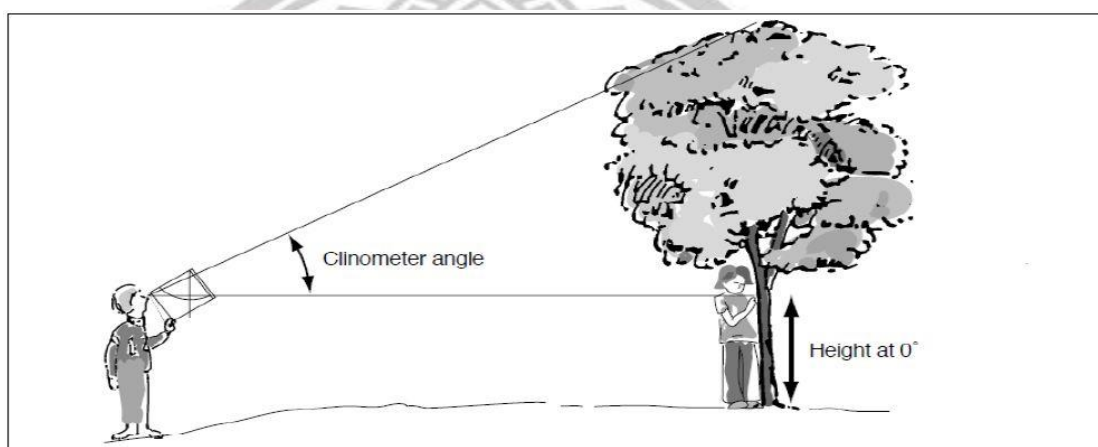
ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบคุณภาพของภาพถ่าย ตรวจสอบความครบคลุมของภาพถ่าย การรับแสงและความคมชัดของภาพหลังจากบินถ่ายภาพเสร็จ ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพนี้ จะช่วยให้มั่นใจได้ว่าการตรวจจับของภาพซ้อนทับกันนั้นได้บันทึกจำนวนจุดที่เหมือนกันในภาพที่ต่างกัน จากนั้นนำชุดภาพถ่ายที่ได้รับการยอมรับแล้วจะไปประมวลผลด้วยซอฟต์แวร์ทางโฟโตแกรมเมตริก (Rusnák M. et al, 2018)

2.1.3 แนวคิดเกี่ยวกับการหามวลชีวภาพ

การประเมินผลผลิตของสวนป่าไม้สัก ทั้งในรูปของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาตรลำต้นของ ไม้สัก เป็นเรื่องที่มีความสำคัญทั้งทางด้านวิชาการและการค้า เพราะทำให้ทราบว่ามีผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ และปริมาตรของลำต้นที่ใช้ในการซื้อขายมีปริมาณเท่าไรภายหลังจากการปลูก เพื่อใช้

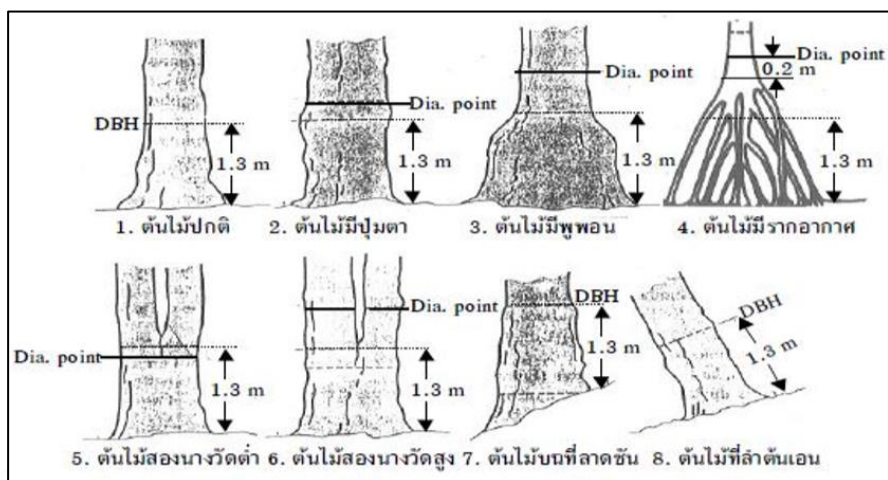
เป็นข้อมูลในการเผยแพร่ และส่งเสริมในการปลูกไม้สักของทั้งภาครัฐและเอกชน (ชิงชัย วิริยะ บัญชาและคณะ, 2544)

ปริมาณของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass, ABG) สามารถคำนวณได้ โดย อาศัยตัวแปรดังต่อไปนี้ ความสูงของต้นไม้ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกลำต้น (Diameter at Breast Height, DBH) ซึ่งความสูงของต้นไม้สามารถหาตัวแปรดังกล่าวได้ดังภาพ 2.5



ภาพ 2.5 การวัดความสูง (ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์, 2558)

ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at breast height, DBH) และความสูงของต้นไม้ ซึ่งการวัดขนาด DBH ในป่าธรรมชาติ ถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มาก ต้นไม้มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (single stem) และไม่มีพุ่มพอน ก็จะทำให้การตรวจวัด DBH ได้ง่าย แต่ในทางปฏิบัติ ไม่ได้เป็นเช่นนั้น เนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไป และลักษณะพื้นที่ก็มีความลาดชัน เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการกำหนดการวัด DBH หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร จึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้ เหมาะสมและเป็นมาตรฐานเดียวกัน ดังภาพ 2.6 ค่าที่ได้วัดจากเทปวัดระยะจะเป็นค่าของขนาดของเส้นรอบวงที่ระดับอก (Girth at Breast Height, GBH) ดังนั้นเพื่อที่จะหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก จึงจำเป็นต้องแปลงค่าจาก GBH เป็น DBH ก่อนที่จะนำไปคำนวณข้อมูลในด้านอื่นๆ โดยนำ GBH ที่ได้มาหารด้วยค่า π หรือ 3.1416



ภาพ 2.6 ตำแหน่งการวัดเส้นรอบวงที่ถูกต้อง

2.1.4 แนวคิดเกี่ยวกับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอน

การศึกษาประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ นั้น เป็นการ... และเมื่อได้ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดินแล้ว จะนำมาคิดประมาณค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพนั้น โดยทั่วไปแล้วมวลชีวภาพจะมีค่าประมาณ 50% ของค่ามวลชีวภาพ ฉะนั้นจึงนำเอาปริมาณชีวภาพคูณด้วย 0.5 ก็จะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของคาร์บอนที่อยู่ในมวลชีวภาพนั่นเอง (ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ) ดังสมการ 2.1 (Margaret et al. 2002)

$$C_i = W_t \times 0.5$$

สมการ 2.1

โดยที่ C_i = คาร์บอนกักเก็บ (kg)

W_t = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg)

2.1.5 Agisoft Photoscan

Agisoft PhotoScan เป็นโปรแกรมสแกนเนอร์ 3 มิติ ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงจาก Agisoft ทำให้โปรแกรมสามารถคำนวณสร้างโมเดล 3 มิติจากภาพถ่ายได้อย่างรวดเร็ว และให้ความแม่นยำสูง (ระยะ 3 ซม. สำหรับภาพถ่ายทางอากาศ และ 1 มม. สำหรับการถ่ายภาพระยะใกล้) โปรแกรม Agisoft PhotoScan สามารถประมวลผลสร้างโมเดล 3 มิติ จากภาพถ่ายทางอากาศ แบบอัตโนมัติ และมีการทำงานแบบเป็นลำดับขั้น ให้ความแม่นยำสูง พร้อมรายละเอียด และ สีที่แม่นยำ ซึ่งมีค่าจำกัดความดังนี้

General workflow

การประมวลผลภาพด้วย PhotoScan ประกอบด้วยขั้นตอนหลักต่อไปนี้:

- โหลดภาพถ่ายลงใน PhotoScan ตรวจสอบภาพ
- จัดแนวภาพถ่าย
- สร้าง point cloud
- การสร้าง mesh (รูปแบบ 3D เหลี่ยม)
- สร้าง texture
- ส่งออกผลลัพธ์

Aligning photos (จัดเรียงภาพ)

เมื่อภาพถ่ายโหลดเข้าสู่ PhotoScan แล้วจะต้องมีการจัดแนว ในขั้นตอนนี้ PhotoScan จะค้นหาตำแหน่งกล้องและการวางแนวสำหรับแต่ละรูปถ่ายและสร้างรูปแบบจุดเมฆเบาบาง

Image quality (คุณภาพของภาพ)

ข้อมูลและภาพที่คลุมเครืออาจส่งผลต่อการจัดตำแหน่งได้ไม่ดี เพื่อช่วยให้สามารถยกเว้นภาพที่โฟกัสไม่ชัดจากการประมวลผล ซึ่ง PhotoScan มีคุณสมบัติในการประมาณค่าคุณภาพของภาพโดยอัตโนมัติ หากต้องการยกเลิกการใช้รูปภาพให้ใช้ปุ่มปิดใช้งานจากแถบเครื่องมือรูปภาพ PhotoScan ประมาณการคุณภาพของภาพสำหรับแต่ละรูปแบบ input ค่าของพารามิเตอร์ถูกคำนวณตามในระดับความคมชัดของส่วนที่โฟกัสที่สุดของภาพ

สร้าง Point Cloud จากข้อมูลกล้องที่นำเข้า

PhotoScan สนับสนุนการนำเข้าพารามิเตอร์การกำหนดตำแหน่งกล้องภายในและภายนอก ดังนั้นหากมีข้อมูลกล้องที่แม่นยำสำหรับงานนี้ คุณสามารถโหลดภาพเหล่านี้ลงใน PhotoScan พร้อมกับรูปถ่ายเพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างภาพ 3D ได้

2.1.6 Pix4D Mapper

Pix4D Mapper เป็นโปรแกรมการทำแผนที่ขั้นสูง ที่สามารถประมวลผลสร้างโมเดล 3 มิติ จากภาพถ่ายทางอากาศ แบบอัตโนมัติ โดยใช้เทมเพลตมาตรฐานสำหรับการประมวลผลอัตโนมัติ หรือการตั้งค่าแบบกำหนดเองเพื่อการควบคุมคุณภาพข้อมูล Point Cloud, DSMs และ orthomosaics และยังสามารถส่งออกข้อมูลแผนที่แบบดิจิทัล โมเดล 3 มิติ และรายละเอียดต่างๆ ที่จำเป็นได้ ผลลัพธ์ที่ได้มีดังนี้ Full-color point cloud (นามสกุลไฟล์ที่ได้ .las, .laz, .ply, .xyz), Orthomosaic (นามสกุลไฟล์ที่ได้ GeoTiff (.tif), .kml) Digital surface model (DSM) (นามสกุลไฟล์ที่ได้ GeoTiff (.tif), .xyz, .las, .laz), 3D textured mesh (นามสกุลไฟล์ที่ได้ .ply, .fbx, .dxf,

.obj, .pdf), Index map (นามสกุลไฟล์ที่ได้ GeoTiff (.tif), .shp) และ Thermal maps (นามสกุลไฟล์ที่ได้ GeoTiff (.tif)) (Pix4D, 2018)

2.1.7 ลักษณะทางกายภาพของต้นสัก

ถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตบริเวณตอนใต้ของประเทศอินเดีย พม่า ไทย อินโดนีเซีย และหมู่เกาะอินเดียตะวันออก ไม้สักเป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือ และบางส่วนของภาคกลางและตะวันตก ในท้องที่จังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย ลำปางแพร่ น่าน ตาก กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ พิษณุโลก สุโขทัย เพชรบูรณ์ พิจิตร และมีบ้างเล็กน้อยในจังหวัด นครสวรรค์ อุทัยธานี และกาญจนบุรี ไม้สักนั้นเป็นไม้ที่ชอบขึ้นตามพื้นที่ที่เป็นภูเขา แต่ในพื้นที่ราบที่น้ำไม่ขังไม้สักก็ขึ้นได้ดีเช่นเดียวกัน มักขึ้นเป็นหมู่ไม้สักล้วน ๆ และชอบพื้นที่ที่มีชั้นดินลึก การระบายน้ำดี ไม่ชอบดินแข็งและน้ำท่วมขัง ลักษณะโดยทั่วไปของไม้สักมีดังนี้

ลำต้น มีขนาดใหญ่และมักมีพูพอนตอนโคนต้นเรือนยอดกลมสูงเกินกว่า 20 ม.

เปลือก หนา 0.30-1.70 ซม. สีเทา หรือสีน้ำตาลอ่อนแกมเทา แตกเป็นร่องตื้น ๆ ไปตามทางยาวและหลุดออกเป็นแผ่นบางๆเล็กๆ

ใบ มีขนาดใหญ่ ความกว้าง 25-30 ซม. ความยาว 30-40 ซม. รูปใบรีมน หรือรูปไข่กลับ แตกจากกิ่งเป็นคู่ๆ ท้องใบสากหลังใบสีเขียวแกมเทาเป็นขน

ดอก เล็กสีขาวนวล ออกเป็นช่อใหญ่ ๆ ตามปลายกิ่งเริ่มออกดอกเดือน มิถุนายน เป็นต้น

ผล ค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-2 ซม. ผลหนึ่ง ๆ มีเมล็ดใน 1-4 เมล็ด เปลือกแข็งมีขนสั้น ๆ นุ่ม ๆ สีน้ำตาล หุ้มอยู่ ผลแก่ในราวเดือน พฤศจิกายน-มกราคม

ลักษณะเนื้อไม้ สีเหลืองทอง ถึงสีน้ำตาลแก่ มีลายเป็นเส้นสีน้ำตาลแก่แทรก เส้นตรง เนื้อหยาบ แข็งปานกลาง เลื่อยไสกบ ตบแต่งง่าย

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิวา แก้วปลั่ง (2018) ประเมินการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ สำหรับการประมาณค่าชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นหม่อน ด้วยกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตริก พื้นที่ศึกษาทำการทดลองในแปลงหม่อนของศูนย์ ความเป็นเลิศทางนวัตกรรมใหม่ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม แปลงทดสอบรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 20 เมตร x 60 เมตร อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการวิจัยประกอบด้วย โดรนยี่ห้อ/รุ่น Phantom 3 Advance พร้อมกล้องถ่ายภาพ และอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล โทรศัพท์ Smart Phone ระบบปฏิบัติการ Android กล้องสำรวจประมวลผลรวม (Total Station) เป้าจุดควบคุมภาพทำจากผ้าไวไนล สีขาว แดง สลับเป็น ตราหมากรุกขนาด 1x1 เมตร

เป็นหมุดควบคุมภาคพื้นดิน จากนั้นใช้โปรแกรม Agisoft photoscan ในการประมวลผลภาพ ผลที่ได้คือ แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ของการใช้ อากาศยานไร้คนขับ ในการประมาณค่าชีวมวล อย่างไรก็ตาม วิธีการที่น่าเสนาหาคง ต้องการเพิ่มความถูกต้องในการประมาณค่าชีวมวล อาจจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับชนิดและ คุณสมบัติของกล้อง จำนวนและความละเอียดของจุด ควบคุมภาพเพื่อให้การวัดมีความถูกต้องสูงขึ้นรวม ไปถึงความสูงการบินที่แตกต่างกัน

เกษราภรณ์ อุ่นเกิด และคณะ (2558) การประเมินมูลค่าคาร์บอนที่กักเก็บในไม้ยืนต้นของชุมชนเขาวง จังหวัดชัยภูมิ โดยศึกษาชนิดและความหนาแน่นของพรรณไม้ มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนและประเมินมูลค่าคาร์บอนที่กักเก็บ ไม้ยืนต้นบริเวณป่าชุมชนเขาวง จังหวัดชัยภูมิ ด้วยวิธีการสุ่มแบบจำแนกชั้น ตามความหนาแน่นของหมู่ไม้ มาก ปานกลาง และน้อย ในโซนป่าอนุรักษ์และป่าเพื่อการใช้ประโยชน์วางแผนตัวอย่างชั่วคราวขนาด 40×40 เมตร จำนวน 1 แปลง ในแต่ละชั้นของแต่ละโซน ดังนั้น จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมดมีจำนวนทั้งสิ้น 6 แปลง ทำการเก็บข้อมูลพรรณไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ เพื่อนำข้อมูลไปประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

ชนิษฐา เสถียรพีระกุล และคณะ (2555) การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสวนป่าสนสามใบ อายุ 14 - 34 ปี พื้นที่ต้นน้ำภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่ วางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40×40 ตารางเมตร จำนวน 21 ชั้นอายุ วัดขนาดวัดรอบเพียงอก และความสูงของไม้ยืนต้นทุกชนิดที่มีความสูง 1.50 เมตร ขึ้นไป พบว่า มวลชีวภาพในสวนป่าสนสามใบ ผันแปรระหว่าง 78.06 - 2 32.83 Mg/ha เป็นมวลชีวภาพไม้สนสามใบ 18.77 - 171.82 Mg/ha และพันธุ์ไม้อื่นๆ 9.89 - 120.24 Mg/ha การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ผันแปรระหว่าง 38.92 - 116.93 MgC/ha โดยมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้สนสามใบ 9.52 - 86.77 MgC/ha และพันธุ์ไม้อื่นๆ 4.91 - 59.63 MgC/ha คิดเป็นมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าสนสามใบ ผันแปรระหว่าง 119.65 - 359.44 บาท/เฮกตาร์ เป็นมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้สนสามใบ 29.26 - 266.73 บาท/เฮกตาร์ และพันธุ์ไม้อื่นๆ 15.08 - 183.29 บาท/เฮกตาร์

สมชาย นองเนื่อง และคณะ (2554) การกักเก็บคาร์บอนของสนสามใบและพรรณไม้ที่ขึ้นทดแทนในสวนป่าสนสามใบของหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 14-34 ปี โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 40×40 เมตร ทุกชั้นอายุๆ ละ 3 แปลง รวมทั้งหมด 63 แปลง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงเพื่อหามวลชีวภาพ เหนือพื้นดินของ

พรรณไม้ในสวนป่า มวลชีวภาพของไม้สนสามใบคำนวณจากสมการ allometric ที่สร้างขึ้นโดยใช้ stratified-clip technique โดยสุ่มตัดตัวแทนต้นสนสามใบในสวนป่าอายุ 20, 26, 30 และ 33 ปี นำตัวแทนชิ้นส่วนต่างๆ ของสนสามใบทั้ง 4 ชั้นอายุไปวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี wet oxidation ส่วนมวลชีวภาพและการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ชนิดอื่น คำนวณโดยใช้สมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) ผลการวิจัยพบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ในสวนป่า แปรผันระหว่าง 12,490 - 37,253 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นมวลชีวภาพสนสามใบ 3,003 - 27,491 กิโลกรัมต่อไร่ และพรรณไม้ชนิดอื่นๆ 1,582 - 19,238 กิโลกรัมต่อไร่ การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของสวนป่าแปรผันระหว่าง 6,228 - 18,709 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพสนสามใบ 1,523 - 13,883 กิโลกรัมต่อไร่ และในพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ 785-9,540 กิโลกรัมต่อไร่ การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของสนสามใบมีความแปรผันระหว่างชั้นอายุ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มเพิ่มตามอายุของสวนป่า พรรณไม้ที่ขึ้นทดแทน ในสวนป่ามีบทบาทมากต่อการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ โดยมีค่าระหว่างร้อยละ 6 - 80 ของคาร์บอนที่สะสม ทั้งหมดในสวนป่า ส่วนใหญ่เป็นไม้วงศ์ก่อ วงศ์เมื่อย วงศ์ชมพู วงศ์ถั่ว วงศ์มะขามป้อม วงศ์เข็ม และวงศ์อบเชย

ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์ (2558) การศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติเพื่อหาสมการแอลโลเมตริกที่เหมาะสมเพื่อให้ประมาณผลผลิตของป่าแต่ละชนิด นับว่าเป็นงานที่ค่อนข้างหนัก มีความยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากกว่าการหาสมการแอลโลเมตริกในสวนป่า เพราะต้องใช้ทั้งเวลา กำลังคน อุปกรณ์ และงบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากการคัดเลือกไม้ตัวอย่างจำเป็นต้องใช้ต้นไม้เป็นจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมขนาดชั้นความโตและชนิดของต้นไม้ในป่าแต่ละชนิด ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าป่าไม้ของประเทศไทยมีหลายประเภท แต่ละประเภทก็มีสังคมพืชหลักแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่นสังคมพืชป่าดงดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง เป็นต้น และในกลุ่มของสังคมพืชหลักดังกล่าวยังประกอบด้วยกลุ่มสังคมย่อยที่มีชนิดพันธุ์ไม้เด่นแตกต่างกันออกไป เช่น สังคมพืชป่าดิบแล้งในประเทศไทยสามารถแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 3 สังคม คือ สังคมเคี่ยมคะนอง สังคมตะเคียนหิน และสังคมยางแดง โดยพิจารณาจากชนิดพันธุ์ไม้เด่นและองค์ประกอบของหมู่ไม้ เป็นต้น การที่สังคมย่อยแต่ละสังคมมีความแตกต่างกันมากทั้งในเรื่องขององค์ประกอบของชนิดพันธุ์และองค์ประกอบของหมู่ไม้ จึงไม่ควรใช้สมการแอลโลเมตริกแทนซึ่งกันและกัน แต่เนื่องจากการศึกษามวลชีวภาพของป่าชนิดต่างๆ ในอดีตมีอยู่น้อย และในปัจจุบันการศึกษาทางด้านนี้ก็ดำเนินการต่อไปไม่ได้เนื่องจากการศึกษาจำเป็นต้องตัดต้นไม้จำนวนมากและมีขนาดใหญ่ที่อยู่ใน เขตอุทยานแห่งชาติ และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า จากข้อจำกัดต่างๆ ดังกล่าวจึงทำให้การศึกษาด้านมวลชีวภาพในป่าธรรมชาติของประเทศไทยขาดความต่อเนื่อง จึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จำเป็นต้องอาศัยสมการแอลโลเมตริกที่ได้ดำเนินการศึกษามาแล้วไม่น้อยกว่า 30-

40 ปี เพื่อใช้ในการประมาณผลผลิตของป่าธรรมชาติในปัจจุบันและการดำเนินการศึกษาผลผลิตของป่าธรรมชาติชนิดต่างๆ ในปัจจุบันจึงเน้นหนักไปทางด้านการศึกษาความเจริญเติบโตของหมู่ไม้ เช่น ขนาดความโต ความสูง พื้นที่หน้าตัด (basal area) และการวางกะบะเพื่อเก็บรวบรวมซากพืช เพื่อคำนวณหาการประเมินผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (net primary production, NPP) โดยที่นำเอาซากพืชที่เก็บได้ทั้งปี ไปรวมกับมวลชีวภาพของต้นไม้ที่คำนวณจากสมการแอลโลเมตริกที่เคยศึกษามาก่อน โดยคัดเลือกสมการที่มีชนิดป่าที่ใกล้เคียงกันเป็นตัวคำนวณ ซึ่งความถูกต้องแม่นยำยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอนว่ามีค่าคลาดเคลื่อนประมาณเท่าไรจากการศึกษาในครั้งนั้นๆ เพราะตรวจวัดโดยตัดต้นไม้เปรียบเทียบไม่ได้ ส่วนการศึกษาทางด้านความหลากหลายของชนิดพันธุ์ในป่าธรรมชาติเพื่อจำแนกสังคมพืชนั้น การศึกษาจำเป็นต้องใช้พื้นที่แปลงตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่กว่า การศึกษาด้านความเจริญเติบโตหลายเท่า แต่จำนวนแปลงตัวอย่างจะน้อยกว่า

ซิงชัย วิริยะบัญชา และคณะ (2544) การปรับสมการเพื่อการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าสักในประเทศไทย ได้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่สวนป่าไม้สักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ โดย 1) ตัดพื้นที่ไม้สักตัวอย่างจากสวนป่า ทองผาภูมิ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 3 ชั้นอายุ คือ 6, 14 และ 21 ปี จำนวน 15 ต้น สวนป่าศรีสัชนาลัย อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย จำนวน 3 ชั้นอายุ คือ 9, 13 และ 21 ปี จำนวน 18 ต้น และ 2) ข้อมูลไม้สักจากการตรวจเอกสาร ของสวนป่าแม่แจ่ม อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 2 ชั้นอายุ คือ 8 และ 21 ปี จำนวน 20 ต้น จากสวนป่าสบปลั่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง อายุ 14 ปี จำนวน 10 ต้น รวมเป็นต้นไม้ที่ใช้ในการศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 63 ต้น พบว่า ความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการแอลโลเมตริก ระหว่าง $DBH^2 Ht$ กับมวลชีวภาพของลำต้น (Ws), ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (Wt) และปริมาตรของลำต้น (Vs) ของไม้สักในแต่ละพื้นที่ที่มีแนวโน้มของรูปแบบสมการใกล้เคียงกันมาก และสามารถรวมเป็นสมการเดียวกันเพื่อใช้ในการประมาณหาผลผลิตของไม้สักในพื้นที่ต่างๆ ส่วนความสัมพันธ์ระหว่าง $DBH^2 Ht$ กับมวลชีวภาพของใบ (WI) และ กิ่ง (Wb) มีแนวโน้มการกระจายค่อนข้างมาก เนื่องจากขนาดและปริมาณของใบของไม้สักขึ้นอยู่กับอายุและระยะปลูกของต้นไม้ และกิ่งก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนของน้ำหนักของใบและกิ่งเมื่อเทียบกับของลำต้น คิดเป็นสัดส่วนที่น้อยจึงมีผลกระทบกับการคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (Wt) ค่อนข้างน้อย

Rusnák et al. (2017) ได้ทำแบบแผนการทำแผนที่ภูมิทัศน์แม่น้ำความละเอียดสูง โดยใช้เทคโนโลยี UAV ด้วยขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอน ดังนี้ 1. การสำรวจพื้นที่ที่ทำการวางแผนไว้ 2. ออกภาคสนามก่อนบิน 3. ภารกิจการบิน 4. การตรวจสอบคุณภาพและการประมวลผลข้อมูลทางอากาศ 5. การดำเนินงาน การประมวลผลและการทำแผนที่ภูมิประเทศ พวกเขาใช้แม่น้ำ Belá

จากการสำรวจพื้นที่ knickzone ความยาว 1.6 กิโลเมตร ในภาคเหนือของ Slovakia เป็นพื้นที่ศึกษา โดยใช้ Multirotor UAVs (HiSystem Hexakopter XL) ขนาดเล็กที่ติดตั้งกล้อง Sony NEX 6 พร้อมเลนส์มาตรฐานขนาด 16-50 มม. เลนส์ที่ใช้สำหรับการจับภาพ ภาพทั้งหมดถูกถ่ายที่ ความยาวโฟกัส 16 มม. ให้มุมมอง 82 ° UAV ได้ติดตั้ง First Person View (FPV) เพื่อกำหนดเป้าหมายภาพและตรวจสอบเส้นทางการบิน ซึ่งจะให้มุมมองแบบสดสำหรับส่งวิดีโอจากกล้อง CCD ขนาดเล็ก UAV ไปยังสถานีภาคพื้นดินพร้อมจอแสดงผลภายนอกและแผนที่ Google สำหรับการแปลตำแหน่ง ซอฟต์แวร์ Agisoft PhotoScan ที่รันบน workstation หลัก 4 แกน Intel i7 พร้อม แรม 32 GB และ การ์ดจอ 2 GB แล้วทำการประมวลผลภาพ วิธีการของพวกเขา คือ การสำรวจพื้นที่ทำให้สถานที่ตั้งของจุดจุด เชื่อมโยงไปถึงหกแห่งบนพื้นหุบเขาด้านบนซึ่งดีสำหรับการควบคุมการบินด้วยภาพ UAV โดยมีการเชื่อมโยงกันของแนวบินในพื้นที่ป่าและทุ่งหญ้า จากนั้นทำการวัดค่า GCPs ทั้งหมด 38 GCPs (GCP 20, Check point 18) โดยใช้ RTK GPS ของเสาอากาศ GG03 และ Leica Zeno 5 ที่มีความแม่นยำประมาณ 1-2 ซม. ภาพได้จากกล้อง Sony NEX6 ที่คำนวณรูรับแสงอัตโนมัติ โดยตั้งความเร็วชัตเตอร์ 1/1200 ในแสงแดดที่ดีและ 1/800 ในสภาวะที่มีเมฆมาก จากนั้นทำการวิเคราะห์สิ่งปกคลุมดิน แยกประเภท ผลที่ได้คือ ภาพ orthophotomosaic ความละเอียดสูง แผนที่เส้นทางการไหลของน้ำและปริมาตรเศษซากไม้ ข้อเสนอแนะคือ ขั้นตอนการดำเนินการทำขั้นตอนได้เสนอไปข้างต้นนั้นก่อนที่จะทำการบินนั้น ควรที่จะได้รับการยอมรับด้วยกฎหมายและกฎการสำรวจภาคสนาม รวมถึงการได้รับอนุญาตให้สำรวจในพื้นที่เขตคุ้มครองหรือทรัพย์สินส่วนบุคคล และข้อกำหนดเฉพาะสำหรับพื้นที่ต่างๆ ซึ่งมีข้อบังคับที่แตกต่างกันจำเป็นต้องปฏิบัติตามคำแนะนำก่อนการบินจากเจ้าหน้าที่การบินและตรวจสอบให้แน่ใจว่าภารกิจการบินปฏิบัติตามกฎระเบียบที่กำหนดไว้

Huilin Liang et al. (2017) ได้ศึกษาการใช้ข้อมูลยานยนต์ไร้คนขับเพื่อประเมินปริมาณสีเขียวสามมิติของพื้นที่สีเขียวในเมือง โดยพวกเขาต้องการหาปริมาณของพื้นที่สีเขียว หรือ 3DGQ บริเวณสวนสาธารณะในเมืองจีน ตะวันออกเฉียงใต้ วิธีการคือ ทำแผนที่จากกระบวนการโฟโตแกรม ได้ภาพ Orthophoto map จากนั้นใช้บันทึกข้อมูลในอดีตของสวนสาธารณะนี้ และข้อมูลการสำรวจภาคสนามในการวิเคราะห์และตีความเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลรายละเอียดต้นไม้ เช่น สายพันธุ์ของต้นไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เพื่อนำไปใช้ในการหาความสูงของยอดต้นไม้ เมื่อเสร็จกระบวนการเหล่านี้ ผลที่ได้ก็จะเป็น 3DGQ หรือ ปริมาณของพื้นที่สีเขียวในรูปแบบ 3 มิติ และชนิดของสายพันธุ์ต้นไม้ในพื้นที่สวนสาธารณะในเมืองจีน

Lizuka Kotaro et al. (2017) การศึกษาวิธีการวัดค่าพารามิเตอร์ชีวฟิสิกส์อย่างถูกต้อง การศึกษาค่าพารามิเตอร์ เป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินผลเชิงปริมาณของการใช้ป่า ใน

ลักษณะต่างๆ ซึ่งการวัดค่าในพื้นที่ตามปกติ พารามิเตอร์เหล่านี้ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งต้องเผชิญกับความยากลำบากในสถานที่ที่มี microtopography ต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลทางชีวฟิสิกส์ที่แม่นยำในสถานการณ์เช่นนี้ จึงได้นำอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ประเภท multirotor ไปใช้ในป่าไซปรัสซึ่งเป็นพื้นที่ที่เป็นภูเขาอยู่ในประเทศญี่ปุ่น โครงสร้างจากการเคลื่อนที่ (SfM) ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D) ของโครงสร้างป่า จากภาพถ่ายทางอากาศ ความสูงของต้นไม้ถูกประมาณจากแบบจำลอง 3 มิติและเปรียบเทียบกับข้อมูลดินในบริเวณ นอกจากนี้เรายังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทางชีวฟิสิกส์เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของต้นไม้แต่ละต้นที่ได้จากพื้นที่ที่วัดได้จากภาพที่ได้ด้วยวิธี orthorectified แม้จะมีข้อจำกัดของการสัมผัสพื้นดินในพื้นที่ป่าหนาแน่นสูง ความสูงของต้นไม้มีความถูกต้องของค่าความผิดพลาดของรากเฉลี่ย = 1.712 เมตรสำหรับความสูงของต้นไม้ที่สังเกตได้ตั้งแต่ 16 ถึง 24 เมตร DBH มีความสัมพันธ์กับความกว้างของหลังคา ($R^2 = 0.7786$) และพื้นที่หลังคา ($R^2 = 0.7923$) โดยที่ DBH มีค่าตั้งแต่ 11 ถึง 58 ซม. ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ป่าไม้ระบุว่าสามารถใช้วิธีการตรวจจักระยะไกลโดยใช้เสียงพิมพ์เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตของโครงสร้างป่าได้อย่างแม่นยำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากพื้นที่สวนสักปลูก และตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับความสูงของต้นสักจากภาคสนาม สร้างสมการถดถอยเพื่อใช้ในการประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ในเขตพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

- 3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- 3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม
- 3.3 การสร้างข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 การเตรียมความพร้อม

3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 3.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ลำดับ	ข้อมูล/อุปกรณ์	ประเภท	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
1	ภาพถ่ายทางอากาศ	ราสเตอร์	DJI Phantom 4 Advanced
2	ความสูงจริงของต้นสัก (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH)	เวกเตอร์	พื้นที่ศึกษา สวนสัก ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก





ลิขสิทธิ์ในมหาวิทยาลัยนเรศวร
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ตาราง 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูล/อุปกรณ์	ประเภท	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
3	DJI Phantom 4 Advanced	multirotor	ความละเอียดภาพนิ่ง : 20 Mega-Pixel คลื่นความถี่ 2.4 2.483 GHz ระบุตำแหน่งดาวเทียม GPS / GLONASS น้ำหนัก 1,368 กรัม แบตเตอรี่ 6000 mAh
			
4	โน้ตบุ๊ก Acer Nitro AN515-52	Notebook	Windows 10 RAM 16.0 GB Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU@2.30GHz 64-bit
			
5	กล้องวัดความสูงต้นไม้อัตโนมัติ (Haga hypsometer)	อุปกรณ์	ทำงานโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง ตัวมาตราส่วนเส้นฐานสามารถกำหนดค่าได้โดยผู้ใช้ ส่วนความยาวของเส้นฐานนั้นสามารถปรับได้ตามต้องการเช่นเดียวกัน สามารถหาระยะความยาวได้ตั้งแต่ 15,20,25 หรือ 30 หลา/เมตร
			
6	เทปวัดระยะทาง (Tape)	อุปกรณ์	เทปมีความยาว 60 เมตร มีตัวเลขบอกทุกระยะ 1 เซนติเมตร และขีดแบ่งย่อยทุกๆ 2 มิลลิเมตร หน้ากว้างของเส้นเทปไม่เกิน 13 มิลลิเมตร และหนาไม่เกิน 0.5 มิลลิเมตร
			

ตาราง 3.1 (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูล/อุปกรณ์	ประเภท	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
7	Excel 	Software	อำนวยความสะดวกในด้านการคำนวณต่าง ๆ เช่น การหาผลรวมของตัวเลขจำนวนมาก การหาค่าทางสถิติ เป็นต้น สร้างแผนภูมิ (Chart) ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแสดงและการเปรียบเทียบ ข้อมูลได้หลายรูปแบบ
8	SPSS 	Software	โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูง ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้สถิติประเภทต่าง ๆ และแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปแบบของตาราง หรือแผนภูมิชนิดต่าง ๆ ได้ทั้งแบบ 2 มิติ และ 3 มิติ
9	Pix4D Mapper 	Software	สร้างแผนที่ 2D และโมเดล 3D ที่มีความแม่นยำสูง จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ รุ่นทดลองใช้ฟรี 15 วัน
10	ArcGIS  ArcGIS	Software	ArcGIS รุ่น 10.3.1 โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

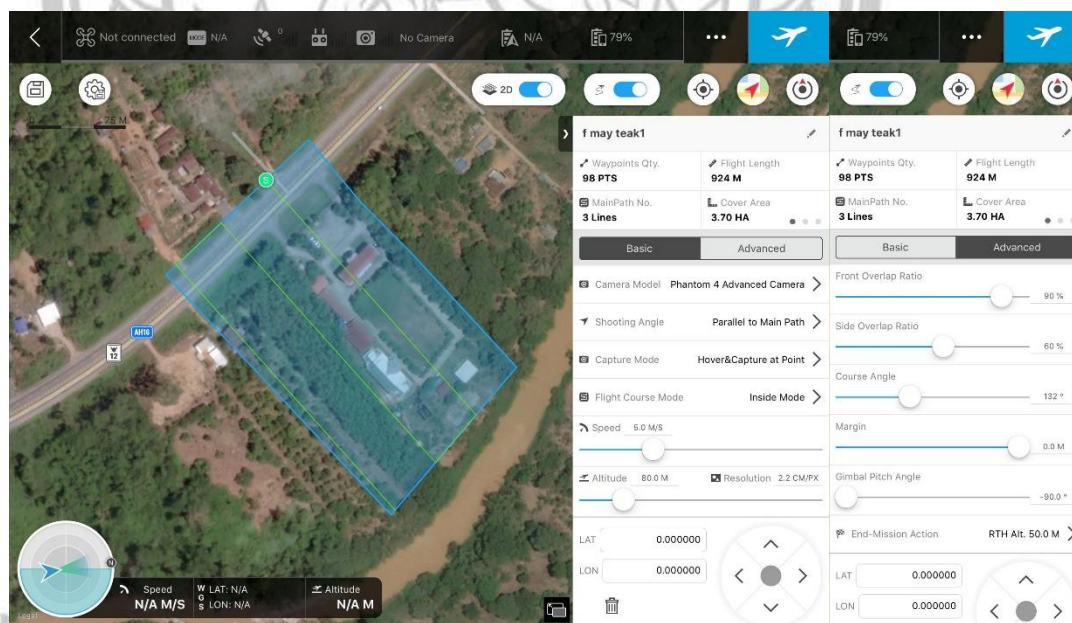
All rights reserved

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลความสูงของต้นสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้ในการวางแผนแนวมบินที่เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ศึกษา เมื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาชัดเจนแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวางแผนแนวมบินด้วยแอปพลิเคชัน DJI GS Pro และใช้อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ DJI Phantom 4 Advanced ในการบินถ่ายภาพพื้นที่ศึกษา ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดให้อากาศยานไร้คนขับ บินที่ระดับความสูง 80 เมตรจากพื้นดิน และจำนวนแนวมบิน 3 แนว ในส่วนของการถ่ายภาพนั้นกำหนดให้ มีส่วนซ้อน 90% ของภาพ (Overlap) และส่วนเกย 60% ของภาพ (Sidelay) ความเร็วในการถ่ายภาพ เท่ากับ 5 เมตรต่อวินาที ครอบคลุมพื้นที่ 3.70 เฮกเตอร์ ระยะทางในการบินถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับ 924 เมตร จากแนวมบินได้ภาพทั้งหมด 90 ภาพ (ดังภาพ 3.1)



ภาพ 3.1 แผนแนวมบินจากแอปพลิเคชัน DJI GS Pro

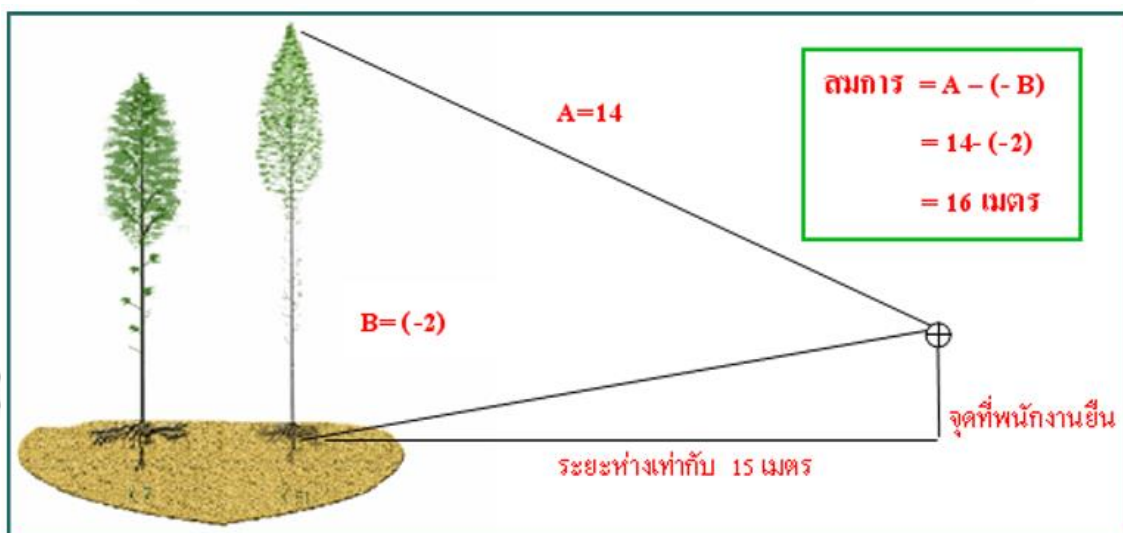
3.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นสัก

โดยผู้วิจัยได้ทำการสุ่มต้นสักในพื้นที่ศึกษาจำนวน 30 ต้น (ดังภาพ 3.2) เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นสักที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสัก ซึ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกนั้น ได้มาจากการวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นสักที่ความสูง 1.30 เมตรจากพื้นดิน แล้วจึงนำไปคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง อนุ

กรณีที่ใช้ในการวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นสัก คือ สายวัดหรือเทปวัดระยะ ส่วนความสูงของต้นสักนั้น วัดได้จากกล้องวัดความสูงต้นไม้ (Haga hypsometer) โดยการวัดระยะห่างจากผู้วัดถึงต้นสัก จากนั้นตั้งสเกลด้านข้างว่ายืนห่างจากต้นสักเท่าไร เช่น 15 , 20 , 25, หรือ 30 เมตร เมื่อหาจุดที่ยืนวัดได้แล้ว ก็เริ่มวัดความสูงของต้นสัก โดยเล็งผ่าน ช่องเล็ง ผ่านช่องวงกลม ให้แนวขวางในวงกลมตัดยอดไม้ แล้วเก็บค่าที่อ่านได้ จากนั้นเล็งไปที่โคนให้แนวขวางในวงกลมตัดที่โคนต้นไม้ แล้วเก็บค่าที่อ่านได้ เมื่อได้ค่าจากยอดไม้และโคนต้นแล้ว จึงนำค่าที่อ่านได้มาลบกัน จะเป็นค่าความสูงของต้นสักมีหน่วยเป็น เมตร (ดังภาพ 3.3)



ภาพ 3.2 ตำแหน่งของต้นสักที่ได้จากการสุ่มจำนวน 30 ต้น



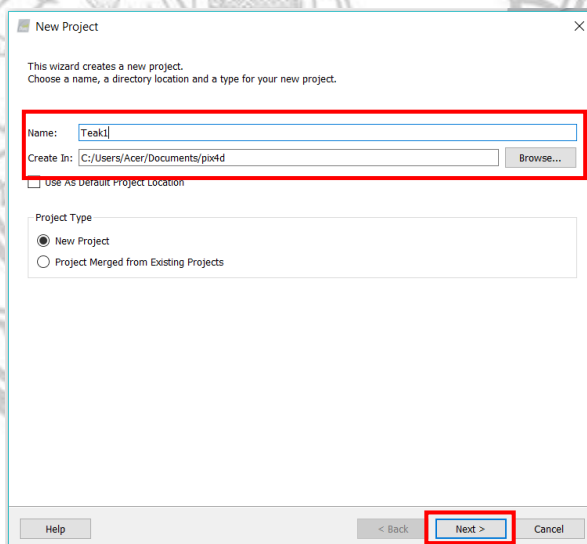
ภาพ 3.3 ตำแหน่งการยืนวัดความสูง

3.3 การสร้างข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

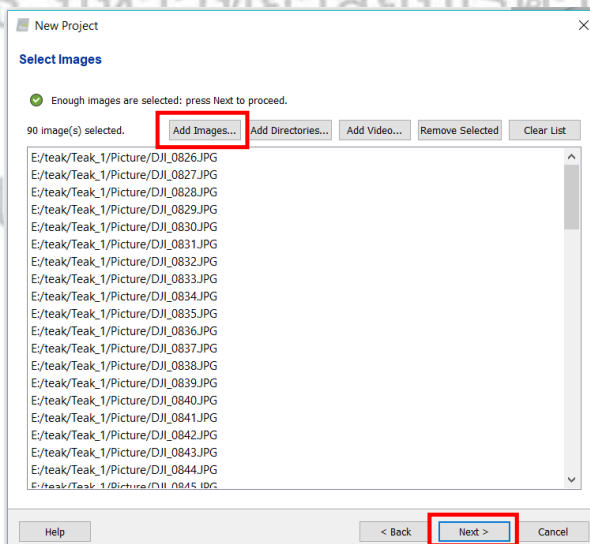
ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม Pix4D Mapper ในการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ โดยมีขั้นตอนการประมวลผล ดังนี้

3.3.1 การประมวลผลภาพถ่ายด้วย Pix4D Mapper

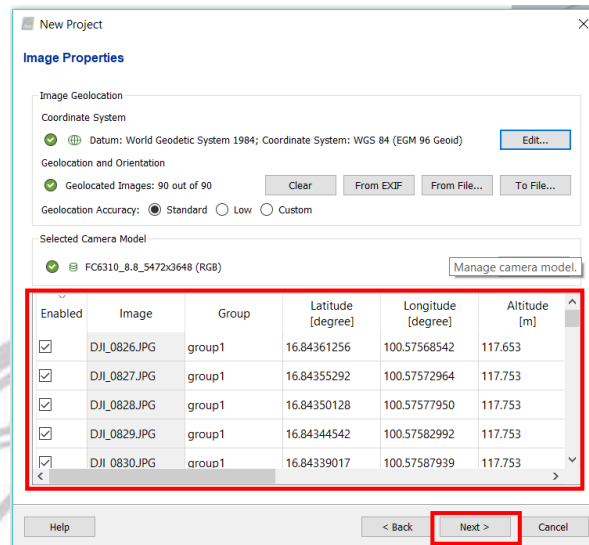
เปิดโปรแกรม Pix4D Mapper ขึ้นมา จากนั้นทำการ สร้างโปรเจคใหม่ โดยเลือกที่ New Project ซึ่งจะปรากฏหน้าต่างแรก ในหน้าต่างแรกนั้นเป็นการตั้งชื่อโปรเจคและเลือกที่เก็บ (ดังภาพ 3.4) จากนั้นคลิก Next เพื่อไปหน้าต่างถัดไป ในหน้าต่างที่ 2 เป็นการนำเข้าภาพถ่าย โดยเลือกที่ Add Images...> เลือกภาพถ่ายที่ต้องการ > Next (ดังภาพ 3.5) หน้าต่างที่ 3 เป็นหน้าที่แสดงข้อมูลภาพถ่ายในแต่ละภาพ เช่น ค่าLatitude ค่าLongitude และค่า Altitude (ดังภาพ 3.6) หน้าต่างที่ 4 เลือกค่าพิกัดให้เป็น Auto Detected: WGS84/ UTM Zone 47N (ดังภาพ 3.7) และ หน้าต่างสุดท้าย เลือกแบบการประมวลผล 3D Maps จากนั้นคลิก Finish (ดังภาพ 3.8)



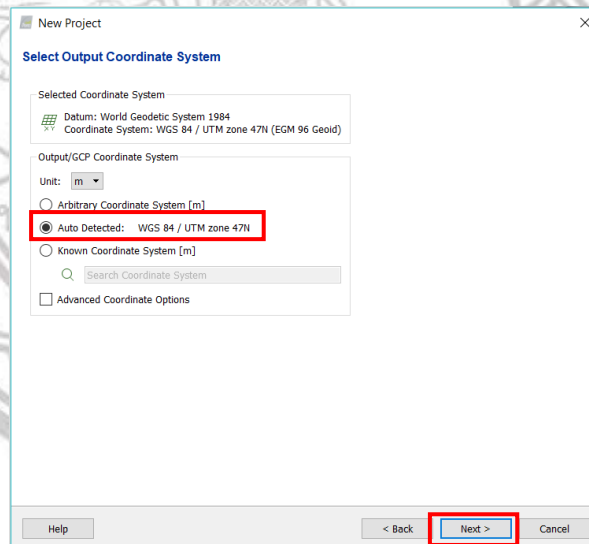
ภาพ 3.4 การสร้างโปรเจคใหม่



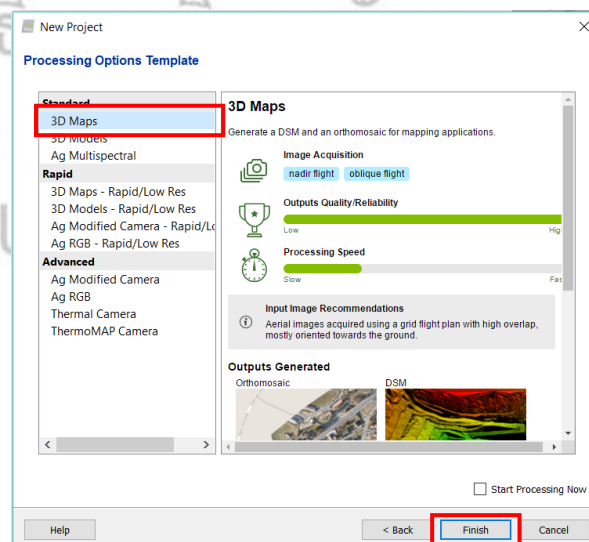
ภาพ 3.5 การนำเข้าภาพถ่าย



ภาพ 3.6 ข้อมูลภาพถ่ายแต่ละภาพ



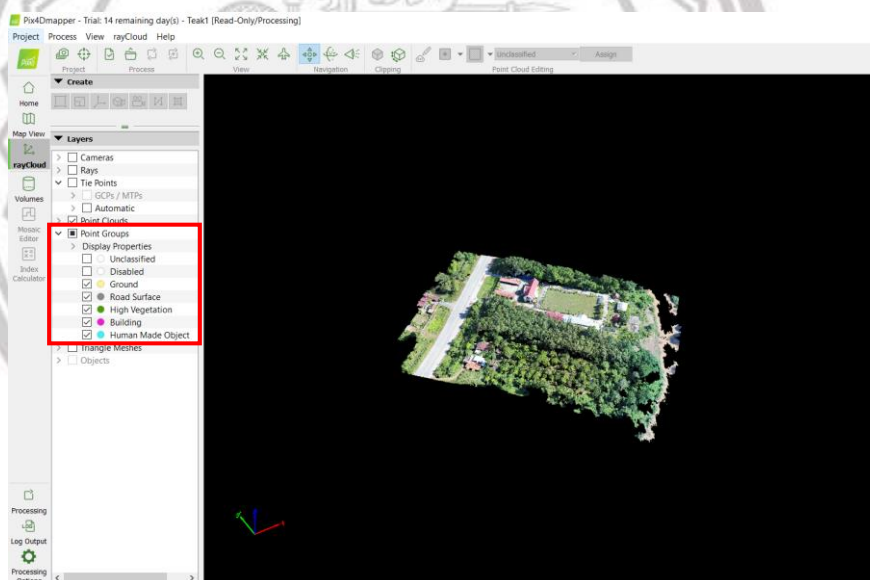
ภาพ 3.7 การนำเข้าภาพถ่าย



ภาพ 3.8 การนำเข้าภาพถ่าย

3.3.2 การแยกชั้นข้อมูล

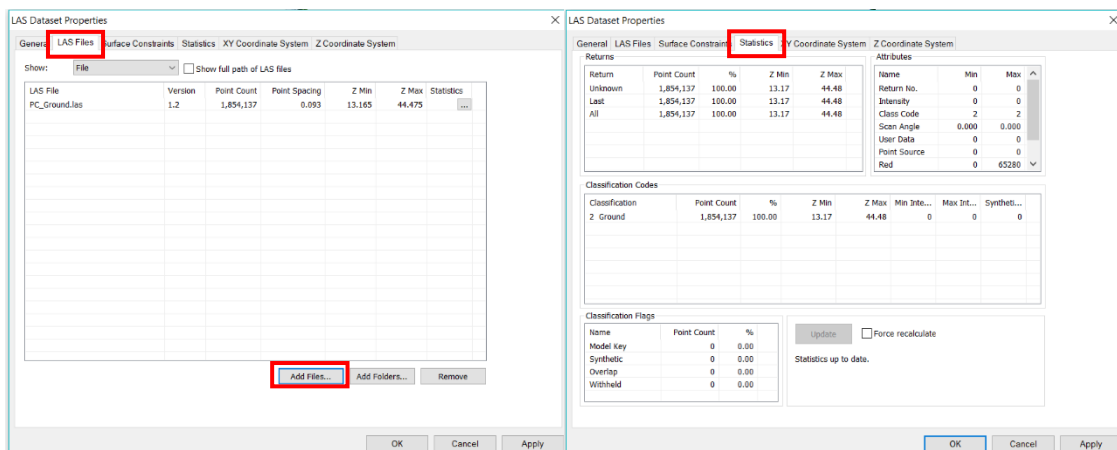
ทำการแยกชั้นข้อมูล Point Cloud โดยไปที่ Proess > Run Point Cloud Classification เมื่อแยกแล้วจะได้ชั้นต่างๆ ดังนี้ Ground, Road Surface, High Vegetation, Building และ Human Made Object (ดังภาพ 3.9) ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยต้องการใช้ข้อมูลพื้นดินหรือแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Terrain Model, DTM) และแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model, DSM) เพื่อนำไปคำนวณหาแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม (Canopy height model, CHM) โดยการส่งออกข้อมูลนั้น คลิกขวาที่ Point Clouds > Export Point Clouds จากนั้นเลือกเฉพาะชั้นข้อมูล Ground แล้วเลือกนามสกุลไฟล์เป็น .Las



ภาพ 3.9 ชั้นข้อมูล Point Cloud

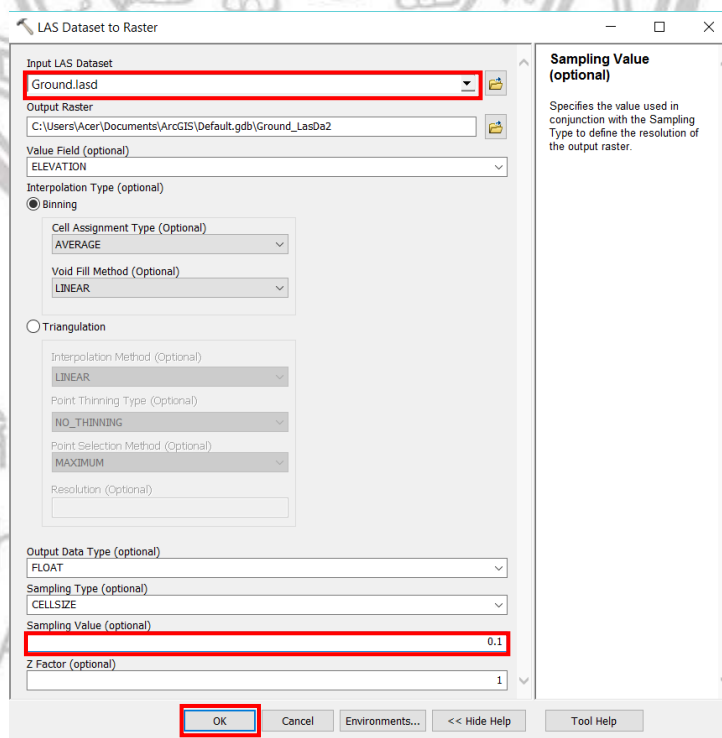
3.3.3 การแปลงข้อมูลภาพถ่าย

เมื่อส่งออกชั้นข้อมูล Ground ที่มีนามสกุลเป็น .LAS แล้วนั้น เราต้องการแปลงไฟล์ .LAS ให้เป็นไฟล์ Raster โดยกระบวนการจากนี้เราจะใช้โปรแกรม ArcGIS ในการประมวลผลข้อมูล เริ่มจากการสร้าง Las dataset เพื่อใช้สำหรับจัดเก็บชั้นข้อมูล Point Cloud ที่อยู่ในรูปแบบ LAS files โดยคลิกขวาที่โฟลเดอร์ > New > Las dataset เมื่อได้ชั้นข้อมูล Las dataset แล้วจากนั้นเราต้องการเพิ่มชั้นข้อมูลเข้าไป โดยคลิกขวาที่ Las dataset > Properties > LAS File > Add File แล้วนำเข้าชั้นข้อมูล Ground.Las (ดังภาพ 3.10) จากนั้นคลิกที่ Statistics > Calculate เพื่อคำนวณค่าสถิติของข้อมูล Point Cloud (ดังภาพ 3.11)



ภาพ 3.10 การนำเข้าชั้นข้อมูล Ground.Las และผลการคำนวณค่าสถิติของข้อมูล Point Cloud

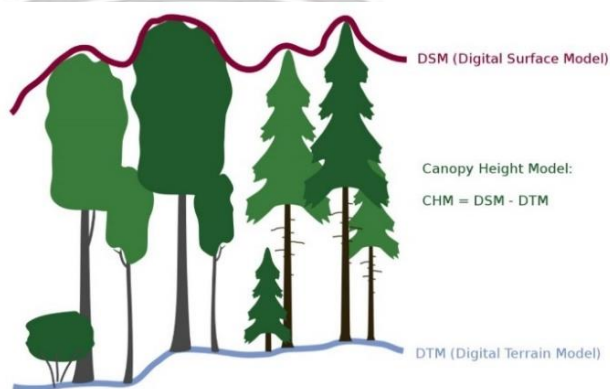
จากนั้นทำการแปลงไฟล์ .LAS ให้เป็นไฟล์ Raster โดย Search > เครื่องมือ Las dataset to Raster จากนั้น Input LAS Dataset เป็นชั้น Ground.lasd เลือกว่าเก็บและตั้งค่า Sampling Value เท่ากับ 0.1 (ดังภาพ 3.11)



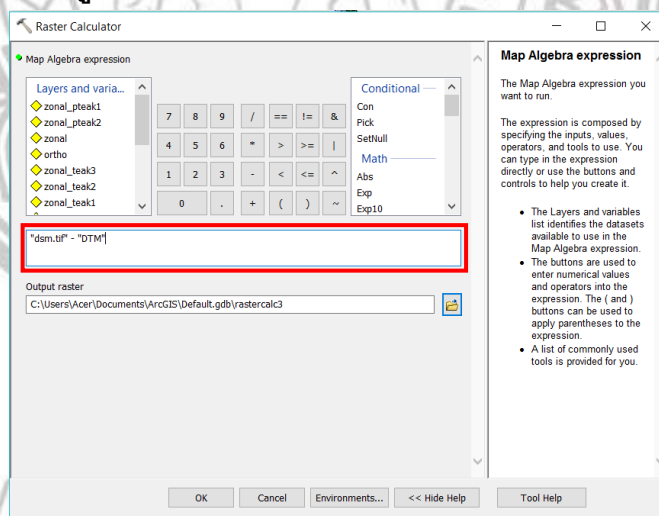
ภาพ 3.11 การตั้งค่าเครื่องมือใน Las dataset to Raster

3.3.4 การสร้างแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยต้องการแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม (Canopy height model, CHM) เพื่อใช้ประมาณค่าความสูงของต้นสักมีสูตรการคำนวณ (ดังภาพ 3.12) ซึ่งผู้วิจัยใช้เครื่องมือ Raster Calculator ในโปรแกรม ArcGIS ในการคำนวณ โดยเข้าไปที่ Search > เครื่องมือ Raster Calculator > ใส่ชั้นข้อมูลตามสูตร (ดังภาพ 3.13)



ภาพ 3.12 สูตรการคำนวณ CHM (ที่มา : www.researchgate.net)



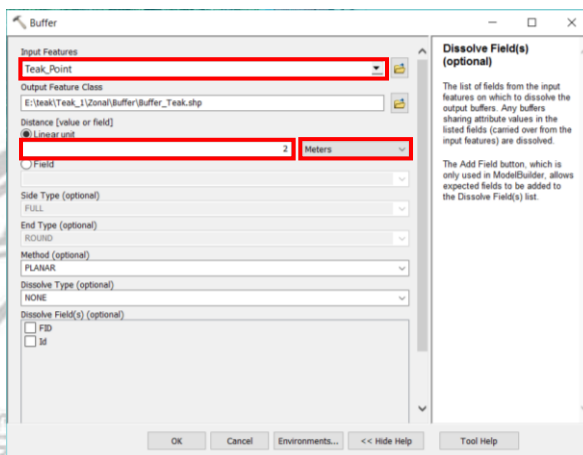
ภาพ 3.13 การคำนวณหา CHM ด้วยเครื่องมือ Raster Calculator

3.3.5 การหาข้อมูลความสูงของต้นสักจากแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม

การคำนวณหาค่าความสูงของต้นสักจากแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม โดยใช้เทคนิคการคำนวณด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics ซึ่งเครื่องมือนี้เป็นการคำนวณหาค่าสูงสุดภายในรัศมี 2 เมตร ณ จุดเรือนยอดของต้นสักที่สามารถมองเห็นได้จากภาพออร์โธ โดยมีขั้นตอนดังนี้

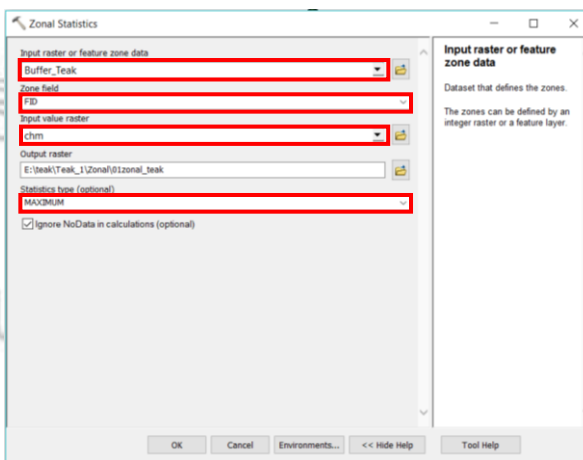
- 1) สร้างจุดตามตำแหน่งของต้นสักที่ได้จากการสุ่มไว้ในภาคสนามจำนวน 30 จุด

2) สร้าง Buffer ออกจากข้อมูลจุดกึ่งกลางทรงพุ่ม 2 เมตร โดยไปที่ Geoprocessing > Buffer > Input Teak_Point > Distance Linear unit 2 meters (ดังภาพ 3.14) โดยในระยะรัศมี 2 เมตรนี้คือขนาดทรงพุ่มของต้นสักที่ไม่ส่วนซ้อนส่วนเกยจากต้นอื่น

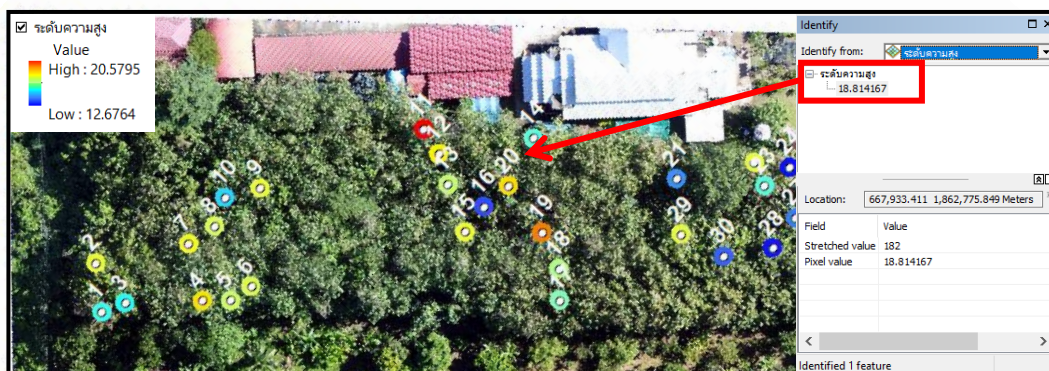


ภาพ 3.14 การสร้าง Buffer

3) ทำการคำนวณหาค่าความสูงของต้นสักจากแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม(CHM) ภายในรัศมี 2 เมตร ณ จุดเรือนยอดของต้นสัก โดยใช้เทคนิคการคำนวณด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics ทำได้โดยไปที่ ArcToolbox > Spatial Analyst Tool > Zonal > Zonal Statistics > Input raster : Buffer_Teak > Zone field : FID > Input value raster : CHM > Output : เลือกที่เก็บ/ตั้งชื่อ > Statistics Type : MAXIMUM (ดังภาพ 3.15) การดูผลการคำนวณค่าความสูงทำได้โดยใช้เครื่องมือ Identify (ดังภาพ 3.16)



ภาพ 3.15 การคำนวณหาความสูงของต้นสักด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics



ภาพ 3.16 ผลการคำนวณค่าความสูงด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

เมื่อได้ค่าความสูงของต้นสักจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศแล้ว ผู้วิจัยจึงนำเอาค่าความสูงที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการศึกษาระดับความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด (ดังสมการ 3.1) ซึ่งการบอกระดับของความสัมพันธ์นั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการบอก หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย สำหรับการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้เกณฑ์ดังตาราง 3.2 (Hinkle, 1998)

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum(xi^2 - n\bar{x}^2)} \sqrt{\sum(yi^2 - n\bar{y}^2)}} \quad (\text{สมการ 3.1})$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

x = ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ

y = ความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

\bar{x} = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x

\bar{y} = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร y

ตาราง 3.2 เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาระดับของความสัมพันธ์

ค่า r	ระดับของความสัมพันธ์
.90 - 1.00	มีความสัมพันธ์กันสูงมาก
.70 - .90	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
.50 - .70	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
.30 - .50	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
.00 - .30	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก

3.4.2 การตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

การตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนามข้อมูลภาคสนามซึ่งได้จากการสุ่มเลือกต้นสักภายในพื้นที่ จำนวน 30 ต้น เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean Squared Error, RMSE) ของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนาม จากสูตรคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง(สมการ 3.2)

(สมการ 3.2)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}}$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

x = ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ

y = ความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

3.4.3 การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

เมื่อได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนามแล้วนั้น ผู้วิจัยพบว่าความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงที่ได้จากภาคสนามนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาค่าความสูงของต้นสักที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้

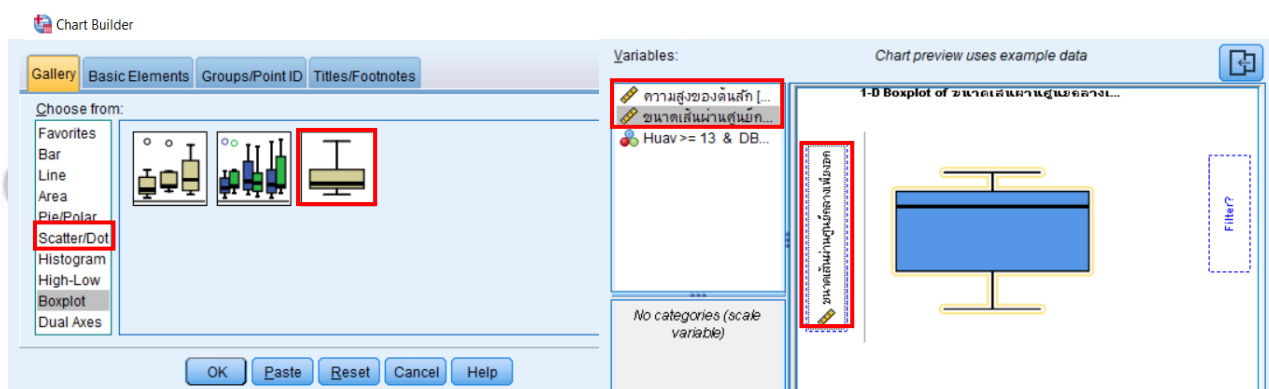
คนขับ (สมการ 3.1) ซึ่งใช้เกณฑ์การพิจารณาระดับความสัมพันธ์ ดังตาราง 3.2 จากนั้นผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์สมการถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression) เพื่อใช้ในการพยากรณ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกของต้นสัก ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม SPSS ในการวิเคราะห์สมการถดถอยอย่างง่ายมีขั้นตอน ดังนี้

1) นำเข้าข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกของต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนามและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในโปรแกรม SPSS จากนั้นสร้างสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยใช้คำสั่ง Analyze > Descriptive Statistics > Descriptive... จะเห็นว่าค่าความเบ้และค่าความโด่งนั้นเกิน 1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงค่าผิดปกติของข้อมูล (ตาราง 3.3)

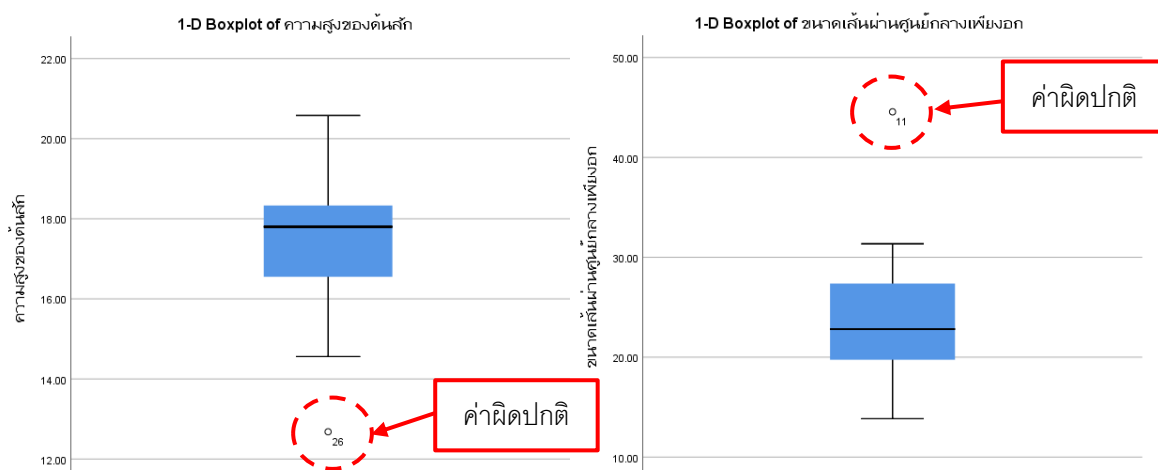
ตาราง 3.3 ค่าผิดปกติของข้อมูล

Descriptive Statistics									
	N Statistic	Minimum Statistic	Maximum Statistic	Mean Statistic	Std. Deviation Statistic	Skewness Statistic	Std. Error	Kurtosis Statistic	Std. Error
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก	30	13.85	44.56	23.8733	5.77337	1.486	.427	4.628	.833
ความสูงของต้นสัก	30	12.68	20.58	17.2797	1.73371	-.655	.427	.428	.833
Valid N (listwise)	30								

2) ตรวจสอบค่าผิดปกติของข้อมูลด้วย Box plot เพื่อดูว่าต้นสักต้นไหนที่มีค่าผิดปกติของข้อมูล โดยใช้คำสั่ง Graphs > Chart Builder > Choose From : Boxplot > ใส่ข้อมูลที่ต้องการดูที่ละชุด (ดังภาพ 3.17) จะเห็นว่าต้นสักที่ 26 และ 11 นั้นมีค่าผิดปกติของข้อมูลจากการตรวจสอบด้วย Box plot (ดังภาพ 3.18)

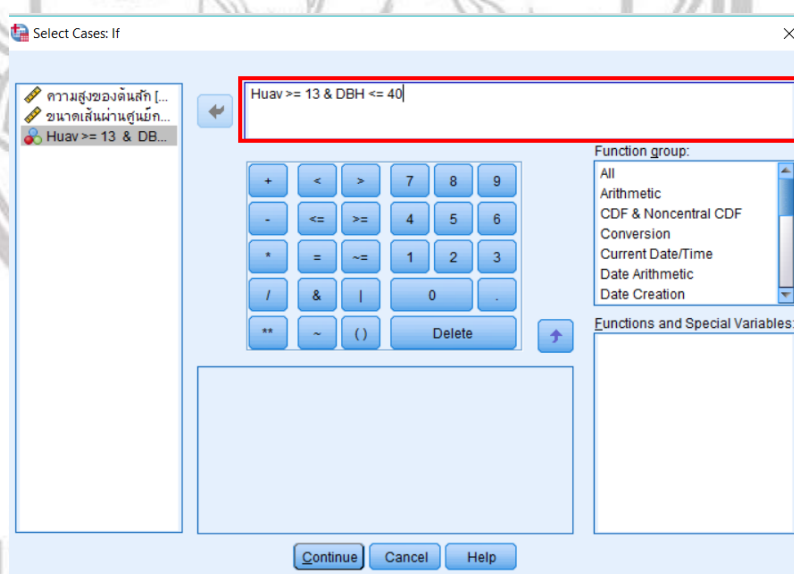


ภาพ 3.17 การสร้าง Box plot



ภาพ 3.18 ค่าผิดปกติของข้อมูลจากการตรวจสอบด้วย Box plot

3) ทำการตัดค่าผิดปกติ (Outlier case) โดยใช้คำสั่ง Data > Select Cases > If condition is satisfied > If > ตัดค่าผิดปกติออก > Continue (ดังภาพ 3.19)



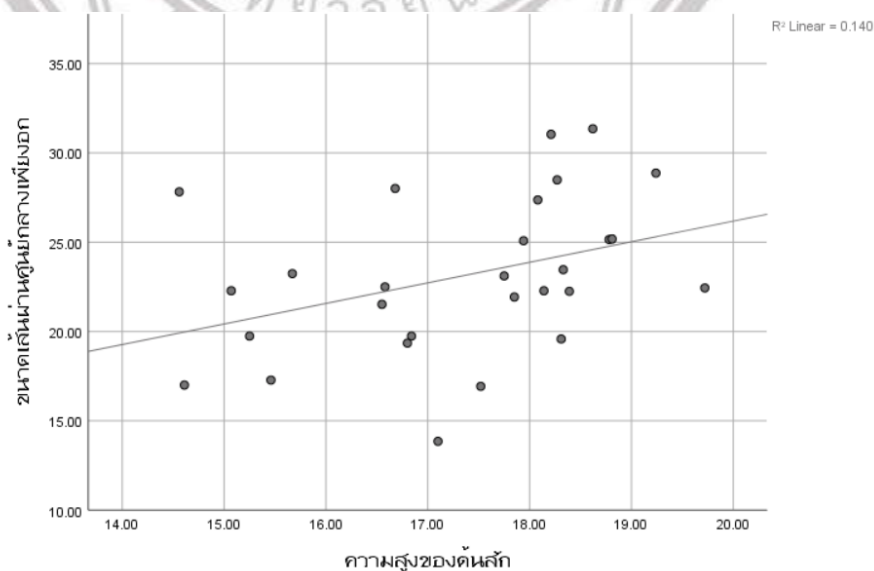
ภาพ 3.19 คำสั่งการตัดค่าผิดปกติ

4) เปรียบเทียบสถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) ก่อนตัดค่าผิดปกติและหลังตัดค่าผิดปกติ จะเห็นได้ว่าค่า n มีการเปลี่ยนแปลงจาก 30 เหลือ 28 ตัว ค่า Minimum ในชุดข้อมูลความสูงมีค่าเพิ่มขึ้น ค่า Maximum Mean และค่า Stb. Deviation มีค่าที่ลดลงทั้งสองชุดข้อมูล ส่วนค่าความเบ้และค่าความโด่งนั้นก็ไม่มีค่าที่เกิน 1 (ดังตาราง 3.4)

ตาราง 3.4 เปรียบเทียบสถิติพรรณนาก่อนตัดค่าผิดปกติและหลังตัดค่าผิดปกติ

Descriptive Statistics									
ก่อนตัดค่าผิดปกติ	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก	30	13.85	44.56	23.8733	5.77337	1.486	.427	4.628	.833
ความสูงของต้นสัก	30	12.68	20.58	17.2797	1.73371	-.655	.427	.428	.833
Valid N (listwise)	30								
หลังตัดค่าผิดปกติ	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Skewness		Kurtosis	
	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก	28	13.85	31.35	23.1014	4.39336	.049	.441	-.392	.858
ความสูงของต้นสัก	28	14.56	19.72	17.3261	1.42799	-.531	.441	-.671	.858
Valid N (listwise)	28								

5) ทำการพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกของต้นสัก โดยไปที่คำสั่ง Graphs > Chart Builder > Choose From : Scatter/Dot > โดยใส่ข้อมูลความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับในแกน x (ตัวแปรอิสระ) และใส่ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกของต้นสักในแกน y (ตัวแปรตาม) ดังภาพ 3.20



ภาพ 3.20 ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกของต้นสัก

6) ตรวจสอบผลค่าสหสัมพันธ์ (Correlations) โดยใช้คำสั่ง Analyza > Correlate > Bivariate > Variables : ชุดข้อมูลความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก > Correlation : Pearson > OK จะเห็นได้ว่าความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร่คนขับมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตาราง 3.5 ตรวจสอบผลค่าสหสัมพันธ์ (Correlations)

		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ความสูงของต้นสัก
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	Pearson Correlation	1	.374 [*]
	Sig. (2-tailed)		.050
	N	28	28
ความสูงของต้นสัก	Pearson Correlation	.374 [*]	1
	Sig. (2-tailed)	.050	
	N	28	28

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

7) ผลการวิเคราะห์ถดถอย (Regression) ทำได้โดยใช้คำสั่ง Analyza > Regression > Linear > Dependent : ชุดข้อมูลความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร่คนขับ > Independent : ชุดข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก > OK จากผลการวิเคราะห์ถดถอย นั้นพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก เท่ากับ 0.37 เมตร ความสูงของต้นสักสามารถอธิบายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสักได้ร้อยละ 14 (ดังตาราง 3.6) และได้สมการถดถอยอย่างง่าย ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ (Regression Coefficient) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์นั้นใช้อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปร x และตัวแปร y กำหนดให้ปัจจัยอื่น ๆ คงที่ เมื่อ x เพิ่มขึ้น 1 หน่วย y จะเปลี่ยนแปลงไป b หน่วย (ดังสมการ 3.3)

$$Y = 3.140 + 1.512X \quad (\text{สมการ 3.3})$$

เมื่อ $Y =$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (ตัวแปรตาม)
 $X =$ ความสูงที่ได้จากอากาศยานไร่คนขับ (ตัวแปรอิสระ)

ตาราง 3.6 ผลการวิเคราะห์ถดถอย (Regression)

Regression					
Variables Entered/Removed^a					
Model	Variables Entered	Variables Removed	Method		
1	ความสูงของต้นสัก ^b	.	Enter		

a. Dependent Variable: ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก
b. All requested variables entered.

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.374 ^a	.140	.107	4.15128

a. Predictors: (Constant), ความสูงของต้นสัก

ANOVA^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	73.082	1	73.082	4.241	.050 ^b
	Residual	448.062	26	17.233		
	Total	521.143	27			

a. Dependent Variable: ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก
b. Predictors: (Constant), ความสูงของต้นสัก

Coefficients^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.140	9.725		.323	.749
	ความสูงของต้นสัก	1.152	.559	.374	2.059	.050

a. Dependent Variable: ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออก

3.4.4 การประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก

การประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินนั้น ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าเฉลี่ยต่อต้น จากความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ที่ได้จากการสุ่มต้นสักจำนวน 30 ต้น เพื่อใช้ในการประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสักในพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งในพื้นที่ศึกษามีขนาดพื้นที่ประมาณ 4.416 ไร่ ใน 1 ไร่ มีต้นสักประมาณ 110 ต้น เนื่องจากต้นสักมักปลูกห่าง ผู้วิจัยจึงนำเอาขนาดพื้นที่ศึกษาคูณด้วยจำนวนต้นสัก จึงทำให้มีต้นสักในพื้นที่ประมาณ 486 ต้น จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการหาค่าเฉลี่ยต่อต้น จากการประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ที่ได้จากการสุ่มต้นสักจำนวน 30 ต้น ด้วยสมการแอลโลเมตรี (ซิงชัย, 2544) (ดังสมการ 3.4)

$$W_t = W_s + W_b + W_l$$

(สมการ 3.4)

$$W_s = 0.0271 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{0.9435} \quad R^2 = 0.9915$$

$$W_b = 0.0013 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{1.1339} \quad R^2 = 0.8090$$

$$W_l = 0.0205 \text{ DBH}^2 \text{ Ht}^{0.6850} \quad R^2 = 0.8090$$

โดยที่ W_t = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg)

W_s = มวลชีวภาพในส่วนของลำต้น (kg)

W_b = มวลชีวภาพในส่วนของกิ่ง (kg)

W_l = มวลชีวภาพในส่วนของใบ (kg)

DBH = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (cm)

H = ความสูงของต้นไม้ (m)

ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในสวนสักจากปริมาณมวลชีวภาพที่ได้ โดยนำค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ได้คูณด้วย 0.5 (ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ) (Margaret et al. 2002)

$$C_i = W_t \times 0.5$$

(สมการ 3.5)

โดยที่ C_i = คาร์บอนกักเก็บ (kg)

W_t = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg)

3.5 การเตรียมความพร้อม

3.5.1 การเตรียมความพร้อมในด้านอุปกรณ์ ศึกษาอากาศยานไร้คนขับ

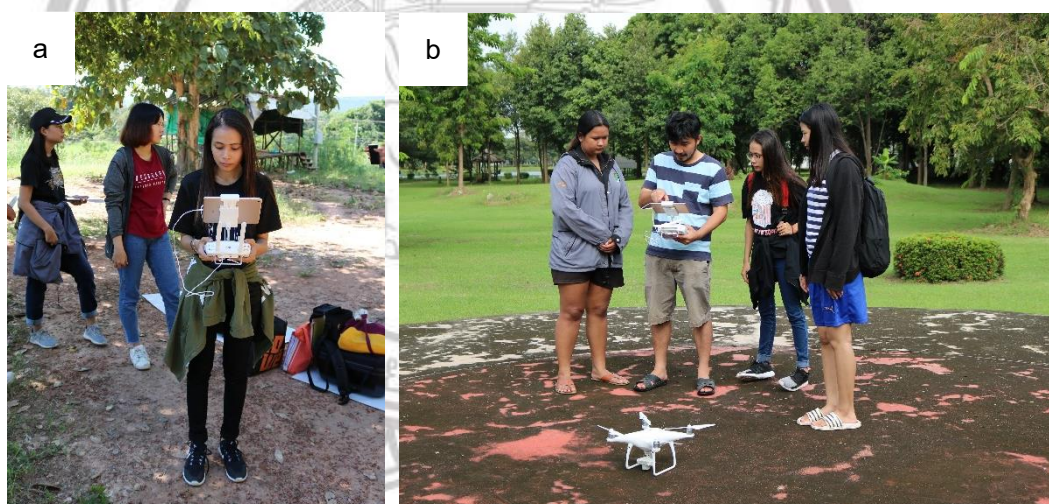
การเตรียมความพร้อมก่อนเริ่มทำการศึกษา จำเป็นต้องมีความรู้ ความสามารถ และความพร้อมในการใช้อุปกรณ์ ซึ่งการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอากาศยานไร้คนขับเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจในคุณสมบัติ ผลลัพธ์ที่ได้ และลดข้อผิดพลาดของอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคูณสมบัติและทำความเข้าใจในการบังคับอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งอากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการศึกษา มี 3 แบบ คือ 1) อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ Syma X5UW 720P Wifi 2) อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ SYMA X8PRO GPS 3) อากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ DJI Phantom 4 Advanced (ดังตาราง 3.7)

ตาราง 3.7 อากาศยานไร้คนขับที่ใช้ในการศึกษา

ลำดับ	ชื่อ	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
1	Syma X5UW 720P Wifi	กล้องส่งสัญญาณสด 720P วิทยุควบคุม 2.4 Ghz. ระยะบินไกล 200 เมตร เวลาการบิน 10 นาที แบตเตอรี่ Li-Po 3.7 V850 mah.
2	SYMA X8PRO GPS	ขนาดตัวเครื่อง 40×19 cm ควบคุมการบินด้วย GPS กล้องขนาด 720P Wifi ระยะบินไกล 200 เมตร เวลาการบิน 10 นาที บินลงอัตโนมัติเมื่อแบตเตอรี่อ่อน แบตเตอรี่จ 7.4V 2000 mah

ตาราง 3.7 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
3	DJI Phantom 4 Advanced	ความละเอียดภาพนิ่ง : 20 Mega-Pixel คลื่นความถี่ 2.4 2.483 GHz ระบบตำแหน่งดาวเทียม GPS / GLONASS น้ำหนัก 1,368 g แบตเตอรี่ 6000 mah



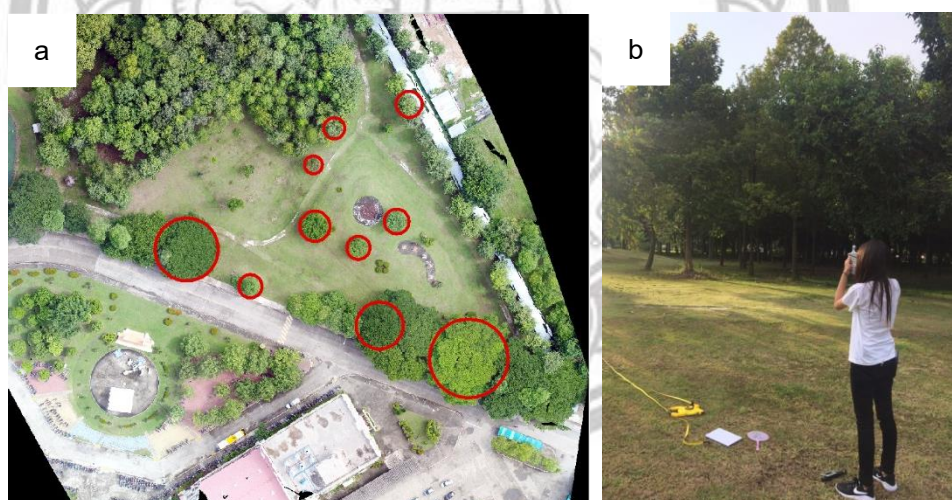
ภาพ 3.21 ทดลองบังคับอากาศยานไร้คนขับ(a)และทดลองถ่ายภาพพื้นลานข้างคณะ
วิศวกรรมศาสตร์(b)

3.5.2 ทดลองเปรียบเทียบการประมวลผลภาพจาก Agisoft PhotoScan และ Pix4D Mapper

จากการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของอากาศยานไร้คนขับและฝึกการบังคับอากาศยานไร้คนขับแล้วผู้วิจัยจึงได้นำเอาอากาศยานไร้คนขับไปถ่ายภาพพื้นที่ตัวอย่างเพื่อใช้ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ในการประมวลผลก่อนไปศึกษาพื้นที่จริง ทำให้ได้เป็นข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศบริเวณพื้นที่ลานข้างคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จากนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาภาพถ่ายทางอากาศที่ได้ไปทดลองประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan และ Pix4D Mapper แล้วนำเอาผลที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่าง Agisoft PhotoScan และ Pix4D Mapper จากการเปรียบเทียบพบว่า ผลของการ Classification point cloud ของโปรแกรม Pix4D Mapper นั้น มีความละเอียดและความแม่นยำมากกว่าผลจากโปรแกรม Agisoft PhotoScan

3.5.3 ทดลองเปรียบเทียบค่าความสูงของต้นไม้กับค่าที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

ผู้วิจัยได้ทำการลงพื้นที่วัดความสูงของต้นไม้ในบริเวณลานข้างคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยกล้องวัดความสูงต้นไม้ (Haga hypsometer) จำนวน 10 ต้น (ดังภาพ 3.23) เพื่อนำค่าความสูงที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับที่ประมวลผลจากโปรแกรม Agisoft PhotoScan และ Pix4D Mapper ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบค่าความสูงของต้นไม้กับค่าความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับของทั้ง 2 โปรแกรมพบว่า ค่าความสูงที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม Pix4D Mapper นั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสูงที่ได้จากลงพื้นที่วัดต้นไม้ด้วยกล้องวัดความสูงต้นไม้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ ± 0.78 เมตร ส่วนค่าความสูงที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม Agisoft PhotoScan นั้นมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) เท่ากับ ± 1.44 เมตร ดังนั้นทำให้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้โปรแกรม Pix4D Mapper ในการประมวลผลภาพในพื้นที่ศึกษาจริง



ภาพ 3.22 ตำแหน่งต้นไม้(a)และวัดความสูงต้นไม้ด้วยกล้องวัดความสูงต้นไม้(b)

๐๒ ๐๖๓๗๐๖ ๘๓๗ ๑ ๘๓๗๐ ๑๖๐๖ ๑๘๖๘๓๗ ๘๘

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในเขตพื้นที่ ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก แบ่งผลการวิจัยออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

4.1 การสร้างข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

4.2 ตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

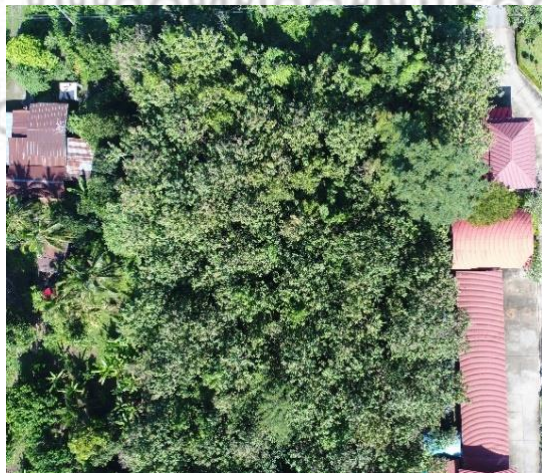
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ

4.4 ประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก

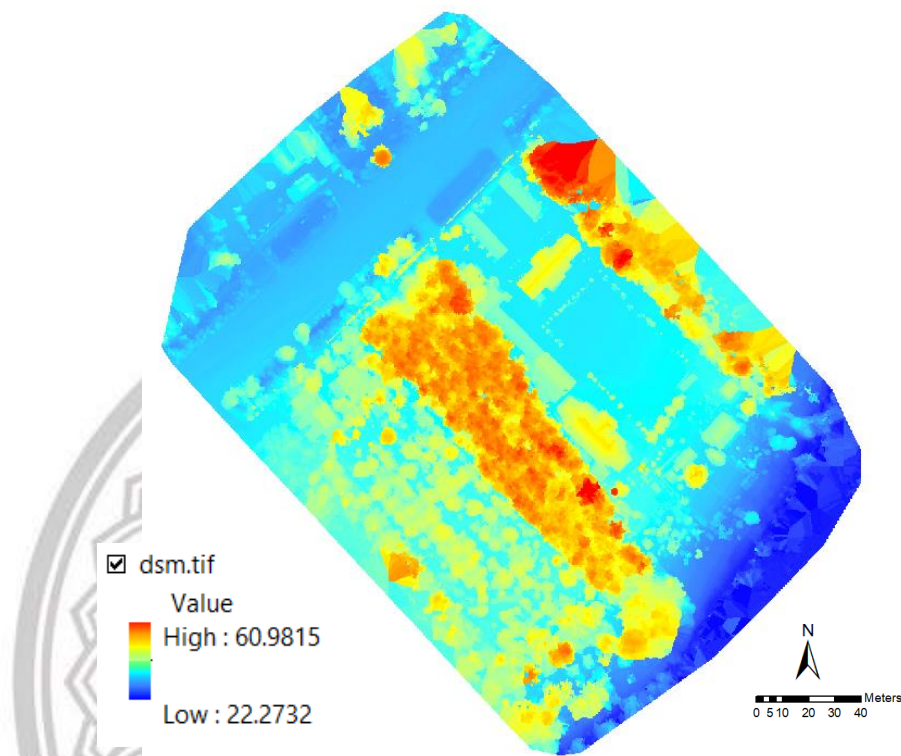
4.1 การสร้างข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ

4.1.1 ผลการประมวลผลภาพ

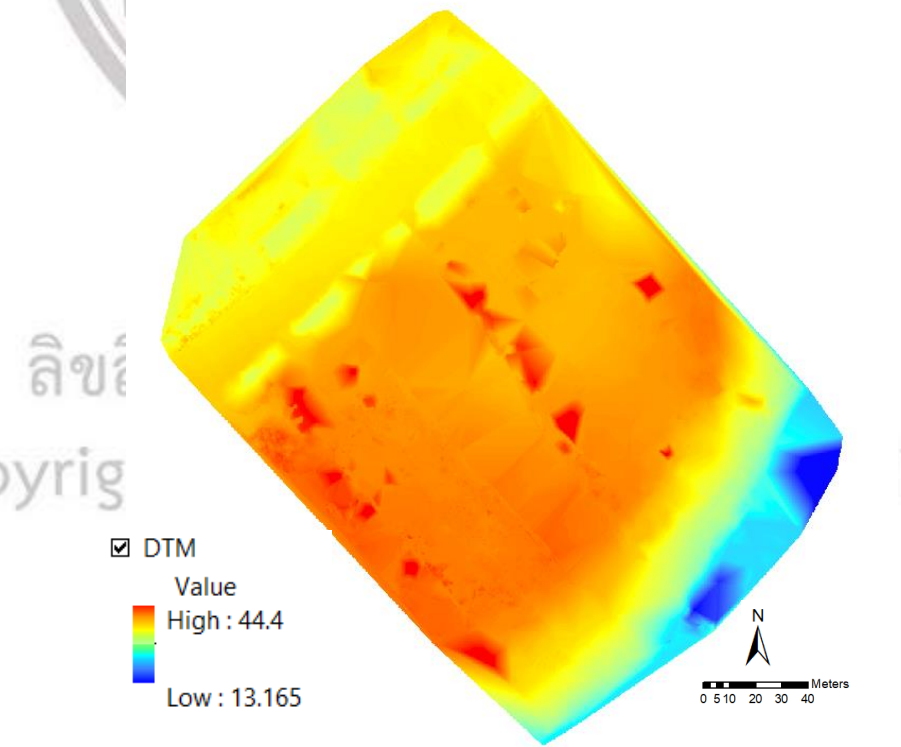
จากการบินสำรวจและถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับแล้ว จะได้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ จำนวน 90 ภาพ ครอบคลุมพื้นที่ 0.069 ตารางกิโลเมตร เมื่อนำไปประมวลผลด้วยกระบวนการโฟโตแกรมเมตรีผ่านโปรแกรม Pix4D Mapper ก็จะได้เป็นแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model, DSM) (ดังภาพ 4.2) แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM)/ (Digital Terrain Model, DTM) (ดังภาพ 4.3) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto) (ดังภาพ 4) และแบบจำลองสามมิติ (3D model) (ดังภาพ 4.5)



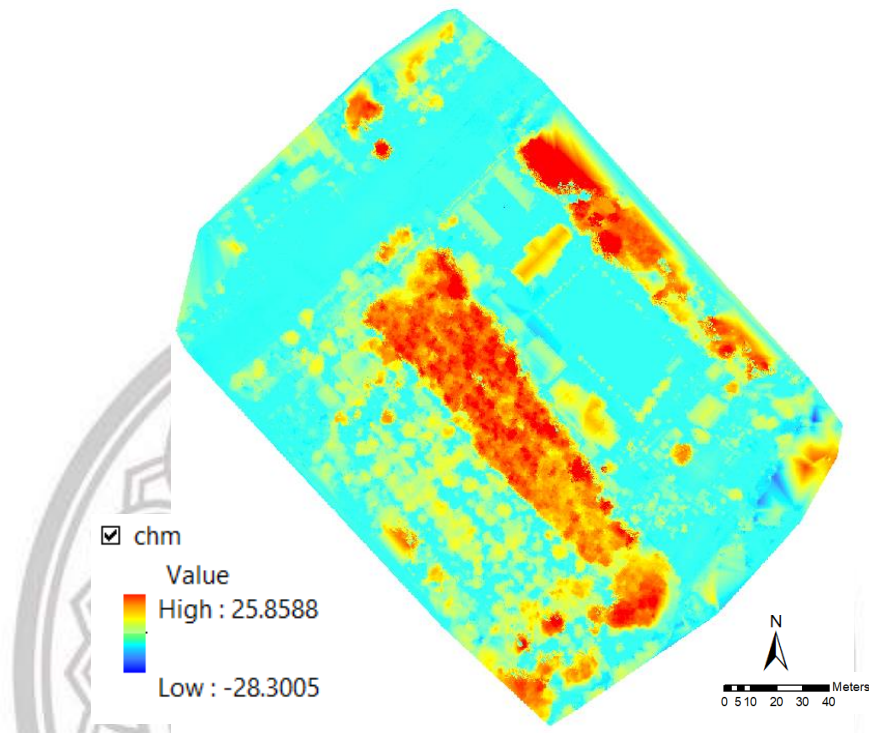
ภาพ 4.1 ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ



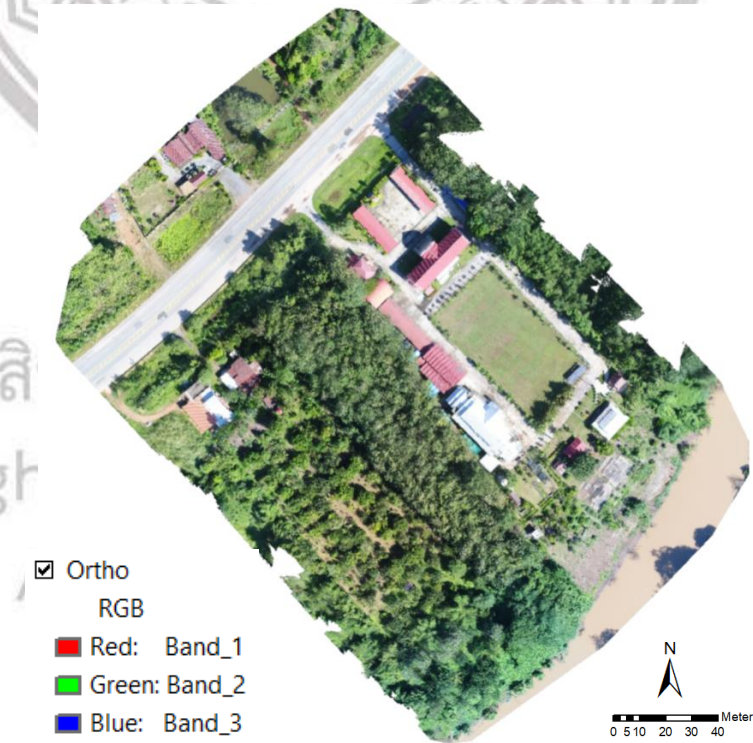
ภาพ 4.2 แบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข



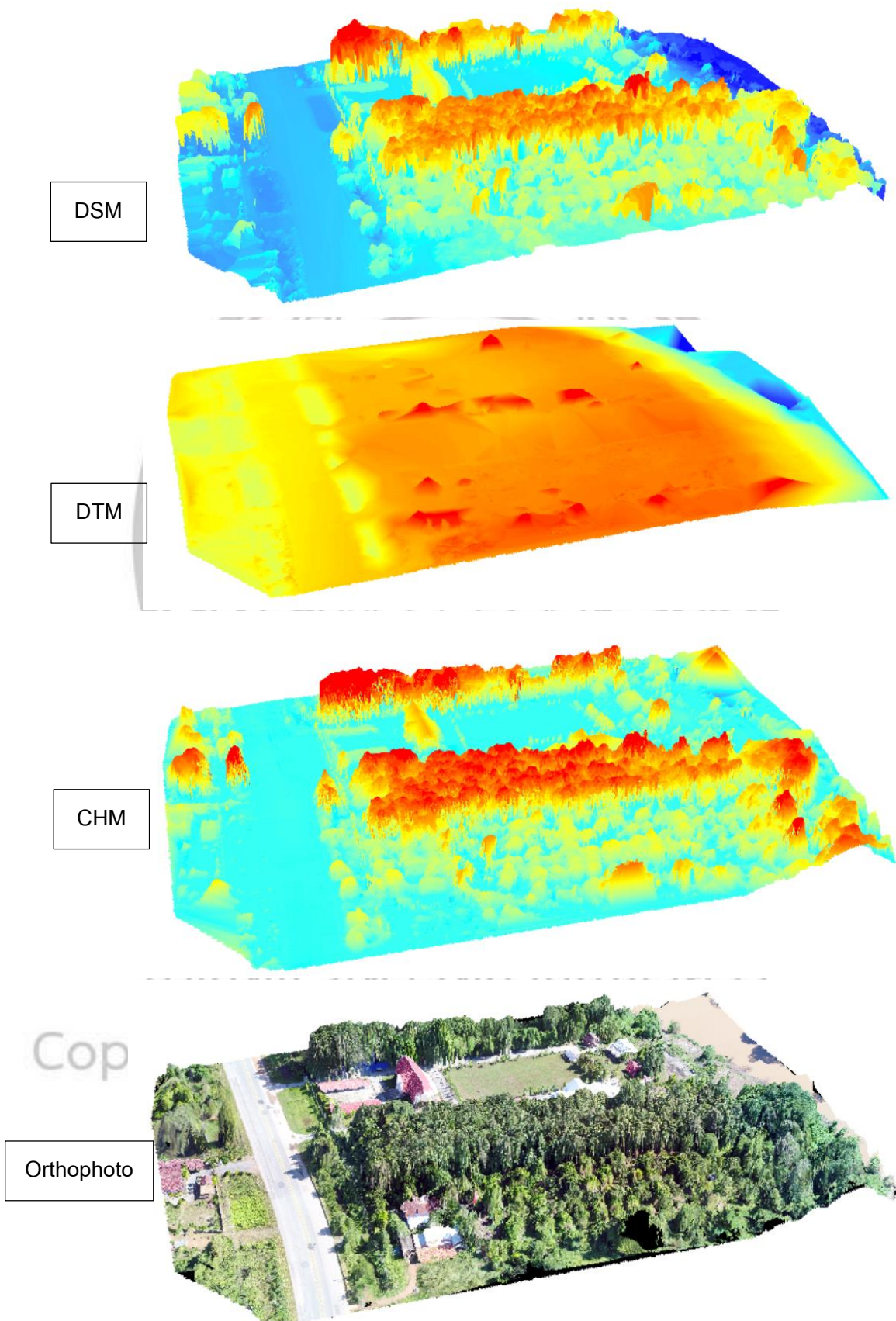
ภาพ 4.3 แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM)



ภาพ 4.4 CHM (Canopy height model)



ภาพ 4.5 ภาพถ่ายออร์โธรีโอสีเชิงเลข (Orthophoto)



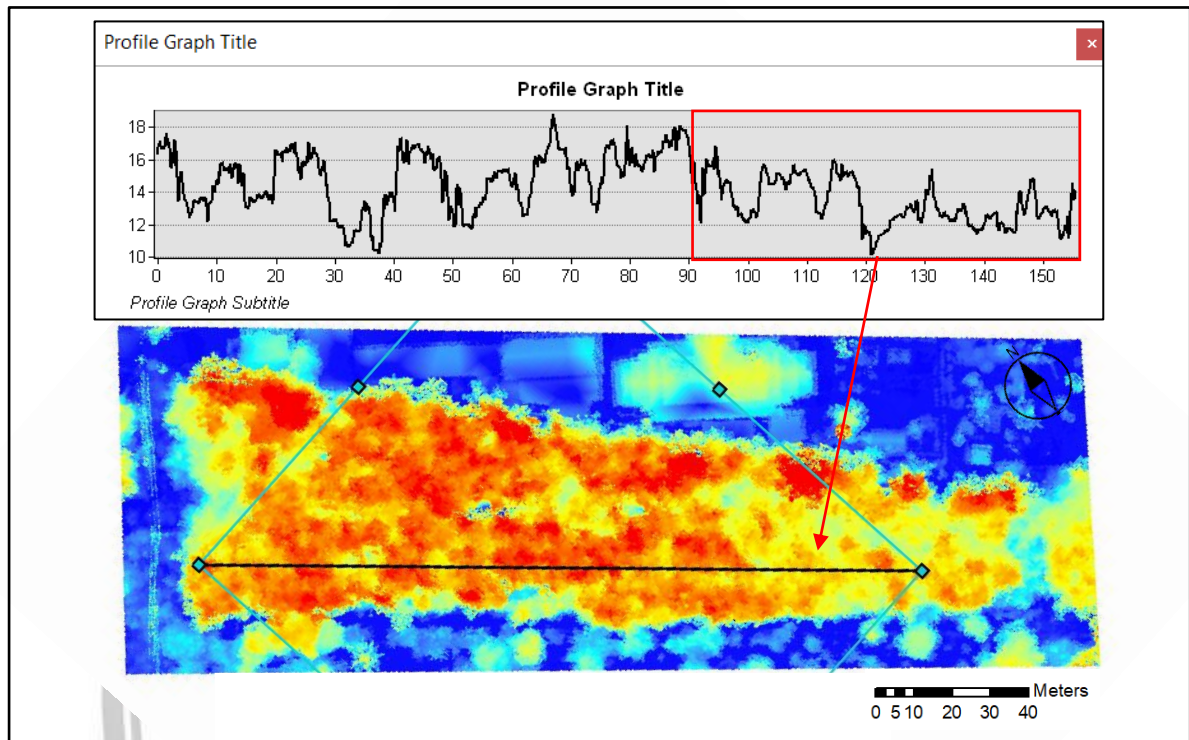
ภาพ 4.6 แบบจำลองสามมิติ DSM, DTM, CHM และ Orthophoto

4.1.2 การหาข้อมูลความสูงของต้นสักจากแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม

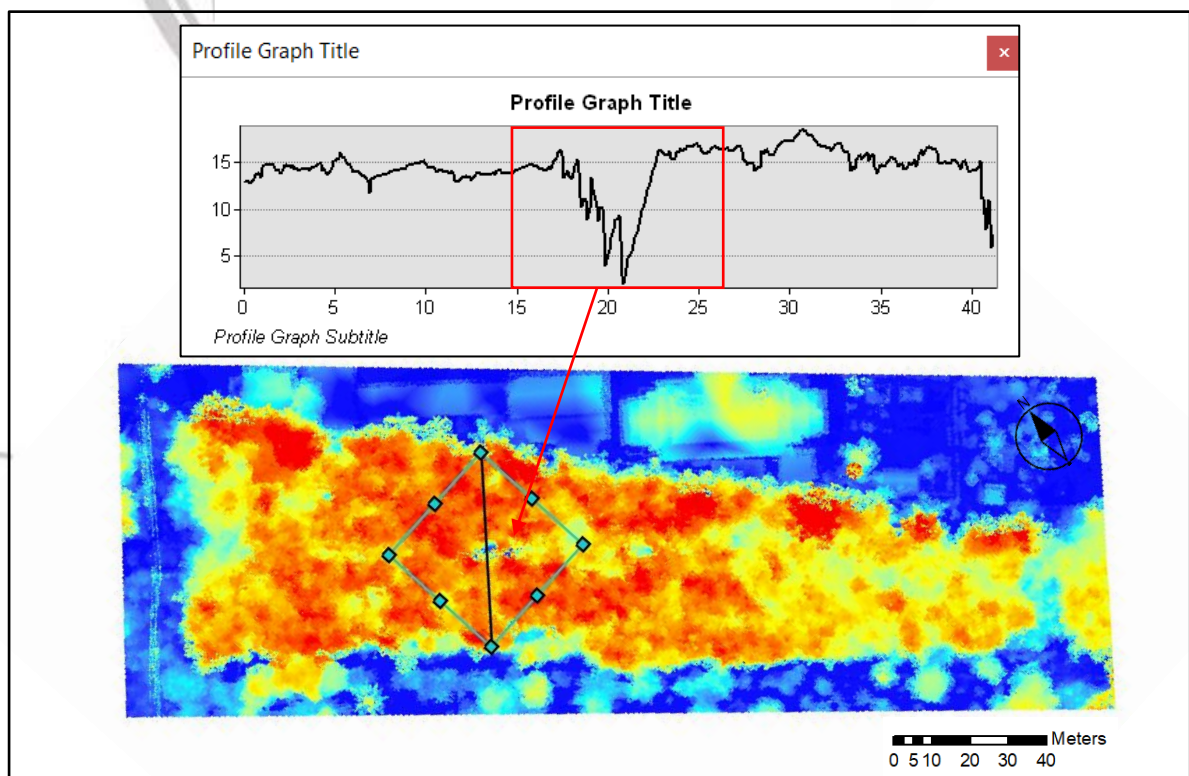
ค่าความสูงของต้นสักจากแบบจำลองความสูงทรงพุ่มที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ โดยการใช้เทคนิคการคำนวณด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics ซึ่งคำนวณหาค่าสูงสุดภายในรัศมี 2 เมตร ณ จุดเรือนยอดของต้นสักที่สามารถมองเห็นได้ภาพออร์โธ (ดังภาพ 4.7) เมื่อได้ค่าความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับทั้ง 30 ต้นแล้ว (ดังตาราง 4.1) จึงนำเอาไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ความคลาดเคลื่อนกับข้อมูลความสูงที่ได้จากภาคสนาม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ประเมินปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก ตามลำดับผลของการคำนวณค่าความสูงของต้นสักจากแบบจำลอง ความสูงทรงพุ่ม (CHM) เมื่อดูผ่านภาพตัดขวาง Profile Graph ในโปรแกรม ArcGIS พบว่าความ สูงของต้นสักที่ได้นั้น ในช่วงด้านหน้าสวนจะมีความสูงที่มากกว่า ต้นสักในช่วงท้ายสวนอย่างเห็น ได้ชัด (ดังภาพ 4.8) ส่วนในแนวขวางระหว่างสวน จะสังเกตเห็นว่าช่วงความสูงที่ได้นั้น มีช่วงหนึ่ง ที่ ค่าความสูงต่ำมาก อาจเกิดจากต้นสักในพื้นที่บริเวณนั้นไม่มี (ดังภาพ 4.9)



ภาพ 4.7 การคำนวณค่าความสูงด้วย Zonal statistics



ภาพ 4.8 ความสูงของดินสั้กจากภาพตัดขวางจากด้านหน้าสวนถึงด้านหลังสวน



ภาพ 4.9 ความสูงของดินสั้กจากภาพตัดขวาง (แนวขวาง)

ตาราง 4.1 ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับที่ได้จากการสุ่ม จำนวน 30 ต้น

ต้นที่	CHM	ต้นที่	CHM
1	16.68	16	15.07
2	18.27	17	19.72
3	18.78	18	17.10
4	16.58	19	17.52
5	18.08	20	18.81
6	17.85	21	15.67
7	18.39	22	18.21
8	17.94	23	16.80
9	16.55	24	14.56
10	18.31	25	19.24
11	20.58	26	12.68
12	18.62	27	15.46
13	17.75	28	14.61
14	16.84	29	15.25
15	18.33	30	18.14

4.2 ตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

จากการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม มีความสัมพันธ์กันโดยที่ R เท่ากับ 0.97 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean Squared Error, RMSE) (ดังตาราง 4.2) ของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนาม ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่า RMSE จากสมการ 3.2 ของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนาม เท่ากับ ± 0.51 เมตร ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามในรูปแบบกราฟ (ดังภาพ 4.10)

ตาราง 4.2 ผลต่างของความสูงจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากการภาคสนาม

ต้นที่	ความสูงของต้นสัก (ภาคสนาม)	ความสูงของต้นสัก (อากาศยานไร้คนขับ)	ผลต่าง	ผลต่างกำลังสอง
1	16.50	16.68	-0.18	0.03
2	19.00	18.27	0.73	0.53
3	19.00	18.78	0.22	0.05
4	17.00	16.58	0.42	0.18
5	18.50	18.08	0.42	0.18
6	18.00	17.85	0.15	0.02
7	19.00	18.39	0.61	0.37
8	17.50	17.94	-0.44	0.19
9	17.00	16.55	0.45	0.20
10	19.00	18.31	0.69	0.48
11	20.00	20.58	-0.58	0.34
12	19.00	18.62	0.38	0.15
13	17.50	17.75	-0.25	0.06
14	17.50	16.84	0.66	0.44
15	18.60	18.33	0.27	0.07
16	16.00	15.07	0.93	0.86
17	19.40	19.72	-0.32	0.10
18	17.50	17.10	0.40	0.16
19	18.00	17.52	0.48	0.23
20	19.50	18.81	0.69	0.47
21	16.00	15.67	0.33	0.11
22	19.00	18.21	0.79	0.62
23	17.50	16.80	0.70	0.50
24	15.00	14.56	0.44	0.20

ตาราง 4.2 (ต่อ)

ต้นไม้	ความสูงของต้นสัก (ภาคสนาม)	ความสูงของต้นสัก (อากาศยานไร้คนขับ)	ผลต่าง	ผลต่างกำลังสอง
25	20.00	19.24	0.76	0.58
26	13.00	12.68	0.32	0.10
27	16.00	15.46	0.54	0.29
28	14.50	14.61	-0.11	0.01
29	15.00	15.25	-0.25	0.06
30	17.70	18.14	-0.44	0.19
			รวม	7.78



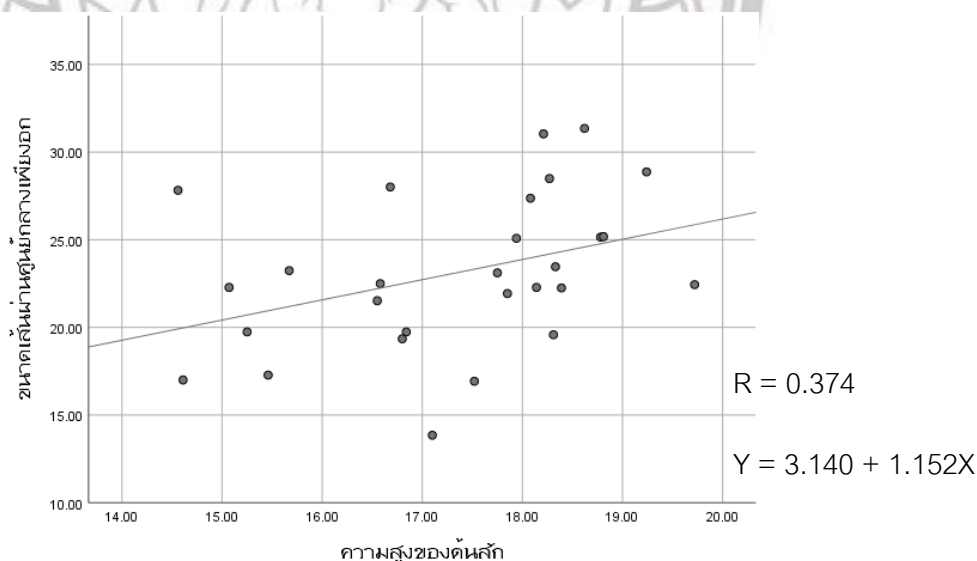
ภาพ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสัก

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจาก อากาศยานไร้คนขับ

จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ พบว่ามีต้นสักอยู่ 2 ต้น คือ ต้นที่ 11 และ 26 ที่มีความผิดปกติ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงนั้น จึงแตกต่างจากต้นสักต้นอื่น ๆ ในจำนวนของต้นสักที่สุ่มมาทั้งหมด 30 ต้น ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ ผู้วิจัยได้ตัดสินใจไม่นำเอาต้นสักดังกล่าวนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสัก เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของความสัมพันธ์นี้ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสัก ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.374 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ $a = 3.140$ และ $b = 1.152$ (ดังภาพ 4.9)



ภาพ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

All rights reserved

4.4 ประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก

จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ทั้งหมดมีจำนวน 4.416 ไร่ ใน 1 ไร่ มีต้นสักประมาณ 110 ต้น ดังนั้นจำนวนต้นสักในพื้นที่สวนสักจึงมีจำนวนประมาณ 486 ต้น ซึ่งจะได้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 353.88 กิโลกรัม ดังนั้นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่สวนสักทั้งหมด เท่ากับ 171,985.68 กิโลกรัม จึงทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักนี้ เท่ากับ 85,992.84 กิโลกรัม และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สวนสักนี้ เท่ากับ 31,533.57 กิโลกรัมต่อปี

ตาราง 4.3 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

ต้นที่	ความสูงของต้นสัก (UAV)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน			
			ลำต้น (kg)	กิ่ง (kg)	ใบ (kg)	รวม (kg)
1	16.68	28.01	302.61	24.81	110.59	438.01
2	18.27	28.49	341.04	28.45	121.74	491.22
3	18.78	25.15	272.61	22.86	96.63	392.10
4	16.58	22.50	194.14	15.90	71.06	281.10
5	18.08	27.37	311.72	25.95	111.58	449.25
6	17.85	21.93	197.69	16.42	71.00	285.10
7	18.39	22.25	209.33	17.48	74.59	301.41
8	17.94	25.08	259.82	21.60	93.19	374.60
9	16.55	21.52	177.26	14.51	64.91	256.68
10	18.31	19.58	161.34	13.46	57.56	232.36
11	20.58	44.56	933.57	79.65	323.15	1336.38
12	18.62	31.35	420.41	35.19	149.35	604.95
13	17.75	23.11	218.40	18.12	78.54	315.05
14	16.84	19.74	151.52	12.44	55.24	219.20
15	18.33	23.46	231.92	19.36	82.72	333.99

ตาราง 4.3 (ต่อ)

ต้นไม้	ความสูงของ ต้นสัก (UAV)	ขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางเพียงอก	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน			
			ลำต้น (kg)	กิ่ง (kg)	ใบ (kg)	รวม (kg)
16	15.07	22.28	173.97	13.99	65.27	253.23
17	19.72	22.44	227.39	19.24	79.58	326.22
18	17.10	13.85	75.69	6.23	27.48	109.41
19	17.52	16.93	115.79	9.58	41.79	167.15
20	18.81	25.18	273.84	22.97	97.01	393.82
21	15.67	23.24	196.27	15.90	72.90	285.06
22	18.21	31.04	403.45	33.63	144.14	581.22
23	16.80	19.35	145.37	11.93	53.03	210.33
24	14.56	27.82	262.47	20.97	99.36	382.79
25	19.24	28.87	367.76	30.98	129.53	528.26
26	12.68	24.80	182.99	14.24	71.79	269.01
27	15.46	17.28	107.25	8.67	39.97	155.88
28	14.61	17.00	98.29	7.86	37.18	143.32
29	15.25	19.74	137.99	11.12	51.61	200.73
30	18.14	22.28	207.22	17.26	74.10	298.58
เฉลี่ย	17.28	23.87	245.30	20.36	88.22	353.88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

สรุปผลและอภิปรายผล

ผลการหาปริมาณคาร์บอนด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในพื้นที่ ตำบล วังนกแอ่น อำเภอ วังทอง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งการศึกษาได้มุ่งเน้นไปที่การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับค่าความสูงที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก เพื่อหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสัก ซึ่งสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 ผลของการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

ผลการศึกษาระดับความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น พบว่าการบอกระดับของความสัมพันธ์นั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการบอกความสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น มีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยที่ค่า R เท่ากับ 0.97 จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้เกณฑ์ของ Hinkle, 1998 ตามตารางที่ 3.2 ดังนั้นทำให้ผู้วิจัยเชื่อมั่นได้ว่าความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ มีค่าใกล้เคียงกับความสูงของต้นสักจากภาคสนามในระดับที่ยอมรับได้

5.2 ผลจากการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

ผลของการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนาม พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean Squared Error, *RMSE*) ของความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงที่ได้จากภาคสนามนั้น มีค่า ± 0.51 เมตร ซึ่งแสดงถึงความแตกต่างระหว่างค่าความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยาน

ไร่คนขับและค่าความสูงของต้นสักจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยที่ค่าความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร่คนขับนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสูงของต้นสักจากภาคสนาม ± 0.51 เมตร

5.3 ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร่คนขับ

ผลของการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร่คนขับ ซึ่งจากการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร่คนขับ และค่าความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น ผู้วิจัยได้นำเอาค่าความสูงของต้นสักที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร่คนขับ มาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร่คนขับ การบอกระดับของความสัมพันธ์นั้น จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในการบอกความสัมพันธ์ หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันระดับสูง แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงการมีความสัมพันธ์กันในระดับน้อย หรือไม่มีเลย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร่คนขับนั้น มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก และมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ $a = 3.140$ และ $b = 1.152$ โดยที่ค่า R เท่ากับ 0.374 จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้เกณฑ์ของ Hinkle ตามตารางที่ 3.2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองจึง พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และค่าความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร่คนขับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ± 8.38 เมตร จึงทำให้สรุปได้ว่าความสูงของต้นสักไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความแปรปรวนของความสูงของต้นสักในพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับ Lizuka Kotaro et al. (2017) ศึกษาวิธีการวัดค่าพารามิเตอร์ชีวฟิสิกส์อย่างถูกต้อง การศึกษาค่าพารามิเตอร์ เป็นองค์ประกอบสำคัญในการประเมินผลเชิงปริมาณของการใช้ป่า ในลักษณะต่างๆ ซึ่งการวัดค่าในพื้นที่ตามปกติ พารามิเตอร์เหล่านี้ต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งต้องเผชิญกับความยากลำบากในสถานที่ที่มี microtopography ต่างกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลทางชีวฟิสิกส์ที่แม่นยำในสถานการณ์เช่นนี้ จึงได้นำอากาศยานไร่คนขับ (UAV) ประเภท multirotor ไปใช้ในป่าไซปรัสซึ่งเป็นพื้นที่ที่เป็นภูเขาอยู่ในประเทศญี่ปุ่น โครงสร้างจากการเคลื่อนที่ (SfM) ใช้เพื่อสร้างแบบจำลองสามมิติ (3D) ของโครงสร้างป่า จากภาพถ่ายทางอากาศ ความสูงของต้นไม้ถูกประมาณจากแบบจำลอง 3 มิติและเปรียบเทียบกับข้อมูลดินในบริเวณ นอกจากนี้เรายังได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ทางชีวฟิสิกส์เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของ

ต้นไม้แต่ละต้นที่ได้จากพื้นที่ที่วัดได้จากภาพที่ได้ด้วยวิธี orthorectified แม้จะมีข้อจำกัด ของการ สัมผัสพื้นดินในพื้นที่ป่าหนาแน่นสูงความสูงของต้นไม้มีความถูกต้องของค่าความผิดพลาดของราก เฉลี่ย = 1.712 เมตรสำหรับความสูงของต้นไม้ที่สังเกตได้ตั้งแต่ 16 ถึง 24 เมตร DBH มีความสัมพันธ์กับความกว้างของหลังคา ($R^2 = 0.7786$) และพื้นที่หลังคา ($R^2 = 0.7923$) โดยที่ DBH มีค่าตั้งแต่ 11 ถึง 58 ซม. ผลของการประมาณค่าพารามิเตอร์ป่าไม้ระบุว่าสามารถใช้วิธีการ ตรวจสอบระยะไกลโดยใช้เสียงพิมพ์เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตของโครงสร้างป่าได้อย่างแม่นยำ

5.4 ผลการประมาณค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการ กักเก็บคาร์บอนของสวนสัก

ซึ่งผลของปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนสัก ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกนั้น พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 353.88 กิโลกรัมต่อต้น โดยแบ่งส่วนต่างๆดังนี้ ในส่วนของลำต้นเฉลี่ย 245.30 กิโลกรัมต่อต้น ใน ส่วนของกิ่งเฉลี่ย 20.36 กิโลกรัมต่อต้น และในส่วนของใบสักเฉลี่ย 88.22 กิโลกรัมต่อต้น จาก ความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ที่ ได้จากการสุ่มต้นสักในภาคสนามจำนวน 30 ต้น ซึ่งสวนสักที่ได้ทำการศึกษา นั้น มีขนาดพื้นที่ ประมาณ 4.416 ไร่ และใน 1 ไร่ มีต้นสักประมาณ 110 ต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาขนาดพื้นที่ศึกษา คูณด้วยจำนวนต้นสัก จึงทำให้มีต้นสักในสวนสักแห่งนี้ประมาณ 486 ต้น ในต้นสักแต่ละต้นมีค่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 353.88 กิโลกรัมต่อต้น ดังนั้นต้นสักในสวนแห่งนี้จึงมีค่ามวลชีวภาพ รวมประมาณ 171,985.68 กิโลกรัม ทำให้พื้นที่สวนสักนี้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสะสม ประมาณ 85,992.84 กิโลกรัม และสวนสักแห่งนี้ยังสามารถในการดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 31,533.57 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งสอดคล้องกับสมชาย นองเนื่อง และคณะ (2554) ที่ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของสนสามใบและพรรณไม้ที่ขึ้นทดแทนในสวนป่าสนสามใบ ของหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ อายุ 14-34 ปี โดยวางแผนตัวอย่างขนาด 40 x 40 เมตร ทุกชั้นอายุๆ ละ 3 แปลง รวมทั้งหมด 63 แปลง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความ สูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลง เพื่อหามวลชีวภาพ เหนือพื้นดินของพรรณไม้ในสวนป่า มวลชีวภาพ ของไม้สนสามใบคำนวณจากสมการ allometric ที่สร้างขึ้นโดยใช้ stratified-clip technique โดย สุ่มตัดตัวแทนต้นสนสามใบในสวนป่าอายุ 20, 26, 30 และ 33 ปี นำตัวแทนขึ้นส่วนต่างๆ ของสน สามใบทั้ง 4 ชั้นอายุไปวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี wet oxidation ส่วนมวลชีวภาพและการ สะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ชนิดอื่น คำนวณโดยใช้สมการของ Tsutsumi *et al.* (1983) ผลการวิจัยพบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ในสวนป่าแปรผันระหว่าง 12,490 -

37,253 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นมวลชีวภาพสนสามใบ 3,003 - 27,491 กิโลกรัมต่อไร่ และพรรณไม้ชนิดอื่นๆ 1,582 - 19,238 กิโลกรัมต่อไร่ การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของสนป่าแปรงระหว่าง 6,228 - 18,709 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพสนสามใบ 1,523 - 13,883 กิโลกรัมต่อไร่ และในพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ 785-9,540 กิโลกรัมต่อไร่ การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของสนสามใบมีความแปรผันระหว่างชั้นอายุ อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มเพิ่มตามอายุของสนป่าพรรณไม้ที่ขึ้นทดแทน ในสนป่ามีบทบาทมากต่อการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ปัญหาและอุปสรรค

1. สวนสักส่วนใหญ่มักจะเป็นพื้นที่รกร้าง จึงทำให้การเข้าถึงพื้นที่เพื่อวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นสักนั้น เป็นไปค่อนข้างลำบาก
2. ทรงพุ่มของต้นสักในสวนมีความหนาแน่นค่อนข้างมาก ซึ่งนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ส่งผลให้การวัดความสูงของต้นสักด้วยเครื่องมือวัดความสูงนั้นเกิดความคลาดเคลื่อน

ข้อเสนอแนะ

1. ในพื้นที่สวนสัก จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าต้นสักในสวนมีไม้เลื้อยขึ้นบริเวณยอดไม้เป็นจำนวนมาก ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ ส่งผลให้การประมวลผลค่าความสูงจากข้อมูลภาพที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนั้น มีความคลาดเคลื่อนกับการวัดด้วยเครื่องมือวัดในภาคสนาม
2. การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ศึกษาเฉพาะสวนสักเพียงแห่งเดียว ไม่ได้มีการเปรียบเทียบกับสวนสักแห่งอื่น ในงานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาสวนสักหลาย ๆ แห่ง มาเปรียบเทียบกัน
3. ในการศึกษาครั้งต่อไปควรเลือกหาวิธีการหาค่าความสูงจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในรูปแบบต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



บรรณานุกรม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

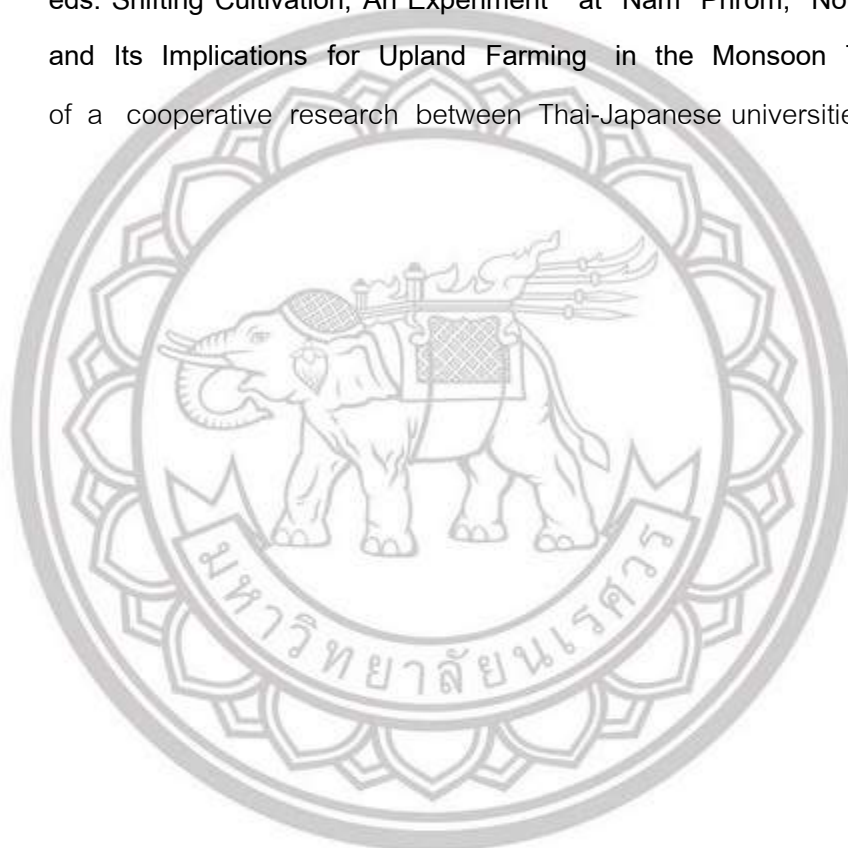
บรรณานุกรม

- เกษราภรณ์ ชุ่นเกิดและคณะ. (2558). การประเมินมูลค่าคาร์บอนที่กักเก็บในไม้ยืนต้นของป่าชุมชนเขาวง จังหวัด ชัยภูมิ. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วารสารวนศาสตร์ 34(1) หน้า 29-38
- ขนิษฐา เสถียรพีระกุล และคนอื่นๆ. (2555). การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน สวนป่าสนสามใบ พื้นที่ต้นน้ำภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่. ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. ระหว่างวันที่ 31 มกราคม 2555 ถึง 2 กุมภาพันธ์ 2555.
- ชิงชัย วิริยะบัญชาและคณะ (2544). การปรับสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่าสักในประเทศไทย. รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา, ครั้งที่ 7
- ชิงชัย วิริยะบัญชา (2545). การประมาณผลผลิตด้านปริมาตรของลำต้น และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของสวนป่าไม้สัก. รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545
- ธนวิทย์ ถมกระจำง (2560). การประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน ด้วยเทคนิคอากาศยานไร้ คนขับ กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านบุตาต้อ ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัด นครราชสีมา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- นาฏสุตา ภูมิจำนงค์. (2550). ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในราก และคาร์บอนในดินของสวนป่าไม้สัก. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170
- ไพศาล สันติธรรมนนท์. (2553). การรังวัดด้วยภาพถ่ายดิจิทัล. กรุงเทพมหานคร
- ภาณุวัฒน์ ประเสริฐพงษ์. (2558). การศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าธรรมชาติ. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมนิเวศวิทยาอุตสาหกรรมคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2561. จาก www.op.mahidol.ac.th/oppe/.../sus-meeting-วิธีการศึกษามวลชีวภาพในป่าไม้.pdf
- วิชัย เข้ายวีรชน. (2016). จุฬาฯ พัฒนาเทคโนโลยีการสำรวจด้วยภาพถ่าย. สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก <http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail>
- ศิวา แก้วปลั่ง. (2018). การประเมินการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ สำหรับการประมาณค่าชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นหม่อน. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1

- สมชาย นองเนื่อง และคนอื่นๆ. (2554). การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ในสวนป่าสน สามิโบหน่วยจัดการต้นน้ำบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวนศาสตร์ 31, ฉบับที่ 2. หน้า 1-15
- 108wood. 2018. ความรู้เกี่ยวกับไม้สัก. สืบค้นเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2561, จาก <http://www.108wood.com/index.php?lay=show&ac=article&id=578640&Ntype=6>
- Agisoft. (2017). Agisoft PhotoScan User Manual Standard Edition, Version 1.3. Retrieved April 21, 2018, from www.agisoft.com/pdf/photoscan_1_3_en.pdf
- BBC News. (2017). คาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศโลกปี 2016 แต่ระดับสูงสุดในรอบ 8 แสนปี. Retrieved April 15, 2018, from <http://www.bbc.com/thai/international-41801817>
- DJI. (2018). dji Inspire 2. Retrieved November 29, 2018, from www.dji.com
- Hinkle D. et al. (1998). Applied Statistics for the Behavior Sciences. 4th ed. New York, Houghton Mifflin.
- Huilin L. et al. (2017). Using unmanned aerial vehicle data to assess the three-dimension green quantity of urban green space: A case study in Shanghai, China. Landscape and Urban Planning. Pages 81-90.
- Lizaka, K. et al. (2017). Estimating Tree Height and Diameter at Breast Height (DBH) from Digital Surface Models and Orthophotos Obtained with an Unmanned Aerial System for a Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) Forest. Journal of Remote Sens, 10(1) : 1-14
- Margaret, K. et al. (2002). Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantation, Panama. Forest Ecology and Management [Online]; 5863: 1-13. Available from: URL: <http://www.sciencedirect.com/science>
- Ogawa, H. et al. (1965). Comparative Ecological Studies on Three Main Type of Forest Vegetation in Thailand II. Plant Biomass. Nature and Life in Southeast Asia 4:49-80
- Pix4D Mapper. (2018). Software Pix4D Mapper. Retrieved November 29, 2018, from <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>
- Rusnaka, M. et al. (2017). Template for high-resolution river landscape mapping using UAV technology. Measurement Volume 115, February 2018, Pages 139-151

Rmus. (2018). UASUSA Recon Fixed Wing Drone Package for AG and Inspectio.
Retrieved April 29, 2018, from <https://www.rmus.com/products/uasusa-recon-fixed-wing-drone-package-for-ag-and-inspection>

Tsutsumi, T. et al. (1983). Forest: burning and regeneration. In K. Kyuma and C. Pairintra eds. Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics. A report of a cooperative research between Thai-Japanese universities.



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

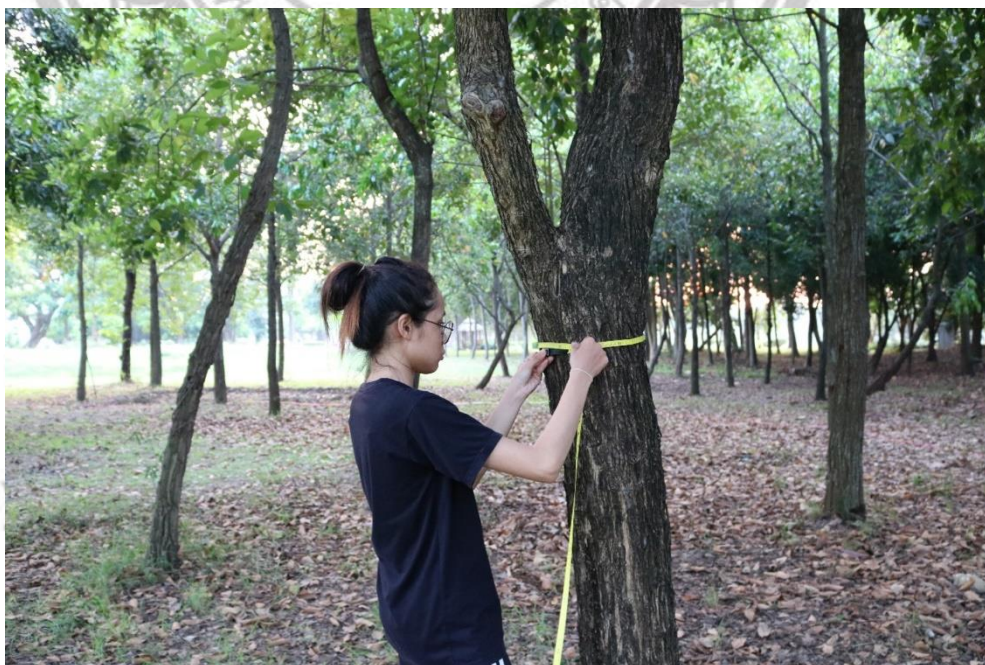
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ภาคผนวก ก รูปภาพขณะลงพื้นที่ภาคสนาม



ทดลองวัดความสูงต้นไม้ในพื้นที่ลานข้างคณะวิศวกรรมศาสตร์



ทดลองวัดขนาดเส้นรอบวงของต้นไม้ในพื้นที่ลานข้างคณะวิศวกรรมศาสตร์



นำอากาศยานไร้คนขับ ถ่ายภาพพื้นที่ในเขตตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก



สภาพพื้นที่ภายในสวนสัก



วัดความสูงของต้นสักด้วยกล้องวัดความสูง (ยอดไม้)



วัดความสูงของต้นสักด้วยกล้องวัดความสูง (โคนต้น)



วัดขนาดเส้นรอบวงของต้นสัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ภาคผนวก ข

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

**การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ
ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก**
Quantification of carbon sequestration of Teak areas with UAV (Unmanned
Aerial Vehicle) in Amphoe Wang Thong, Phitsanulok

หทัยทิพย์ เงินอิน^{1*} และ นัฐพล มหาวิค¹
Hathaihip Ngernin^{1*} and Nattapon Mahavik¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเทคนิคการรังวัดด้วยภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากพื้นที่สวนสักปลูก และตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับความสูงของต้นสักจากภาคสนาม สร้างสมการถดถอยเพื่อใช้ในการประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ในเขตพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้ข้อมูลความสูงจากแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model หรือ DSM) แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto) และแบบจำลองสามมิติ (3D model) ที่ได้จากการประมวลผลของภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้โปรแกรม Pix4D Mapper และข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสักจากภาคสนาม ผลจากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น มีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก โดยที่ค่า R เท่ากับ 0.97 และค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean Squared Error, *RMSE*) ของความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงที่ได้จากภาคสนามนั้น มีค่า ± 0.51 เมตร ในพื้นที่สวนสักมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ประมาณ 171,985.68 กิโลกรัม และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ประมาณ 85,992.84 กิโลกรัม และสวนสักแห่งนี้ยังมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 31,533.57 กิโลกรัมต่อปี

คำสำคัญ : อากาศยานไร้คนขับ มวลชีวภาพ และคาร์บอนกักเก็บ

¹ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding author : E-mail: Hathaihipn58@email.nu.ac.th

Abstract

This research is a study of photogrammetry techniques from unmanned aerial vehicles to assess the amount of carbon sequestration from the teak area. The correlation between the height of teak trees from unmanned airplanes and the height of teak trees was investigated in Wangthong district, Phitsanulok to estimate the amount of carbon sequestration from the plantation area. The accuracy between the height of teak from unmanned aircraft and the height of teak from the field. And to estimated the diameter of the chest using height data from the DSM, DEM, Orthophoto, and 3D models. The results of aerial photos from unmanned aircraft found that the relationship between the height of the teak from the unmanned aircraft and the height of the teak from the field has show well correlation. The correlation coefficient was 0.97 and the mean square error (RMSE) of the unmanned aerial altitude and field height was ± 0.51 m. Tactile has an above ground biomass of about 171,985.68 kg and a carbon capture capacity of 85,992.84 kg. This plantation is also capable of absorbing carbon dioxide approximately 31,533.57 kilograms per year.

Keywords : UAV, Teak, Biomass, Carbon

บทนำ

อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle หรือ UAV) เป็นเทคโนโลยี ที่มีบทบาทสำคัญใน ด้านงานสำรวจด้วยภาพถ่าย ใช้เป็นข้อมูลในการสนับสนุนการทำงานทางด้านการปรับปรุงแผนที่ให้เป็นปัจจุบันในระบบภูมิสารสนเทศ การทำแผนที่เฉพาะกิจ การบริหารจัดการพื้นที่การเกษตรและ ป่าไม้ การติดตามการเปลี่ยนแปลงสถานะของสิ่งแวดล้อม การป้องกันและประเมินผลกระทบจากภัยพิบัติธรรมชาติ และอุบัติเหตุต่าง ๆ การตรวจติดตามสภาพความแข็งแรงของพืช การเฝ้าระวังโรคพืช การขาดแคลนน้ำและช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว ผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้ในปัจจุบันการนำมาใช้ในงานการสำรวจด้วยภาพถ่าย (Photogrammetry) ด้วยการติดกล้องถ่ายภาพดิจิทัลออกไปเพื่อทำการถ่ายภาพและนำมาประมวลผลภาพ (วิชัย เยี่ยงวีรชน, 2559)

ดังนั้นการรังวัดด้วยภาพดิจิทัล หรือ UAV Photogrammetry ที่สามารถสร้างข้อมูลภูมิประเทศที่มีความละเอียดสูง ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ลักษณะของต้นสัก เช่น ความสูง และขนาด ซึ่งการทำแผนที่ทางภูมิศาสตร์จะต้องมีการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศหลัก และการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของวัตถุที่ต้องการศึกษา ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีใน UAV ช่วย

ให้สามารถสร้างแบบจำลองความสูงที่มีคุณภาพสูงและ มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากถึงได้ถึง 10 ซม. UAV เป็นเครื่องมือที่เหมาะสมในการดูแลลักษณะทางภูมิประเทศที่มีความละเอียดมาก เราจึงได้นำความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีนี้ มาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักปลูก ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมีสาเหตุหลายประการ จากรายงานของ IPCC (1996) ระบุว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สาเหตุที่สำคัญหนึ่งคือ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำลายทรัพยากรป่าไม้ เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพเกษตรกรรมประกอบกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้ความต้องการใช้พื้นที่เพื่อประโยชน์ต่างๆ มีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งป่าไม้มีบทบาทในวงจรคาร์บอน (Carbon cycle) ทั้งเป็นแหล่งกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์ และดูดซับเข้าไปเก็บไว้ในรูปมวลชีวภาพ ความสามารถในการดูดซับ CO₂ จึงขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นของป่าไม้ และชนิดไม้ เป็นต้น (นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, 2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

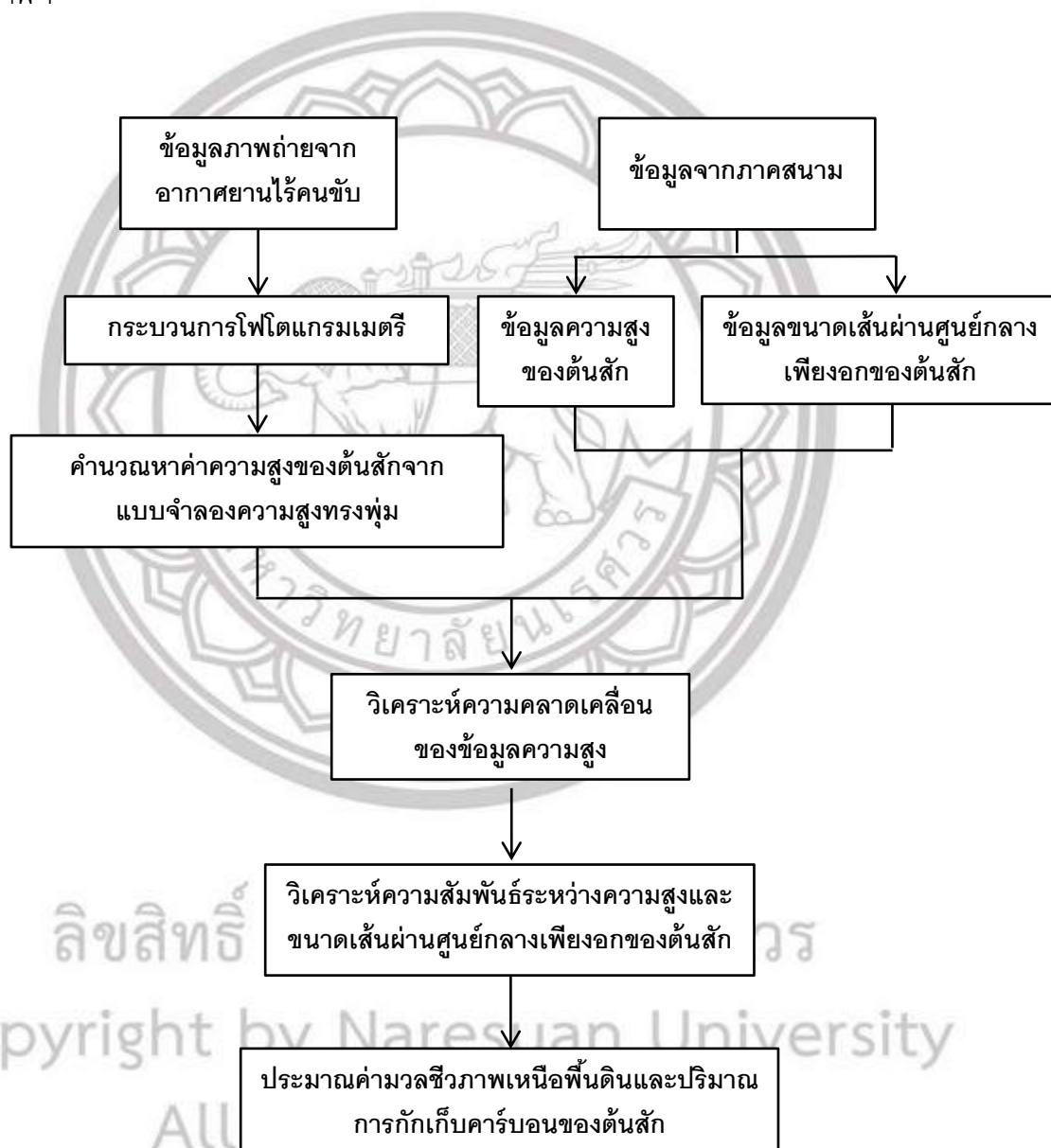
Copyright by Naresuan University

All rights reserved

วิธีการศึกษา

1. แผนการดำเนินงาน

การศึกษาวิจัยเรื่อง การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักด้วยอากาศยานไร้คนขับ ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีกรอบแนวคิดในการศึกษา ดังภาพ 1



ภาพ 1 ผังขั้นตอนการดำเนินงาน

2. ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้

ตาราง 1 ข้อมูลและอุปกรณ์ที่ใช้

ลำดับ	ข้อมูล/อุปกรณ์	ประเภท	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
1	ภาพถ่ายทางอากาศ	ราสเตอร์	DJI Phantom 4 Advanced
2	ความสูงจริงของต้นสัก (H) & ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (DBH)	เวกเตอร์	พื้นที่ศึกษา สวนสัก ต.วังนกแอ่น อ.วังทอง จังหวัดพิษณุโลก
3	DJI Phantom 4 Advanced 	multirotor	<ul style="list-style-type: none"> • ความละเอียดภาพนิ่ง : 20 Mega-Pixel • คลื่นความถี่ 2.4 2.483 GHz • ระบุตำแหน่งดาวเทียม GPS / GLONASS • น้ำหนัก 1,368 กรัม • แบตเตอรี่ 6000 mAh
4	โน้ตบุ๊ก Acer Nitro AN515-52 	Notebook	<ul style="list-style-type: none"> • Windows 10 • RAM 16.0 GB • Intel(R) Core(TM) i5-8300H • CPU@2.30GHz 64-bit
5	กล้องวัดความสูงต้นไม้ (Haga hypsometer) 	อุปกรณ์	<ul style="list-style-type: none"> • ทำงานโดยอาศัยแรงโน้มถ่วง • สามารถหาระยะความยาวได้ตั้งแต่ 15, 20, 25 หรือ 30 หลา/เมตร

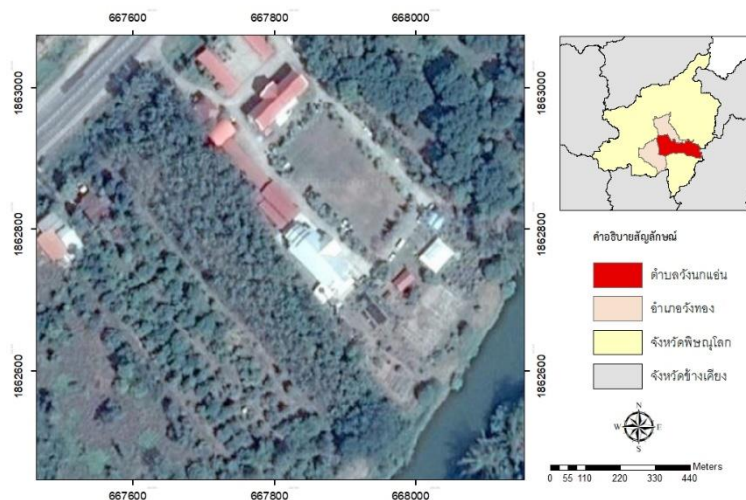
ตาราง 1 (ต่อ)

ลำดับ	ข้อมูล/อุปกรณ์	ประเภท	แหล่งที่มา/คุณสมบัติ
6	เทปวัดระยะทาง (Tape) 	อุปกรณ์	<ul style="list-style-type: none"> เทปมีความยาว 60 ม. มีตัวเลขบอกทุก ระยะ 1 เซนติเมตร และ ซีดแบ่งย่อยทุกๆ 2 ม.ม. หน้ากว้างของเส้นเทปไม่เกิน 13 มิลลิเมตร และ หนาไม่เกิน 0.5 ม.ม.
7	Excel 	Software	อำนวยความสะดวกในด้าน การคำนวณต่าง สร้างแผนภูมิ (Chart) ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อใช้ในการแสดงและการเปรียบเทียบ ข้อมูลได้หลายรูปแบบ เช่น แผนภูมิคอลัมน์ แผนภูมิเส้น แผนภูมิวงกลม ฯลฯ
8	Pix4D Mapper 	Software	<ul style="list-style-type: none"> สร้างแผนที่ 2D และโมเดล 3D ที่มีความแม่นยำสูง จาก ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ รุ่นทดลองใช้ฟรี 15 วัน
9	ArcGIS 	Software	<ul style="list-style-type: none"> ArcGIS รุ่น 10.3.1 โปรแกรมประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3. ภาคสนาม

3.1 พื้นที่ศึกษา

อยู่ในตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก อยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย (Latitude : 16.842277, Longitude : 100.576186) อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 81 เมตร เป็นพื้นที่สวนสักปลูกอยู่บริเวณด้านข้างองค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น สวนสักมีอายุประมาณ 10 ปี มีเนื้อที่ประมาณ 7,065.61 ตารางเมตร



ภาพ 2 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

3.2 สุ่มตัวอย่างต้นสัก

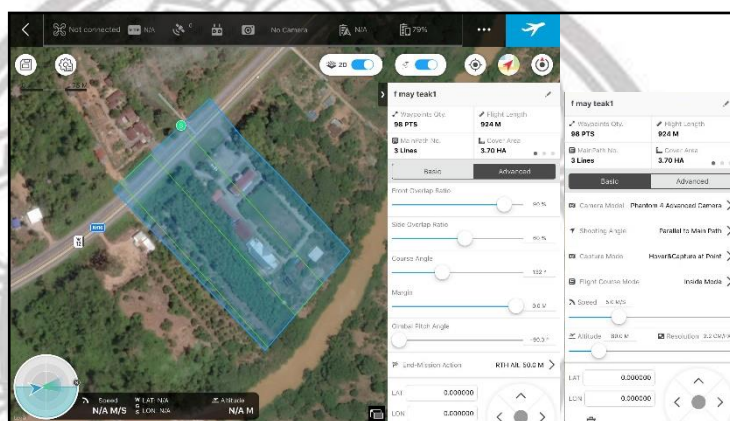
ทำการสุ่มตัวอย่างต้นสักจำนวน 30 ต้น พร้อมเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นสัก เช่น ความสูงและขนาดเส้นรอบวงที่ระดับ 1.30 เมตร ของต้นสัก เพื่อนำข้อมูลความสูงไปหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงที่ได้จากภาคสนาม และตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน (Root mean square error, RMSE)



ภาพ 3 แสดงตำแหน่งของต้นสักที่ถูกสุ่มใน

3.3 วางแผนแนวนบิน

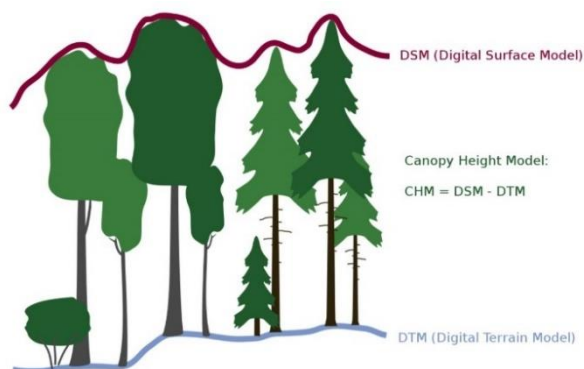
วางแผนแนวนบินให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดให้อากาศยานไร้คนขับบินที่ระดับความสูง 80 เมตรจากพื้นดิน จำนวนแนวนบิน 3 แนว ในส่วนของการถ่ายภาพกำหนดให้ มีส่วนซ้อน 90% ของภาพ (Overlap) และส่วนเกย 60% ของภาพ (Sidelap) กำหนดให้ความเร็วในการถ่ายภาพ เท่ากับ 5 เมตรต่อวินาที ได้ภาพทั้งหมด 90 ภาพ ระยะทางในการบินถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับ 924 เมตร



ภาพ 4 แสดงผลการตั้งค่าแนวนบิน

4. สร้างข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

สร้างข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับด้วยโปรแกรม Pix4D Mapper โดยข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมีทั้งหมด 90 ภาพ สร้างข้อมูลความสูงจากแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model หรือ DSM) แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM)/ (Digital Terrain Model หรือDTM) แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (Orthophoto) และแบบจำลองสามมิติ (3D model) จากนั้น Export Point Clouds ขึ้นข้อมูลแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลขกับชั้นข้อมูลแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข แล้วนำไปแปลงไฟล์ให้เป็นไฟล์ข้อมูลราสเตอร์ เพื่อใช้ในการหาค่าแบบจำลองความสูงทรงพุ่ม CHM (Canopy height model)



ภาพ 5 แสดงการคำนวณ CHM

การคำนวณหาค่าความสูงของต้นสักด้วยอากาศยานไร้คนขับในแปลงพื้นที่ศึกษา โดยการใช้เทคนิคการคำนวณด้วยเครื่องมือ Zonal Statistics โดยคำนวณหาค่าสูงสุดภายในรัศมี 2 เมตร (Buffer) ณ จุดเรื้อนยอดของต้นที่สามารถมองเห็นได้ภาพออร์โธ เมื่อได้ค่าความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับแล้ว จึงนำเอาไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกับข้อมูลความสูงที่ได้จากภาคสนาม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก ตามลำดับ



ภาพ 6 การคำนวณค่าความสูงด้วย Zonal statistics

ผลการศึกษา

1. ตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

ข้อมูลภาคสนามได้จากการสุ่มเลือกต้นสักภายในพื้นที่ จำนวน 30 ต้น (ดังตาราง 2) เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนาม วิเคราะห์หาค่าสหสัมพันธ์ของความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนาม (ดังสมการ 1) และคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (ดังสมการ 2) จากการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนามนั้น พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ และความสูงของต้นสักจากภาคสนาม มีความสัมพันธ์กันโดยที่ R เท่ากับ 0.97 จากนั้นนำมาวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (Root mean Squared Error, RMSE) ของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากภาคสนาม ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่า RMSE ของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนาม เท่ากับ ± 0.51 เมตร

$$r = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{\sum(xi^2 - n\bar{x}^2)} \sqrt{\sum(yi^2 - n\bar{y}^2)}} \quad (\text{สมการ 1})$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง

x = ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ

y = ความสูงของต้นสักจากภาคสนาม

\bar{x} = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร x

\bar{y} = ค่าเฉลี่ยของตัวแปร y

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (\text{สมการ 2})$$

โดยที่ X_i = ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ

Y_i = ความสูงของต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนาม

n = จำนวนต้นสักตัวอย่างทั้งหมด

ตาราง 2 ความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนาม

ต้นที่	CHM	ต้นที่	CHM
1	16.68	16	15.07
2	18.27	17	19.72
3	18.78	18	17.10
4	16.58	19	17.52
5	18.08	20	18.81
6	17.85	21	15.67
7	18.39	22	18.21
8	17.94	23	16.80
9	16.55	24	14.56
10	18.31	25	19.24
11	20.58	26	12.68
12	18.62	27	15.46
13	17.75	28	14.61
14	16.84	29	15.25
15	18.33	30	18.14

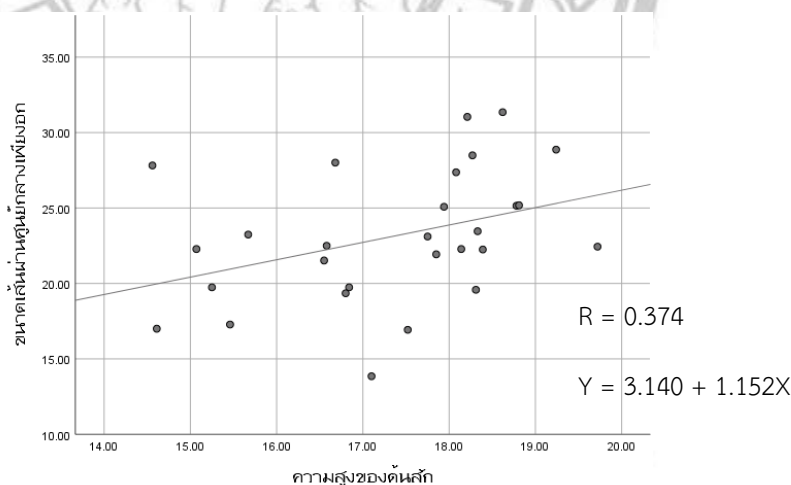
ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของความสูงต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับและความสูงต้นสักจากการลงพื้นที่ภาคสนาม เท่ากับ 0.51 เมตร



ภาพ 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสัก

2. ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจาก อากาศยานไร้คนขับ

จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ พบว่ามีต้นสักอยู่ 2 ต้น คือ ต้นที่ 11 และ 26 ที่มีความผิดปกติ ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงนั้น จึงแตกต่างจากต้นสักต้นอื่น ๆ ในจำนวนของต้นสักที่สุ่มมาทั้งหมด 30 ต้น ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ ผู้วิจัยได้ตัดสินใจไม่นำเอาต้นสักดังกล่าวนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสัก เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของความสัมพันธ์นี้ ดังนั้นผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสัก ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.374 มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ $a = 3.140$ และ $b = 1.152$ (ดังภาพ 4.9). ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับ



ภาพ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

3. ประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นสัก

จากการศึกษาประเมินหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อต้น ด้วยสมการแอลโลเมตรีดังสมการ 3 (ชิงชัย, 2544) พบว่า พื้นที่ทั้งหมดมีจำนวน 4.416 ไร่ ใน 1 ไร่ มีต้นสักประมาณ 110 ต้น ดังนั้นจำนวนต้นสักในพื้นที่สวนสักจึงมีจำนวนประมาณ 486 ต้น ซึ่งจะได้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยต่อต้น เท่ากับ 353.88 กิโลกรัม ดังนั้นมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่สวนสักทั้งหมด เท่ากับ 171,985.68 กิโลกรัม

$$W_t = W_s + W_b + W_l \quad (\text{สมการ 3})$$

$$W_s = 0.0271 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.9435} \quad R^2 = 0.9915$$

$$W_b = 0.0013 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{1.1339} \quad R^2 = 0.8090$$

$$W_l = 0.0205 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.6850} \quad R^2 = 0.8090$$

โดยที่ W_t = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg)

W_s = มวลชีวภาพในส่วนของลำต้น (kg)

W_b = มวลชีวภาพในส่วนของกิ่ง (kg)

W_l = มวลชีวภาพในส่วนของใบ (kg)

DBH = เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (cm)

H = ความสูงของต้นไม้ (m)

ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในส่วนสักจากปริมาณมวลชีวภาพที่ได้ การนำค่าปริมาณมวลชีวภาพ ที่ได้คูณด้วย 0.5 ดังสมการ 4 (ร้อยละ 50 โดยน้ำหนักของน้ำหนักแห้งของมวลชีวภาพ) (Margaret et al. 2002) ดังนั้นจึงทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักนี้ เท่ากับ 85,992.84 กิโลกรัม และความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สวนสักนี้ เท่ากับ 31,533.57 กิโลกรัมต่อปี

$$C_i = W_t \times 0.5 \quad (\text{สมการ 4})$$

โดยที่ C_i = คาร์บอนกักเก็บ (kg)

W_t = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (kg)

อภิปรายผล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำเอาอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักปลูก และหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับความสูงของต้นสักจากภาคสนาม สร้างสมการถดถอยอย่างง่าย เพื่อใช้ในพยากรณ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก เพื่อใช้ในการประมาณค่าเส้นรอบวงของต้นสักในพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าไปทำการวัดขนาดของลำต้นได้ ในเขตพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก พบว่าความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนั้นมีค่าใกล้เคียงกับค่าความสูงที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง เท่ากับ 0.51 เมตร ซึ่งทำให้ผู้วิจัยเชื่อมั่นว่าการใช้อากาศยานไร้คนขับในการประมาณค่าความสูงของต้นสักนั้นได้ค่าใกล้เคียงกับค่าความสูงจริงของต้นสักในพื้นที่ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนั้น มีความสัมพันธ์กันในเชิงบวก และมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ซึ่งมีค่าพารามิเตอร์ $a = 3.140$ และ $b = 1.152$ โดยที่ค่า R เท่ากับ 0.374 จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยใช้เกณฑ์ของ Hinkle ตามตารางที่ 3.2 ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองจึง พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และค่าความสูงของต้นสักจากอากาศยานไร้คนขับค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง ± 8.38 เมตร จึงทำให้สรุปได้ว่าความสูงของต้นสักไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากความแปรปรวนของความสูงของต้นสักในพื้นที่

All rights reserved

สรุป

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่สวนสัก ในพื้นที่ตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งเน้นไปที่การหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับค่าความสูงที่ได้จากการลงพื้นที่ภาคสนาม และค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ ที่ใช้ในสมการแอลโลเมตรี เพื่อหาค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของสวนสักปลูก ซึ่งผลของปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่สวนสักตำบลวังนกแอ่น อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกนั้น พบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 353.88 กิโลกรัมต่อต้น โดยแบ่งส่วนต่างๆดังนี้ ในส่วนของลำต้นเฉลี่ย 245.30 กิโลกรัมต่อต้น ในส่วนของกิ่งเฉลี่ย 20.36 กิโลกรัมต่อต้น และในส่วนของใบเฉลี่ย 88.22 กิโลกรัมต่อต้น จากความสูงของต้นสักที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นสัก ที่ได้จากการสุ่มต้นสักในภาคสนามจำนวน 30 ต้น ซึ่งสวนสักที่ได้ทำการศึกษา นั้น มีขนาดพื้นที่ประมาณ 4.416 ไร่ และใน 1 ไร่ มีต้นสักประมาณ 110 ต้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาขนาดพื้นที่ศึกษาคูณด้วยจำนวนต้นสัก จึงทำให้มีต้นสักในสวนสักแห่งนี้ประมาณ 486 ต้น ในต้นสักแต่ละต้นมีค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ย 353.88 กิโลกรัมต่อต้น ดังนั้นต้นสักในสวนแห่งนี้จึงมีค่ามวลชีวภาพรวมประมาณ 171,985.68 กิโลกรัม ทำให้พื้นที่สวนสักนี้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสะสมประมาณ 85,992.84 กิโลกรัม และสวนสักแห่งนี้ยังมีความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย 31,533.57 กิโลกรัมต่อปี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณท่านรองนายกองค์การบริหารส่วนตำบลวังนกแอ่น ร.ต.สุธนจิรันดร มาเดช อาจารย์และเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ สาขา ภูมิศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล อีกทั้งยังให้ความช่วยเหลือและ คำแนะนำการทำวิจัยระดับปริญญาตรี หลักสูตร ภูมิศาสตร์ในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ชิงชัย วิริยะปัญญา (2544). การปรับสมการเพื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของสวนป่าสักในประเทศไทย. รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา, ครั้งที่ 7
- นาฏสุตา ภูมิจำนงค์. (2550). ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในราก และคาร์บอนในดินของสวนป่าไม้สัก. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล นครปฐม 73170
- วิชัย เยี่ยงวีรชน. (2016). จุฬาฯ พัฒนา เทคโนโลยีการสำรวจด้วยภาพถ่าย. สืบค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก <http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=45190&Key=news11>
- Margaret, K. et al. (2002). Carbon storage of harvest-age teak (*Tectona grandis*) plantation, Panama. *Forest Ecology and Management* [Online]; 5863: 1-13. Available from URL: <http://www.sciencedirect.com/science>

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved



ประวัติผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล หทัยทิพย์ เงินอิน
วัน เดือน ปี เกิด 9 เมษายน 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน 54 หมู่ 3 ตำบลท่าปลา อำเภอท่าปลา
 จังหวัดอุตรดิตถ์ 53190



ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2558-ปัจจุบัน วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยนเรศวร เกردเฉลี่ย 2.64

พ.ศ. 2552-2557 ระดับมัธยมศึกษา (วิทย์-คณิต) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อม
 เกล้าอุตรดิตถ์ ตำบลผาจุก อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัด
 อุตรดิตถ์ 53000 เกรดเฉลี่ย 3.00

พ.ศ. 2546-2551 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนนิคมสร้างตนเองฯสงเคราะห์1
 ตำบลหาดล้า อำเภอท่าปลา จังหวัดอุตรดิตถ์ 53190

กิจกรรมที่เข้าร่วม

- 1) เข้าร่วมอบรมหลักสูตรภาษาอังกฤษ Listening Comprehension-Media (หลักสูตรระยะสั้น) ประจำเดือนกรกฎาคม 2561 ณ สถานพัฒนาวิชาการด้านภาษา มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 2) เข้าร่วมอบรมหลักสูตรภาษาอังกฤษ Listening and Speaking for Beginner (หลักสูตรระยะสั้น) ประจำเดือนสิงหาคม 2561 ณ สถานพัฒนาวิชาการด้านภาษา มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 3) เข้าร่วมอบรมหลักสูตรภาษาอังกฤษ Listening and Speaking Intermediate (หลักสูตรระยะสั้น) ประจำเดือนกันยายน 2561 ณ สถานพัฒนาวิชาการด้านภาษา มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 4) เป็นผู้ช่วยสอนภาคปฏิบัติการในรายวิชาบรรณาคาศวิทยาเบื้องต้น (104271) ของ ดร. นัฐพล มหาวิค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561 วันที่ 16 สิงหาคม 2561 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 5) เป็นผู้ช่วยสอนภาคปฏิบัติการในรายวิชาไฟโตแกรมเมตรี (104331) ของ ดร. นัฐพล มหาวิค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561 วันที่ 22 สิงหาคม 2561 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
- 6) เข้าร่วมอบรม Frame Camera Practice Digital Photogrammetry คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร ในปี 2560

ประวัติผู้วิจัย (ต่อ)

กิจกรรมที่เข้าร่วม (ต่อ)

7) เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการหัวข้อ “การจัดทำระบบแผนที่ออนไลน์ด้วย ซอฟต์แวร์รหัสเปิด” ของ อาจารย์สิทธิชัย ชูสำโรง ในรายวิชา Internet mapping ระหว่าง วันที่ 16-17 กันยายน 2560 ณ คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

8) เป็นผู้ช่วยสอนภาคปฏิบัติการในรายวิชา Advanced Remote Sensing (104543) ของ ดร.นัฐพล มหาวิค ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2561 วันที่ 4 ตุลาคม 2561 ณ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร

9) เข้าร่วมการอบรมสหกิจ หัวข้อการบินถ่ายภาพทางอากาศโดยอากาศยานไร้ คนขับ UAV โดยใช้ โปรแกรม Agisoft PhotoScan Professional ของ ดร.นัฐพล มหาวิค วันที่ 12 พฤศจิกายน 2561 ณ ศูนย์บริการเทคโนโลยีและการสื่อสาร (NULC) มหาวิทยาลัยนเรศวร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Copyright by Naresuan University

All rights reserved