การประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน ด้วยเทคนิคอากาศยานไร้คนขับ:
กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา

นายธนวิทย์ ถมกระจ่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์
คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ESTIMATION OF CARBON SEQUESTRATION IN COMMUNITY FORESTS USING UAV TECHNIQUE: A CASE STUDY OF BAN BU TA TONG COMMUNITY FORESTS , TAMBON NAKLANG, SUNGNOEN DISTRICTS, NAKHONRATCHASIMA PROVINCE.

Mr. Thanawit Thomkrajang

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Arts Program in Geography and Geoinformatics
Department of Geography
Faculty of Arts
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน ด้วยเทคนิคอากาศยานไร้คนขับ: กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา
โดย	นายธนวิทย์ ถมกระจ่าง
สาขาวิชา	ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี

คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะอักษรศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. กิ่งกาญจน์ เทพกาญจนา)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริวิไล ธีระโรจนารัตน์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. เอกกมล วรรณเมธี)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(อาจารย์ พันโท ดร. สรวิศ สุภเวชย์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ธนวิทย์ ถมกระจ่าง : การประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน ด้วยเทคนิคอากาศยานไร้คนขับ: กรณีศึกษาป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา (ESTIMATION OF CARBON SEQUESTRATION IN COMMUNITY FORESTS USING UAV TECHNIQUE: A CASE STUDY OF BAN BU TA TONG COMMUNITY FORESTS , TAMBON NAKLANG, SUNGNOEN DISTRICTS, NAKHONRATCHASIMA PROVINCE.) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. เอกกมล วรรณเมธี, 140 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่ประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา โดยการใช้ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (Point Could) ที่ได้จากการประมวลผลของภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model : DSM) และแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model :DEM) จากนั้นทำการหาความสูงของต้นไม้โดยการหาค่าต่างระหว่างของแบบจำลองดังกล่าว นอกจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการกำหนดแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 40 × 40 เมตร จำนวน 10 แปลง เพื่อสำรวจเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้เพื่อใช้ในการประเมินความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ในการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินผู้วิจัยใช้สมการแอลโมเมตรี (allometric equations) ประเภทป่าเต็งรัง ผลการวิจัยพบว่าความสูงที่ได้จากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับมีความสัมพันธ์กับภาคสนามโดยมีค่า R^2 อยู่ที่ 0.715-0.898 และมีความคลาดเคลื่อนของความสูงต้นไม้อยู่ที่ 0.50-0.66 เมตร ปริมาณคาร์บอนทั้งพื้นที่ศึกษามี 1.54 ตัน/ไร่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนกักเก็บในแปลงตัวอย่างพบว่ามีความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ร้อยละ 13-59 ซึ่งความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมาจากความคลาดเคลื่อนในการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกจากข้อมูลความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เนื่องจากความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่มีความชัดเจน จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการหาขนาดพื้นที่ที่เหมาะสมในการหาปริมาณคาร์บอนกักเก็บพบว่าขนาดพื้นที่มากกว่า 25×25 เมตรมีความเหมาะสมสำหรับกรหาปริมาณคาร์บอนกักเก็บในพื้นที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา ภูมิศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

5980316722 : MAJOR GEOGRAPHY AND GEOINFORMATICS
KEYWORDS: CARBON SEQUESTRATION / BIOMASS / UAV / COMMUNITY FOREST

This study aims to estimate the amount of sequestrated carbon in the community forest at Ban Bu Ta Tong, Nakornratchasima province using Unmanned Aerial Vehicle technique (UVA). This technique obtained height of surface as aerial photographs, which were subsequently converted into point clouds representing the height of trees above the surface, and eventually Digital Surface Model (DSM) and Digital Terrain Model (DEM). Height of individual trees is derived by subtracting DSM and DEM over tree crowns. The researcher also conducted field measurement of Individual tree heights (H) and diameter at the breath height of trees (D) in 10 plots of 40 * 40 meters for accuracy assessment of data obtained by UAV technique. Relations between H and D obtained from field data were formulated and used to estimate biomass and carbon amount of individual trees in the study area through allometric equations of deciduous dipterocarp forest type. The results show that height of trees derived by UAV techniques are strongly correlated to the field data (r^2 between 0.715 –0.898). Average errors in tree height range between 0.5-0.66 metres among plots. The amount of carbon storage for all individual trees for the entire forest is about 1.54 tons per rai. The amount of carbon storages in the plots estimated using UAV data is different from those estimated using field data in a range of 13%-59%. These discrepancies can be explained by errors in estimating D given H from UAV since there is no clear relation between H and D in the plots. Estimation of average carbon sequestration over a grid cell of difference sizes shows that the grid cell of larger than 25 x 25 metres is suitable for estimation of carbon sequestration in the study area.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department:	Geography	Student's Signature	.....
Field of Study:	Geography and Geoinformatics	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017		

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาเป็นอย่างยิ่งของ อาจารย์ ดร.เอกกมล วรรณเมธี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์และข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ และช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน อีกทั้งให้ข้อแนะนำเพื่อปรับปรุงและเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ศิริวิไล ธีระโรจนารัตน์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ อีกทั้งให้ความกรุณาเป็นประธานกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ และขอขอบพระคุณ พ.ท.ดร.สรวิศ สุภเวชย์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจและสารสนเทศภูมิศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยในการสอบตลอดจนข้อคิดเห็นในการปรับแก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ท้ายนี้ ผู้วิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนและคอยช่วยเหลือจนผู้วิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญภาพ 1
สารบัญตาราง 1
บทที่ 1 1
บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 ขอบเขตการศึกษา 3
1.4 วิธีการดำเนินงาน 3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา 4
อธิบายศัพท์ 4
บทที่ 2 6
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 บทบาทของป่าไม้ในการกักเก็บคาร์บอน 6
2.2 การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บปริมาณคาร์บอนในต้นไม้ 7
2.2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณกักเก็บคาร์บอนและมวลชีวภาพ 7
2.2.2 การวัดลักษณะโครงสร้างของต้นไม้เพื่อการคำนวณหามวลชีวภาพ 10
2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในพื้นที่ป่า 11
2.3 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.3.1 การบินสำรวจถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับ 14
2.3.2 งานสำรวจด้วยระบบไลดาร์ 16
2.5 การสร้างแบบจำลองความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ 17
บทที่ 3 19
พื้นที่ศึกษา 19
3.1 ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา 19
3.2 ข้อมูลป่าไม้และป่าชุมชน 20
3.3 จำนวนประชากร 21
3.4 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในท้องถิ่น 22
3.4.1 การประกอบอาชีพ 22
3.4.1.1 อาชีพเกษตรกรรม 22
3.4.2 หน่วยอุตสาหกรรมในพื้นที่ 23
บทที่ 4 24
วิธีการดำเนินการวิจัย 24
4.1 การเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้จากอากาศยานไร้คนขับ 26
4.1.1การสร้างภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ 26
4.1.2 การกำหนดค่าพิกัดอ้างอิงในพื้นที่ศึกษา 27
4.1.3 การประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางอากาศ 28
4.2 การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ 31
4.2.1 การวางแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลของต้นไม้ 32
4.2.2 การเก็บข้อมูลตำแหน่งและลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง 33
4.3 การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 35
4.3.1 หลักการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้ 35

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.3.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ (D-H Relation) 36
4.3.3 วิธีการประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าชุมชน 38
4.3.3.1 การประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้รายต้น (Individual-based approach) 38
4.3.3.2 การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อหน่วยพื้นที่ (Area-based Approach) 40
4.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการคำนวณค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา 42
บทที่ 5 43
5.1 การสร้างข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ 43
5.2 ความสัมพันธ์และความสอดคล้องของความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนาม 47
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา (D-H Relations) 50
5.3.1 การวิเคราะห์ความความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร 54
5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นไม้และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา 55
5.4 ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้ 56
5.4.1 ผลประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายต้น (Individual based approach) 56
5.4.2 ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายพื้นที่ในแปลงตัวอย่าง (Area based approach) 60
บทที่ 6 66

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

6.1 สรุปผลการวิจัย 66
6.2 ปัญหาและอุปสรรค 68
6.3 ข้อเสนอแนะ 68
รายการอ้างอิง 70
ภาคผนวก ก. ข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร 73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 140

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญภาพ

รูปที่ 1.1 ขอบเขตพื้นที่วิจัย ป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง อำเภอนากลาง จังหวัดนครราชสีมา 3

รูปที่ 2.1 ตำแหน่งวัดความโตที่ระดับต่างๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ และในพื้นที่ที่มีความลาดชัน 10

รูปที่ 2.2 (ก)อากาศยานไร้คนขับประเภทใบพัดหมุด (Multi rotors) 15

รูปที่ 2.3 การสำรวจรังวัดข้อมูลด้วยไลดาร์ 17

รูปที่ 2.4 ลักษณะการบินถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ภาพถ่ายทางอากาศที่มีส่วนทับซ้อนทางแนวบินมากกว่าร้อยละ 60 และมีส่วนทับซ้อนของแนวบินประมาณร้อยละ 30 (ไพศาล สันติธรรมนนท์ 2555) 17

รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งจุดควบคุมและจุดตรวจสอบที่เหมาะสม 18

รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา 19

รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงร้อยละของป่าไม้ และป่าชุมชนจังหวัดนครราชสีมา 20

รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงพื้นที่จัดทำโครงการป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง 20

รูปที่ 3.4 ต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา 21

รูปที่ 3.5 แผนภูมิแสดงสัดส่วนจำนวนประชากรในจังหวัดนครราชสีมา 22

รูปที่ 4.1 ผังแสดงขั้นตอนของกระบวนการวิจัย 25

รูปที่ 4.2 แนวการบินแบบ Double Grid 26

รูปที่ 4.3 การสำรวจรังวัดจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ 27

รูปที่ 4.4 ตำแหน่งของหมุดอ้างอิงที่ใช้เป็นจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ 28

รูปที่ 4.5 ตำแหน่งแปลงตัวอย่างถาวร 32

รูปที่ 4.6 (ก) แสดงการกำหนดพิกัด ณ ตำแหน่งที่เป็นขอบเขตแปลงตัวอย่างโดยการสำรวจด้วยดาวเทียม (ข) การวางแนวขอบเขตของแปลงตัวอย่างถาวร 33

รูปที่ 4.7 การเก็บตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร 34

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 4.8 (ก) แสดงการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร 35

รูปที่ 4.9 การระบุตำแหน่งและความสูงของต้นไม้แบบอัตโนมัติจากข้อมูลระดับความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับด้วยเทคนิค Local Extrema..... 39

รูปที่ 4.10 ความผิดพลาดในการกำหนดตำแหน่งและความสูงต้นไม้แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Local Extrema ในกรณีที่ต้นไม้มีทรงพุ่มมากกว่า 1 ทรงพุ่ม (จุดสีเหลืองแสดงตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ที่ถูกต้อง จุดสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ที่ผิดพลาด)..... 40

รูปที่ 5.1 ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับที่มีส่วนซ้อน (Overlap) ร้อยละ 85 และส่วนเกย (Sidelap) ร้อยละ 70..... 43

รูปที่ 5.2 (ก)ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (ข)แบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข..... 46

รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 10 แปลง..... 48

รูปที่ 5.4 ความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งต้นไม้โดยอัตโนมัติแปลงตัวอย่างถาวร A..... 60

รูปที่ 5.5 กริดขนาด 40 x 40 เมตร..... 61

รูปที่ 5.6 ปริมาณคาร์บอนกักเก็บในกริดขนาดขนาด 40 x 40 เมตร..... 62

รูปที่ 5.7 กริดขนาด 25 x 25 เมตร..... 63

รูปที่ 5.8 ผลต่างเปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนของแปลงตัวอย่าง..... 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1สมการแอลโลเมตริกที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติและพืชชนิดต่างๆ (ชิงชัย วิริยะบัญชา 2546) 8

ตารางที่ 4.1 ข้อกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางราบของ AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ASPRS, 2014) 29

ตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางดิ่งของพื้นผิวที่มีพืชปกคลุม AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ASPRS, 2014) 30

ตารางที่ 5.1 ความคลาดเคลื่อนจุดควบคุมภาคพื้นดิน 44

ตารางที่ 5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของจุดตรวจสอบทางราบและทางดิ่ง 45

ตารางที่ 5.3 ความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนาม 48

ตารางที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม 50

ตารางที่ 5.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ a, b ในแปลงตัวอย่างถาวร 55

ตารางที่ 5.6 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากการความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ 56

ตารางที่ 5.7 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายต้นจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับ 57

ตารางที่ 5.8 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายต้นจากการระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติ 58

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบจำนวนต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและการหาอัตโนมัติ 59

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนกักเก็บของกริดขนาดต่างๆ และแปลงตัวอย่างถาวร ... 63

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร A 74

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร B..... 85

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร C 93

ตารางภาคผนวกที่ ก.4 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร D 97

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร E..... 103

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร F..... 109

ตารางภาคผนวกที่ ก.7 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร G 117

ตารางภาคผนวกที่ ก.8 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร H 121

ตารางภาคผนวกที่ ก. 9 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร I..... 127

ตารางภาคผนวกที่ ก.10 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร J 132

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คาร์บอน เป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตและมีความสำคัญต่อความสมดุลภายในระบบนิเวศน์ คาร์บอนถูกเก็บกักภายในองค์ประกอบต่างๆ ในสิ่งแวดล้อมและจะมีการหมุนเวียนไปตามวัฏจักรของคาร์บอน (Carbon Cycle) คาร์บอนในธรรมชาติจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไปตามแหล่งกักเก็บทั้งบนพื้นดิน แหล่งน้ำ บรรยากาศ และสิ่งมีชีวิต คาร์บอนสามารถอยู่ในธรรมชาติทั้งในรูปแบบของแข็ง ของเหลว และก๊าซ โดยคาร์บอนส่วนใหญ่ในธรรมชาติจะมีแหล่งกักเก็บอยู่ในพืชในรูปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบในเนื้อเยื่อพืช

ในปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์ส่งผลให้มีการปลดปล่อยคาร์บอนจากแหล่งกักเก็บสู่ระบบบรรยากาศในปริมาณมาก เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง กิจกรรมการขนส่ง การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้กิจกรรมของมนุษย์ยังส่งผลให้แหล่งกักเก็บคาร์บอนในธรรมชาติลดน้อยลง เช่น การบุกรุกทำลายป่า ส่งทำให้กลไกในการดึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากระบบบรรยากาศถูกลดทอนประสิทธิภาพ และทำให้ชั้นบรรยากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณมากขึ้น นำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ที่ทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นหรือภาวะโลกร้อน (Global warming) เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถดูดกลืนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์และจากพื้นดิน วิธีการแก้ปัญหาโลกร้อนแบบยั่งยืนวิธีการหนึ่งคือ การเปลี่ยนคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศให้อยู่ในรูปของคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต ได้แก่การปลูกต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้บทบาทสำคัญในการกักเก็บ (Sink) หรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ต้นไม้จะทำการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และนำมากักเก็บไว้ในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ในรูปของมวลชีวภาพ ดังนั้นการปลูกต้นไม้จึงมีส่วนช่วยในการลดคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อนได้

ในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ โดยปกติแล้วปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในต้นไม้จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่ามวลชีวภาพ (Biomass) ซึ่งเป็นค่ามวลรวมขององค์ประกอบทุกส่วนของต้นไม้ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ราก ฯลฯ ดังนั้นข้อมูลลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้ อาทิเช่น ความสูง ขนาดของลำต้น ความกว้างของทรงพุ่ม จึงสามารถนำไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในต้นไม้ได้โดยการใช้สมการแอลโลเมตริก (Allometry

equation) ซึ่งเป็นสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและลักษณะโครงสร้างของต้นไม้ ข้อมูลลักษณะโครงสร้างต้นไม้สามารถวัดได้จากการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม ถึงแม้ว่าวิธีการสำรวจในภาคสนามจะได้ข้อมูลโครงสร้างและรูปทรงของต้นไม้ที่มีความถูกต้องสูง แต่ทว่าวิธีการนี้จำเป็นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในงานสนามและยังเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายค่อนข้างมาก หากพื้นที่ศึกษาปกคลุมด้วยพืชพรรณธรรมชาติหนาแน่นและอยู่ห่างไกลจากชุมชน วิธีการสำรวจในภาคสนามอาจกระทำได้ไม่สะดวกและข้อมูลที่ได้อาจมีความผิดพลาดสูง

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการสำรวจระยะไกลในปัจจุบันทำให้มีการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงในการศึกษาลักษณะโครงสร้างและความหนาแน่นของพืชพรรณธรรมชาติของพื้นที่ป่า ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพจากสมการแอลโลเมตริกและคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในพื้นที่ป่าต่อไปได้ การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) เพื่อศึกษาการกักเก็บปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ ในการศึกษาขั้นต้นผู้วิจัยเลือกศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชน (Community Forest) เนื่องจากมีลักษณะทางชีวภาคและโครงสร้างของสังคมพืชพรรณในป่าไม่ซับซ้อนมากนัก จึงสามารถใช้ในการศึกษาเพื่อสร้างกรอบขั้นตอนการประเมินคาร์บอนจากภาพถ่ายทางอากาศเพื่อเป็นต้นแบบ (prototype) และแนวทางประยุกต์สำหรับพื้นที่อื่นๆ ที่มีความซับซ้อนของพืชพรรณมากขึ้นต่อไป เช่น พื้นที่ป่าธรรมชาติ ในการศึกษาผู้วิจัยทำการสร้างข้อมูลแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมของพื้นผิวป่าชุมชนจากการประมวลผลจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ซึ่งจะทำให้ทราบข้อมูลตำแหน่งของวัตถุและความสูงของสิ่งปกคลุมดินจากพื้นดิน ในกรณีนี้คือความสูงของต้นไม้ ผู้วิจัยศึกษาวิธีการประเมินปริมาณมวลชีวภาพของป่าจากข้อมูลความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง และจำนวนของต้นไม้จากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วยวิธีการแตกต่างกัน โดยตรวจสอบความถูกต้องกับแปลงตัวอย่างที่มีการเก็บข้อมูลภาคสนาม จากนั้นจึงทำการประเมินคาร์บอนกักเก็บรวมของทั้งพื้นที่จากวิธีการคำนวณมวลชีวภาพแบบต่างๆ ผลการศึกษาจะนำมาเปรียบเทียบเพื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนและความน่าเชื่อถือของแต่ละวิธีการ อันจะนำไปสู่การกำหนดวิธีการที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นฐานในการศึกษาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

1.2.2 ประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ เพื่อประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชนบุตาต้อง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา เนื้อที่ประมาณ 230 ไร่ โดยช่วงระยะเวลาในดำเนินการสำรวจอยู่ระหว่างเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ 2561

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 1.1 ขอบเขตพื้นที่วิจัย ป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง อำเภอนากลาง จังหวัดนครราชสีมา

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 กำหนดแปลงตัวอย่างถาวรในพื้นที่วิจัย เพื่อเก็บข้อมูลลักษณะต้นไม้ เก็บข้อมูลตำแหน่งความสูง ขนาดต้นไม้ ของแปลงตัวอย่างที่กำหนด

1.4.2 ดำเนินการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับดำเนินการบินถ่ายภาพทางอากาศด้วยอากาศยานไร้คนขับ

1.4.3 สร้างแบบจำลองแสดงความสูงของพื้นผิวของพื้นที่ป่า (Digital Surface Model: DSM) และความสูงภูมิประเทศ (Digital Elevation Model: DEM) จากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อคำนวณหาความสูงของต้นไม้ในพื้นที่ป่า

1.4.4 วิเคราะห์และความสัมพันธ์ของความสูงต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและจากข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

1.4.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ (D-H Relation) ของแปลงตัวอย่างถาวรในพื้นที่ศึกษา

1.4.6 คำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าทั้งหมด ด้วยวิธีการนับจำนวนต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่วิจัย และประมาณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้แต่ละต้นด้วย D-H relation จากข้อ 1.4.5 จากนั้นจึงใช้สมการแอลโลเมตริกในการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละต้น (Individual-based appoarch)

1.4.7 คำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าทั้งหมดด้วยวิธีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกริดขนาด 40 X 40 เมตร หาค่าความสูงเฉลี่ยของต้นไม้และเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของต้นไม้ในกริดเซลด้วย D-H relation จากข้อ 1.4.5 จากนั้นจึงใช้สมการแอลโลเมตริกในการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในแต่ละกริดเซล (Area-based appoarch)

1.4.8 ตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่คำนวณด้วยวิธี Individual-based appoarch ในข้อ 1.4.6 และ Area-based appoarch ในข้อ 1.4.7 กับมวลชีวภาพที่ได้จากสำรวจในแปลงตัวอย่างที่ใช้ในการตรวจสอบ

1.4.9 คำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพื้นที่ป่าทั้งหมด

1.4.10 เปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากการคำนวณมวลชีวภาพทั้ง 2 วิธี

1.4.11 สรุปผลและเขียนวิทยานิพนธ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

ผลการศึกษาจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) ในการประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของต้นไม้ได้

อธิบายศัพท์

อากาศยานไร้คนขับ หมายถึงเครื่องบินที่สามารถบินได้ด้วยระบบอัตโนมัติจากระบบควบคุมการบินและระบบสนับสนุนที่อยู่บนภาคพื้นดิน โดยไม่ต้องอาศัยนักบินเพื่อควบคุมอากาศยาน ลักษณะการบินจะถูกกำหนดจากความต้องการ 5 ประการ ได้แก่ ระยะเวลาบิน ความเร็วในการบิน รัศมีการบิน ความสูงในการบิน และน้ำหนัก

ป่าชุมชน หมายถึง พื้นที่ที่ได้รับอนุมัติจากกรมป่าไม้ให้เป็นป่าชุมชน ตามแนวทางที่กำหนดไว้เพื่อให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการจัดการป่าเพื่อประโยชน์อย่างยั่งยืน ภายใต้บทบัญญัติตามระเบียบและกฎหมายที่เกี่ยวข้อง

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน หมายถึง มวลของคาร์บอนที่กักเก็บในรูปเนื้อไม้ นั้นสามารถคำนวณได้จากการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้ สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG) และมวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground Biomass; BLG)

มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground Biomass; ABG) หมายถึง น้ำหนักแห้งของทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ ดอก และผล

สมการแอลโลเมตริก (Allometric Equation) หมายถึง สมการความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร และความสูงทั้งหมดของต้นไม้กับมวลชีวภาพของต้นไม้ซึ่งมาจากการหาน้ำหนักแห้งขององค์ประกอบทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่เหนือพื้นดิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีแนวความคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ บทบาทของป่าไม้ในการกักเก็บคาร์บอน การศึกษามวลชีวภาพในพื้นที่ป่า หลักการทำงานของอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle : UAV) และแบบจำลองความสูงของพื้นที่จากการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ (Arial Photography)

2.1 บทบาทของป่าไม้ในการกักเก็บคาร์บอน

ป่าไม้จะมีบทบาททั้งในการทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บ (sink) และแหล่งปลดปล่อย (source) ก๊าซ CO_2 การกักเก็บหรือดูดซับก๊าซ CO_2 จะนำไปใช้กระบวนการสังเคราะห์แสงโดยพืชทุกชนิดจะนำก๊าซ CO_2 มาใช้ แล้วเปลี่ยนสภาพเป็นเซลลูโลสและกลายเป็นมวลชีวภาพดังนี้

$$6H_2O + 6CO_2 \xrightarrow[\text{คลอโรฟิลล์}]{\text{แสงแดด}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณก๊าซ CO_2 ที่อยู่ในอากาศ และในขณะเดียวกันป่าไม้ก็จะปลดปล่อยก๊าซ CO_2 เข้าสู่บรรยากาศผ่านกระบวนการหายใจ และการย่อยสลายของเศษซากพืช (ชิงชัย วิริยะบัญชา 2546) ป่าธรรมชาติที่สมบูรณ์ คือป่าซึ่งเกิดขึ้นมาโดยธรรมชาติและไม่เคยถูกรบกวนจากการตัดไม้ ต้นไม้มีการความเจริญเติบโตอย่างเต็มที่ มีต้นไม้ขนาดใหญ่อยู่หนาแน่น มีความสมดุลระหว่างการเก็บและการปล่อยก๊าซ CO_2 อย่างไรก็ดีในปัจจุบัน จำนวนป่าได้ลดลงมากเนื่องจากการบุกรุกทำลายป่าเพื่อเปลี่ยนพื้นที่เพื่อการเกษตรและความต้องการในการใช้ทรัพยากรไม้ นอกจากนี้กิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ให้มีแนวโน้มการปลดปล่อยก๊าซ CO_2 จากแหล่งต่างๆ ในธรรมชาติมากกว่าการกักเก็บจึงทำให้ไม่เกิดความสมดุลของคาร์บอนในธรรมชาติ ดังนั้นในการลดปริมาณก๊าซ CO_2 จึงต้องให้ความสำคัญของพื้นที่ป่าเดิม และสนับสนุนการปลูกป่าเพิ่มเติม หรือป้องกันรักษาพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้ค่อยๆ ฟื้นตัวเองตามธรรมชาติโดย ซึ่งป่าไม้ที่มีอายุน้อยจะมีประสิทธิภาพในการลดก๊าซ CO_2 ในอากาศสูงกว่า ป่าไม้ที่มีอายุมาก

2.2 การศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บปริมาณคาร์บอนในต้นไม้

2.2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณกักเก็บคาร์บอนและมวลชีวภาพ

คาร์บอนกักเก็บอยู่ในต้นไม้ในรูปของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ดังนั้นปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในต้นไม้จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) ซึ่งเป็นค่ามวลรวมขององค์ประกอบทางโครงสร้างของพืชทั้งส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ และส่วนที่อยู่ใต้พื้นดินได้แก่ ราก เป็นต้น การหามวลชีวภาพสามารถกระทำได้โดยการนำชิ้นส่วนของพืชมาอบแห้งเพื่อให้ได้มวลที่แท้จริงของเนื้อเยื่อพืช แล้วจึงทำการประเมินสัดส่วนของคาร์บอนต่อมวลแห้งทั้งหมดของพืช

เนื่องจากมวลชีวภาพของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโครงสร้างและลักษณะทางกายวิภาคของพืชอาทิเช่น ความสูงของต้นไม้ เส้นรอบวงของต้นไม้ จำนวนใบไม้ จำนวนกิ่งไม้ ขนาดของทรงพุ่ม ความกว้างของเรือนยอด ฯลฯ ดังนั้นงานวิจัยเป็นจำนวนมากที่มุ่งเน้นหาความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพของต้นไม้ซึ่งหาได้จากวิธีการอบแห้งและลักษณะโครงสร้างของต้นไม้ที่สามารถวัดได้ด้วยวิธีการในภาคสนาม เพื่อสร้างสมการสำหรับประมาณค่ามวลชีวภาพจากลักษณะทางกายภาพของพืชพรรณ สมการดังกล่าวนี้มีชื่อว่าสมการแอลโลเมตริก (Allometric equation) ซึ่งช่วยในการประมาณค่ามวลชีวภาพของพืชได้โดยตรงจากการสำรวจลักษณะต้นไม้ในภาคสนามโดยไม่จำเป็นต้องมีการเก็บชิ้นส่วนของต้นไม้เพื่อทำการอบแห้งในห้องปฏิบัติการซึ่งใช้เวลาและค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก

การศึกษามวลชีวภาพของต้นไม้เพื่อหาสมการแอลโลเมตริกที่เหมาะสมนั้น สามารถกระทำได้ใน 2 ลักษณะ ลักษณะแรกเป็นการสร้างสมการแอลโลเมตริกเฉพาะสำหรับพืชแต่ละชนิด ลักษณะที่สองเป็นสมการแอลโลเมตริกสำหรับป่าไม้แต่ละประเภทอาทิเช่น ป่าดิบ ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งจะมีขั้นตอนการดำเนินงานที่แตกต่างกันไปตามประเภทของป่า การหาสมการแอลโลเมตริกในป่าธรรมชาติมีความซับซ้อนและยุ่งยากมากกว่าการหาสมการแอลโลเมตริกในสวนป่าเนื่องจากพืชพรรณธรรมชาติมีความหลากหลาย ต้องเลือกต้นไม้ตัวอย่างจำนวนมากเพื่อให้ครอบคลุมชนิดของต้นไม้ในป่ารวมถึงขนาดชั้นของทรงพุ่ม อายุ ดังนั้นจึงใช้เวลามาก ใช้บุคลากร อุปกรณ์ และงบประมาณที่ค่อนข้างสูง การคำนวณมวลชีวภาพและคาร์บอนกักเก็บของป่าธรรมชาติที่ป่าไม้มีความหลากหลายของพันธุ์พืชมากยังมีความคลาดเคลื่อนจึงมีมากกว่าเมื่อเทียบกับป่าไม้เชิงเดียวหรือสวนป่าปลูก ในกรณีนี้สมการแอลโลเมตริกจะมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าเนื่องจากความหลากหลายของพันธุ์พืชในพื้นที่มีน้อยกว่า

สำหรับประเทศไทย มีป่าไม้หลายประเภท ป่าไม้แต่ละประเภทก็มีสังคมพืชหลักแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น สังคมพืชป่าดงดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง เป็นต้น และในกลุ่มของสังคมพืชหลักดังกล่าวยังประกอบด้วยกลุ่มสังคมย่อยที่มีชนิดพันธุ์ไม้เด่นแตกต่างกันออกไป เช่น สังคมพืช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ป่าดิบแล้งในประเทศไทยสามารถแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 3 สังคม คือ สังคมเคี่ยมคะนอง สังคมตะเคียนหิน และสังคมยางแดง โดยพิจารณาจากชนิดพันธุ์ไม้เด่นและองค์ประกอบของหมู่ไม้ เป็นต้น การที่สังคมย่อยแต่ละสังคมมีความแตกต่างกันมากทั้งในเรื่องขององค์ประกอบของชนิดพันธุ์และองค์ประกอบของหมู่ไม้ ดังนั้นจึงควรใช้สมการแอลโลเมตริกตามประเภทของป่านั้นๆ เพื่อใช้ในการหาปริมาณมวลชีวภาพ สมการแอลโลเมตริกสำหรับป่าไม้แต่ละประเภทมีดังนี้ (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1สมการแอลโลเมตริกที่ใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติและพืชชนิดต่างๆ (ชิงชัย วิริยะบัญชา 2546)

ประเภทของป่า	สมการ Allometry	ที่มา
ป่าดิบแล้ง ป่าดิบเขา	$W_s = 0.0509\ D^2 H^{0.919}$ $W_b = 0.00893\ D^2 H^{0.977}$ $W_l = 0.0140\ D^2 H^{0.6697}$ $W_r = 0.0313\ D^2 H^{0.805}$	Tsutsumi et al. (1983)
ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง	$W_s = 0.0396\ D^2 H^{0.9326}$ $W_b = 0.03487\ D^2 H^{1.0270}$ $W_l = \left(\frac{28.0}{W_{tc}} + 0.025\right)^{-1}$	Ogawa et al. (1965)
ป่าดิบชื้น	$W_s = 0.0396\ D^2 H^{0.9326}$ $W_b = 0.006003\ D^2 H^{1.0270}$	Ogawa et al. (1965)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประเภทของป่า	สมการ Allometry	ที่มา
ป่าดิบชื้น	$W_l = \left(\frac{28.0}{W_{tc}} + 0.025\right)^{-1}$ $W_r = 0.0264\ D^2 H^{0.7750}$	Ogawa et al. (1965)
ป่าสนเขา (สนสองใบ)	$W_s = 0.2141\ D^2 H^{0.9814}$ $W_b = 0.00002\ D^2 H^{1.4561}$ $W_l = 0.00072\ D^2 H^{1.0138}$	สุนันทา (2531)
ป่าสนเขา (สนสามใบ)	$W_s = 0.2698\ D^2 H^{0.946}$ $W_b = 0.00018\ D^2 H^{1.455}$ $W_l = 0.00072\ D^2 H^{1.094}$	พงษ์ศักดิ์ (2534)
ไผ่รวก ไผ่บงดำ ไผ่ข้าวหลาม ไผ่ไร่และไผ่ผาก	$W_t = 0.22187(D)^{2.2749}$ $W_t = 0.49522(D)^{0.8726}$ $W_t = 0.17446(D)^{1.0437}$ $W_t = 0.2425(D)^{1.0751}$	Suwannapinunt (1983) และ Kutintara et al. (1995)

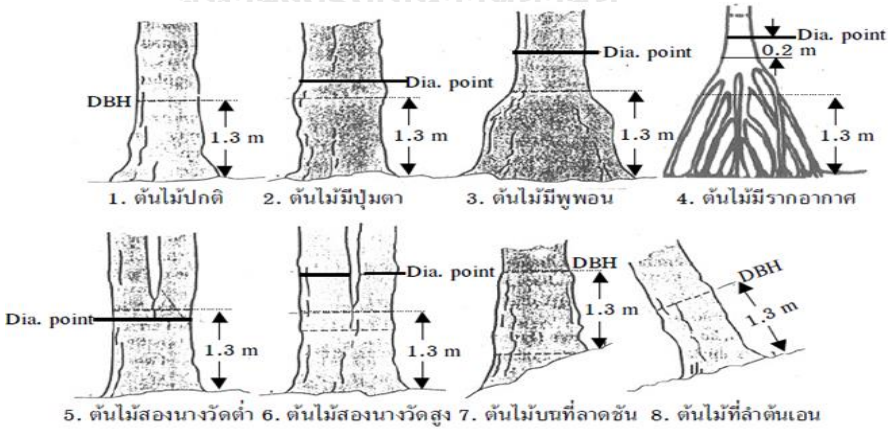
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ : W_s มวลชีวภาพในส่วนของลำต้น (กิโลกรัม); W_b มวลชีวภาพในส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม); W_l มวลชีวภาพในส่วนของใบ (กิโลกรัม); W_{tc} มวลชีวภาพในส่วนของลำต้นและกิ่ง (กิโลกรัม); W_t มวลชีวภาพในส่วนของลำต้นใบและกิ่ง (กิโลกรัม); D ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับ 1.3 เมตร หรือความสูงเพียงอกของต้นไม้ (เซนติเมตร)

2.2.2 การวัดลักษณะโครงสร้างของต้นไม้เพื่อการคำนวณหามวลชีวภาพ

การหาปริมาณมวลชีวภาพโดยใช้สมการแอโลเมตรีต้องอาศัยข้อมูลของลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้ซึ่งอาจจะเป็นข้อมูลของต้นไม้รายต้น หรือข้อมูลเฉลี่ยของต้นไม้ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ป่าประเภทเดียวกัน โดยส่วนใหญ่ข้อมูลลักษณะของต้นไม้ที่ใช้คือเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้และความสูงของต้นไม้ ซึ่งทำการวัดในพื้นที่แปลงตัวอย่างก่อนจะที่จะทำการประมาณค่ามวลชีวภาพของพื้นที่ป่าทั้งหมด

ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (Diameter at Breath Height :DBH) ในป่าธรรมชาติ ถ้าเป็นพื้นที่ค่อนข้างเรียบหรือมีความลาดชันไม่มาก ต้นไม้มีลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว (single stem) และไม่มีพูพอน ก็จะทำการตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ได้ง่าย แต่บางพื้นที่การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้จะต้องพิจารณาลักษณะของต้นไม้ เนื่องจากต้นไม้อาจมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไปและลักษณะพื้นที่ก็มีความลาดชันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการกำหนดการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้หรือที่ตำแหน่ง 1.30 เมตร จึงอาจมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งวัดความโตที่ระดับต่างๆ ของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ และในพื้นที่ที่มีความลาดชัน (ชิงชัย วิริยะบัญชา 2546)

ในการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่มีลักษณะพิเศษสามารถจำแนกได้เป็น 8 ชนิด คือ

1. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นปกติและขึ้นอยู่ในพื้นที่ราบ ตำแหน่งทีวัดจะตรงกับ 1.30 เมตร หรือ DBH

2. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นมีปุ่มมีปมตรงกับ 1.30 เมตร การวัดอาจจะเลื่อนขึ้นหรือลงเพื่อหลบปุ่มปมของต้นไม้โดยให้ใกล้กับตำแหน่ง 1.30 เมตร มากที่สุด

3. ต้นไม้ที่มีพูพอนมากจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงตำแหน่งวัดขึ้นสูงเป็นพิเศษ จะพบมากในป่าที่มีต้นไม้ขนาดใหญ่บางกรณีอาจจะต้องวัดตรงตำแหน่งที่สูงกว่า 3.00 เมตร เพื่อหลบพูพอนดังกล่าว

4. ต้นไม้ที่มีรากอากาศเช่นไม้โกงกางจะวัดเหนือคอราก 0.20 เมตร

5. ต้นไม้ที่แตกนางตรงตำแหน่ง 1.30 เมตร จะวัดต่ำลงมาประมาณ 1.00-1.20 เมตร เพื่อให้ได้ค่าลำต้นเพียงค่าเดียว

6. ต้นไม้ที่แตกนางตรงระดับต่ำ หรือแตกนางใกล้ 1.30 เมตร และไม่สามารถวัดตรงตำแหน่งระดับต่ำได้เนื่องจากมีการพอกของเนื้อไม้โตกว่าปกติ ก็จะวัดค่าเป็น 2 ลำต้น หรืออาจมากกว่า 2 ลำต้นก็ได้ ถ้าต้นไม้มีการแตกนางเป็นพุ่มเหมือนต้นไม้ในป่าพรุที่มีลักษณะลำต้นเป็น 3-4 นาง ซึ่งเป็นการพัฒนาลำต้นเพื่อช่วยพยุงลำต้นไม้ให้ล้มเป็นต้น

7. ต้นไม้ที่ขึ้นอยู่บนที่ลาดชันสูงจะวัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านบนของความลาดชัน

8. ต้นไม้ที่มีลักษณะลำต้นที่เอนให้วัดตำแหน่ง 1.30 เมตร ด้านเอนออกไปการวัดขนาด DBH

การวัดความสูงของต้นไม้จะใช้เครื่องมือที่ใช้วัดความสูงของต้นไม้ที่เรียกว่า ไม้วัดความสูง (Measuring Pole) ที่ทำจากพลาสติกหรืออลูมิเนียมสามารถวัดความสูงได้ไม่เกิน 15 เมตร ถ้าสูงมากกว่านั้นจะต้องใช้ Hega hypsometer หรือ Suunto clinometer การวัดความสูงต้นไม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในพื้นที่ป่า

การปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บโดยทั่วไปแล้วสามารถดำเนินการได้โดยทำการหาลักษณะทางกายภาคของต้นไม้ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกความสูงของต้นไม้จากพื้นดินถึงเรือนยอดของต้นไม้ ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม และใช้สมการ allometric equations ในการวิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินจากนั้นคิดสัดส่วนของปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เช่น (สมชาย 2559) ได้ทำการศึกษาปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สักอายุ 6 ปี ในแปลงทดสอบไม้สัก สถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้สมการ allometric equations ที่สร้างขึ้นจากตัวแทนต้นไม้ในแปลงจานวน 12 ต้น โดยการเก็บข้อมูลส่วนต่างๆ ของต้นไม้ตัวอย่างที่เลือกไว้ ได้แก่ ความสูงของต้นไม้ ความสูงถึงระดับกิ่งสดกิ่งแรก วัดความกว้างของเรือนยอด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน ขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับสูงจากพื้นดิน 30 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับใต้กิ่งสดกิ่งแรก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับสูงเพียงอก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3 เมตร 1.3 เมตร 2.3 เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น เพื่อสร้างสมการปริมาตรไม้ ทำการตัดทอนลำต้นออกตามช่วงต่างๆ ตั้งแต่ความยาว 0.3 เมตร 1.3 เมตร 2.3 เมตร ไปตลอดความยาวของลำต้น ชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่างๆ ตามลำดับ เพื่อศึกษาปริมาณการกระจายของมวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ ตามระดับความสูงของลำต้นไม้ โดยใช้วิธีการศึกษาแบบ stratified clip technique เก็บตัวอย่างส่วนต่างๆ ของต้นไม้มาทำการอบให้แห้งด้วยเตาอบที่อุณหภูมิ 80-90 องศาเซลเซียส เพื่อเปลี่ยนน้ำหนักสด (fresh weight) ของต้นไม้ในแปลงให้เป็นน้ำหนักแห้ง (oven-dried weight) เพื่อหามวลชีวภาพ (biomass) ของต้นไม้แต่ละต้นไม้ และมวลชีวภาพของแต่ละส่วน (ลำต้น ใบ กิ่ง) ของต้นไม้ และนำข้อมูลมวลชีวภาพของต้นไม้ตัวอย่างไปสร้างสมการหามวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งแปลง จากการศึกษาผลว่ามีมวลชีวภาพเท่ากับ 7,371 กิโลกรัมต่อไร่ แยกเป็นมวลชีวภาพลำต้น กิ่ง ใบ และรากเท่ากับ 3,694, 807, 559 และ 2,310 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

(อานุช คีรีรัฐนิคม 2556)ได้ทำการศึกษาปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองถิ่น ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยได้ทำการการกำหนดแปลงตัวอย่างภาคสนามขนาด 10 × 10 เมตร โดยวิธี Systematic sampling และทำการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breath Height :DBH) ที่มีขนาดมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างและนำมาคำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้ในส่วนต่างๆ จากสมการแอลโลเมตริกประเภทป่าดิบชื้น พบว่าป่าชุมชนบ้านหนองถิ่นมีปริมาณมวลชีวภาพ 44,101.4 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อหาปริมาณการสะสมคาร์บอนโดยนำค่ามวลชีวภาพคูณด้วย Conversion factor ซึ่งมีค่า 0.47 จากผลการศึกษาพบว่าป่าชุมชนบ้านหนองถิ่น มีปริมาณคาร์บอนสะสม 129.55 ตันคาร์บอน/เฮกแตร์

(อานุช คีรีรัฐนิคม 2556) ได้ทำการศึกษาความหลากหลายชนิดของพันธุ์ไม้และปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าไม้ในชุมชนบ้านพานแพ อำเภอบางขัน จังหวัดนครราชสีมา ด้วยวิธีการเก็บชนิด ขนาด และความสูงของพันธุ์ไม้ โดยวางแปลงตัวอย่างขนาด 50 × 50 เมตร ด้วยวิธี Random sampling และทำการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างทางชีววิทยา (Biological structure) ของชนิดพันธุ์ไม้ด้วยวิธีการคำนวณหาค่าดัชนีความสำคัญ (Importance value index :IVI) วิเคราะห์หาดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ (Diversity index) วิเคราะห์หาปริมาณมวลชีวภาพที่ใช้ในป่าดิบชื้น และทำการประเมินปริมาณคาร์บอนจากข้อมูลมวลชีวภาพที่ได้ โดยให้น้ำหนักคาร์บอนในมวลชีวภาพมีค่าเป็นร้อยละ 47 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง

นอกจากการหาปริมาณมวลชีวภาพและประเมินปริมาณคาร์บอนด้วยวิธีการเก็บขนาด และความสูงของต้นไม้ ยังได้มีการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) ในการหาปริมาณ

มวลชีวภาพประเมินคาร์บอน เช่น (ทิชา โลลุพิมาน 2559) ได้ทำการประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนยางพาราโดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล ในพื้นที่จังหวัดระยอง โดยการศึกษาได้ใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อภาพ (Texture Analysis) ร่วมกับการวิเคราะห์โดยใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index : NDVI) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI เดือนธันวาคม พุทธศักราช 2557 เพื่อใช้จำแนกพื้นที่ปลูกยางพารา และการกักเก็บปริมาณคาร์บอนของยางพารา และทำการประเมินจากสมการมวลชีวภาพ (Allometric Equation) โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างขนาด 60 × 60 เมตร ของพื้นที่ศึกษา และนำมาเปรียบเทียบระหว่างจำนวนคาร์บอนที่ยางพารากักเก็บได้กับปริมาณน้ำที่ใช้ในยางพารา (Water footprint)

(Li, Xin et al. 2017) ได้ทำการศึกษาการประเมินค่าการวัดดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index, LAI) โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Random Forest (RF) และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ พื้นที่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ พื้นที่ทุ่งหญ้าสเตปป์ในเมืองฮูหหลุนเป้ยเฮ่อ มองโกเลีย ประเทศจีน พื้นที่ทำการศึกษามีขนาด 3 X 3 กิโลเมตร ส่วนใหญ่ถูกปกคลุมด้วยหญ้า Leymus chinensis และ Stipa baicalensis การเก็บตัวอย่างค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยใช้เครื่องมือวัดดัชนีพื้นที่ใบ LAI-2200C ในพื้นที่ที่ใช้ทำการศึกษาเริ่มเก็บข้อมูลในช่วงฤดูกาลปลูก ในปี ค.ศ.2014 ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างข้อมูลวันที่ 28 กรกฎาคม และวันที่ 3 สิงหาคม ปี ค.ศ.2015 ทำการสุ่มเก็บข้อมูลวันที่ 19 มิถุนายน, 30 มิถุนายน และ 7 กรกฎาคม ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ และ ข้อมูล DEM ด้วยเทคนิค Random Forest หลังจากนั้นจึงประมาณค่าการสะสมคาร์บอน ตลอดจนการประเมินความถูกต้อง เทียบกับข้อมูลที่ทำการเก็บตัวอย่างทั้ง 89 สถานี ทำการหาค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (RMSE), ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (MAE) และสัมประสิทธิ์ (R^2) ระหว่างการวัดข้อมูล และค่าที่คาดการณ์ไว้ถูกนำมาใช้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง ผลที่ได้จากการศึกษา ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของ เทคนิค Random Forest ในการคาดการณ์ค่า LAI ของทุ่งหญ้า ซึ่งสามารถใช้กับการประมาณค่าของลักษณะทางพฤกษศาสตร์อื่น ๆ เป็นทางเลือกให้กับแบบจำลองการถดถอยเชิงประจักษ์แบบเดิมและการเลือกตัวแปรที่เกี่ยวข้องใช้ในรูปแบบนิเวศวิทยา

(พิทักษ์ ไชยลังกา 2553) ได้จัดสร้างแบบจำลองการประมวลค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสในจังหวัดนครราชสีมา จัดทำแผนที่สวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM ปี 2552 โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน สิ่งปกคลุมดิน และจัดสร้างชุดข้อมูลค่าความสว่าง และดัชนีพืชพรรณสำหรับใช้ในแบบจำลอง ผลการสร้างแบบจำลองโดยอาศัยการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุนามเชิงเส้น ระหว่างข้อมูลชีวภาพเหนือพื้นดินจากแปลงสำรวจ จำนวน 55 แปลง กับข้อมูลความสว่าง 5 แบน และค่าดัชนีในรูปแบบต่างๆ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จึงพบว่า สมการสำหรับการ

ใช้สำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพของสวนป่ายูคาลิปตัสมี 2 รูปแบบ คือ (1) AGB_{EP} = 661.011 +127.288 (Greenness) และ (2) AGB_{EP} = 1113.145 + 78.316 (Greenness) + 2561.736 (NDWI) มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุนาม (R^2) และค่าการประมาณความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสมการถดถอย (SEE) ของรูปแบบที่ 1 เท่ากับ 0.718 และ 533.011 กิโลกรัม รูปแบบที่ 2 เท่ากับ 0.741 และ 515.718 กิโลกรัม จากผลการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ข้อมูลดาวเทียม Landsat-TM สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการสำรวจภาคสนาม และข้อมูลดัชนี Greenness และ NDWI

2.3 อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

2.3.1 การบินสำรวจถ่ายภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

ในประเทศไทยได้มีการนำอากาศยานไร้คนขับมาใช้ปี พ.ศ. 2531 ในสมัยสงครามร่มเกล้า ซึ่งเป็นสงครามระหว่างประเทศไทยกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อากาศยานไร้คนขับถูกนำไปใช้ในภารกิจตรวจการณ์และถ่ายภาพทางอากาศโดยปฏิบัติการร่วมกับเครื่องบินลาดตระเวน (ธราวุฒิ บุญหลือ มปป.) ต่อมาใน พ.ศ. 2538 ในสมัยสงครามอ่าวเปอร์เซีย นักวิชาการและกองทัพอากาศไทยหันไปให้ความสนใจในอากาศยานไร้คนขับอีกครั้งหนึ่ง แต่ยังไม่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายและหน่วยงานใดให้ความสำคัญมากนัก โดยในปัจจุบันในประเทศไทยได้มีการใช้อากาศยานไร้คนขับในลักษณะเป็นการอำนวยการยุทธ์เฉพาะพื้นที่ หรือใช้ประโยชน์จากอากาศยานไร้คนขับในงานเฉพาะกิจสำหรับบินตรวจการเฉพาะบริเวณ เพื่อรักษาทรัพยากรของประเทศ เช่น ทรัพยากรป่าไม้ ทรัพยากรทางทะเล การบินตรวจการณ์ในพื้นที่ล่อแหลม เป็นต้น

ในปัจจุบันอากาศยานไร้คนขับได้มีราคาถูกลงและมีการพัฒนาให้อากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ในงานด้านต่างๆ เช่น การถ่ายภาพทางอากาศ สามารถทำได้โดยการติดกล้องดิจิทัลขนาดเล็กในตัวอากาศยานไร้คนขับ แล้วบินถ่ายภาพจากมุมสูงซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ ได้ อากาศยานไร้คนขับมีทั้งระบบขึ้นลงแนวดิ่ง (Vertical) หรือเครื่องบินใบพัดหมุน (Multi rotors) และขึ้นลงแนวราบ (Horizontal) หรือเครื่องบินแบบปีกยึดตรง (Fixed wing) (รูปที่ 2.2) มีการควบคุมและสั่งการการบินด้วยระบบอัตโนมัติ และกึ่งอัตโนมัติ สามารถควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมระยะไกลแทนนักบินจริง

รูปที่ 2.2 (ก)อากาศยานไร้คนขับประเภทใบพัดหมุด (Multi rotors)
(ข)อากาศยานไร้คนขับประเภทปีกยึดตรง (Fixed wing)

ภาพถ่ายทางอากาศเป็นการบันทึกภาพโดยมีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพกับเครื่องบินเล็กบังคับวิทยุเพื่อถ่ายภาพพื้นที่ที่ต้องการ ตามเส้นทางการบิน โดยจะได้ภาพถ่ายเป็นชุดต่อเนื่องกันจำนวนมาก ซึ่งถูกถ่ายให้มีการเหลื่อมของภาพมีจุดอ้างอิงร่วมกันในแต่ละภาพ การจัดการภาพถ่ายในส่วนของการบันทึกภาพ จัดเป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญ เพราะหากบันทึกภาพมาไม่สมบูรณ์ มีความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิตมาก การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็ไม่สามารถแก้ไขได้ นอกจากต้องเสียเวลาในการถ่ายซ่อมใหม่ โดยเราพิจารณาปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับเครื่องบินเล็กคือ กระแสลมที่มีความแปรปรวน ส่งผลให้เครื่องบินเล็กเกิดการเอียงในทิศทางต่างๆ ไม่ได้ระดับกับพื้นดิน ทำให้กล้องถ่ายภาพเอียงตาม จึงต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ช่วยลดความสั่นไหว (Image stabilizer) หรืออุปกรณ์ช่วยรักษาระดับ (Gyro mount) ทำให้กล้องอยู่ในแนวระดับมากที่สุด เพื่อให้ได้ภาพตั้งฉากกับพื้นดิน (Photo image) ซึ่งถือเป็นลักษณะภาพที่เหมาะสมในการนำไปใช้งาน หากกล้องเอียงทำมุมกับพื้นจะเกิดภาพในลักษณะทัศนียภาพ (Perspective) คือส่วนที่อยู่ใกล้จะมีขนาดใหญ่ และส่วนที่ไกลออกไปจะมีขนาดเล็กลง หลักการสำคัญของในการผลิตภาพถ่ายทางอากาศมีดังนี้ (ธราวุฒิ บุญหลือ มปป.)

2.4.1 อุปกรณ์สำคัญในการบันทึกภาพคือ เลนส์ ควรเลือกใช้เลนส์ที่มีมุมแคบในการบันทึกภาพ เช่นเลนส์ขนาดทางยาวโฟกัส 35-50 มิลลิเมตร ส่วนทางยาวโฟกัสที่น้อยกว่านี้ เช่น 18-24 มิลลิเมตร จะมีมุมในการบันทึกภาพที่กว้าง ทำให้บันทึกภาพได้ครอบคลุมพื้นที่กว้าง แต่จะเกิดการโค้งนูนของภาพ ทำให้เกิดความผิดพลาดในการต่อภาพได้

2.4.2 การปรับตั้งกล้องควรค่าความเร็วให้มีความเร็วชัตเตอร์สูง เช่น 1/2,000 วินาที เพื่อลดการเกิดภาพที่ไม่ชัดจากการสั่นไหวของเครื่องบิน โดยปรับที่ปุ่มควบคุมความเร็วชัตเตอร์หรือการปรับค่าความไวต่อแสง (ISO) ให้เพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติที่ 100 ก็จะทำให้ความเร็วชัตเตอร์เพิ่มสูงตาม

2.4.3 การปรับตั้งค่าสมดุลสีขาว (White balance) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมโทนสีของภาพให้สอดคล้องกับสภาพอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ไม่ควรตั้งสมดุลแสงสีขาวให้เป็นค่าอัตโนมัติ เพราะจะทำให้ภาพถ่ายที่ถ่ายได้เป็นชุดอาจมีสีของภาพในบางส่วนที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องเสียเวลาในการปรับแก้โทนสีของภาพทีละรูป

2.4.4 ความสูงของเครื่องบินก็ส่งผลต่อการครอบคลุมพื้นที่ในการถ่ายภาพยิ่งบินสูงก็ยิ่งสามารถถ่ายได้ครอบคลุมพื้นที่กว้างมากกว่าการบินต่ำ แต่สิ่งทีต้องพิจารณาคือองศาการับภาพของเลนส์ ซึ่งจะมีความแตกต่างกัน จึงควรคำนวณองศาการรับภาพของเลนส์กับขอบเขตการครอบคลุมพื้นที่ โดยใช้หลักการทางตรีโกณมิติเบื้องต้น

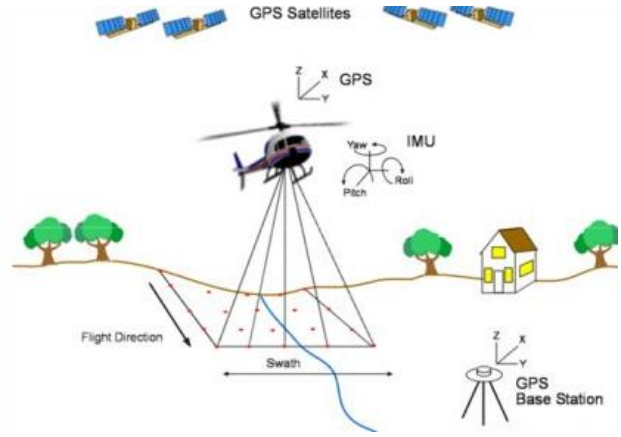
2.3.2 งานสำรวจด้วยระบบไลดาร์

LIDAR (Light Detection and Range) เป็นเทคโนโลยีการสำรวจงานภูมิประเทศแบบใหม่ ซึ่งมีเทคโนโลยีที่เหมือนกันกับการทำงานของ Radar กล่าวคือ เป็นการวัดระยะจากระยะเวลาในการเดินทางของลำแสงเลเซอร์ ที่เดินทางจาก Sensor ไปยังวัตถุเป้าหมาย และเดินทางกลับมายัง Sensor หรือใช้เฮลิคอปเตอร์ยิงแสงเลเซอร์กราดลงภาคพื้นสำหรับระบบ Lidar (รูปที่ 2.3) ในงานสำหรับภูมิประเทศนั้น เป้าหมายก็คือ พื้นผิวภูมิประเทศนั่นเอง ข้อมูล LIDAR คือ ข้อมูลความสูงที่ได้จากการวัดระยะจากสื่อเช่น LASER ทำให้ระยะที่รังวัดได้มีความละเอียดสูง ก่อให้เกิด จุดข้อมูลความสูงของภูมิประเทศ จำนวนมหาศาล การใช้งานต้องนำข้อมูลเหล่านี้มาประมวลผล เพื่อให้เกิดเป็น โครงสร้างภูมิประเทศในลักษณะ TIN หรือ DEM แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.ข้อมูลดิบ ที่ได้ LIDAR จะเป็นข้อมูลที่เป็นลักษณะ DSM หรือ Digital Surface Model คือความสูงที่ได้จะเป็นรวมสิ่งปลูกสร้าง หรือสิ่งที่ปกคลุมผิวโลก อาทิเช่น ต้นไม้ ตึกอาคาร และ พืชพรรณ ไปด้วย การนำข้อมูล LIDAR มาทำให้กลายเป็น ข้อมูลความสูงภูมิประเทศบนพื้นผิวที่ปราศจากสิ่งปกคลุม (Bare Ground) จึงเป็นเรื่องน่าสนใจและน่าศึกษา ปัจจุบัน ข้อมูลความสูงจาก LIDAR จึงมีอยู่สองลักษณะคือ แบบที่เป็น Bare Ground คือได้ขจัด สิ่งที่ปกคลุมพื้นผิวไปแล้ว กับอีกแบบคือ แบบ Reflective คือข้อมูลความสูงที่รวมสิ่งปลูกสร้างไปด้วย

2.ข้อมูล LIDAR ที่เป็น Reflective คือข้อมูลที่เรานำมาใช้ในการดึง ข้อมูลตึกและอาคารมาใช้ เพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับแสดงผลในลักษณะสามมิติ ซึ่งจะทำให้ ลดกำลังกายในการใส่ข้อมูลตึกอาคารในลักษณะ Manual ไปสู่ Automatic ซึ่งวิธีการในการดึงข้อมูลตึกอาคาร จากข้อมูล LIDAR ที่เป็น

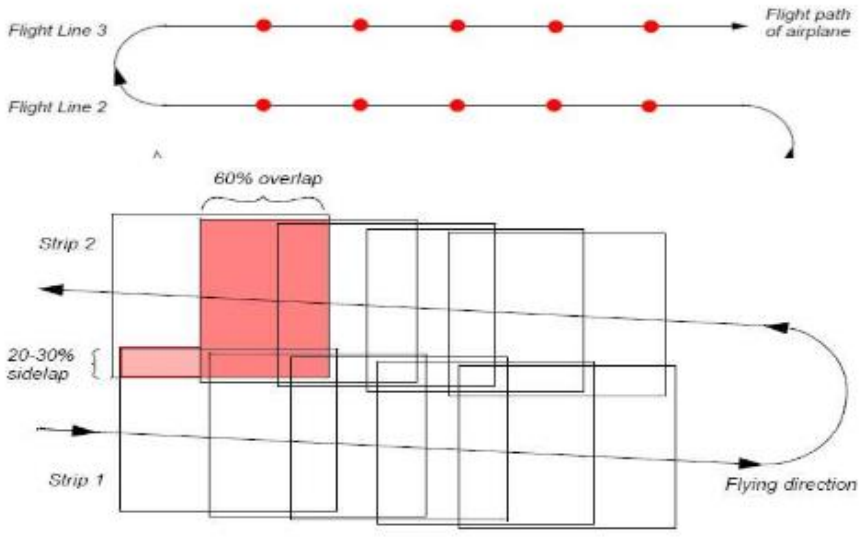
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 2.3 การสำรวจรังวัดข้อมูลด้วยไลดาร์

2.5 การสร้างแบบจำลองความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

ในการสร้างแบบจำลองความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศผ่านกระบวนการโฟโตแกรมเมตรี จำเป็นต้องมีการวางแผนการถ่ายภาพเพื่อให้ได้ความเหมาะสมกับงาน โดยภาพที่ได้ต้องมีส่วนซ้อนตามแนวบิน (Overlap) มากกว่าร้อยละ 60 และมีส่วนซ้อนของแนวบิน (Sidelap) มากกว่าร้อยละ 30 ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ลักษณะการบินถ่ายภาพ เพื่อให้ได้ภาพถ่ายทางอากาศที่มีส่วนทับซ้อนทางแนวบินมากกว่าร้อยละ 60 และมีส่วนทับซ้อนของแนวบินประมาณร้อยละ 30 (ไพศาล สันติธรรมนนท์ 2555)

ในการสร้างภาพถ่ายทางอากาศต้องมีการสร้างจุดควบคุมภาพถ่ายและจุดตรวจสอบ (Ground Control Point and Check Point) เพื่อกำหนดพิกัดให้แก่ภาพ การสร้างจุดควบคุมภาพถ่ายและจุดตรวจสอบจะเลือกจุดที่สามารถสังเกตได้ชัดเจนใน ภูมิประเทศ รวมถึงบนภาพถ่ายทางอากาศ สามารถเข้าถึงได้โดยสะดวก เป็นวัตถุหรือพื้นผิวที่ไม่มีความสูงเลย เช่น เส้นจราจรบนผิวถนน รอยดิน รอยล้อรถ รอยไถ เส้นกึ่งกลางถนนที่ตัดกัน ฯลฯ (รูปที่ 2.5) และจุดที่เลือกต้องอยู่ในพื้นที่ส่วนซ้อนและส่วนเกยของคู่ภาพสามมิติในแนวบินและระหว่างแนวบินเพื่อนำเอาค่าพิกัดของจุดที่ได้จากการรังวัดด้วยดาวเทียมไปใช้ในการคำนวณปรับแก้ความถูกต้องภาพข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ จุดควบคุมภาพถ่ายสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ จุดควบคุมภาพถ่ายทางราบจะให้ค่าพิกัดทางราบ และจุดควบคุมภาพถ่ายทางดิ่งจะให้ค่าพิกัดทางดิ่ง โดยที่จุดควบคุมภาพถ่ายบางจุดสามารถมีพิกัดได้ทั้งทางราบและดิ่งอยู่ในจุดเดียวกัน จุดควบคุมภาพถ่ายที่เลือกใช้มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น แต่ละจุดมีค่าพิกัดทั้ง X,Y และ Z ดังแสดงในภาพที่ 2.5 แสดงตำแหน่งการเลือกจุดควบคุมและจุดตรวจสอบที่เหมาะสม

รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งจุดควบคุมและจุดตรวจสอบที่เหมาะสม

ข้อมูลสามมิติที่ได้จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศจะอยู่ในส่วนซ้อนและส่วนเกยของคู่ภาพ ที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ทางโฟโตแกรมเมตรี โดยข้อมูลที่ได้ภายหลังการปรับแก้จะได้ข้อมูลกลุ่มจุดความสูงสามมิติ (Point Could) หลังจากนั้นข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติจะถูกนำไปใช้เพื่อสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Triangular irregular networks : TIN) และแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ จะได้เป็นแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model: DSM) ซึ่งปัจจุบันมีผู้วิจัยได้ทำการสร้างแบบจำลองของความสูงต้นไม้ที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับ

บทที่ 3

พื้นที่ศึกษา

3.1 ที่ตั้งและลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่าชุมชนบุตาต้อง (ละติจูดที่ 14.872 ลองจิจูดที่ 101.916) ตั้งอยู่ที่ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

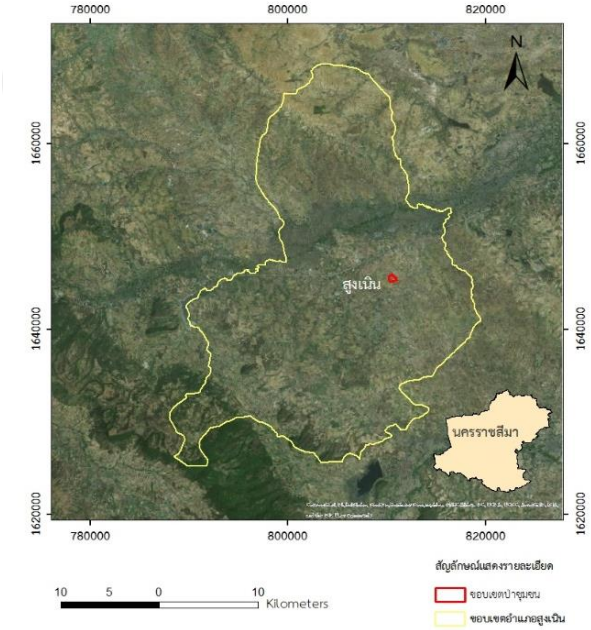
ทิศเหนือ ติดต่อกับตำบลโค้งยาง

ทิศใต้ ติดต่อกับตำบลหนองตะไก้

ทิศตะวันตก ติดต่อกับตำบลสูงเนิน

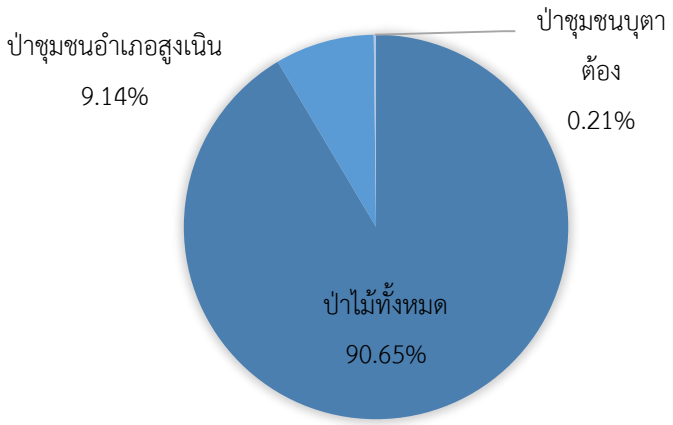
ทิศตะวันออก ติดต่อกับอำเภอปักธงชัย

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่สูงมีลักษณะเป็นที่ลาดเอียงจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ลักษณะภูมิประเทศในบริเวณนี้ถือเป็นส่วนหนึ่งของบริเวณที่สูงตอนกลางของจังหวัด มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 200-250 เมตร ครอบคลุมบริเวณอำเภอด่านขุนทด อำเภอเทพารักษ์ อำเภอพระทองคำ อำเภอสีคิ้ว ตอนล่างของอำเภอโนนไทย อำเภอขามทะเลสอ อำเภอเมือง อำเภอสูงเนิน ตอนบนของอำเภอปักธงชัย อำเภอครบุรี อำเภอโชคชัย อำเภอหนองบุญมาก อำเภอจักราช และตอนบนของอำเภอเสิงสาง



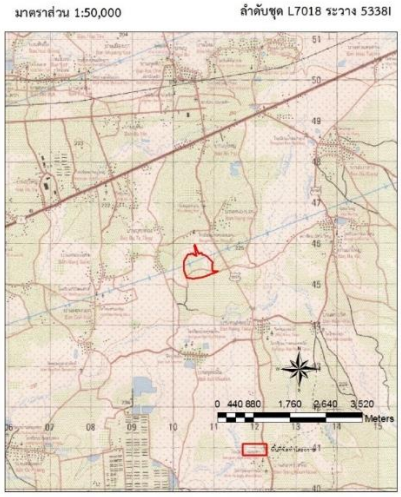
รูปที่ 3.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

3.2 ข้อมูลป่าไม้และป่าชุมชน



รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงร้อยละของป่าไม้ และป่าชุมชนจังหวัดนครราชสีมา

จังหวัดนครราชสีมามีพื้นที่ป่าธรรมชาติทั้งหมด 174.48 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 90.65 ของจำนวนป่าทั้งหมดของจังหวัดนครราชสีมา จำนวนป่าชุมชนอำเภอสูงเนินมีพื้นที่ 15.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.14 ของจำนวนป่าทั้งหมด และป่าชุมชนบุตาต้อง (พื้นที่ทำการศึกษา) มีพื้นที่ 0.37 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.21 ของจำนวนป่าไม้ทั้งหมด (สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา 2558)



รูปที่ 3.3 แผนที่แสดงพื้นที่จัดทำโครงการป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง

ที่มา : (กรมป่าไม้ 2560)

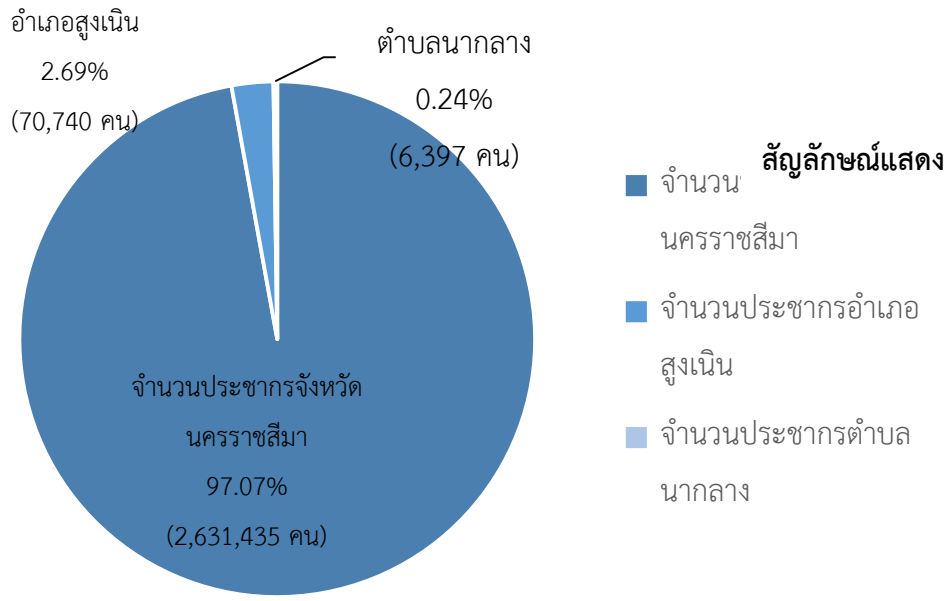
ป่าชุมชนบุตาต้อง มีชื่อเดิม คือ โครงการป่าชุมชนโนนพะงาด ที่ตั้งอยู่ที่ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่ 0.37 ตารางกิโลเมตร (230 ไร่ 0 งาน 65 ตารางวา) จัดตั้งโครงการปี พ.ศ. 2555 ปีที่สิ้นสุด พ.ศ.2560 เลขที่อนุมัติโครงการ ทส 1605.43/13024 ที่ดินตามหนังสือสำคัญสำหรับที่หลวง สภาพทั่วไปเป็นป่าชุมชนประกอบไปด้วยป่าชุมชนนากลาง-นากลางพัฒนา หมู่ที่ 1, 9 พื้นที่ป่าทั้งหมด 2 แปลง แปลงแรกตั้งอยู่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ของบ้านนากลาง ห่างจากหมู่บ้านประมาณ 3 กิโลเมตร แปลงที่ 2 อยู่ทางทิศใต้ของบ้านนากลาง หมู่ที่ 1 ติดกับหมู่บ้าน สภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย พื้นที่ป่าส่วนใหญ่เป็นต้นเต็ง ต้นรัง ต้นมะค่าแต้ ตะโก และต้นประดู่ป่า ขึ้นกระจายตัวเต็มพื้นที่ศึกษา มีพรรณไม้ขึ้นกระจายหนาแน่น (รูปที่ 3.4)

รูปที่ 3.4 ต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.3 จำนวนประชากร

จำนวนประชากรและความหนาแน่นประชากร จากข้อมูลของสำนักทะเบียนราษฎร์ของอำเภอเมืองนครราชสีมา เมื่อเดือนมิถุนายน 2559 พบว่า ของตำบลนากลางมีจำนวนทั้งสิ้น 6,397 คน จำแนกเป็นชาย จำนวน 2,938 คน หญิง จำนวน 3,142 คน มีความหนาแน่นเฉลี่ย 114.93 คนต่อตารางกิโลเมตร และมีจำนวนครัวเรือนทั้งสิ้น 2,412 ครัวเรือน



รูปที่ 3.5 แผนภูมิแสดงสัดส่วนจำนวนประชากรในจังหวัดนครราชสีมา อำเภอสูงเนิน และตำบลสูงเนิน

จากข้อมูลจำนวนประชากรในจังหวัดนครราชสีมาของระบบสถิติทางการทะเบียน สำนักงานสถิติแห่งชาติ พ.ศ. 2559 มีจำนวน 2,631,435 คน อำเภอสูงเนินมีจำนวนประชากรเท่ากับ 70,740 คน ซึ่งคิดเป็น 2.69 % ของจำนวนประชากรทั้งหมดของจังหวัดนครราชสีมา ตำบลนากลาง มีจำนวนประชากรเท่ากับ 6,397 คน เมื่อเทียบกับจำนวนประชากรทั้งหมดของจังหวัดนครราชสีมาคิดเป็น 0.24 % (รูปที่ 3.4)

3.4 ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในท้องถิ่น

3.4.1 การประกอบอาชีพ

3.4.1.1 อาชีพเกษตรกรรม

อาชีพหลักของประชากรในตำบลนากลาง ประมาณร้อยละ 20 ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ผลผลิตที่สำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง การทำการเกษตรกรรมยังต้องพึ่งพา

ธรรมชาติตามสภาพภูมิอากาศ เป็นการปลูกพืชตามฤดูกาล ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อผลผลิตทางการเกษตรและรายได้ของเกษตรกรในแต่ละปี ประชากรร้อยละ 35 ประกอบอาชีพรับจ้าง มีทั้งรับจ้างในภาคการเกษตร เช่น การเพาะปลูก การเก็บผลผลิต การไถปรับพื้นที่ การใส่ปุ๋ย เป็นต้น กลุ่มรับจ้างทั่วไป เช่น รับจ้างขับรถ การขนส่ง รับจ้างขุดดิน ถมดิน รับจ้างซ่อม เป็นต้น และการรับจ้างในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ตามขอบข่ายส่งเสริมการลงทุนภาคอุตสาหกรรมและการขยายตัวของโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ตำบลนากลาง อาชีพค้าขายและประกอบธุรกิจส่วนตัวประเภท ร้านค้า ร้านอาหาร ธุรกิจบริการ ร้านอินเทอร์เน็ต ฯลฯ โดยเฉพาะหอพักที่มีอัตราการเปิดบริการเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวในรอบปีที่ผ่านมา

3.4.2 หน่วยอุตสาหกรรมในพื้นที่

ตำบลนากลางมีโรงงานอุตสาหกรรมที่ก่อตั้งอยู่ในเขตความรับผิดชอบตรวจสอบและดูแลขององค์การบริหารส่วนตำบลนากลาง โดยสามารถแยกเป็นกลุ่มพื้นที่ดำเนินการได้ดังนี้

3.4.2.1 กลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่นอกพื้นที่โครงการเขตประกอบการอุตสาหกรรมนวนคร จำนวน 9 แห่ง

3.4.2.2 กลุ่มโรงงานภายในโครงการเขตประกอบการอุตสาหกรรมนวนคร ตั้งอยู่ช่วงทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 (ถนนมิตรภาพ) กม.231 ขนาดพื้นที่ 1,567 ไร่ มีเป้าหมายเป็นแหล่งลงทุนหน่วยผลิตหลักด้านอะไหล่/ชิ้นส่วนยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ อุปกรณ์ไฟฟ้า ชิ้นส่วนส่วนโลหะ อุตสาหกรรมอาหาร โกดังและส่วนสนับสนุนการขนส่ง ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมเปิดดำเนินการทั้งหมด จำนวน 9 โรงงาน ซึ่งในอนาคตมีโรงงานที่อยู่ระหว่างดำเนินการก่อสร้างขยาย และเตรียมการก่อสร้างเพิ่ม จำนวน 7 โรงงาน และโครงการเขตประกอบการอุตสาหกรรมนวนคร ได้ขอขยายพื้นที่โครงการเพิ่มขึ้นอีก 337 ไร่

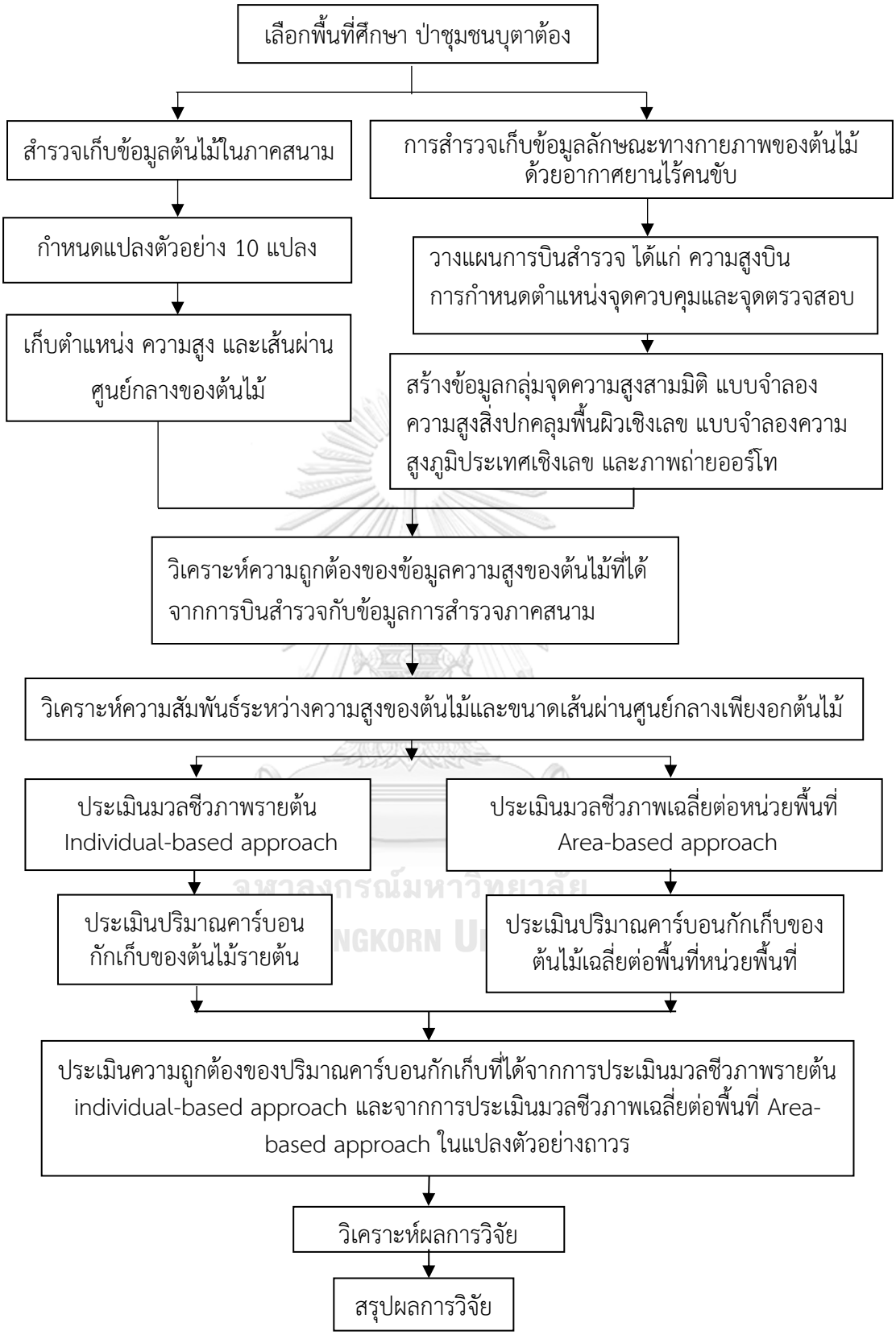
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของวิธีการประเมินคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชนจากการใช้อากาศยานไร้คนขับ กระบวนการวิจัยมีขั้นตอนและรายละเอียดดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



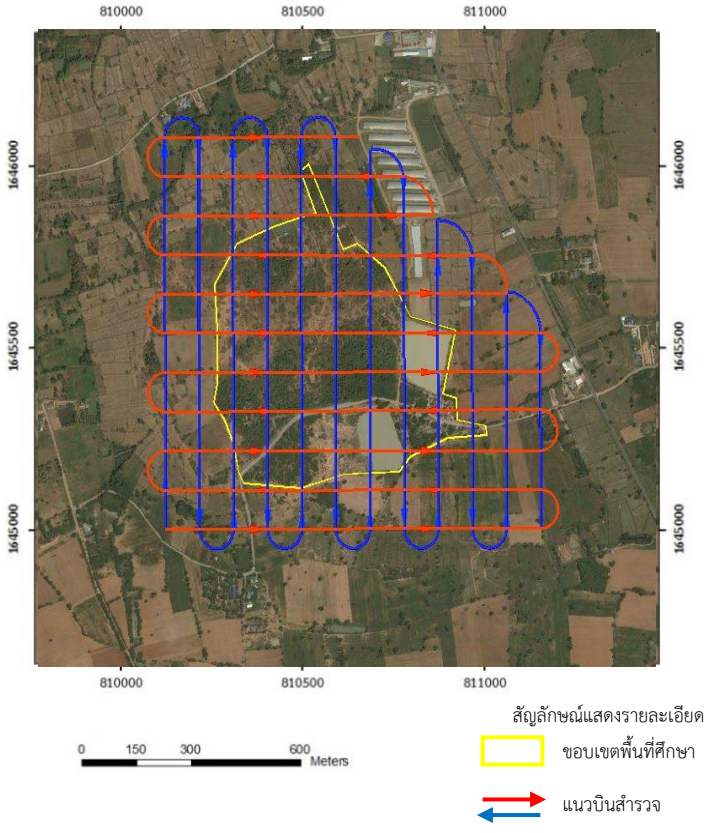
รูปที่ 4.1 ผังแสดงขั้นตอนของกระบวนการวิจัย

4.1 การเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้จากอากาศยานไร้คนขับ

จากผลการศึกษาพบว่าอากาศยานไร้คนขับสามารถเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้ได้ โดยอากาศยานไร้คนขับจะบันทึกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และสร้างข้อมูลสามมิติด้วยกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรีเพื่อให้ได้ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ และใช้ในการสร้างแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข แบบจำลองภูมิประเทศเชิงเลข และภาพถ่ายออร์โท ซึ่งมีรายะเอียดแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1.1การสร้างภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลต้นไม้ในป่าชุมชนด้วยอากาศยานไร้คนขับ ยี่ห้อ Phantom 4 PRO ซึ่งติดตั้งกล้องถ่ายภาพความละเอียด 20 ล้านพิกเซล เก็บข้อมูลในรูปของภาพถ่ายทางอากาศ ผู้วิจัยกำหนดให้อากาศยานบินสำรวจที่ระดับความสูง 100 เมตรจากพื้นดิน ในการถ่ายภาพกำหนดให้มีส่วนซ้อนของภาพ (Overlap) ร้อยละ 85 และส่วนเกยของภาพ (Sidelap) ร้อยละ 70 และกำหนดเส้นทางการบินแบบ Double Grid (รูปที่ 4.2) ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับจะถูกบันทึกด้วยนามสกุล .JPG ซึ่งมีขนาดของภาพถ่ายเท่ากับ 4,684 × 3,648 พิกเซล



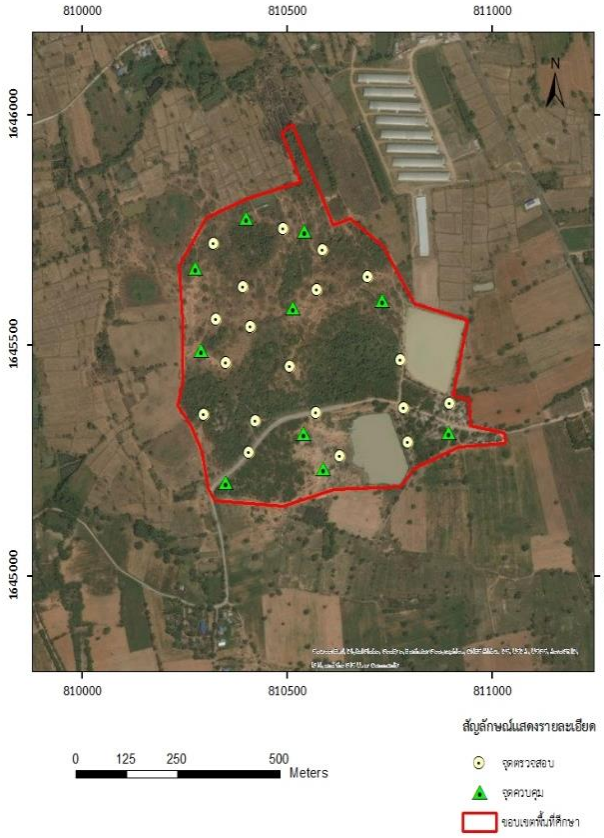
รูปที่ 4.2 แนวการบินแบบ Double Grid

4.1.2 การกำหนดค่าพิกัดอ้างอิงในพื้นที่ศึกษา

ในการกำหนดพิกัดอ้างอิงของพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยทำการเชื่อมโยงค่าพิกัดจากหมุดหลักฐานของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จำนวน 2 หมุด ซึ่งห่างจากพื้นที่ศึกษาเป็นระยะทาง 5.7 และ 10.6 กิโลเมตร ตามลำดับ เพื่อใช้ในการสร้างสถานีฐาน (Base Station) ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นสถานีอ้างอิงในการระบุค่าพิกัดของตำแหน่งต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่การสำรวจรังวัดเพื่อสร้างหมุดหลักฐานเพื่อเป็นจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) และจุดตรวจสอบความถูกต้องของพิกัดของภาพถ่ายทางอากาศ (Check Point) ในการศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) เพื่อใช้สำหรับปรับแก้ความถูกต้องทางตำแหน่งของภาพถ่ายทางอากาศ จำนวน 14 จุด และจุดตรวจสอบความถูกต้อง (Check Point) ของภาพถ่ายทางอากาศ จำนวน 25 จุด (รูปที่ 4.4) นอกจากนี้สถานีฐาน ยังใช้ในการระบุค่าพิกัดของตำแหน่งต้นไม้ในแปลงตัวอย่างจากการสำรวจรังวัดด้วยกล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total station) อีกด้วย (รายละเอียดในหัวข้อ 4.3.2)

ในการสำรวจรังวัดค่าพิกัดของตำแหน่งต่างๆ ผู้วิจัยใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียม ยี่ห้อ Sokkia รุ่น GRX 1 ด้วยวิธีการหาตำแหน่งค่าพิกัดแบบจลน์ในทันที (Real time Kinematic Survey : RTK) (รูปที่ 4.3) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมอ้างอิงค่าพิกัดจากสถานีฐานที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยการส่งสัญญาณจากดาวเทียมผ่านคลื่นวิทยุไปยังตำแหน่งของเครื่องรับสัญญาณ ณ จุดสำรวจที่ต้องการทราบค่าพิกัด ทำให้ได้ค่าพิกัดของจุดสำรวจนั้นๆ ทันที

รูปที่ 4.3 การสำรวจรังวัดจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งของหมุดอ้างอิงที่ใช้เป็นจุดควบคุมและจุดตรวจสอบ

4.1.3 การประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางอากาศ

ผู้วิจัยได้ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับเพื่อสร้างข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรม PIX 4D โดยการประมวลผลข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการปรับแก้และการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทางตำแหน่งในแนวราบและแนวดิ่ง โดยใช้จุดควบคุมภาพถ่าย (Ground Control Point : GCP จำนวน) 14 จุด และจุดตรวจสอบ (Check Point) จำนวน 25 จุด ที่ได้มีการสำรวจรังวัดค่าพิกัดของจุดดังกล่าวในพื้นที่ศึกษาไว้แล้ว (หัวข้อ 4.2.2) โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้มาตรฐานความถูกต้องทางตำแหน่ง ของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่กำหนดโดย American Society for Photogrammetry and Remote Sensing 2014 (ASPRS 2014) เป็นเกณฑ์ในการยอมรับความถูกต้องทางราบของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศจากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ข้อกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางราบของ AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ASPRS, 2014)

Map scale	Horizontal Data Accuracy Class	$RMSE_X$ or $RMSE_Y$ (cm)	RESEr (cm)	Horizontal Accuracy at the 95% Confidence Level (cm)
1:100	I	1.3	1.8	3.1
	II	2.5	3.5	6.1
	III	3.8	5.3	9.2
1:200	I	2.5	3.5	6.1
	II	5.0	7.1	12.2
	III	7.5	10.6	18.4
1:250	I	3.1	4.4	7.6
	II	6.3	8.8	15.3
	III	9.4	13.3	22.9
1:500	I	6.3	8.8	15.3
	II	12.5	17.7	30.6
	III	18.8	26.5	45.9
1:1,000	I	12.5	17.7	30.6
	II	25.0	35.4	61.2
	III	37.5	53	91.1
1:2,000	I	25.0	35.4	61.2
	II	50.0	70.7	122.4
	III	75.5	106.1	183.6
1:2,500	I	31.3	44.2	76.5
	II	62.5	88.4	153
	III	93.8	132.6	229.5
1:5,000	I	62.5	88.4	153
	II	125.0	176.8	306

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Map scale	Horizontal Data Accuracy Class	$RMSE_X$ or $RMSE_Y$ (cm)	RESEr (cm)	Horizontal Accuracy at the 95% Confidence Level (cm)
	III	187.5	265.2	458.9
1:10,000	I	125.0	176.8	306
	II	250.0	353.6	611.9
	III	375.0	530.4	917.9
1:25,000	I	312.5	441.9	764.9
	II	625.0	884.9	1529.8
	III	937.5	1325.8	2294.7

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องทางดิ่ง (Vertical Accuracy) จากจุดตรวจสอบภาคพื้นดินกับข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับโดยจะใช้มาตรฐานความถูกต้องทางดิ่งของ *ASPRS 2014* กรณีพื้นผิวทีพืชปกคลุม ในการพิจาณาความถูกต้อง (ตารางที่ *4.2*)

ตารางที่ 4.2 ข้อกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางดิ่งของพื้นผิวที่มีพืชปกคลุม AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ASPRS, 2014)

Vertical Data Accuracy Class	ความVegetated Vertical Accuracy (VVA) at 95 th Percentile (cm)
I	2.9
II	7.4
III	14.7
IV	29.4
V	36.8
VI	58.8
VII	98

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Vertical Data Accuracy Class	ความVegetated Vertical Accuracy (VVA) at 95 th Percentile (cm)
VIII	196
IX	294
X	980

ส่วนที่สองเป็นการสร้างข้อมูลระดับความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวเพื่อทำการหาค่าความสูงของต้นไม้ ขั้นตอนนี้เริ่มจากการประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างกลุ่มจุดสามมิติ (Point Cloud) แสดงระดับความสูงต่ำของสิ่งปกคลุมดิน กลุ่มจุดสามมิติสร้างขึ้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางตำแหน่งของจุดต่างๆ ในส่วนซ้อนและส่วนเกยกันของภาพถ่ายทางอากาศ กลุ่มจุดสามมิติที่มีค่าความสูงและพิกัดแสดงตำแหน่งแล้ว จะนำไปสร้างเป็นโครงข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Triangular irregular networks : TIN) และแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบราสเตอร์ ได้เป็นแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (Digital Surface Model: DSM) และนำข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติที่ได้มีการตัดข้อมูลความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวออกเพื่อสร้างเป็นแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model :DEM) และนำข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติที่มีการปรับแก้ความถูกต้องทางตำแหน่งแล้วเพื่อสร้างภาพออร์โท (Ortho Photo) ตามลำดับ

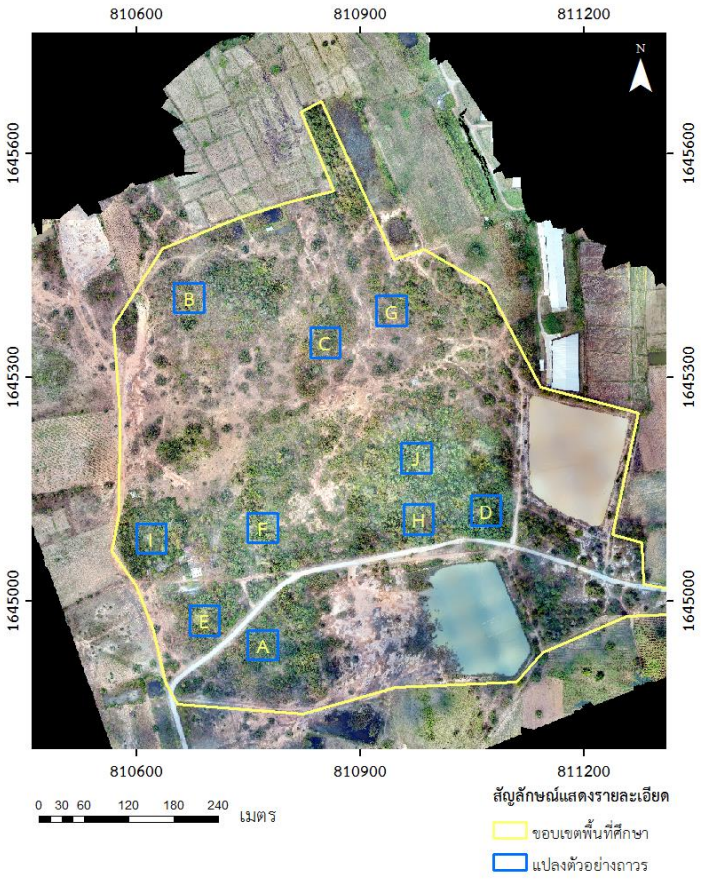
ผู้วิจัยจะทำการหาความสูงของต้นไม้จากข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับโดยการหาผลต่างของความแบบจำลองสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลขและแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข ซึ่งผลต่างดังกล่าวคือความสูงของต้นไม้ จากนั้นทำการหาความสูงของต้นไม้จากตำแหน่งต้นไม้ที่ได้มีการสำรวจภาคสนาม

4.2 การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นไม้

ผู้วิจัยต้องการตรวจสอบความถูกต้องของความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ จึงได้การกำหนดแปลงตัวอย่างถาวร เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความสูงต้นไม้ โดยในแปลงตัวอย่างถาวร ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลตำแหน่งความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 การวางแปลงตัวอย่างเพื่อเก็บข้อมูลของต้นไม้

การสร้างแปลงตัวอย่างเป็นการกำหนดพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างด้วยวิธีการทางสนาม ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามจะนำไปใช้ในการอ้างอิงและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ การศึกษาครั้งนี้กำหนดแปลงตัวอย่างถาวรเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 x 40 เมตร จำนวน 10 แปลง (รูปที่ 4.5) ครอบคลุมร้อยละ 4.35 ของพื้นที่วิจัย ขนาดพื้นที่รวมของแปลงตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นไปตามข้อกำหนดขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก(องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) 2558) ที่ระบุว่าแปลงตัวอย่างถาวรควรมีเนื้อที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของพื้นที่วิจัย ผู้วิจัยเลือกตำแหน่งของแปลงตัวอย่างจากการสุ่มบนพื้นที่ด้วยวิธีการ Random โดยให้แปลงตัวอย่างกระจายตัวทั่วพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งแปลงตัวอย่างถาวร

ผู้วิจัยกำหนดแนวขอบเขตของแปลงตัวอย่างถาวรโดยใช้เหล็กตอกยึดกับพื้นดินลึกประมาณ 50 เซนติเมตร และใช้เชือกฟางผูกติดกับเหล็กให้เป็นเส้นตรงโดยไม่ให้ค้ำกับต้นไม้จนเสียแนว (รูปที่4.6) สำหรับการกำหนดค่าพิกัดของแปลงตัวอย่าง ใช้วิธีการสำรวจรังวัดด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System: GNSS) โดยใช้วิธีการหาตำแหน่งแบบจลน์ในทันที (Real time Kinematic Survey: RTK) ค่าพิกัดที่ใช้ในการวางแปลงตัวอย่างนั้นเป็นระบบเดียวกับค่าพิกัดของภาพถ่ายทางอากาศเพื่อให้สามารถอ้างอิงข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับได้

รูปที่ 4.6 (ก) แสดงการกำหนดพิกัด ณ ตำแหน่งที่เป็นขอบเขตแปลงตัวอย่างโดยการสำรวจด้วยดาวเทียม (ข) การวางแนวขอบเขตของแปลงตัวอย่างถาวร

4.2.2 การเก็บข้อมูลตำแหน่งและลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลลักษณะกายภาพของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างถาวรได้แก่ ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ ตลอดจนค่าพิกัดแสดงตำแหน่งของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยใช้กล้องสำรวจแบบประมวลผลรวม (Total Station) ยี่ห้อ Sokkia รุ่น CX 105 ผู้วิจัยนำเป้าวัดระยะ (Prism Pole) ไปติดตั้งไว้ที่ยอดไม้ของต้นไม้แต่ละต้นและใช้กล้องสำรวจบันทึก

ค่าพิกัดตำแหน่งของต้นไม้และความสูงของยอดไม้ (รูปที่ 4.7) โดยกำหนดให้ค่าพิกัดของต้นไม้ทุกต้นอ้างอิงจากสถานีฐาน (Base station) ที่ใช้ในการสร้างภาพถ่ายทางอากาศ

รูปที่ 4.7 การเก็บตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยเลือกเก็บข้อมูล เฉพาะต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 4.5 เซนติเมตร และสูงจากพื้นดินมากกว่า 1.30 เมตร ในแปลงตัวอย่างถาวร ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดการสำรวจภาคสนามการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (ชิงชัย วิริยะบัญชา 2546) (รูปที่ 4.8) ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยใช้เทปไนลอน (Nylon Tapes) ในการวัดเส้นรอบวงเพียงอกของต้นไม้ (Girth at Breast Height : GBH) จากนั้นจึงทำการคำนวณเส้นผ่านศูนย์เพียงอกของต้นไม้ก่อนที่จะนำไปคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ด้วยสมการแอลโลเมตริก

ผู้วิจัยจะนำข้อมูลขนาดและความสูงที่ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อใช้ในวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความสูงและความคลาดเคลื่อนของข้อมูลต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในไปใช้การวิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บทั้งพื้นที่ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

รูปที่ 4.8 (ก) แสดงการเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร (ข) แสดงการติดป้ายแสดงหมายเลขอ้างอิงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง

4.3 การหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

4.3.1 หลักการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้สามารถคำนวณได้จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ ผู้วิจัยทำการประเมินปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาด้วยสมการแอลโลเมตริก (Allometry Equation) ซึ่งเป็นสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพและลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้เพียงอก (D) และความสูงต้นไม้ (Ht) ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้สมการแอลโลเมตริกของ Ogawa et al. (1965) สำหรับการประเมินค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ในป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ซึ่งตรงกับประเภทของป่าในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยจะประเมินค่ามวลชีวภาพของต้นไม้ในแต่ละส่วนได้แก่ ลำต้น กิ่ง และใบ ดังนี้

$$W_{tc}=W_s+W_b+W_l \quad (4.1)$$

$$W_s=0.0396\ D^2H_t^{0.9326} \quad (4.2)$$

$$W_b = 0.00348\ D^2 H_t^{1.027} \quad (4.3)$$

$$W_l = \left[\frac{28.0}{\left(W_{tc} + 0.025\right)^{-1}} \right] \quad (4.4)$$

โดยที่ : W_{tc} = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (กิโลกรัม)

W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

H_t = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

มวลชีวภาพที่ได้จากสมการ 4.1-4.4 จะนำไปคำนวณหาปริมาณคาร์บอนกักเก็บในพื้นที่ป่าชุมชน ผู้วิจัยใช้สมการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (IPCC, 2006) ดังนี้

$$C_i = W_{tc} \times CF \quad 4.5$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โดยที่ C_i =ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (กิโลกรัม)

W_{tc} =ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (กิโลกรัม)

CF = สัดส่วนปริมาณคาร์บอนในเนื้อไม้ *(กำหนดให้เท่ากับ 0.47)*

4.3.2 การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ (D-H Relation)

การประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชนต้องอาศัยข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นไม้ ได้แก่ ความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

(สมการที่4.1 ถึง 4.5) อย่างไรก็ดีอากาศยานไร้คนขับเก็บข้อมูลได้เฉพาะความสูงของต้นไม้เท่านั้น ดังนั้นในคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยจึงต้องหาวิธีในการประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา

โดยทั่วไปแล้ว ความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้มีความสัมพันธ์กัน โดยรูปแบบความสัมพันธ์จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชและประเภทของป่าไม้ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยจะทำวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก *(D)* และความสูงของต้นไม้ *(H_t)*หรือ *D-H Relation* ของป่าชุมชนโดยอาศัยข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่างจากการสำรวจในภาคสนาม หัวข้อ 4).2) ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะช่วยให้สามารถประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเมื่อทราบความสูงของต้นไม้จากอากาศยานไร้คนขับได้ ผู้วิจัยเลือกใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่าง *D* และ H_t ของต้นไม้ในป่าประเภท ป่าเต็ง รัง ของ (*Ogawa* 1965) ซึ่งมีรูปแบบความสัมพันธ์ดังนี้ *(*ชิงชัย วิริยะบัญชา *2553)*

$$D = H_t \times \left[\frac{1}{H_{max}} - \frac{1}{a}\right]^{-\frac{1}{b}} \qquad (4.6)$$

โดยที่ : H_t = ความสูงของต้นไม้ (เมตร๘

D = เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

H_{max} = ความสูงต้นไม้ที่ต้นสูงที่สุดในแปลงตัวอย่างถาวร (เมตร)

a และ b = พารามิเตอร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากสมการที่ 4.6 ผู้วิจัยทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา กล่าวคือสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาได้อย่างถูกต้อง ทำให้สามารถใช้สมการที่ 4.6 ในการประมาณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกจากข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับได้โดยตรง ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยเริ่มจากการประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่เหมาะสมของแปลงตัวอย่างแต่ละแปลงทั้งหมด 10 แปลง โดยจะทำการแบ่งต้นไม้ในแปลงตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มอย่างละเท่าๆ กัน กลุ่มแรกใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่เหมาะสมในแต่ละแปลงตัวอย่างจากข้อมูลความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กลุ่มที่สองใช้เพื่อตรวจสอบความความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ a และ b ในแปลงตัวอย่างนั้น โดยพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนใน

การประมาณค่าความสูงของต้นไม้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (สมการที่ 4.6) เทียบกับความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม

ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่เหมาะสมในแต่ละแปลงตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้คำสั่ง solver Parameters ในโปรแกรม Microsoft Excel โดยกำหนดให้โปรแกรมคำนวณค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่ทำให้ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error :RMSE) ระหว่างความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการ 4.6 กับค่าความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจมีน้อยที่สุด

หลังจากนั้น ผู้วิจัยพิจารณาความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสูงของต้นไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้และเลือกแปลงตัวอย่างที่มีความถูกต้องในการประมาณค่าความสูงของต้นไม้ถูกต้องมากที่สุด (ค่า RMSE น้อยที่สุด) จำนวน 2 แปลง แล้วใช้ความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทั้ง 2 แปลงนี้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b เพื่อให้เป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยทำการทดสอบความเหมาะสมของค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่ได้จากการวิเคราะห์จากแปลงตัวอย่าง 2 แปลง กับต้นไม้ในแปลงตัวอย่างอีก 8 แปลงที่เหลือ เพื่อศึกษาและประเมินประสิทธิภาพของค่าพารามิเตอร์ a และ b และสมการ 4.6 การประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกจากความสูงของต้นไม้ ก่อนที่จะนำสมการ 4.6 ไปใช้ในการประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากข้อมูลที่ได้จากการใช้อากาศยานไร้คนขับต่อไป

4.3.3 วิธีการประเมินปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าชุมชน

ผู้วิจัยคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชุนในพื้นที่ศึกษา 2 วิธีการ ได้แก่ การประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากต้นไม้รายต้น (Individual-based approach) และ การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยต่อพื้นที่ (Area-based Approach) แต่ละวิธีการมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.3.1 การประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้รายต้น (Individual-based approach)

วิธีการนี้ผู้วิจัยจะทำการคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้แต่ละต้นในพื้นที่ศึกษาโดยใช้สมการแอลโลเมตริก (สมการที่ 4.1 - 4.4) และประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ทุกต้น (สมการที่ 4.5) ปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชนหาได้จากผลรวมของปริมาณคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้แต่ละต้นในพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยได้ใช้เทคนิคการระบุตำแหน่งและความสูงของต้นไม้แบบอัตโนมัติจากการประมวลผลข้อมูลแบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นพื้นผิวเชิงเลขที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับด้วยเทคนิค Local Extrema (Mohan, Silva et al. 2017) เทคนิคดังกล่าวจะทำการกำหนดตำแหน่งของต้นไม้แต่ละต้นจากกลุ่มจุดความสูงในบริเวณเดียวกัน (กริดเซลในแบบจำลองระดับความ

สูงของสิ่งปกคลุมดิน หรือ DSM) ที่มีความสูงต่างจากระดับพื้นผิวภูมิประเทศ จากนั้นจะเลือกจุดที่มีค่าระดับความสูงมากที่สุด เมื่อเทียบกับจุดความสูงอื่นๆ (ความสูงสัมพัทธ์) ในขอบเขตของทรงพุ่มต้นไม้ จุดสูงสุดสัมพัทธ์คือตำแหน่งของต้นไม้และความสูงของต้นไม้นั้น (รูปที่ 4.9)

รูปที่ 4.9 การระบุตำแหน่งและความสูงของต้นไม้แบบอัตโนมัติจากข้อมูลระดับความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับด้วยเทคนิค Local Extrema

ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (สมการ 4.6) และนำค่าที่ได้ไปไปคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้รายต้นของทั้งพื้นที่ศึกษา ผู้วิจัยตรวจสอบความถูกต้องของมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากวิธีการนี้ โดยการเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บที่คำนวณได้จากข้อมูลที่สำรวจในภาคสนามในแปลงตัวอย่างถาวร ผู้วิจัยยังทำการวิเคราะห์และประเมินความคลาเคลื่อนของการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติ

เทคนิคการระบุตำแหน่งของต้นไม้อัตโนมัติมีความคลาดเคลื่อนจากต้นไม้จริงเนื่องจากความสลับซับซ้อนของต้นไม้อาจส่งผลให้การนับตำแหน่งต้นไม้โดยอัตโนมัติมีความผิดพลาดได้ นอกจากนี้ลักษณะทางกายภาพของต้นไม้เช่น ต้นไม้มีมากกว่า 1 ทรงพุ่ม (รูปที่ 4.10) อาจทำให้เทคนิคระบุตำแหน่งของต้นไม้ตามจำนวนทรงพุ่มที่ปรากฏ (NGUYET 2012) ซึ่งจะผลให้ผลการศึกษามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนในที่สุดโดยจะมีค่าสูงกว่าความเป็นจริง

2. ความคลาดเคลื่อนของความสูงและตำแหน่งต้นไม้จากการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติ

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและความสูงที่ได้จากการระบุตำแหน่งของต้นไม้โดยอัตโนมัติอาจมีความคลาดเคลื่อนกันเนื่องจากความหนาแน่นของต้นไม้ทำให้การเก็บข้อมูลจะส่งผลให้ต้นไม้ต้นที่มีความสูงน้อยกว่าถูกบังด้วยต้นไม้ที่มีความสูงมากกว่าและทำให้การเลือกค่าความสูงต้นไม้จากแบบจำลองระดับสูงเชิงเลขไม่ถูกต้องซึ่ง ซึ่งจึงส่งผลต่อความผิดพลาดในการประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้และทำให้ผลการศึกษามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

รูปที่ 4.10 ความผิดพลาดในการกำหนดตำแหน่งและความสูงต้นไม้แบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค Local Extrema ในกรณีที่ต้นไม้มีทรงพุ่มมากกว่า 1 ทรงพุ่ม (จุดสีเหลืองแสดงตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ที่ถูกต้อง จุดสีน้ำเงินแสดงตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ที่ผิดพลาด)

4.3.3.2 การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อหน่วยพื้นที่ (Area-based Approach)

การคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ทำได้โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นตารางกริดขนาด 40 x 40 เมตร ซึ่งเป็นขนาดที่เท่ากับขนาดของแปลงตัวอย่างและทำการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บเฉลี่ยในแต่ละกริด จากนั้นจึงทำการหาผลรวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของทุกกริดได้เป็นปริมาณคาร์บอนกักเก็บทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

ในการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยวิธีการนี้ ผู้วิจัยใช้ความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ทุกต้นในแต่ละกริดเป็นตัวแทนความสูงของต้นไม้ของกริดนั้นๆ สำหรับความสูงของต้นไม้เฉลี่ยในกริด สามารถทำได้โดยการหาค่าเฉลี่ยของความสูงที่ได้จากข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ของแต่ละกริด สำหรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของต้นไม้ในกริดสามารถประมาณได้จากความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ในกริด โดยการใช้สมการ 4.6
หลังจากที่ทราบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้เฉลี่ยในแต่ละกริด ผู้วิจัยประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยด้วยของแต่ละกริดกสมการแอลโลเมตริก (สมการที่ 4.1-4.4) ต่อจากนั้นจึงทำการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแต่ละกริดเซลในพื้นที่ศึกษา ดังนี้

$$\overline{C_{ABG}} = \overline{W_{tc}} \times T \times CF \qquad (4.7)$$

โดยที่ $\overline{C_{ABG}}$ = ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บเหนือพื้นดินเฉลี่ยในกริด (กิโลกรัม)

$\overline{W_{tc}}$ = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยของต้นไม้ต่อต้นในกริด (กิโลกรัม)

T = จำนวนต้นไม้ในกริด

โดยจำนวนต้นไม้ในกริด ผู้วิจัยจะทำการเฉลี่ยจำนวนต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูลจากแปลงตัวอย่างถาวรภาคสนามและกำหนดให้ในทุกกริดมีจำนวนต้นไม้เท่ากัน
ผู้วิจัยประเมินความถูกต้องของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้เฉลี่ยต่อพื้นที่ที่ได้จากวิธีการดังกล่าวโดยการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณจากต้นไม้รายต้นจากความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากการสำรวจในภาคสนามในแปลงตัวอย่างทั้ง 10 แปลง (รายละเอียดในหัวข้อ 4.3.3.1)

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังทำการศึกษาและวิเคราะห์ความเหมาะสมของขนาดพื้นที่กริดที่ใช้ในการประมาณคาร์บอนเฉลี่ยในการศึกษาครั้งนี้ (40 x 40 เมตร) ผู้วิจัยทำการศึกษาโดยคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บเฉลี่ยของพื้นที่ที่มีขนาด 5 x 5 10 x10 20 x 20 25 x 25 30 x 30 เมตร ตามวิธีการข้างต้น และทำการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนของปริมาณคาร์บอนกักเก็บที่คำนวณได้โดยเทียบกับค่าคาร์บอนกักเก็บรวมของต้นไม้รายต้นในแปลงตัวอย่างที่มีพื้นที่ขนาดเท่ากัน จากการคำนวณด้วยความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม หลังจากนั้นจะพิจารณาความคลาดเคลื่อนของปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากการใช้ขนาดกริดที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับขนาดกริดที่มีความเหมาะสมสำหรับคำนวณปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.4 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการคำนวณค่าการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา

งานวิจัยในส่วนสุดท้ายเป็นการเปรียบเทียบผลการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บเหนือพื้นดินของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา จากวิธีการคำนวณรายต้น (Individual-based approach) และการคำนวณค่าเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ (Area-based approach) และวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บในแต่ละขั้นตอน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงวิธีการในการประมาณคาร์บอนกักเก็บด้วยอากาศยานไร้คนขับในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5

ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานประกอบด้วย การสร้างข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศ การตรวจสอบความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและจากการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนาม การหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านขนาดศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ การประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บ โดยมีผลการวิจัยดังนี้

5.1 การสร้างข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ

ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมีจำนวน 1,818 ภาพ ขนาดพิกเซลเท่ากับ 4,864 × 3,648 พิกเซล และมีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 0.028 เมตรบนภูมิประเทศจริง (รูปที่ 5.1) โดยการปรับแก้ความถูกต้องของภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับจากจุดควบคุมภาคพื้นดินมีด้วยโปรแกรม PIX 4D ค่า RMSE (เมตร) ของแกน X Y,และ Z เท่ากับ 0.014, 0.010 และ 0.04ตามลำดับ (ตารางที่ 5.1)

รูปที่ 5.1 ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับที่มีส่วนซ้อน (Overlap) *ร้อยละ 85 และส่วนเกย (Sidelap)* ร้อยละ *70*

ตารางที่ 5.1 ความคลาดเคลื่อนจุดควบคุมภาคพื้นดิน

จุดควบคุมภาคพื้นดิน	**ความคลาดเคลื่อน แกน X (เมตร)**	**ความคลาดเคลื่อน แกน Y (เมตร)**	**ความคลาดเคลื่อน แกน Z (เมตร)**
1	0.004	0.003	-0.012
2	0.003	0.007	-0.003
3	-0.023	0.003	0.023
4	-0.007	-0.002	-0.006
5	0.007	-0.005	0.006
6	0.018	-0.014	0.001
7	0.003	-0.009	0.001
8	-0.010	0.006	0.009
9	-0.016	-0.001	-0.012
10	0.011	0.013	-0.001
11	-0.010	0.006	-0.002
12	-0.004	-0.009	0.003
13	0.032	0.019	0.169
14	0.003	-0.020	-0.015
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (เมตร)	0.014	0.010054	0.046034

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาผลการตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบและทางดิ่ง (Accuracy XY/Z) พบว่ามีค่า RMSE (เมตร) ของแกน X Y และ Z เท่ากับ 0.025, 0.018 และ 0.103 ตามลำดับ (ตารางที่ 5.2)

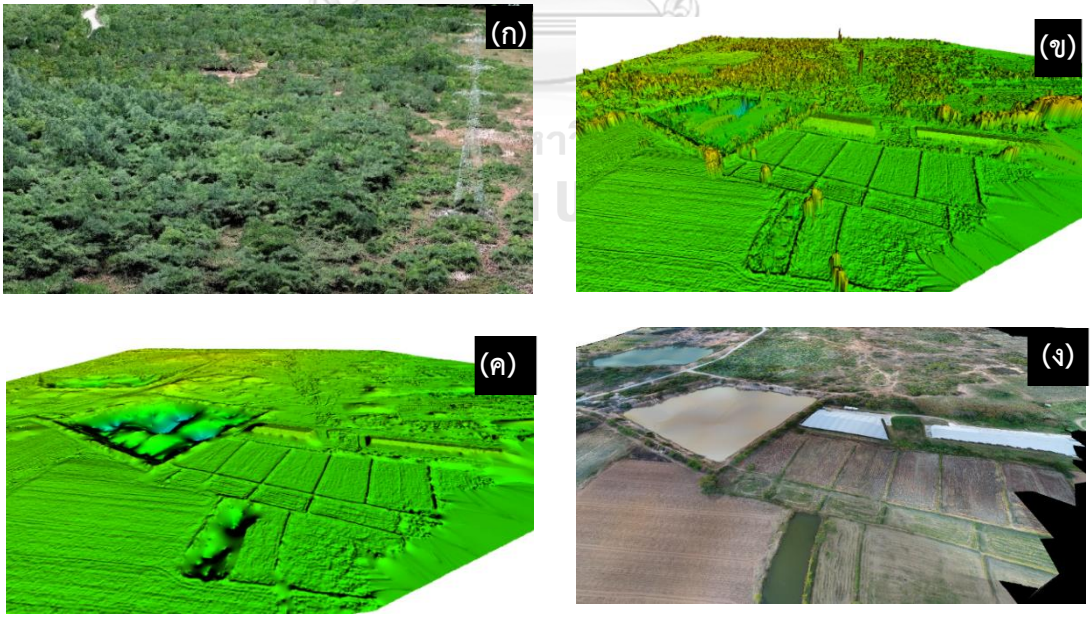
ตารางที่ 5.2 ค่าความคลาดเคลื่อนของจุดตรวจสอบทางราบและทางดิ่ง

จุดตรวจสอบ	ความคลาดเคลื่อนแกน X (เมตร)	ความคลาดเคลื่อนแกน Y (เมตร)	ความคลาดเคลื่อนแกน Z (เมตร)
1	0.0009	0.0738	0.9219
2	-0.0049	-0.0289	0.5373
3	-0.0081	-0.0081	0.6360
4	0.0024	0.0057	0.5789
5	0.0071	-0.0702	0.5049
6	0.0082	-0.0525	0.5114
7	0.0072	0.0299	0.5882
8	-0.0046	-0.0104	0.4679
9	0.0040	-0.0311	0.6089
10	-0.0151	0.0725	0.6115
11	-0.0028	0.1147	0.5235
12	-0.0057	0.0976	0.4931
13	0.0017	0.0682	0.5900
14	0.0147	0.0043	0.6878
15	-0.0071	0.1015	0.9371
16	0.0003	-0.2086	0.5720
17	0.0077	-0.1484	0.8064
18	0.0048	-0.2523	0.8059
19	0.0083	-0.0801	0.5277
20	0.0036	0.1826	0.4743
21	-0.0644	0.1541	0.3744
22	-0.0009	0.0119	0.2427
23	-0.0229	0.0328	0.2970
24	0.0432	0.0232	0.1423
25	0.1018	0.0453	0.5510
ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (เมตร)	**0.025**	**0.018**	**0.103**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องทางตำแหน่งกับข้อกำหนดของ AMERICAN SOCIETY FOR PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING (ASPRS, 2014) พบว่าข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจสามารถหลังการปรับแก้ความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบและทางดิ่งสามารถผลิตแผนที่มาตราส่วน 1: 5,000 ชั้นงานที่ 1 (ตารางที่ 4.1) ซึ่งกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางราบไม่เกิน 62.5 เซนติเมตร ความคลาดเคลื่อนทางราบเฉลี่ยกำลังสองไม่เกิน 88.4 เซนติเมตรและมีค่าความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ที่ 153 เซนติเมตร ทั้งนี้ผู้วิจัยได้พิจารณาถึงค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งของการสำรวจรังวัดจุดตรวจสอบด้วยวิธีหาตำแหน่งค่าพิกัดแบบจลน์ในทันที (Real time Kinematic Survey : RTK) ที่ให้ความคลาดเคลื่อนระดับเดซิเมตร และเมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนทางดิ่งของข้อมูลความสูงพื้นผิวที่มีพืชปกคลุมจะอยู่ในเกณฑ์ชั้นงานที่ 5 *(ตารางที่ 4.2)* ซึ่งกำหนดให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางดิ่งไม่เกิน 36.8 เซนติเมตร (ตารางที่ 5.*2*)

สำหรับข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติที่สร้างขึ้นที่มีความหนาแน่นเฉลี่ย 188 จุดต่อตารางเมตร ซึ่งทำให้สามารถผลิตแบบจำลองความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 0.56 เมตร แบบจำลองความภูมิประเทศเชิงเลขขนาดจุดภาพเท่ากับ 0.14 เมตร และภาพถ่ายออร์โทมีขนาดจุดภาพเท่ากับ 0.28 เมตร (รูปที่5.2) ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการระบุความสูงของต้นไม้ ประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ เพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพื้นที่ศึกษาในลำดับถัดไป



รูปที่ 5.2 (ก)ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (ข)แบบจำลองความสูงสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (ค)แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (ง)ภาพถ่ายออร์โท

5.2 ความสัมพันธ์และความสอดคล้องของความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนาม

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างถาวรเพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของความสูงต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับพบว่ามีค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองระหว่าง (RMSE) อยู่ระหว่าง 0.50 – 0.66 เมตร (ตาราง 5.3) โดยแปลงที่มีค่า RMSE ดีที่สุดคือแปลง A ค่าเท่ากับ 0.50 เมตร และแปลงตัวอย่างถาวร J พบว่ามีค่าอยู่ที่ 0.66 เมตร

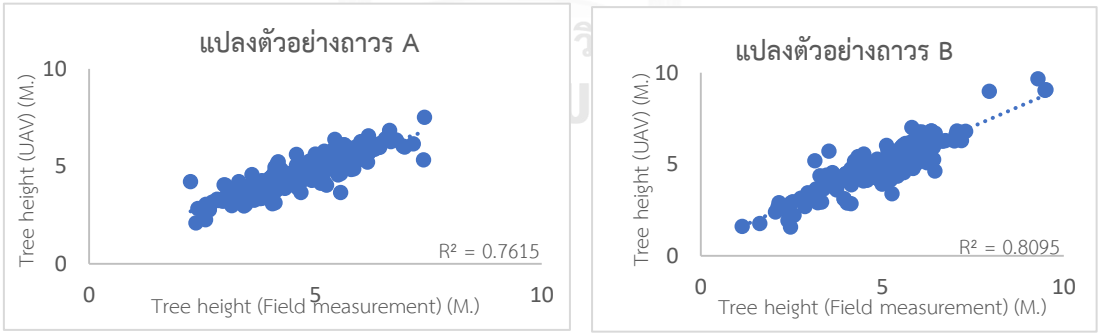
ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ของความสูงต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ จากค่าทางสถิติของความสูงต้นไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างถาวร (ตารางที่ 5.3) พบว่าความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมีความสัมพันธ์กับความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามซึ่งมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.72 – 0.90 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลความสูงต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับแล้วว่ามีความสอดคล้องกันทุกแปลง ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าแปลงตัวอย่างถาวร H มีความสัมพันธ์ของข้อมูลความสูงของต้นไม้มากที่สุด (R^2 = 0.90) และแปลงตัวอย่าง G มีความสัมพันธ์รองลงมา (R^2 =0.89) (รูปที่ 5.3) และแปลงตัวอย่าง I มีความสัมพันธ์ของข้อมูลความสูงของต้นไม้น้อยที่สุด (R^2 = 0.72)

ทั้งนี้ผู้วิจัยพบค่าความคลาดเคลื่อนของความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมีสาเหตุมาจากการที่ต้นไม้มีความสลับซับซ้อนของทรงพุ่ม (รูปที่ 4.10) ทำให้การระบุค่าความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมีความผิด และตำแหน่งต้นไม้ที่ได้จากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับมีความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง ในกระบวนการปรับแก้ความถูกต้องของภาพถ่ายด้วยกระบวนการทางโฟโตแกรมเมตรี (ตาราง 5.2) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบตำแหน่งทรงพุ่มจากการเก็บข้อมูลสำรวจภาคสนามและตำแหน่งทรงพุ่มจากข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับทำให้มีความคลาดเคลื่อนของทรงพุ่ม ซึ่งทำให้การระบุค่าความสูงของต้นไม้มีความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งของทรงพุ่มจริง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าว

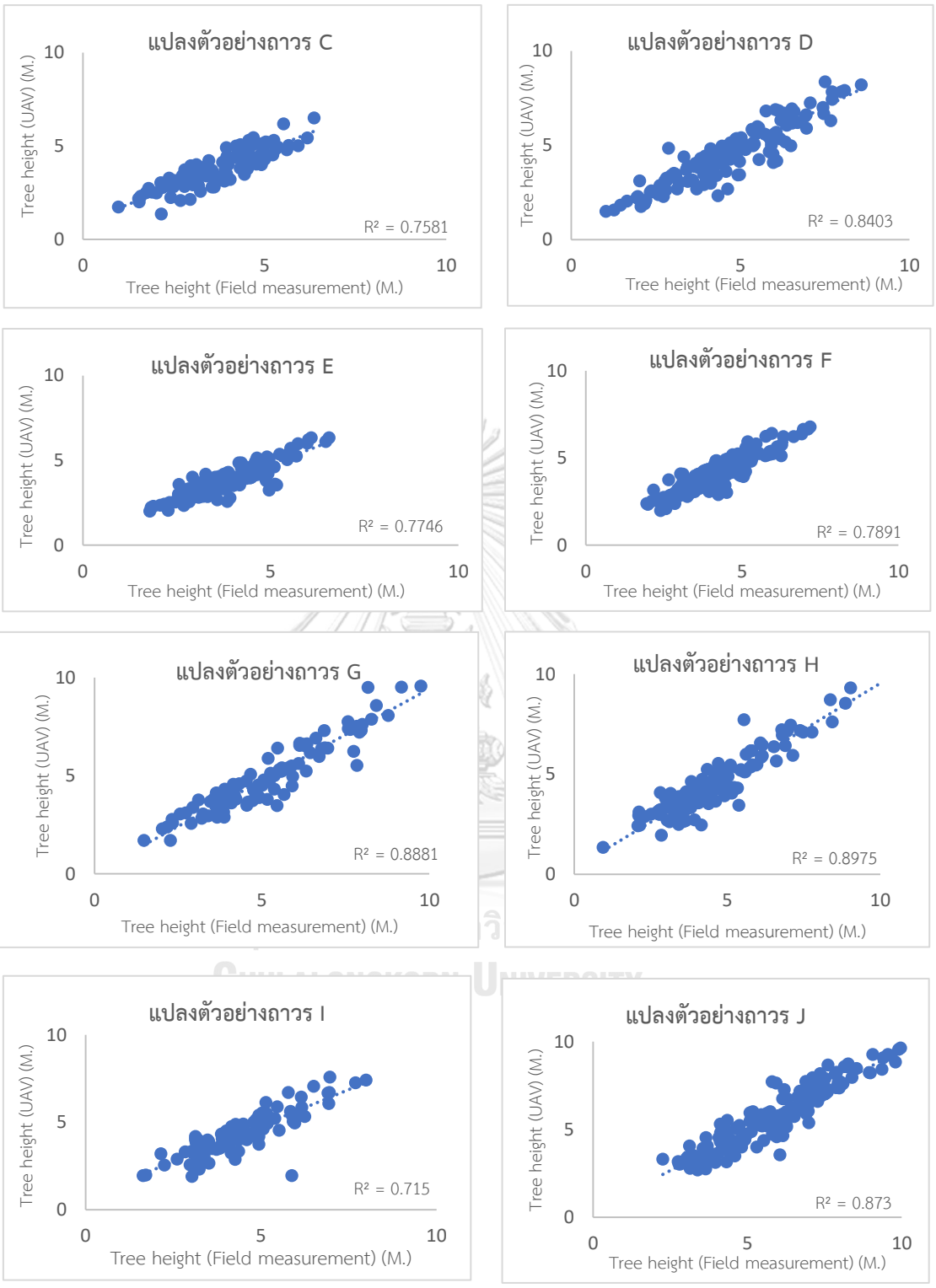
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.3 ความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนาม

แปลง	ความสูงต้นไม้จากอากาศยานไร้คนขับ H_{Field} (เมตร)				ความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม H_{Uav} (เมตร)				ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2)	ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองระหว่าง H_{field} และ H_{UAV}
	Min	Max	Mean	SD	Min	Max	Mean	SD		
A	2.11	7.53	4.66	0.93	2.24	7.41	4.71	1.03	0.76	0.50
B	1.57	9.66	4.92	1.57	1.34	9.51	4.99	1.40	0.81	0.61
C	1.36	6.51	3.81	1.02	1.57	6.36	3.77	1.16	0.76	0.57
D	1.50	8.37	4.33	1.54	1.35	8.58	4.44	1.59	0.84	0.66
E	2.00	6.34	4.05	0.95	1.79	6.56	4.07	0.98	0.78	0.46
F	1.98	6.78	4.08	0.93	1.95	7.18	4.17	1.03	0.79	0.56
G	1.70	9.57	4.88	1.76	1.48	9.75	5.14	1.78	0.89	0.65
H	1.35	11.9	4.58	1.75	1.94	12.2	4.63	1.80	0.90	0.60
I	1.90	7.57	4.33	1.17	1.64	7.99	4.41	1.20	0.72	0.66
J	2.68	10.5	5.88	1.75	2.26	12.1	6.03	1.79	0.88	0.66



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 10 แปลง ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (แกนตั้ง) และจากการรังวัดในภาคสนาม (แกนนอน)



รูปที่ 5.3 (ต่อ) ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 10 แปลง ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (แกนตั้ง) และจากการรังวัดในภาคสนาม (แกนนอน)

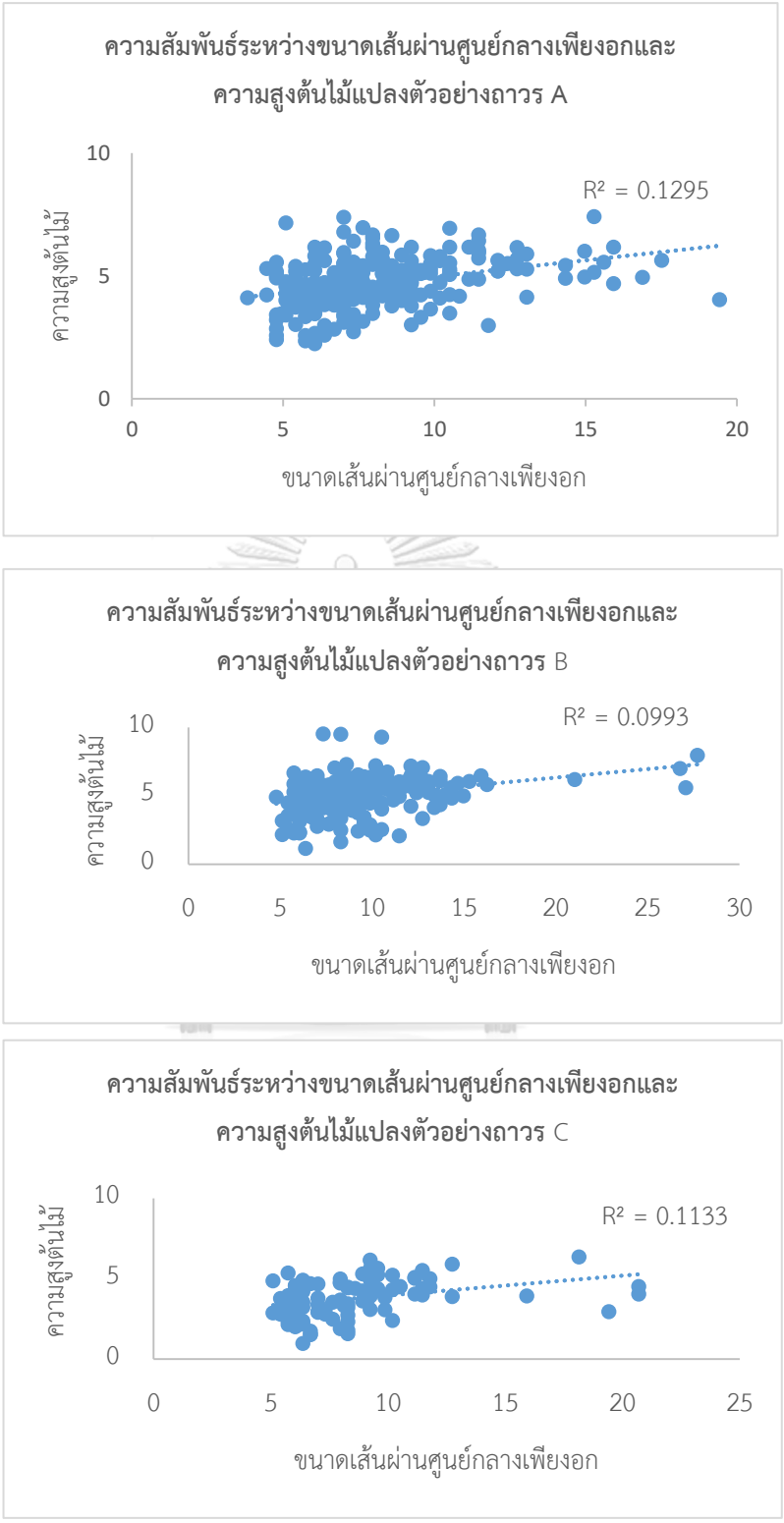
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษา (D-H Relations)

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ที่ได้มีการสำรวจภาคสนาม พบว่าขนาดเส้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 10 แปลง (รูปที่ 5.3) ไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและคามสูงของต้นไม้อย่างชัดเจน (ตารางที่ 5.4) ซึ่งมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.081 - 0.233 ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่าเนื่องจากต้นไม้แต่ละชนิดจะมีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ที่ต่างกันตามแต่ละชนิดของพืชพรรณ

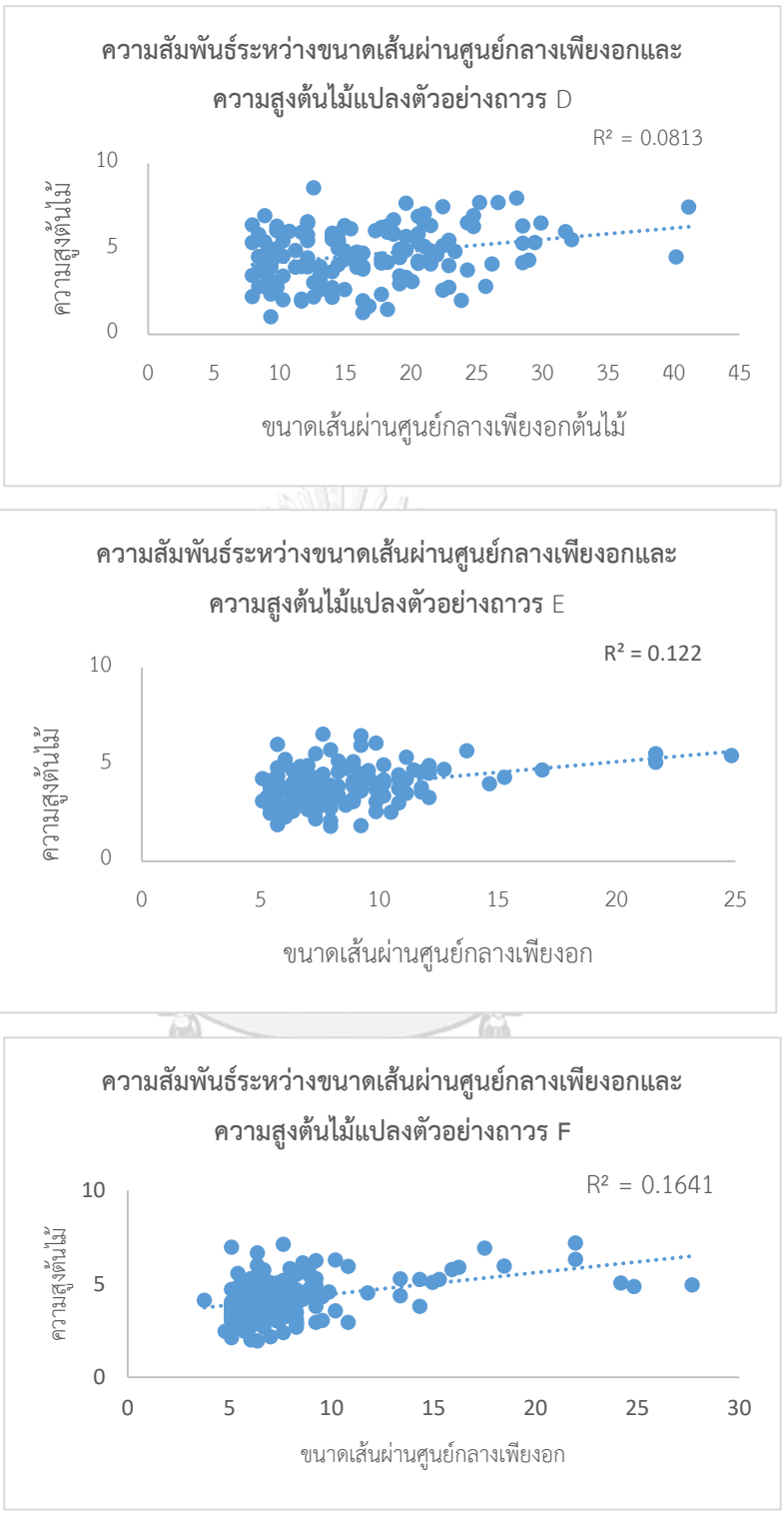
ตารางที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม

แปลง	**สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม (R^2)**
A	0.129
B	0.099
C	0.113
D	0.081
E	0.122
F	0.164
G	0.205
H	0.177
I	0.179
J	0.233

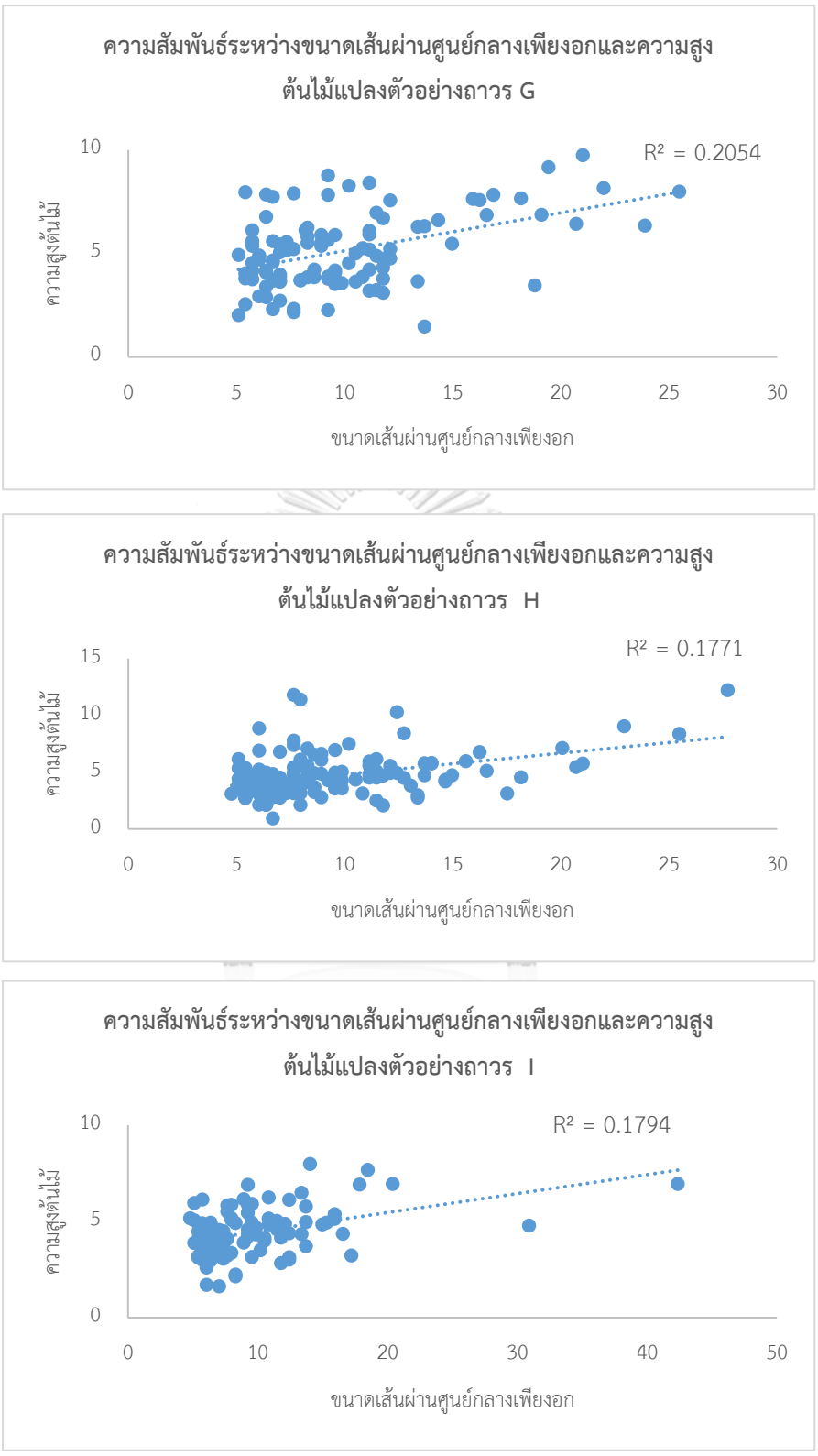
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



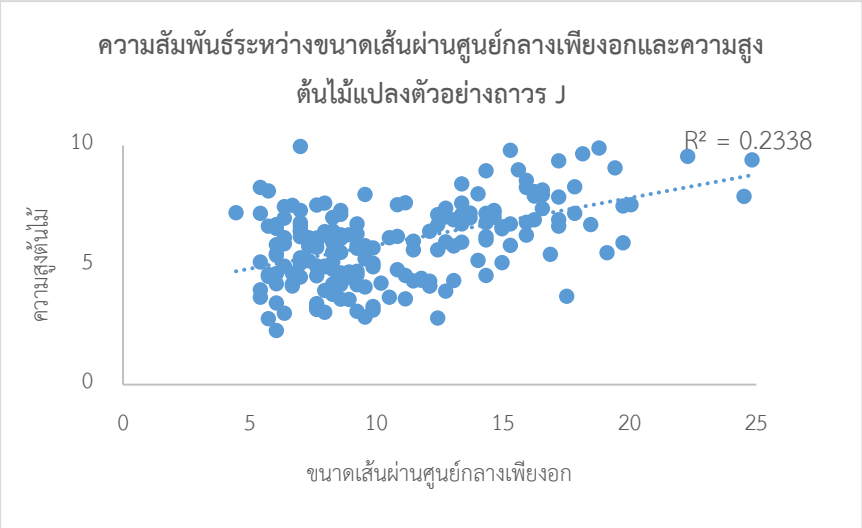
รูปที่ *5.3* ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม (ต่อ)



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม (ต่อ)



รูปที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม (ต่อ)

5.3.1 การวิเคราะห์ความความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ของแปลงตัวอย่างถาวร พบว่าแปลงที่มีรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ที่ มากที่สุดคือแปลง H และ I มีค่า RMSE เท่ากับ 0.787 และ 0.879 ตามลำดับ (ตารางที่ 5.5) และมีค่าพารามิเตอร์ a และ b อยู่ที่ 1.863, 0.650และ 2.377, 0.670 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.5 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ a, b ในแปลงตัวอย่างถาวร

แปลง	ค่าพารามิเตอร์ a	ค่าพารามิเตอร์ b	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) ของH_{Field} และ H_{Uav}
A	2.460	0.879	1.037
B	2.728	0.620	1.543
C	1.300	0.944	1.064
D	2.471	0.526	1.511
E	2.176	0.706	0.986
F	2.175	0.776	0.939
G	2.641	0.623	1.727
H	1.863	0.650	0.787
I	2.377	0.670	0.879
J	2.612	0.658	1.605

5.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงต้นไม้และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของป่าชุมชนในพื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยได้ทำการเลือกต้นไม้ที่อยู่ในแปลงตัวอย่างถาวร H และ I เพื่อใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ a และ b เพื่อเป็นตัวแทนค่าพารามิเตอร์ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ พบว่ามีค่าพารามิเตอร์ a และ b อยู่ที่ 1.86 และ 0.65 ตามลำดับ

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (สมการ 4.6) โดยเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการสำรวจภาคสนามที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ด้วยสมการ 4.6 ในแปลงตัวอย่างถาวรทุกแปลง พบว่าความสูงของต้นไม้จากการประมาณ มีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่สำรวจในภาคสนามที่ RMSE ระหว่าง 0.95-1.91 โดยแปลงตัวอย่างถาวรที่ D และ J มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสูงของต้นไม้มากที่สุดและเมื่อผู้วิจัยวิเคราะห์ความค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองพบว่ามีค่า (ตารางที่ 5.6)

ตารางที่ 5.6 ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากการความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ

แปลง	ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากการสำรวจและจาก D-H relations ($RMSE_{CM}$) ระหว่าง D_{Field} และ D_{UAV}
A	4.64
B	14.99
C	4.48
D	11.87
E	4.57
F	4.21
G	15.35
H	5.67
I	6.23
J	34.31

การประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (สมการ4.6) โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ a และ b พบว่ามีค่า RMSE ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ได้จากการประมาณแตกต่างกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่จากการสำรวจภาคสนามอยู่ระหว่าง 4.64 - 34.31 เซนติเมตร (ตารางที่5.3) โดยแปลงตัวอย่างที่ J มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้มากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้ คนขับพบว่า (Standard deviation : SD) ในแปลงตัวอย่างถาวร J พบว่าค่ามีค่าเท่ากับ 1.75 ซึ่งแสดงให้เห็นความแปรปรวนของความสูงต้นไม้ซึ่งเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ในแปลงดังกล่าว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.4 ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้

5.4.1 ผลประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายต้น (Individual based approach)

ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ได้จากสมการ 4.6 พบว่า

พื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 3 ตัน/ไร่ และปริมาณคาร์บอนกักเก็บเท่ากับ 1.54 ตัน/ไร่ และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากข้อมูลในแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 10 แปลง (ตารางที่ 5.7) พบว่าแปลงตัวอย่างถาวร A มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บใกล้เคียงกับปริมาณที่มีการเก็บข้อมูลภาคสนามมากที่สุดโดยมีความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 11 และแปลงตัวอย่างถาวร C และ D เป็นแปลงตัวอย่างถาวรที่มีค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและคาร์บอนกักเก็บที่แตกต่างจากข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามมากที่สุดคือร้อยละ 60 และ 59 ตามลำดับ (ตาราง 5.6)

ตารางที่ 5.7 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายต้นจากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับ

แปลง	มวลชีวภาพ (กิโลกรัม)		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัม)	
	ตำแหน่งของต้นไม้จากการสำรวจและความสูงจากอากาศยานไร้คนขับ	ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม	ตำแหน่งของต้นไม้จากการสำรวจและความสูงจากอากาศยานไร้คนขับ	ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม
A	3,319	2,948	1,385	1,560
B	5,298	3,366	1,582	2,490
C	701	1,117	525	329
D	3,323	5,995	3,781	1,562
E	1,014	1,672	786	476
F	1,775	2,289	1,076	834
G	2,144	2,512	1,181	2569
H	3,727	2,897	1,362	1,752
I	1,528	2,175	1,022	718
J	7,200	5,729	2,693	5271

ผู้วิจัยได้ประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและประมาณคาร์บอนกักเก็บจากข้อมูลด้วยวิธีการระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติ (Local Extrama) และความสูงที่ได้จากการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติพบว่าพื้นที่ศึกษามีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.39 ตัน/ไร่ และปริมาณคาร์บอนกักเก็บเท่ากับ 0.74 ตัน/ไร่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากตำแหน่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต้นไม้ที่ได้มีการสำรวจภาคสนามและข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ พบว่ามีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินปริมาณคาร์บอนกักเก็บน้อยกว่าร้อยละ 54 จ*ากนั้นผู้วิชัยได้ทำการ*ตรวจสอบมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บกับข้อมูลในแปลงตัวอย่างถาวร *10* แปลง พบว่าแปลงตัวอย่าง *D* มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บใกล้เคียงกับปริมาณที่มีการเก็บข้อมูลภาคสนามมากที่สุดโดยมีความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 2.73 และแปลงตัวอย่างถาวร G และ J เป็นแปลงตัวอย่างถาวรที่มีค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและคาร์บอนกักเก็บที่แตกต่างจากข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามมากที่สุดคือร้อยละ 70 และ 74 ตามลำดับ (ตาราง 5.8)

ตารางที่ 5.8 ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายต้นจากการระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติ

แปลง	มวลชีวภาพ (กิโลกรัม)		ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัม)	
	ตำแหน่งและความสูงต้นไม้ต้นไม้ด้วยเทคนิค Local extrema	ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม	ตำแหน่งและความสูงต้นไม้ต้นไม้ด้วยเทคนิค Local extrema	ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม
A	4,182	2,948	1,965	1,386
B	4,418	3,366	2,076	1,582
C	1,777	1,117	835	525
D	3,233	5,995	1,519	2,817
E	2,651	1,672	1,246	786
F	2,106	2,289	990	1,076
G	1,632	2,512	767	1,181
H	2,216	2,897	1,042	1,362
I	2,775	2,175	1,304	1,022
J	2.881	5,729	1354	2,693

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผู้วิจัยพบว่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บมีสาเหตุมาจากการระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติที่ได้จากข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับมีความคลาดเคลื่อนทำให้มีความคลาดเคลื่อนในการระบุทางตำแหน่งของต้นไม้ จึงทำให้การระบุความสูง

ต้นไม้โดยอัตโนมัติมีความผิดไปด้วย อีกทั้งวิธีการระบุตำแหน่งต้นไม้โดยอัตโนมัติ อักทั้งลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้ในพื้นที่ศึกษาที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร แต่มีความสูงของต้นไม้มากกว่า 1.30 เมตร ซึ่งในงานวิจัยเรื่องการหามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บจะไม่นำข้อมูลต้นไม้ลักษณะดังกล่าวเพื่อใช้ในการวิเคราะห์มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บ แต่วิธีการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติด้วยวิธีดังกล่าว จะทำการระบุตำแหน่งต้นไม้เนื่องจากวิเคราะห์เงื่อนไขความสูงของต้นไม้ที่ขนาดมากกว่า 1.30 เมตรเพียงอย่างเดียวไม่ได้วิเคราะห์เงื่อนไขของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกต้นไม้ จึงทำให้จำนวนต้นไม้ที่ได้จากการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติมีจำนวนมากกว่าการสำรวจภาคสนาม

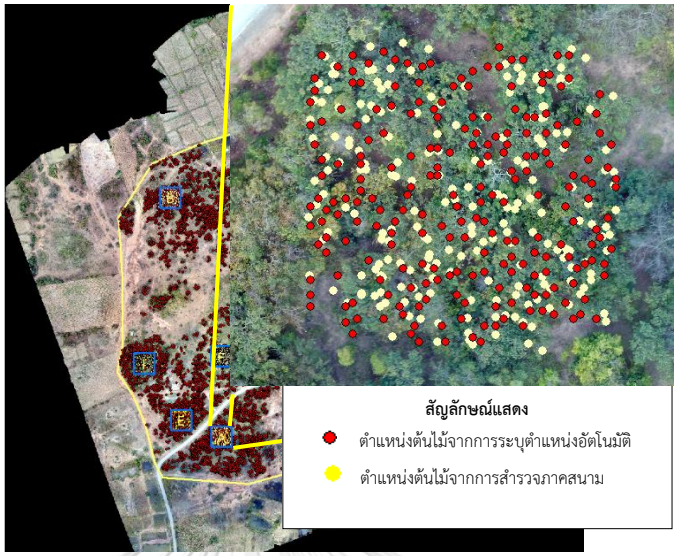
ผู้วิจัยได้ทำการหาตำแหน่งของต้นไม้ที่โดยอัตโนมัติและผู้วิจัยได้ทำการทดสอบจำนวนต้นไม้ที่ได้นับจริงจากแปลงตัวอย่างถาวรและจำนวนต้นไม้ที่ได้จากการประมาณตำแหน่ง พบว่าแปลงตัวอย่างถาวร A และ B มีจำนวนต้นไม้ที่นับโดยอัตโนมัติใกล้เคียงกับต้นไม้ที่มีการนับจริงจากการสำรวจภาคสนามมากที่สุดคือแตกต่างจำนวน 3 ต้น และแปลงตัวอย่างถาวร E มีจำนวนต้นไม้แตกต่างกันมากที่สุดคือแตกต่าง 108 ต้น (ตารางที่ 5.9)

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบจำนวนต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและการหาอัตโนมัติ

แปลง	จำนวนต้นไม้นับจริง (ต้น)	จำนวนต้นไม้การประมาณ (ต้น)
A	229	226
B	183	186
C	95	181
D	150	174
E	145	253
F	195	189
G	106	157
H	155	187
I	110	185
J	187	163

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

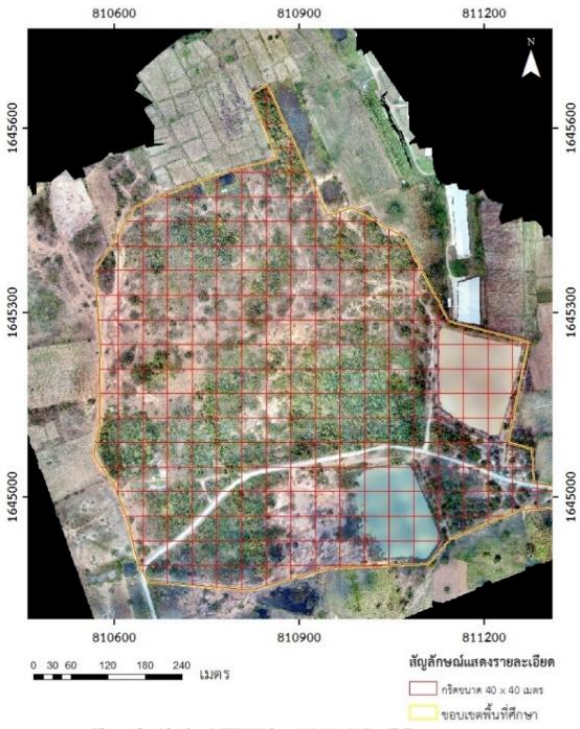
ผู้วิจัยพบว่าการปัจจัยที่ส่งผลจำนวนต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร E ให้มีคลาดเคลื่อนในตำแหน่งต้นไม้โดยอัตโนมัติคือลักษณะทางกายภาคของต้นไม้ จึงเป็นสาเหตุให้แปลงตัวอย่างถาวร E มีจำนวนต้นไม้มากกว่าการสำรวจภาคสนามจำนวน 108 ต้น



รูปที่ 5.4 ความคลาดเคลื่อนในการระบุตำแหน่งต้นไม้โดยอัตโนมัติแปลงตัวอย่างถาวร A

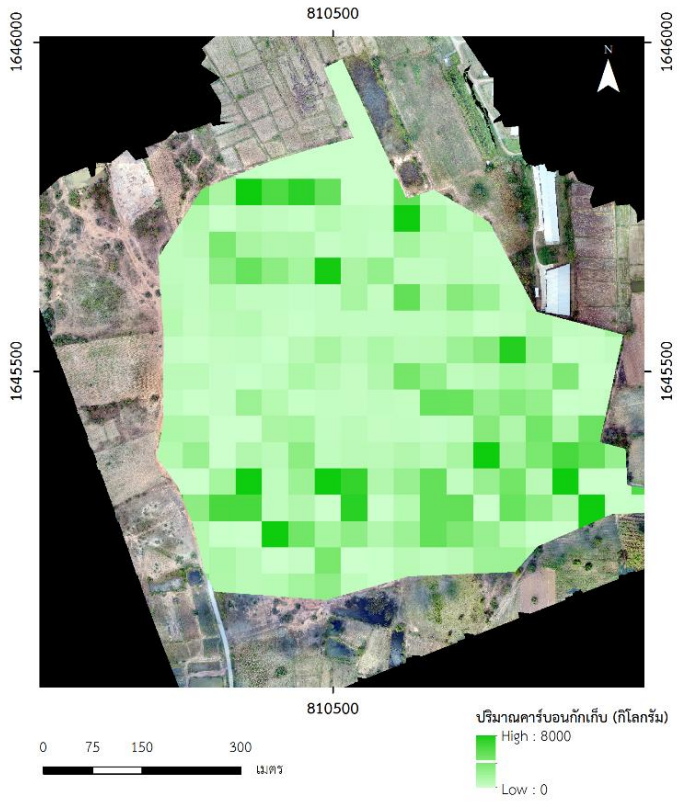
5.4.2 ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรายพื้นที่ในแปลงตัวอย่าง (Area based approach)

ผลการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ กริด ขนาด 40 x 40 เมตร ทั้งพื้นที่ศึกษามีจำนวน 276 กริด และมีจำนวนต้นไม้เฉลี่ยกริดละกริดเท่ากับ 155 ต้น (รูปที่ 5.5) พบว่าพื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.09 ตัน/ไร่ และมีปริมาณการคาร์บอนกักเก็บเท่ากับ 0.58 ตัน/ไร่ (รูปที่ 5.6)



รูปที่ 5.5 กริดขนาด 40 x 40 เมตร

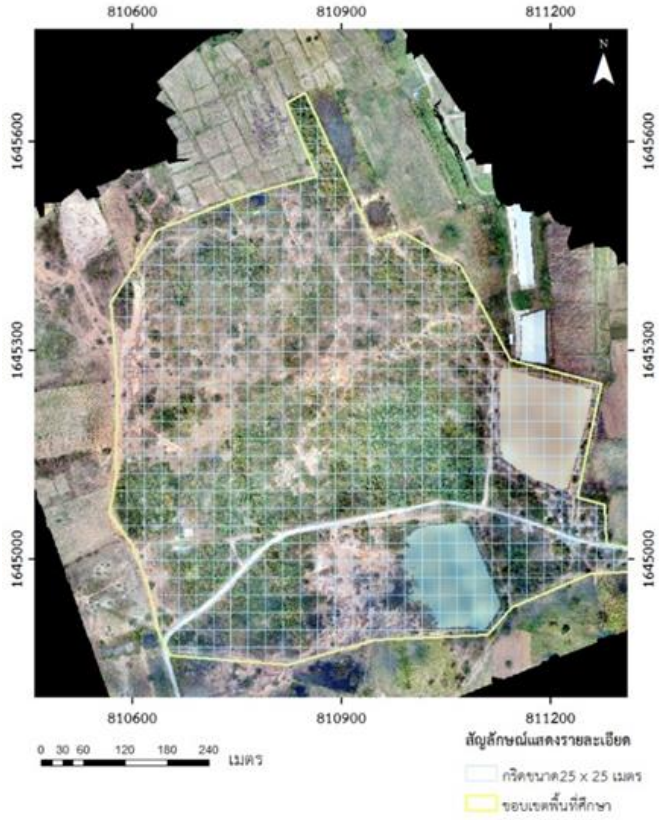
เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งพื้นที่ข้อมูลที่ได้จากระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติพบว่าความแตกต่างของมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บน้อยกว่าอยู่ที่ร้อยละ 22 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมาจากการที่การประมาณมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บด้วยวิธีรายพื้นที่จะเป็นการเฉลี่ยความสูงและใช้ความสูงเฉลี่ยมาหาความสัมพันธ์ด้วยสมการ 4.6 อีกทั้งในการหามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บต่อยังเป็นการใช้ค่าเฉลี่ยของต้นไม้ภายในกริดในที่งานการศึกษา โดยคิดจากจำนวนต้นไม้เฉลี่ยจากแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 10 แปลง ซึ่งในสภาพความเป็นจริงความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้มีความแตกต่างกัน ซึ่งเหตุผลดังกล่าวเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น



รูปที่ 5.6 ปริมาณคาร์บอนกักเก็บในกริดขนาดขนาด 40 x 40 เมตร

ผลการศึกษาขนาดพื้นที่เหมาะสมที่ใช้สำหรับหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บ พบว่าพื้นที่ตั้งแต่ขนาด 25 x 25 เมตร โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบลดขนาดพื้นที่กริดให้มีขนาดน้อยกว่า 25 x 25 เมตร พบว่ามีความคลาดเคลื่อนในการประเมินคาร์บอนสูงขึ้น (รูปที่ 5.8) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าขนาดกริดที่เหมาะสมควรมีขนาดประมาณ 25 x 25 เมตร จะมีความถูกต้องของมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใกล้เคียงกับแปลงตัวอย่างถาวร (ตารางที่ 5.10)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

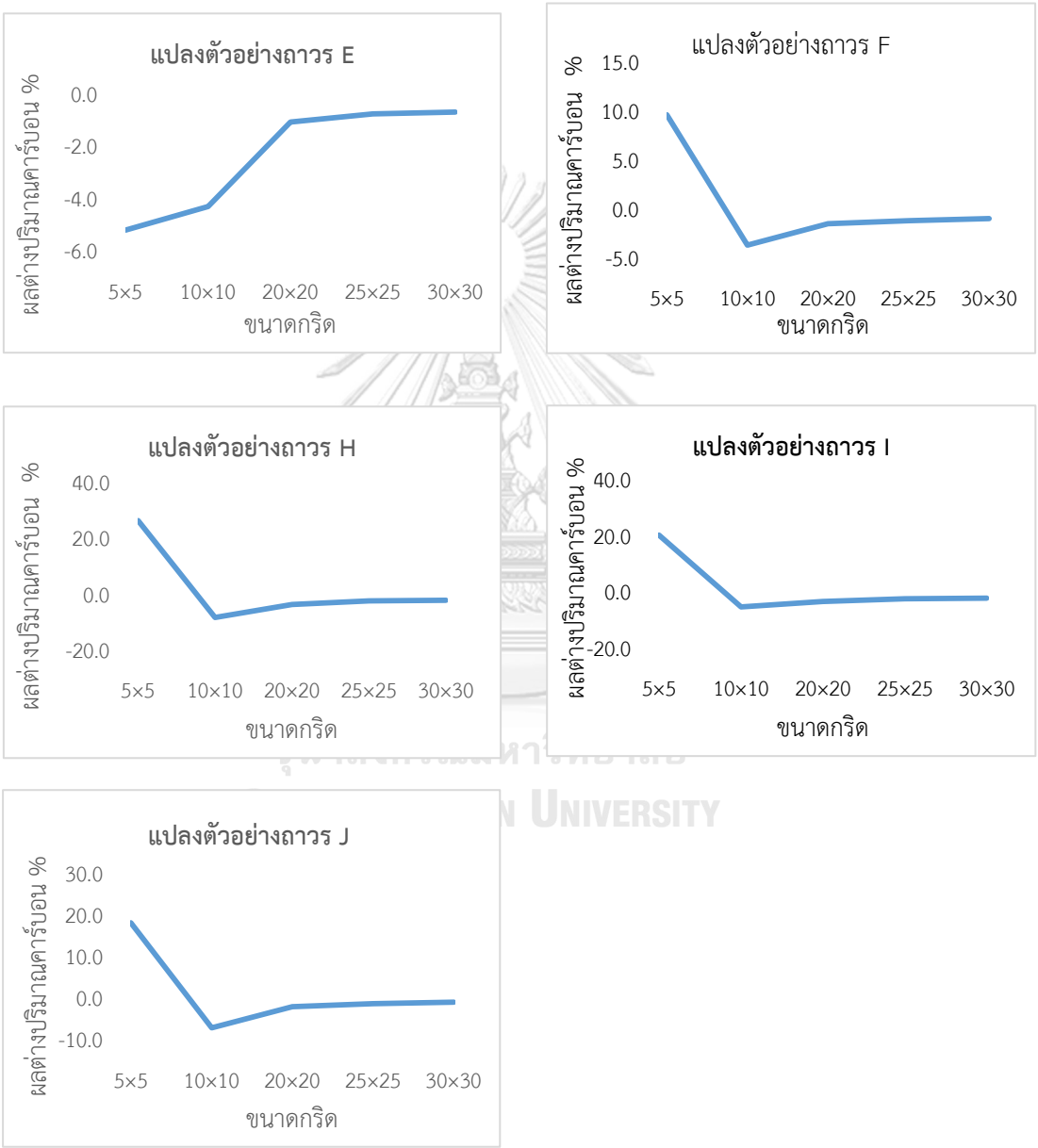


รูปที่ 5.7 กริดขนาด 25 x 25 เมตร

ตารางที่ 5.10 เปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนกักเก็บของกริดขนาดต่างๆ และแปลงตัวอย่างถาวร

ขนาดกริด	ผลต่างปริมาณคาร์บอนกักเก็บต่อพื้นที่ (กิโลกรัม) แปลงตัวอย่างถาวร E	ผลต่าปริมาณคาร์บอนกักเก็บต่อพื้นที่ (กิโลกรัม) แปลงตัวอย่างถาวร H	ผลต่างปริมาณคาร์บอนกักเก็บต่อพื้นที่ (กิโลกรัม) แปลงตัวอย่างถาวร I	ผลต่างปริมาณคาร์บอนกักเก็บต่อพื้นที่ (กิโลกรัม) แปลงตัวอย่างถาวร J
5×5	-5.05	-27.77	-21.66	-19.13
10×10	-4.15	-6.73	-3.79	-6.11
20×20	-0.92	-2.14	-1.88	-1.08
25×25	-0.60	-0.90	-0.97	-0.34
30×30	-0.53	-0.66	-0.69	0.07

ผลการวิเคราะห์หาขนาดกริดที่เหมาะสมพบว่ากริดที่มีขนาดใหญ่กว่า 25 x 25 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนในการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บใกล้เคียงกับค่าปริมาณคาร์บอนกักในแปลงตัวอย่างถาวรโดยค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณคาร์บอนกักเก็บอยู่ที่ -0.34 ถึง -0.97 กิโลกรัม ในขณะที่หากกำหนดขนาดพื้นที่เล็กกว่านั้นจะให้มีความคลาดเคลื่อนของการประมาณปริมาณคาร์บอนกักเก็บจะเพิ่มสูงขึ้นมาก (รูปที่ 5.8)



รูปที่ 5.8 ผลต่างเปอร์เซ็นต์ปริมาณคาร์บอนของแปลงตัวอย่าง

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนกักเก็บทั้งพื้นที่ของกริดขนาด 25 x 25 เมตร จำนวน 669 กริด (รูปที่ 5.7) พบว่าพื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.59 ตัน/ไร่ และมีปริมาณการคาร์บอนกักเก็บเท่ากับ 0.75 ตัน/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนจากข้อมูลที่ได้จากการระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติพบว่ามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนมีค่าความปริมาณมากกว่าร้อยละ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับในการประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง จังหวัดนครราชสีมา ในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศไร้คนขับ และความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ เพื่อใช้ในการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้

วิธีการวิจัยนี้ประกอบด้วยส่วนหลักๆ ได้แก่ ส่วนแรกเป็นการสร้างข้อมูลความสูงของต้นไม้ด้วยอากาศยานไร้คนขับ ได้แก่ การวางแผนการบินสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ การปรับแก้ความถูกต้องของข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ การสร้างข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติเพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง ความสูงพื้นผิวปกคลุมเชิงเลข และสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข และหาความสูงต้นไม้จากข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับโดยการหาผลต่างระหว่างแบบจำลองความสูงพื้นผิวปกคลุมพื้นผิวเชิงเลขและแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข และการสร้างภาพออร์โท ส่วนที่สองการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามลักษณะทางกายภาพของต้นไม้เพื่อใช้ในการตรวจสอบความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ได้แก่ การวางแปลงตัวอย่างถาวรในพื้นที่ศึกษา การเก็บข้อมูลค่าพิกัดตำแหน่งและความสูงของต้นไม้ การเก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ ส่วนที่สามการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นไม้ที่ได้มีการสำรวจเก็บภาคสนาม โดยทำการวิเคราะห์ค่าความสูงของต้นไม้ดังกล่าวและหาสาเหตุของความคลาดเคลื่อนของความสูงต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร การหาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้โดยใช้ข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่ได้มีการวิเคราะห์ความถูกต้องแล้วในการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และส่วนสุดท้ายเป็นการประเมินมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยวิธีต้นไม้รายต้น (Individual-based approach) และวิธีเฉลี่ยต่อพื้นที่ (Area-based Approach) จากข้อมูลที่ได้มีการสำรวจภาคสนามและข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ

ผลการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับด้วยจุดควบคุมภาคพื้นดินมีค่า RMSE (m) ของแกน X Y,และ Z เท่ากับ 0.014 0.01 และ 0.046 ตามลำดับ และการตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบและทางดิ่ง (Accuracy XY/Z) ของภาพถ่ายจากจุดตรวจสอบทั้ง จุด 25

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่ามีค่าRMSE (m) ของแกน X Y และ Z เท่ากับ 0.025 0.018 และ 0.103 ตามลำดับ ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (Point Cloud) ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ย 188 จุดต่อตารางเมตร ซึ่งทำให้สามารถผลิตแบบจำลองความสูงของสิ่งปกคลุมพื้นผิวเชิงเลขมีขนาดจุดภาพเท่ากับ 5.67 เซนติเมตร แบบจำลองความสูงพื้นผิวเชิงเลขขนาดจุดภาพเท่ากับ 14.5 เซนติเมตร และภาพถ่ายออร์โท มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 2.83 เซนติเมตร และความสัมพันธ์ของความสูงของต้นไม้ที่จากการอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนามพบว่าความสูงมีความสอดคล้องกันทุกแปลงถาวร โดยแปลงตัวอย่างถาวรมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองระหว่าง 0.50 – 0.66 และมีค่า R^2 ระหว่าง 0.715 – 0.890 โดยแปลงตัวอย่าง H มีความสัมพันธ์ของข้อมูลความสูงของต้นไม้มากที่สุด (R^2 = 0.898) และแปลงตัวอย่าง G มีความสัมพันธ์รองลงมา (R^2 =0.888) จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลความสูงจากอากาศยานไร้คนขับใกล้เคียงกับความสูงของต้นไม้จากการสำรวจในภาคสนาม

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ความสูงของต้นไม้ที่ได้มีการสำรวจภาคสนามและความสูงต้นไม้ที่ได้มีการประมาณจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแปลงตัวอย่างถาวร พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสอง (RMSE) อยู่ระหว่าง 0.787 – 1.605 โดยแปลงตัวอย่างถาวร H และ I มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.787 และ 0.879 และผลการศึกษาค่าพารามิเตอร์ค่า a และ b เพื่อใช้เป็นเพื่อเป็นตัวแทนค่าพารามิเตอร์ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับโดยใช้ข้อมูลกายภาพต้นไม้ของแปลงตัวอย่างถาวร H และ และตรวจสอบประสิทธิภาพค่าพารามิเตอร์ a และ b กับความสูงต้นไม้ที่ได้มีการสำรวจภาคสนามมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยกำลังสองระหว่าง 0.95-1.91 โดยที่แปลงตัวอย่างถาวร J มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความสูงของต้นไม้มากที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าความแปรปรวนของข้อมูลความสูงต้นไม้ (Standard deviation : SD) พบว่า ค่ามีค่าเท่ากับ 1.79 ซึ่งเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนในการประมาณ และผลการศึกษาการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้โดยใช้ความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้มีการสำรวจเก็บข้อมูลภาคสนามในแปลงตัวอย่างถาวรมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 4.64 – 34.31 เซนติเมตร โดยแปลงตัวอย่างถาวร J มีการประมาณคลาดเคลื่อนมากที่สุด โดยมีสาเหตุมาจากมีค่าความแปรปรวนของความสูงต้นไม้ที่สูงจึงทำให้คำนวณหาค่าพารามิเตอร์ a และ ซึ่งจากเหตุผลดังกล่าวเป็นสาเหตุในการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคลาดเคลื่อนต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

ในส่วนของการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากข้อมูลกายภาพของต้นไม้ที่มีการสำรวจภาคสนามและความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับในแปลงตัวอย่างถาวร พบว่ามีความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 13 – 57 และผลการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินวิธีรายต้นมีค่าเท่ากับ 1.39 ตัน/ไร่ โดยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 0.74 ตัน/ไร่ ผลการศึกษามวล

ชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ของกริดขนาด 40 x 40 เมตร พบว่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.09 ตัน/ไร่ และมีปริมาณการคาร์บอนกักเก็บเท่ากับ 0.51 ตัน/ไร่ และเมื่อเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งพื้นที่ด้วยวิธีรายต้นพบว่ามีความแตกต่างของมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บอยู่ที่ร้อยละ 22 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนดังกล่าวมาจากการที่การประมาณมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนกักเก็บด้วยวิธีรายพื้นที่จะเป็นการเฉลี่ยความสูงและจำนวนต้นไม้ที่อยู่ในกริดแต่วิธีการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้รายต้นจะคิดแยกรายต้น ซึ่งเหตุผลดังกล่าวเป็นสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนกักเก็บทั้งพื้นที่ของกริดขนาด 25 x 25 เมตร พบว่าพื้นที่ศึกษามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 1.59 ตัน/ไร่ และมีปริมาณการคาร์บอนกักเก็บเท่ากับ 0.745 ตัน/ไร่และเมื่อเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอนกักเก็บด้วยวิธีการระบุตำแหน่งโดยอัตโนมัติพบว่าปริมาณมากกว่าร้อยละ 13

6.2 ปัญหาและอุปสรรค

การประมาณความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงของต้นไม้มีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากพื้นที่ศึกษามีพรรณไม้หลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดก็มีความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงต้นไม้ที่ต่างกันทำให้ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้หาความสัมพันธ์มีความคลาดเคลื่อน อีกทั้งพื้นที่ศึกษายังมีความหนาแน่นของต้นไม้ที่แตกต่างกันซึ่งทำให้ความสูงของต้นไม้มีความแตกต่างกันออกไป ทำให้จำนวนต้นไม้ที่ได้จากการการระบุต้นไม้โดยอัตโนมัติมีความคลาดเคลื่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้สมการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินเป็นประเภทของป่าแต่เนื่องจากเนื่องจากพื้นที่ศึกษามีมีต้นไม้มีหลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดก็มีความสามารถในการกักเก็บปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่แตกต่างกัน ซึ่งการใช้สมการดังกล่าวจะส่งผลให้มวลชีวภาพเหนือพื้นที่ที่คำนวณได้มีความคลาดเคลื่อนสูง ดังนั้นควรใช้เลือกสมการหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินเพื่อคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่แยกตามชนิดของพืชพรรณ ซึ่งจะส่งผลให้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีความถูกต้องสูงขึ้น

6.3.2 เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ในการหาค่าพารามิเตอร์เพื่อประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง

อกของต้นไม้ควรแยกตามประเภทพืชพรรณ ซึ่งจะส่งผลให้มีการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่มีความถูกต้องมากขึ้น

6.3.3 เนื่องจากขนาดของทรงเรือนยอดมีความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ ดังนั้นควรใช้ขนาดของเรือนยอดเพื่อช่วยในการประมาณขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายการอ้างอิง

Li, Z.-w., et al. (2017). "Estimating grassland LAI using the Random Forests approach and Landsat imagery in the meadow steppe of Hulunber, China." Journal of Integrative Agriculture **16**(2): 286-297.

Mohan, M., et al. (2017). "Individual Tree Detection from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Derived Canopy Height Model in an Open Canopy Mixed Conifer Forest." Forests **8**(9): 340.

NGUYET, D. A. (2012). Error Propagation in carbon estimation using the combination of airborne lidar data and very high resolution gro-eye satellite imagery in ludhikhola watershed, gorkhy, Nepal 9-10.

Ogawa, H. e. a. (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

กรมป่าไม้ (2560). "บุตาต้อง." Retrieved 2 กันยายน 2560, 2560, from https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal/article/viewFile/72906/58636

กิตติศักดิ์ ศรีกลาง (2559). การสำรวจภาพถ่ายทางอากาศ. กรุงเทพมหานคร.

ชิงชัย วิริยะบัญชา (2546). คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้. กรุงเทพมหานคร.

ชิงชัย วิริยะบัญชา (2553). "ความสัมพันธ์ด้านความสูงของเรือนยอดหมู่ไม้กับปริมาณมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติและป่าปลูกเพื่อการประเมินการสะสมคาร์บอนในพื้นที่."

ทิชา โลลุพิมาน (2559). "การประเมินการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนยางพาราโดยการประยุกต์เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล กรณีศึกษาจังหวัดระยอง." วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี: 914-926.

ธราวุฒิ บุญหลือ (มปป.). "การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อจัดทำภาพถ่ายทางอากาศสำหรับออกแบบชุมชนเมือง กรณีศึกษาพื้นที่ มหาวิทยาลัยมหาสารคามวิทยาเขตขามเรียง." 56-

พิทักษ์ ไชยลังกา (2553). "การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลรับรู้ระยะไกล กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา."

ไพศาล สันติธรรมนนท์ (2555). การรังวัดด้วยภาพดิจิทัล. กรุงเทพมหานคร, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมชาย (2559). การประมาณปริมาตรไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สักอายุ 6 ปี จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สำนักงานสถิติจังหวัดนครราชสีมา (2558). "จำนวนประชากร." Retrieved 1 กันยายน 2560, 2560 from http://nkrat.nso.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=308:peple2558&catid=105&Itemid=510

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์กรมหาชน) (2558). การพัฒนาโครงการการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย สาขาป่าไม้และการเกษตร.

อานุช คีรีรัฐนิคม (2556). "ความหลากชนิดของพันธุ์ไม้และปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านพานแพ อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช." วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก: 56-62.

อานุช คีรีรัฐนิคม (2556). "ปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองถิน ตำบลหนองเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง." วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ **16**(1): 34-40.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก. ข้อมูลต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.1 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร A

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,920	810,754	A1	16	6
A	1,644,929	810,753	A2	5	3
A	1,644,927	810,754	A3	7	5
A	1,644,928	810,756	A4	7	5
A	1,644,930	810,756	A5	6	3
A	1,644,928	810,756	A6	8	6
A	1,644,926	810,759	A7	5	5
A	1,644,923	810,760	A8	7	3
A	1,644,928	810,759	A9	7	3
A	1,644,928	810,758	A10	6	4
A	1,644,927	810,759	A11	8	4
A	1,644,929	810,761	A12	6	4
A	1,644,930	810,759	A13	11	6
A	1,644,930	810,759	A14	6	6
A	1,644,932	810,759	A15	7	3
A	1,644,931	810,758	A17	6	3
A	1,644,933	810,760	A16	5	4
A	1,644,927	810,762	A18	10	4
A	1,644,928	810,764	A19	8	4
A	1,644,928	810,765	A20	6	4
A	1,644,929	810,763	A21	11	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,924	810,766	A22	11	5
A	1,644,925	810,764	A23	6	3
A	1,644,925	810,762	A24	6	4
A	1,644,922	810,766	A25	6	4
A	1,644,922	810,771	A27	9	5
A	1,644,925	810,770	A26	9	4
A	1,644,922	810,770	A28	9	4
A	1,644,923	810,770	A29	13	5
A	1,644,923	810,774	A30	7	5
A	1,644,925	810,774	A31	9	5
A	1,644,927	810,770	A32	8	4
A	1,644,925	810,775	A33	7	5
A	1,644,920	810,776	A34	9	6
A	1,644,920	810,774	A35	6	5
A	1,644,922	810,778	A36	6	4
A	1,644,921	810,780	A37	8	5
A	1,644,924	810,778	A38	5	3
A	1,644,924	810,777	A39	8	6
A	1,644,925	810,776	A40	8	4
A	1,644,929	810,777	A41	13	6
A	1,644,927	810,774	A42	7	5
A	1,644,930	810,773	A43	9	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,927	810,778	A44	7	5
A	1,644,927	810,779	A45	5	4
A	1,644,926	810,781	A46	5	3
A	1,644,929	810,781	A47	5	5
A	1,644,927	810,783	A48	5	4
A	1,644,924	810,788	A49	8	7
A	1,644,925	810,788	A50	4	4
A	1,644,928	810,792	A51	9	5
A	1,644,930	810,786	A52	9	6
A	1,644,934	810,788	A53	11	4
A	1,644,936	810,788	A54	10	5
A	1,644,932	810,785	A55	6	5
A	1,644,936	810,787	A56	5	4
A	1,644,937	810,788	A57	4	4
A	1,644,940	810,786	A58	7	4
A	1,644,939	810,789	A59	6	4
A	1,644,942	810,789	A60	7	5
A	1,644,937	810,786	A61	5	4
A	1,644,942	810,784	A62	13	4
A	1,644,938	810,785	A63	16	5
A	1,644,931	810,786	A64	9	5
A	1,644,934	810,783	A65	5	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,929	810,785	A66	7	4
A	1,644,930	810,783	A67	5	5
A	1,644,928	810,785	A68	7	5
A	1,644,933	810,782	A69	7	4
A	1,644,931	810,783	A70	10	5
A	1,644,933	810,783	A71	10	5
A	1,644,934	810,783	A72	7	5
A	1,644,934	810,782	A73	7	5
A	1,644,935	810,780	A74	7	5
A	1,644,930	810,780	A75	8	5
A	1,644,929	810,780	A76	7	6
A	1,644,936	810,778	A77	5	4
A	1,644,935	810,776	A79	13	6
A	1,644,928	810,776	A80	8	5
A	1,644,932	810,777	A81	12	6
A	1,644,936	810,775	A82	6	5
A	1,644,935	810,773	A83	10	5
A	1,644,935	810,772	A84	5	4
A	1,644,937	810,775	A85	5	6
A	1,644,934	810,771	A86	6	5
A	1,644,939	810,771	A87	10	5
A	1,644,937	810,770	A88	5	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,933	810,769	A89	6	4
A	1,644,930	810,766	A90	7	5
A	1,644,931	810,768	A91	7	6
A	1,644,932	810,766	A92	8	5
A	1,644,934	810,768	A93	4	5
A	1,644,936	810,771	A94	18	6
A	1,644,933	810,765	A95	6	4
A	1,644,935	810,765	A96	5	5
A	1,644,933	810,765	A97	6	3
A	1,644,931	810,765	A98	6	6
A	1,644,931	810,762	A99	6	5
A	1,644,932	810,761	A100	8	6
A	1,644,937	810,763	A101	9	6
A	1,644,940	810,767	A102	7	4
A	1,644,939	810,762	A103	7	5
A	1,644,939	810,763	A104	5	3
A	1,644,935	810,764	A105	8	5
A	1,644,935	810,760	A106	9	4
A	1,644,935	810,759	A107	6	5
A	1,644,936	810,760	A108	5	4
A	1,644,936	810,759	A109	9	3
A	1,644,944	810,756	A110	11	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,943	810,761	A112	5	3
A	1,644,944	810,760	A113	6	3
A	1,644,944	810,757	A114	7	3
A	1,644,945	810,757	A115	8	3
A	1,644,947	810,756	A116	7	3
A	1,644,945	810,753	A117	6	2
A	1,644,947	810,755	A118	6	4
A	1,644,948	810,755	A119	6	4
A	1,644,948	810,753	A120	15	5
A	1,644,946	810,752	A121	5	4
A	1,644,946	810,749	A122	6	4
A	1,644,948	810,747	A123	6	2
A	1,644,944	810,752	A124	5	3
A	1,644,945	810,748	A125	12	3
A	1,644,940	810,750	A126	9	5
A	1,644,941	810,751	A127	6	4
A	1,644,943	810,750	A129	6	4
A	1,644,939	810,748	A130	6	5
A	1,644,938	810,749	A131	8	5
A	1,644,935	810,748	A132	9	5
A	1,644,936	810,752	A133	10	5
A	1,644,937	810,751	A134	6	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,935	810,751	A135	5	5
A	1,644,930	810,749	A136	6	4
A	1,644,939	810,754	A128	10	4
A	1,644,938	810,755	A111	19	4
A	1,644,948	810,750	A137	9	4
A	1,644,951	810,750	A138	7	7
A	1,644,953	810,750	A139	7	7
A	1,644,954	810,752	A140	5	5
A	1,644,957	810,752	A141	11	5
A	1,644,955	810,751	A142	11	6
A	1,644,958	810,749	A143	15	6
A	1,644,958	810,753	A144	8	7
A	1,644,956	810,753	A145	6	6
A	1,644,963	810,752	A146	17	5
A	1,644,959	810,752	A147	9	5
A	1,644,960	810,757	A148	12	6
A	1,644,960	810,762	A149	7	4
A	1,644,957	810,760	A150	11	5
A	1,644,955	810,760	A151	11	6
A	1,644,957	810,758	A152	5	7
A	1,644,957	810,757	A153	13	6
A	1,644,955	810,759	A154	11	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,952	810,757	A155	9	5
A	1,644,952	810,753	A157	15	7
A	1,644,953	810,751	A169	11	6
A	1,644,953	810,756	A158	6	4
A	1,644,951	810,757	A159	7	4
A	1,644,948	810,760	A160	11	4
A	1,644,952	810,759	A161	6	5
A	1,644,955	810,758	A162	7	6
A	1,644,957	810,763	A163	10	6
A	1,644,951	810,763	A164	8	3
A	1,644,960	810,765	A165	8	4
A	1,644,954	810,765	A166	16	6
A	1,644,955	810,770	A167	14	5
A	1,644,953	810,767	A168	8	6
A	1,644,952	810,760	A170	14	5
A	1,644,947	810,765	A171	10	6
A	1,644,945	810,761	A172	9	4
A	1,644,946	810,765	A173	6	6
A	1,644,943	810,763	A174	10	3
A	1,644,947	810,766	A175	7	6
A	1,644,943	810,766	A176	8	4
A	1,644,942	810,768	A177	7	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,949	810,766	A178	9	4
A	1,644,945	810,771	A179	9	5
A	1,644,949	810,771	A180	8	5
A	1,644,951	810,772	A182	6	4
A	1,644,957	810,776	A196	11	6
A	1,644,958	810,775	A196	11	7
A	1,644,956	810,775	A193	8	7
A	1,644,956	810,777	A184	10	5
A	1,644,956	810,777	A184	10	6
A	1,644,956	810,779	A194	7	6
A	1,644,950	810,768	A185	9	5
A	1,644,954	810,775	A186	5	5
A	1,644,956	810,779	A187	8	5
A	1,644,957	810,780	A188	8	6
A	1,644,961	810,783	A189	7	6
A	1,644,957	810,782	A190	12	5
A	1,644,956	810,782	A190	12	5
A	1,644,956	810,782	A191	11	6
A	1,644,960	810,783	A192	9	5
A	1,644,959	810,785	A193	6	4
A	1,644,956	810,783	A195	11	6
A	1,644,954	810,779	A198	6	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,952	810,780	A199	6	5
A	1,644,952	810,780	A200	6	4
A	1,644,951	810,780	A201	8	6
A	1,644,952	810,786	A202	7	4
A	1,644,949	810,781	A203	5	5
A	1,644,949	810,783	A204	9	5
A	1,644,951	810,780	A205	8	5
A	1,644,948	810,774	A206	9	7
A	1,644,948	810,779	A207	7	6
A	1,644,947	810,780	A208	6	5
A	1,644,945	810,777	A209	10	4
A	1,644,947	810,782	A210	13	5
A	1,644,945	810,776	A211	5	4
A	1,644,947	810,788	A212	5	2
A	1,644,954	810,789	A213	8	5
A	1,644,944	810,788	A214	6	5
A	1,644,944	810,789	A215	6	3
A	1,644,940	810,778	A216	15	5
A	1,644,939	810,780	A217	7	3
A	1,644,943	810,778	A218	6	4
A	1,644,940	810,776	A219	6	3
A	1,644,939	810,776	A220	5	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
A	1,644,939	810,775	A221	8	5
A	1,644,941	810,775	A222	7	4
A	1,644,941	810,773	A223	9	5
A	1,644,944	810,776	A224	11	7
A	1,644,945	810,773	A225	7	5
A	1,644,951	810,778	A226	5	5
A	1,644,940	810,768	A227	10	4
A	1,644,942	810,770	A228	7	4
A	1,644,941	810,774	A229	8	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.2 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร B

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,385	810,651	B1	10	6
B	1,645,388	810,648	B2	8	6
B	1,645,392	810,651	B3	10	7
B	1,645,389	810,652	B4	7	6
B	1,645,387	810,650	B5	6	5
B	1,645,389	810,647	B6	7	5
B	1,645,389	810,655	B7	13	6
B	1,645,391	810,654	B8	9	6
B	1,645,393	810,653	B9	7	6
B	1,645,393	810,656	B10	10	3
B	1,645,395	810,652	B11	7	6
B	1,645,395	810,656	B12	7	5
B	1,645,397	810,656	B13	13	6
B	1,645,394	810,652	B14	12	6
B	1,645,395	810,650	B15	9	7
B	1,645,396	810,647	B16	14	6
B	1,645,400	810,650	B17	13	6
B	1,645,402	810,650	B18	6	7
B	1,645,402	810,657	B19	10	5
B	1,645,402	810,659	B20	8	6
B	1,645,401	810,660	B21	7	6
B	1,645,401	810,661	B22	27	7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,404	810,658	B23	16	6
B	1,645,404	810,657	B24	7	5
B	1,645,403	810,655	B25	9	6
B	1,645,403	810,654	B25	9	5
B	1,645,403	810,650	B26	11	6
B	1,645,404	810,652	B27	9	2
B	1,645,408	810,651	B28	6	5
B	1,645,409	810,651	B29	9	4
B	1,645,411	810,648	B30	11	6
B	1,645,408	810,659	B34	7	5
B	1,645,407	810,660	B31	5	4
B	1,645,405	810,664	B32	6	6
B	1,645,404	810,665	B33	10	6
B	1,645,413	810,658	B35	28	8
B	1,645,409	810,656	B36	9	7
B	1,645,409	810,654	B37	12	6
B	1,645,415	810,653	B38	14	6
B	1,645,418	810,655	B39	7	5
B	1,645,418	810,652	B40	9	5
B	1,645,417	810,652	B41	7	5
B	1,645,418	810,655	B42	9	6
B	1,645,420	810,652	B43	6	6
B	1,645,421	810,653	B44	7	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,421	810,652	B45	6	5
B	1,645,423	810,649	B46	10	5
B	1,645,423	810,650	B47	7	6
B	1,645,424	810,653	B48	7	5
B	1,645,423	810,652	B49	7	4
B	1,645,426	810,655	B50	6	3
B	1,645,425	810,655	B51	7	4
B	1,645,426	810,656	B52	15	5
B	1,645,427	810,658	B53	11	5
B	1,645,424	810,658	B54	7	4
B	1,645,421	810,656	B55	10	6
B	1,645,422	810,657	B56	8	6
B	1,645,424	810,662	B57	10	6
B	1,645,419	810,659	B58	7	6
B	1,645,419	810,659	B59	14	6
B	1,645,425	810,661	B60	6	6
B	1,645,426	810,662	B62	12	6
B	1,645,427	810,666	B63	12	6
B	1,645,423	810,664	B64	7	5
B	1,645,423	810,666	B65	7	4
B	1,645,422	810,666	B66	10	6
B	1,645,418	810,665	B67	8	6
B	1,645,414	810,666	B68	9	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,416	810,662	B69	11	7
B	1,645,417	810,660	B70	13	7
B	1,645,411	810,662	B71	15	6
B	1,645,409	810,663	B72	10	5
B	1,645,409	810,664	B74	10	4
B	1,645,411	810,666	B75	7	6
B	1,645,416	810,667	B76	5	5
B	1,645,417	810,670	B77	8	7
B	1,645,417	810,672	B78	11	6
B	1,645,415	810,673	B79	10	5
B	1,645,417	810,675	B80	10	6
B	1,645,418	810,672	B81	10	6
B	1,645,417	810,678	B82	9	5
B	1,645,420	810,676	B83	13	5
B	1,645,419	810,671	B84	9	6
B	1,645,419	810,670	B85	8	5
B	1,645,423	810,670	B86	11	6
B	1,645,425	810,674	B87	13	5
B	1,645,425	810,674	B87	13	4
B	1,645,421	810,673	B88	11	6
B	1,645,428	810,668	B89	7	3
B	1,645,423	810,677	B90	8	6
B	1,645,423	810,678	B91	10	6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,425	810,677	B92	9	5
B	1,645,424	810,677	B93	7	6
B	1,645,427	810,679	B94	8	5
B	1,645,424	810,675	B95	7	3
B	1,645,425	810,681	B96	9	4
B	1,645,425	810,686	B97	8	2
B	1,645,421	810,680	B98	9	4
B	1,645,416	810,686	B100	11	5
B	1,645,415	810,684	B101	7	3
B	1,645,413	810,683	B102	6	5
B	1,645,415	810,690	B103	10	5
B	1,645,412	810,688	B104	9	5
B	1,645,415	810,688	B105	5	3
B	1,645,412	810,683	B106	16	6
B	1,645,411	810,688	B107	8	5
B	1,645,413	810,684	B108	9	6
B	1,645,411	810,689	B109	10	5
B	1,645,411	810,683	B110	13	6
B	1,645,406	810,683	B111	7	6
B	1,645,410	810,683	B112	8	4
B	1,645,409	810,685	B128	11	4
B	1,645,416	810,683	B113	14	4
B	1,645,408	810,680	B114	9	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,407	810,682	B115	9	5
B	1,645,413	810,681	B116	8	3
B	1,645,414	810,679	B117	10	5
B	1,645,415	810,676	B118	8	6
B	1,645,411	810,677	B119	12	6
B	1,645,415	810,674	B139	6	6
B	1,645,408	810,674	B120	8	4
B	1,645,409	810,671	B121	8	4
B	1,645,413	810,671	B122	11	6
B	1,645,415	810,668	B123	12	5
B	1,645,408	810,669	B124	8	3
B	1,645,408	810,670	B126	5	3
B	1,645,409	810,671	B127	5	2
B	1,645,403	810,670	B129	11	2
B	1,645,401	810,670	B130	7	3
B	1,645,402	810,665	B131	8	6
B	1,645,399	810,665	B132	12	4
B	1,645,399	810,665	B133	8	4
B	1,645,399	810,667	B134	8	5
B	1,645,399	810,667	B135	6	4
B	1,645,396	810,667	B137	6	1
B	1,645,397	810,672	B136	8	2
B	1,645,396	810,673	B138	8	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,398	810,675	B140	8	3
B	1,645,399	810,677	B141	9	5
B	1,645,396	810,681	B142	7	3
B	1,645,395	810,681	B143	6	4
B	1,645,395	810,681	B144	6	4
B	1,645,395	810,682	B145	27	6
B	1,645,399	810,684	B149	15	6
B	1,645,400	810,680	B150	6	2
B	1,645,397	810,682	B146	10	6
B	1,645,397	810,682	B147	6	4
B	1,645,395	810,679	B148	21	6
B	1,645,404	810,679	B151	11	4
B	1,645,401	810,683	B152	10	3
B	1,645,396	810,687	B154	7	10
B	1,645,399	810,687	B155	14	5
B	1,645,398	810,689	B156	6	6
B	1,645,397	810,690	B157	11	9
B	1,645,399	810,688	B158	7	6
B	1,645,400	810,687	B159	6	5
B	1,645,402	810,688	B161	7	3
B	1,645,402	810,689	B160	5	4
B	1,645,405	810,690	B162	12	7
B	1,645,405	810,686	B163	12	6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
B	1,645,406	810,682	B164	6	5
B	1,645,414	810,673	B165	10	5
B	1,645,415	810,668	B166	8	4
B	1,645,414	810,669	B167	8	4
B	1,645,416	810,667	B168	7	5
B	1,645,414	810,666	B169	8	4
B	1,645,391	810,689	B170	8	9
B	1,645,386	810,687	B171	10	2
B	1,645,391	810,685	B172	14	5
B	1,645,392	810,682	B173	7	6
B	1,645,388	810,679	B174	13	3
B	1,645,388	810,675	B175	11	3
B	1,645,389	810,671	B176	10	3
B	1,645,388	810,665	B177	6	2
B	1,645,388	810,665	B178	6	2
B	1,645,390	810,666	B181	10	2
B	1,645,387	810,666	B179	6	4
B	1,645,385	810,665	B180	6	5
B	1,645,388	810,662	B182	11	5
B	1,645,395	810,660	B183	8	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางภาคผนวกที่ ก.3 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร C

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
C	1645327	810873.92	C1	7.01	3.8
C	1645327	810872.29	C2	6.21	2.14
C	1645328	810871.63	C3	8.28	2.33
C	1645331	810872.96	C4	12.74	3.89
C	1645330	810869.67	C5	10.19	5.22
C	1645330	810868.56	C6	8.28	3.2
C	1645329	810865.07	C7	7.64	3.55
C	1645327	810867.21	C8	5.73	3.18
C	1645327.2	810869.15	C9	8.12	3.33
C	1645328.9	810865.27	C10	5.41	2.8
C	1645328.3	810864.64	C11	9.55	4.39
C	1645327.9	810863.89	C12	8.28	4.44
C	1645332.2	810863.67	C13	8.28	1.59
C	1645330.4	810854.04	C14	6.05	4.56
C	1645337.1	810837.66	C15	9.24	3.91
C	1645335.4	810838.51	C16	6.37	4.48
C	1645330.6	810833.89	C17	9.24	6.17
C	1645334.2	810835.27	C18	18.15	6.36
C	1645335.6	810831.89	C19	9.24	4.96
C	1645326.6	810833.77	C20	6.37	4.21
C	1645337.2	810842.32	C21	8.28	1.8
C	1645336.9	810840.91	C22	7.64	2.49
C	1645341.2	810837.53	C23	10.51	4.52
C	1645341.7	810837.83	C24	6.05	4.32

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
C	1645342.3	810836.83	C25	7.96	4.77
C	1645344.5	810839.07	C26	5.73	2.37
C	1645342.8	810842.25	C27	6.37	2.18
C	1645341.8	810842.64	C28	5.73	2.52
C	1645345.5	810835.65	C29	11.15	5.03
C	1645348.1	810838.09	C30	11.15	4.05
C	1645349.4	810835.8	C31	11.46	3.99
C	1645351.9	810840.36	C32	7.01	2.95
C	1645352	810842.11	C33	7.32	2.79
C	1645356.6	810840.84	C34	9.87	3.07
C	1645361.5	810838.69	C35	20.70	4.52
C	1645366.2	810838.16	C36	6.37	4.91
C	1645367.1	810833.52	C37	9.24	4.33
C	1645366.8	810841.59	C38	7.01	2.91
C	1645364.7	810845.03	C39	5.73	3.95
C	1645361.7	810847.4	C40	20.70	4.05
C	1645364.6	810846.78	C41	19.43	2.96
C	1645363.8	810850.14	C42	8.28	4.48
C	1645363	810852.3	C43	6.37	3.55
C	1645366	810852.63	C44	5.41	3.78
C	1645358.8	810844.75	C45	7.96	1.9
C	1645357.9	810844.42	C46	6.05	2.68
C	1645359.9	810849.9	C47	6.69	1.54
C	1645357.9	810852.66	C48	6.05	2.02
C	1645357.3	810845.21	C49	6.69	1.53

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
C	1645352	810850.06	C50	6.69	1.74
C	1645358.8	810853.82	C51	5.41	3.18
C	1645360.8	810855.66	C52	5.73	2.15
C	1645364	810854.12	C53	5.10	2.87
C	1645364.3	810862.1	C54	7.96	4.74
C	1645359.1	810864.25	C55	12.74	5.92
C	1645358.8	810865.13	C56	7.01	4.68
C	1645359.4	810865.72	C57	9.55	5.25
C	1645358.5	810862.7	C58	7.01	3.4
C	1645358.2	810867.12	C59	6.05	3.97
C	1645353.1	810872.12	C60	6.37	0.97
C	1645348.4	810869.88	C61	9.24	3.09
C	1645351	810864.99	C62	10.51	4.51
C	1645352.2	810865.7	C63	11.78	4.51
C	1645352.6	810864.86	C64	11.78	5.01
C	1645349.2	810867.83	C65	6.05	3.46
C	1645348.1	810862.01	C66	6.37	3.23
C	1645350.8	810858.36	C67	5.73	3.61
C	1645351.8	810861.01	C68	5.73	3.89
C	1645345.7	810860.43	C69	7.32	3.02
C	1645342.8	810864.2	C70	5.10	4.87
C	1645343.6	810866.04	C71	5.73	5.36
C	1645342	810864.11	C72	8.92	4.25
C	1645340.8	810861.62	C73	9.24	3.94
C	1645339.9	810864.63	C74	6.37	4.87

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
C	1645342.7	810860.31	C75	10.19	2.41
C	1645337.1	810861.24	C76	10.19	4.32
C	1645340.5	810856.17	C77	8.92	3.61
C	1645337.7	810851.85	C78	15.92	3.94
C	1645342	810850.99	C79	11.46	5.52
C	1645333.5	810859.23	C80	7.96	3.68
C	1645335.2	810861.28	C81	8.28	2.73
C	1645333.8	810863.73	C82	6.05	4.57
C	1645335	810865.38	C83	5.73	3.12
C	1645335.4	810866.94	C84	5.10	5.08
C	1645337.5	810871.3	C85	8.92	5.3
C	1645334.4	810872.92	C86	6.37	2.37
C	1645337.7	810867.83	C87	8.60	4.41
C	1645338.4	810865.64	C88	7.96	5
C	1645338.7	810865.09	C89	6.05	3.96
C	1645342.8	810866.86	C90	9.24	5.61
C	1645344	810863.39	C91	9.87	3.84
C	1645347.8	810867.67	C92	8.28	3.44
C	1645342.1	810872.19	C93	11.46	4.38
C	1645344.9	810870.48	C94	9.55	5.66
C	1645344	810868.93	C95	6.69	4.69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางภาคผนวกที่ ก.4 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร D

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
D	1,645,104	811,088	D1	21	7
D	1,645,106	811,083	D2	21	6
D	1,645,106	811,086	D3	22	7
D	1,645,107	811,086	D4	12	7
D	1,645,108	811,089	D5	12	7
D	1,645,109	811,086	D6	26	4
D	1,645,111	811,088	D7	22	3
D	1,645,111	811,087	D8	9	4
D	1,645,109	811,083	D9	10	6
D	1,645,108	811,082	D10	12	4
D	1,645,107	811,082	D11	12	4
D	1,645,105	811,080	D12	9	4
D	1,645,106	811,080	D13	9	5
D	1,645,102	811,078	D14	18	6
D	1,645,104	811,077	D15	24	7
D	1,645,104	811,076	D16	8	6
D	1,645,108	811,076	D17	9	7
D	1,645,109	811,077	D18	11	6
D	1,645,109	811,078	D19	30	7
D	1,645,110	811,076	D20	10	6
D	1,645,108	811,075	D21	10	6
D	1,645,108	811,075	D22	8	5
D	1,645,109	811,073	D23	10	3
D	1,645,107	811,073	D24	40	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
D	1,645,107	811,073	D25	19	6
D	1,645,110	811,072	D26	17	2
D	1,645,110	811,070	D27	12	2
D	1,645,111	811,064	D28	14	6
D	1,645,111	811,063	D29	18	6
D	1,645,111	811,061	D30	14	6
D	1,645,110	811,062	D31	25	7
D	1,645,110	811,060	D32	12	4
D	1,645,109	811,060	D33	13	3
D	1,645,108	811,060	D34	13	9
D	1,645,110	811,059	D35	13	3
D	1,645,111	811,057	D36	19	5
D	1,645,109	811,054	D37	19	3
D	1,645,110	811,053	D38	16	4
D	1,645,114	811,055	D39	21	4
D	1,645,113	811,055	D40	18	4
D	1,645,116	811,051	D41	21	5
D	1,645,115	811,051	D42	9	3
D	1,645,114	811,051	D43	8	3
D	1,645,118	811,052	D44	14	4
D	1,645,120	811,051	D45	25	6
D	1,645,120	811,051	D46	14	5
D	1,645,120	811,049	D47	21	4
D	1,645,122	811,049	D48	12	6
D	1,645,123	811,052	D49	29	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
D	1,645,121	811,053	D50	18	6
D	1,645,122	811,056	D51	21	5
D	1,645,120	811,056	D52	12	5
D	1,645,117	811,056	D53	15	6
D	1,645,118	811,057	D54	41	7
D	1,645,121	811,058	D55	20	6
D	1,645,120	811,059	D56	32	6
D	1,645,118	811,058	D57	14	6
D	1,645,116	811,061	D58	13	3
D	1,645,114	811,059	D59	29	4
D	1,645,120	811,062	D60	19	6
D	1,645,120	811,063	D61	14	6
D	1,645,120	811,064	D62	19	5
D	1,645,118	811,065	D63	16	1
D	1,645,119	811,065	D64	24	2
D	1,645,122	811,064	D65	20	3
D	1,645,122	811,064	D66	18	4
D	1,645,123	811,066	D67	25	8
D	1,645,119	811,067	D68	13	3
D	1,645,115	811,071	D69	20	5
D	1,645,120	811,072	D70	19	3
D	1,645,116	811,073	D71	22	5
D	1,645,117	811,072	D72	21	4
D	1,645,115	811,074	D73	22	5
D	1,645,113	811,073	D74	21	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
D	1,645,117	811,075	D75	9	4
D	1,645,118	811,074	D76	12	6
D	1,645,119	811,075	D77	10	2
D	1,645,117	811,077	D78	29	6
D	1,645,116	811,078	D79	21	6
D	1,645,114	811,077	D80	15	5
D	1,645,110	811,081	D81	15	6
D	1,645,113	811,081	D82	8	3
D	1,645,113	811,083	D83	9	5
D	1,645,114	811,083	D84	10	3
D	1,645,115	811,082	D85	9	4
D	1,645,118	811,082	D86	13	2
D	1,645,119	811,083	D87	9	5
D	1,645,117	811,084	D88	16	5
D	1,645,117	811,085	D89	14	4
D	1,645,117	811,085	D90	19	4
D	1,645,118	811,088	D91	15	4
D	1,645,120	811,087	D92	12	4
D	1,645,115	811,088	D93	17	6
D	1,645,116	811,089	D94	20	8
D	1,645,114	811,089	D95	21	5
D	1,645,114	811,087	D96	11	5
D	1,645,102	811,071	D97	23	6
D	1,645,101	811,073	D98	10	5
D	1,645,107	811,071	D99	14	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
D	1,645,107	811,062	D100	16	8
D	1,645,104	811,063	D101	19	8
D	1,645,123	811,085	D102	9	3
D	1,645,121	811,086	D103	10	3
D	1,645,123	811,086	D104	12	4
D	1,645,123	811,087	D105	9	3
D	1,645,125	811,086	D106	14	6
D	1,645,126	811,085	D107	9	3
D	1,645,122	811,080	D108	12	2
D	1,645,124	811,078	D109	26	3
D	1,645,125	811,078	D110	16	5
D	1,645,126	811,078	D111	21	5
D	1,645,123	811,078	D112	23	3
D	1,645,122	811,076	D113	18	1
D	1,645,127	811,088	D114	32	6
D	1,645,127	811,088	D115	29	5
D	1,645,128	811,087	D116	8	6
D	1,645,128	811,085	D117	10	5
D	1,645,129	811,086	D118	18	4
D	1,645,131	811,086	D119	14	3
D	1,645,131	811,085	D120	9	1
D	1,645,132	811,083	D121	8	2
D	1,645,134	811,082	D122	16	5
D	1,645,134	811,081	D123	20	3
D	1,645,131	811,081	D124	18	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
D	1,645,130	811,081	D125	16	4
D	1,645,134	811,087	D126	16	2
D	1,645,139	811,086	D127	8	4
D	1,645,138	811,084	D128	11	4
D	1,645,140	811,080	D129	29	4
D	1,645,142	811,075	D130	23	4
D	1,645,133	811,069	D131	23	5
D	1,645,138	811,064	D132	16	4
D	1,645,138	811,062	D133	10	5
D	1,645,140	811,061	D134	21	6
D	1,645,133	811,060	D135	28	8
D	1,645,129	811,061	D136	9	5
D	1,645,127	811,060	D137	24	4
D	1,645,125	811,057	D138	13	4
D	1,645,125	811,059	D139	9	5
D	1,645,126	811,054	D140	14	5
D	1,645,130	811,056	D141	21	7
D	1,645,133	811,053	D142	15	5
D	1,645,129	811,052	D143	18	6
D	1,645,128	811,052	D144	15	3
D	1,645,126	811,051	D145	19	7
D	1,645,128	811,048	D146	9	2
D	1,645,137	811,048	D147	9	4
D	1,645,137	811,051	D148	8	5
D	1,645,139	811,051	D149	8	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	**ค่าพิกัด (N)**	**ค่าพิกัด (E)**	**ลำดับ**	**ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)**	**ความสูงต้นไม้ (เมตร)**
D	1,645,133	811,060	D150	27	8

ตารางภาคผนวกที่ ก.5 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร E

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
E	1,644,995	810,670	E1	7	5
E	1,644,992	810,674	E2	8	3
E	1,644,992	810,676	E3	6	5
E	1,644,989	810,674	E4	6	4
E	1,644,987	810,671	E5	7	2
E	1,644,990	810,678	E6	7	3
E	1,644,988	810,678	E7	11	3
E	1,644,984	810,678	E8	9	3
E	1,644,984	810,675	E9	8	2
E	1,644,982	810,672	E11	5	4
E	1,644,981	810,674	E12	5	3
E	1,644,981	810,677	E13	7	3
E	1,644,986	810,680	E14	9	3
E	1,644,991	810,679	E15	9	4
E	1,644,994	810,680	E16	5	4
E	1,644,989	810,682	E17	6	2
E	1,644,988	810,683	E18	6	2
E	1,644,989	810,685	E19	8	4
E	1,644,993	810,686	E20	6	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
E	1,644,994	810,688	E21	7	3
E	1,644,994	810,688	E22	7	3
E	1,644,990	810,687	E23	7	4
E	1,644,989	810,688	E24	12	5
E	1,644,989	810,690	E25	5	3
E	1,644,986	810,690	E26	5	3
E	1,644,985	810,687	E27	8	3
E	1,644,989	810,687	E28	9	3
E	1,644,993	810,692	E29	9	4
E	1,644,991	810,692	E30	7	3
E	1,644,992	810,695	E31	7	4
E	1,644,989	810,696	E32	6	3
E	1,644,990	810,695	E33	9	2
E	1,644,989	810,699	E34	7	3
E	1,644,987	810,699	E35	6	4
E	1,644,988	810,697	E36	6	4
E	1,644,987	810,693	E37	5	3
E	1,644,990	810,701	E38	7	3
E	1,644,991	810,701	E39	5	4
E	1,644,991	810,700	E40	7	4
E	1,644,991	810,697	E41	7	4
E	1,644,989	810,704	E42	7	4
E	1,644,988	810,702	E43	6	4
E	1,644,990	810,702	E44	7	4
E	1,644,989	810,703	E45	6	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
E	1,644,992	810,710	E46	11	4
E	1,644,989	810,708	E47	11	5
E	1,644,985	810,707	E48	6	3
E	1,644,985	810,701	E49	10	4
E	1,644,984	810,701	E50	7	5
E	1,644,984	810,700	E51	7	5
E	1,644,983	810,705	E52	7	3
E	1,644,981	810,700	E53	11	5
E	1,644,985	810,699	E54	9	4
E	1,644,982	810,698	E55	12	4
E	1,644,983	810,696	E56	8	4
E	1,644,980	810,697	E57	11	3
E	1,644,982	810,695	E58	8	4
E	1,644,981	810,689	E59	8	4
E	1,644,982	810,687	E60	15	4
E	1,644,981	810,709	E62	8	3
E	1,644,978	810,705	E63	25	5
E	1,644,975	810,703	E64	6	3
E	1,644,976	810,704	E65	6	5
E	1,644,976	810,705	E66	9	5
E	1,644,973	810,705	E67	7	4
E	1,644,973	810,706	E68	6	4
E	1,644,973	810,708	E69	8	3
E	1,644,973	810,710	E70	7	4
E	1,644,970	810,707	E71	10	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
E	1,644,970	810,708	E72	8	4
E	1,644,969	810,710	E73	5	4
E	1,644,969	810,707	E74	6	4
E	1,644,968	810,707	E75	7	4
E	1,644,969	810,706	E76	10	4
E	1,644,966	810,706	E77	10	3
E	1,644,963	810,703	E78	10	5
E	1,644,963	810,709	E79	11	4
E	1,644,964	810,710	E80	6	5
E	1,644,961	810,707	E81	22	6
E	1,644,958	810,710	E82	9	5
E	1,644,956	810,708	E83	7	4
E	1,644,955	810,707	E84	6	3
E	1,644,954	810,709	E85	5	4
E	1,644,954	810,704	E86	14	6
E	1,644,953	810,702	E87	6	4
E	1,644,955	810,700	E88	8	3
E	1,644,961	810,697	E89	12	5
E	1,644,961	810,695	E90	15	4
E	1,644,969	810,698	E91	22	5
E	1,644,967	810,696	E92	5	3
E	1,644,974	810,695	E93	17	5
E	1,644,970	810,693	E94	8	3
E	1,644,971	810,689	E95	6	3
E	1,644,971	810,686	E96	10	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
E	1,644,970	810,690	E97	6	4
E	1,644,973	810,689	E98	10	4
E	1,644,974	810,688	E99	6	5
E	1,644,974	810,685	E100	6	4
E	1,644,976	810,687	E101	12	3
E	1,644,978	810,684	E103	7	4
E	1,644,968	810,686	E104	12	4
E	1,644,969	810,681	E105	8	5
E	1,644,969	810,682	E106	6	4
E	1,644,967	810,691	E107	9	4
E	1,644,964	810,687	E108	7	5
E	1,644,963	810,687	E109	12	5
E	1,644,961	810,686	E110	8	4
E	1,644,959	810,691	E111	12	5
E	1,644,957	810,691	E112	7	4
E	1,644,954	810,691	E113	7	3
E	1,644,954	810,686	E114	10	6
E	1,644,952	810,690	E115	10	4
E	1,644,955	810,686	E116	9	6
E	1,644,953	810,685	E117	8	7
E	1,644,953	810,685	E118	8	6
E	1,644,954	810,685	E119	6	6
E	1,644,955	810,686	E120	7	6
E	1,644,957	810,684	E121	6	3
E	1,644,956	810,682	E122	9	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
E	1,644,958	810,681	E123	11	4
E	1,644,958	810,680	E124	8	5
E	1,644,960	810,682	E125	5	4
E	1,644,960	810,683	E126	6	2
E	1,644,962	810,683	E127	5	2
E	1,644,965	810,682	E128	9	5
E	1,644,965	810,682	E129	10	5
E	1,644,961	810,676	E130	8	2
E	1,644,955	810,676	E131	11	4
E	1,644,955	810,679	E132	7	4
E	1,644,953	810,678	E133	6	3
E	1,644,953	810,676	E134	10	3
E	1,644,953	810,673	E135	11	3
E	1,644,954	810,672	E136	10	4
E	1,644,958	810,676	E137	9	4
E	1,644,960	810,673	E137	9	4
E	1,644,968	810,672	E138	9	6
E	1,644,973	810,673	E139	9	4
E	1,644,975	810,676	E140	9	3
E	1,644,975	810,676	E140	6	3
E	1,644,967	810,678	E145	13	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.6 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร F

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,114	810,753	F1	9	6
F	1,645,115	810,751	F2	7	6
F	1,645,115	810,753	F3	5	6
F	1,645,112	810,753	F4	7	4
F	1,645,119	810,754	F5	9	6
F	1,645,116	810,754	F6	6	5
F	1,645,113	810,754	F7	8	6
F	1,645,112	810,756	F8	6	4
F	1,645,114	810,757	F9	13	5
F	1,645,113	810,755	F10	7	3
F	1,645,111	810,758	F11	9	6
F	1,645,113	810,760	F12	8	4
F	1,645,108	810,760	F13	7	4
F	1,645,110	810,761	F14	6	4
F	1,645,110	810,762	F16	6	3
F	1,645,109	810,761	F15	6	5
F	1,645,111	810,762	F17	5	4
F	1,645,112	810,761	F18	6	5
F	1,645,113	810,762	F19	6	5
F	1,645,112	810,763	F20	5	4
F	1,645,115	810,764	F21	7	4
F	1,645,114	810,761	F22	6	5
F	1,645,118	810,762	F23	8	2
F	1,645,118	810,766	F24	8	3
F	1,645,113	810,771	F25	7	3
F	1,645,112	810,766	F26	9	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,110	810,766	F27	7	4
F	1,645,109	810,766	F28	8	4
F	1,645,105	810,767	F29	18	6
F	1,645,106	810,768	F30	6	5
F	1,645,109	810,768	F31	6	4
F	1,645,107	810,768	F32	7	5
F	1,645,106	810,771	F33	7	4
F	1,645,109	810,771	F34	6	4
F	1,645,107	810,770	F35	7	5
F	1,645,113	810,773	F36	6	2
F	1,645,115	810,775	F37	6	3
F	1,645,118	810,773	F38	6	2
F	1,645,113	810,776	F39	8	3
F	1,645,112	810,779	F40	10	4
F	1,645,116	810,777	F41	8	3
F	1,645,114	810,780	F42	9	4
F	1,645,115	810,782	F43	10	3
F	1,645,112	810,782	F44	8	3
F	1,645,112	810,783	F45	7	3
F	1,645,113	810,785	F46	11	3
F	1,645,117	810,786	F47	6	4
F	1,645,111	810,785	F48	7	4
F	1,645,113	810,786	F49	6	4
F	1,645,114	810,790	F50	5	4
F	1,645,110	810,781	F51	8	3
F	1,645,111	810,779	F52	5	5
F	1,645,109	810,778	F53	5	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,107	810,779	F54	8	3
F	1,645,107	810,781	F55	8	4
F	1,645,109	810,776	F56	7	4
F	1,645,110	810,776	F57	8	4
F	1,645,108	810,776	F58	6	5
F	1,645,106	810,776	F59	5	4
F	1,645,106	810,777	F60	10	5
F	1,645,105	810,777	F61	6	4
F	1,645,102	810,776	F62	6	4
F	1,645,101	810,779	F63	9	4
F	1,645,100	810,783	F64	5	4
F	1,645,103	810,785	F65	9	4
F	1,645,101	810,787	F66	8	3
F	1,645,102	810,789	F67	8	4
F	1,645,099	810,785	F68	5	2
F	1,645,100	810,778	F69	9	4
F	1,645,098	810,777	F70	5	3
F	1,645,100	810,773	F71	7	5
F	1,645,103	810,770	F72	6	4
F	1,645,104	810,768	F73	6	6
F	1,645,102	810,766	F74	6	4
F	1,645,101	810,764	F75	6	5
F	1,645,103	810,764	F76	10	6
F	1,645,102	810,762	F77	5	4
F	1,645,100	810,764	F79	8	4
F	1,645,104	810,759	F80	5	4
F	1,645,105	810,758	F81	5	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,105	810,757	F82	5	4
F	1,645,106	810,757	F83	6	3
F	1,645,107	810,758	F84	6	4
F	1,645,107	810,757	F85	5	4
F	1,645,108	810,758	F86	6	5
F	1,645,107	810,753	F87	6	5
F	1,645,105	810,751	F88	7	4
F	1,645,107	810,751	F89	9	5
F	1,645,109	810,750	F90	7	4
F	1,645,111	810,750	F91	5	4
F	1,645,104	810,750	F92	4	4
F	1,645,095	810,756	F93	5	3
F	1,645,091	810,754	F94	7	3
F	1,645,089	810,754	F95	8	5
F	1,645,091	810,756	F96	6	3
F	1,645,092	810,758	F97	5	4
F	1,645,094	810,758	F98	5	4
F	1,645,094	810,761	F99	6	4
F	1,645,096	810,760	F100	6	3
F	1,645,101	810,760	F101	7	4
F	1,645,096	810,762	F102	7	4
F	1,645,096	810,762	F103	5	5
F	1,645,095	810,763	F104	10	4
F	1,645,091	810,762	F105	7	5
F	1,645,090	810,761	F106	7	5
F	1,645,089	810,764	F107	6	5
F	1,645,091	810,764	F108	9	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,089	810,765	F109	5	3
F	1,645,093	810,767	F110	8	3
F	1,645,096	810,767	F111	18	7
F	1,645,097	810,767	F112	9	5
F	1,645,098	810,770	F113	8	5
F	1,645,098	810,768	F114	6	5
F	1,645,099	810,767	F115	11	6
F	1,645,097	810,768	F116	6	5
F	1,645,097	810,770	F117	7	3
F	1,645,094	810,769	F118	6	4
F	1,645,097	810,773	F119	5	3
F	1,645,095	810,772	F120	7	3
F	1,645,094	810,774	F122	6	2
F	1,645,092	810,774	F123	5	4
F	1,645,091	810,775	F124	5	3
F	1,645,092	810,780	F125	5	3
F	1,645,093	810,786	F126	8	5
F	1,645,093	810,789	F127	5	7
F	1,645,092	810,789	F128	8	7
F	1,645,090	810,776	F129	7	5
F	1,645,089	810,774	F130	10	4
F	1,645,086	810,773	F131	8	5
F	1,645,086	810,775	F132	5	3
F	1,645,086	810,774	F133	6	4
F	1,645,085	810,773	F134	6	3
F	1,645,086	810,771	F135	6	4
F	1,645,088	810,769	F136	6	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,088	810,768	F137	5	4
F	1,645,089	810,768	F138	7	4
F	1,645,087	810,766	F139	8	5
F	1,645,086	810,766	F140	6	4
F	1,645,086	810,767	F141	6	3
F	1,645,083	810,769	F142	6	4
F	1,645,086	810,769	F143	7	3
F	1,645,086	810,765	F144	5	3
F	1,645,085	810,766	F145	5	5
F	1,645,083	810,765	F146	6	4
F	1,645,085	810,764	F147	6	4
F	1,645,082	810,764	F148	6	3
F	1,645,081	810,766	F149	6	3
F	1,645,081	810,767	F150	6	4
F	1,645,082	810,767	F151	5	4
F	1,645,083	810,771	F152	5	4
F	1,645,082	810,771	F153	9	5
F	1,645,080	810,771	F154	6	3
F	1,645,079	810,770	F155	8	4
F	1,645,079	810,772	F156	7	3
F	1,645,078	810,773	F157	6	4
F	1,645,077	810,772	F158	5	3
F	1,645,079	810,768	F159	5	4
F	1,645,077	810,770	F160	6	4
F	1,645,077	810,772	F165	5	4
F	1,645,077	810,775	F161	8	3
F	1,645,077	810,778	F162	5	2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,078	810,776	F163	7	2
F	1,645,077	810,780	F164	5	2
F	1,645,078	810,782	F166	6	5
F	1,645,077	810,782	F167	7	5
F	1,645,077	810,783	F168	9	5
F	1,645,079	810,783	F169	8	4
F	1,645,080	810,786	F170	6	4
F	1,645,080	810,787	F171	7	4
F	1,645,085	810,786	F172	28	5
F	1,645,085	810,786	F173	16	6
F	1,645,088	810,786	F174	6	7
F	1,645,089	810,787	F175	22	6
F	1,645,094	810,787	F175	22	7
F	1,645,091	810,790	F176	16	6
F	1,645,087	810,761	F177	6	5
F	1,645,088	810,760	F178	8	6
F	1,645,087	810,760	F179	7	5
F	1,645,086	810,761	F180	6	5
F	1,645,083	810,759	F181	14	4
F	1,645,084	810,757	F182	15	5
F	1,645,085	810,757	F183	7	5
F	1,645,085	810,757	F184	9	4
F	1,645,087	810,755	F185	12	5
F	1,645,089	810,755	F186	5	5
F	1,645,086	810,753	F187	8	5
F	1,645,085	810,752	F188	6	3
F	1,645,082	810,757	F189	15	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
F	1,645,081	810,754	F190	25	5
F	1,645,084	810,753	F191	5	4
F	1,645,082	810,751	F192	24	5
F	1,645,081	810,751	F193	13	4
F	1,645,079	810,753	F194	14	5
F	1,645,075	810,753	F195	6	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.7 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร G

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
G	1,645,370	810,923	G1	22	8
G	1,645,372	810,924	G2	8	8
G	1,645,373	810,923	G3	6	4
G	1,645,372	810,928	G4	11	7
G	1,645,370	810,929	G5	9	4
G	1,645,374	810,925	G6	15	5
G	1,645,376	810,927	G7	6	5
G	1,645,376	810,928	G8	9	6
G	1,645,376	810,929	G9	8	6
G	1,645,375	810,929	G10	8	6
G	1,645,376	810,929	G11	10	6
G	1,645,378	810,928	G12	6	5
G	1,645,379	810,929	G13	6	4
G	1,645,381	810,926	G14	8	4
G	1,645,381	810,932	G15	7	5
G	1,645,377	810,933	G16	7	2
G	1,645,380	810,936	G17	6	5
G	1,645,380	810,937	G18	9	4
G	1,645,374	810,935	G19	8	2
G	1,645,375	810,937	G20	7	4
G	1,645,378	810,939	G21	6	4
G	1,645,376	810,941	G22	8	4
G	1,645,379	810,938	G23	7	4
G	1,645,380	810,943	G24	19	9
G	1,645,381	810,946	G25	7	5
G	1,645,379	810,947	G26	21	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
G	1,645,377	810,947	G27	9	9
G	1,645,380	810,960	G28	13	6
G	1,645,378	810,957	G29	10	4
G	1,645,376	810,958	G30	10	4
G	1,645,374	810,961	G31	11	3
G	1,645,372	810,962	G32	6	3
G	1,645,371	810,959	G33	8	5
G	1,645,369	810,959	G34	8	4
G	1,645,372	810,957	G35	7	4
G	1,645,383	810,959	G36	16	8
G	1,645,387	810,959	G37	16	8
G	1,645,385	810,956	G38	11	5
G	1,645,385	810,954	G39	14	7
G	1,645,384	810,953	G40	24	6
G	1,645,385	810,962	G41	8	6
G	1,645,387	810,963	G42	10	8
G	1,645,389	810,962	G43	12	8
G	1,645,389	810,961	G44	18	8
G	1,645,390	810,960	G45	17	7
G	1,645,388	810,955	G46	9	4
G	1,645,388	810,953	G47	11	5
G	1,645,392	810,953	G48	17	8
G	1,645,393	810,953	G49	7	6
G	1,645,394	810,953	G50	6	6
G	1,645,393	810,951	G51	9	5
G	1,645,386	810,951	G52	11	6
G	1,645,389	810,948	G53	14	6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
G	1,645,391	810,947	G54	9	8
G	1,645,395	810,948	G55	9	6
G	1,645,388	810,947	G56	9	6
G	1,645,396	810,940	G57	12	3
G	1,645,390	810,940	G58	6	8
G	1,645,388	810,939	G59	7	5
G	1,645,391	810,943	G60	25	8
G	1,645,387	810,943	G61	7	5
G	1,645,390	810,943	G62	5	8
G	1,645,389	810,946	G63	111	8
G	1,645,386	810,943	G64	111	5
G	1,645,386	810,940	G65	12	5
G	1,645,383	810,941	G66	7	6
G	1,645,383	810,935	G67	11	5
G	1,645,381	810,936	G68	6	5
G	1,645,384	810,933	G69	11	3
G	1,645,386	810,938	G70	12	4
G	1,645,384	810,932	G71	7	5
G	1,645,387	810,934	G72	9	4
G	1,645,388	810,934	G73	6	5
G	1,645,391	810,934	G74	10	4
G	1,645,390	810,937	G75	82	6
G	1,645,391	810,937	G76	6	6
G	1,645,391	810,933	G77	5	4
G	1,645,390	810,931	G78	6	4
G	1,645,388	810,931	G79	5	2
G	1,645,387	810,931	G80	11	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
G	1,645,389	810,932	G81	5	5
G	1,645,393	810,928	G82	6	3
G	1,645,395	810,931	G83	8	2
G	1,645,394	810,926	G84	10	4
G	1,645,392	810,926	G85	9	2
G	1,645,397	810,922	G86	5	3
G	1,645,400	810,924	G87	7	3
G	1,645,403	810,928	G88	7	4
G	1,645,408	810,921	G89	12	5
G	1,645,408	810,923	G90	5	4
G	1,645,405	810,933	G91	13	4
G	1,645,405	810,933	G92	7	4
G	1,645,407	810,935	G93	12	4
G	1,645,404	810,941	G94	10	5
G	1,645,408	810,950	G95	21	6
G	1,645,408	810,950	G96	7	8
G	1,645,407	810,950	G97	12	7
G	1,645,404	810,950	G98	11	4
G	1,645,402	810,953	G99	6	3
G	1,645,398	810,947	G100	14	1
G	1,645,396	810,956	G101	6	7
G	1,645,396	810,956	G102	19	7
G	1,645,396	810,957	G103	11	6
G	1,645,394	810,960	G104	12	5
G	1,645,399	810,958	G105	11	4
G	1,645,399	810,960	G106	19	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.8 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร H

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
H	1,645,092	810,960	H1	5	5
H	1,645,090	810,958	H2	6	4
H	1,645,096	810,958	H3	10	5
H	1,645,099	810,960	H4	8	5
H	1,645,098	810,962	H5	9	3
H	1,645,095	810,964	H6	8	12
H	1,645,094	810,963	H7	8	11
H	1,645,094	810,963	H8	28	12
H	1,645,092	810,964	H9	12	10
H	1,645,096	810,969	H10	11	6
H	1,645,094	810,970	H11	8	5
H	1,645,088	810,971	H12	11	5
H	1,645,089	810,973	H13	8	8
H	1,645,089	810,975	H14	8	7
H	1,645,088	810,974	H15	13	8
H	1,645,088	810,974	H16	8	6
H	1,645,088	810,977	H17	21	6
H	1,645,094	810,981	H18	11	5
H	1,645,093	810,982	H19	17	5
H	1,645,095	810,982	H20	9	7
H	1,645,099	810,979	H21	12	2
H	1,645,092	810,988	H22	8	6
H	1,645,093	810,989	H23	6	5
H	1,645,093	810,989	H24	5	4
H	1,645,092	810,991	H25	15	4
H	1,645,097	810,991	H26	8	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
H	1,645,097	810,992	H27	6	4
H	1,645,099	810,994	H28	8	5
H	1,645,104	810,996	H29	6	4
H	1,645,104	810,995	H30	6	4
H	1,645,105	810,997	H31	10	4
H	1,645,108	810,995	H32	5	3
H	1,645,108	810,994	H33	5	4
H	1,645,106	810,992	H34	9	4
H	1,645,105	810,992	H35	10	4
H	1,645,103	810,991	H36	6	3
H	1,645,102	810,991	H37	7	3
H	1,645,105	810,988	H38	8	2
H	1,645,111	810,996	H39	11	5
H	1,645,111	810,995	H40	5	3
H	1,645,112	810,995	H41	7	3
H	1,645,112	810,996	H42	9	4
H	1,645,112	810,997	H43	6	3
H	1,645,112	810,992	H44	9	3
H	1,645,114	810,992	H45	10	4
H	1,645,114	810,992	H46	6	3
H	1,645,114	810,992	H47	6	4
H	1,645,111	810,989	H48	8	4
H	1,645,113	810,986	H49	6	5
H	1,645,114	810,986	H50	13	4
H	1,645,108	810,988	H51	6	4
H	1,645,109	810,985	H52	6	5
H	1,645,108	810,986	H53	8	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
H	1,645,109	810,983	H54	6	5
H	1,645,103	810,983	H55	7	4
H	1,645,102	810,984	H56	8	3
H	1,645,101	810,982	H57	6	2
H	1,645,101	810,975	H58	11	3
H	1,645,104	810,977	H59	11	5
H	1,645,107	810,981	H60	14	5
H	1,645,108	810,982	H61	11	5
H	1,645,108	810,982	H62	10	5
H	1,645,110	810,979	H63	7	3
H	1,645,112	810,983	H64	8	4
H	1,645,113	810,982	H65	6	4
H	1,645,114	810,990	H66	11	3
H	1,645,117	810,986	H67	10	7
H	1,645,115	810,990	H68	6	4
H	1,645,117	810,988	H69	10	7
H	1,645,117	810,987	H70	16	7
H	1,645,120	810,987	H71	6	2
H	1,645,120	810,986	H72	8	3
H	1,645,121	810,987	H73	6	5
H	1,645,119	810,988	H74	7	4
H	1,645,120	810,990	H75	6	4
H	1,645,120	810,991	H76	7	5
H	1,645,122	810,990	H77	7	7
H	1,645,120	810,992	H78	11	4
H	1,645,120	810,993	H79	8	5
H	1,645,117	810,993	H80	8	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
H	1,645,119	810,996	H81	7	3
H	1,645,121	810,995	H82	8	4
H	1,645,124	810,990	H83	23	9
H	1,645,125	810,991	H84	6	9
H	1,645,126	810,990	H85	8	7
H	1,645,128	810,993	H86	12	6
H	1,645,129	810,993	H87	8	4
H	1,645,129	810,991	H88	15	4
H	1,645,128	810,997	H89	7	4
H	1,645,129	810,997	H90	7	1
H	1,645,125	810,988	H91	7	4
H	1,645,124	810,987	H92	7	4
H	1,645,126	810,987	H93	5	3
H	1,645,129	810,985	H94	9	6
H	1,645,129	810,982	H95	25	8
H	1,645,129	810,981	H96	7	3
H	1,645,128	810,981	H97	7	4
H	1,645,125	810,980	H98	7	5
H	1,645,124	810,981	H99	10	5
H	1,645,124	810,983	H100	13	4
H	1,645,118	810,982	H101	8	6
H	1,645,117	810,981	H102	14	6
H	1,645,117	810,981	H103	9	7
H	1,645,117	810,981	H104	6	7
H	1,645,117	810,983	H105	5	6
H	1,645,114	810,980	H106	18	3
H	1,645,112	810,978	H107	6	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
H	1,645,107	810,977	H108	11	6
H	1,645,108	810,976	H109	8	6
H	1,645,109	810,974	H110	16	6
H	1,645,106	810,972	H111	12	5
H	1,645,107	810,970	H112	14	6
H	1,645,105	810,974	H113	14	6
H	1,645,103	810,959	H114	11	6
H	1,645,103	810,960	H115	10	5
H	1,645,107	810,961	H116	6	4
H	1,645,106	810,965	H117	6	2
H	1,645,105	810,965	H118	5	4
H	1,645,108	810,964	H119	9	5
H	1,645,110	810,963	H120	15	5
H	1,645,109	810,960	H121	5	3
H	1,645,113	810,960	H122	6	3
H	1,645,115	810,962	H123	7	3
H	1,645,102	810,967	H124	12	5
H	1,645,101	810,969	H125	10	4
H	1,645,121	810,964	H126	12	5
H	1,645,122	810,962	H127	6	5
H	1,645,122	810,961	H128	7	5
H	1,645,124	810,962	H129	18	5
H	1,645,124	810,958	H130	7	5
H	1,645,125	810,960	H131	9	4
H	1,645,126	810,960	H132	5	5
H	1,645,128	810,961	H133	6	3
H	1,645,126	810,958	H134	8	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
H	1,645,126	810,958	H135	5	5
H	1,645,127	810,958	H136	13	3
H	1,645,128	810,959	H137	6	3
H	1,645,129	810,969	H138	20	7
H	1,645,126	810,971	H139	6	2
H	1,645,124	810,971	H140	5	5
H	1,645,122	810,968	H141	6	4
H	1,645,121	810,973	H142	5	4
H	1,645,121	810,973	H143	9	5
H	1,645,123	810,975	H144	5	3
H	1,645,125	810,975	H145	10	4
H	1,645,127	810,973	H146	7	4
H	1,645,129	810,974	H147	6	3
H	1,645,129	810,971	H148	21	5
H	1,645,128	810,976	H149	13	3
H	1,645,128	810,978	H150	5	4
H	1,645,128	810,979	H151	6	4
H	1,645,128	810,979	H152	5	3
H	1,645,123	810,977	H153	7	3
H	1,645,122	810,978	H154	7	3
H	1,645,117	810,977	H155	7	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก. 9 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร I

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
I	1,645,066	810,634	I1	9	5
I	1,645,075	810,635	I2	11	5
I	1,645,069	810,637	I3	11	6
I	1,645,078	810,632	I4	8	3
I	1,645,082	810,630	I5	15	5
I	1,645,077	810,625	I6	13	7
I	1,645,068	810,613	I7	14	8
I	1,645,067	810,613	I8	18	8
I	1,645,076	810,625	I9	9	7
I	1,645,074	810,611	I10	8	6
I	1,645,074	810,607	I11	8	6
I	1,645,074	810,605	I12	7	4
I	1,645,072	810,602	I13	17	4
I	1,645,076	810,601	I14	12	3
I	1,645,067	810,604	I15	8	2
I	1,645,080	810,616	I16	9	5
I	1,645,085	810,614	I17	42	7
I	1,645,083	810,609	I18	10	5
I	1,645,081	810,610	I19	16	5
I	1,645,079	810,608	I20	9	4
I	1,645,081	810,606	I21	14	5
I	1,645,081	810,606	I22	9	6
I	1,645,081	810,605	I23	6	3
I	1,645,085	810,602	I24	12	3
I	1,645,083	810,600	I25	9	6
I	1,645,082	810,600	I26	12	6

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
I	1,645,081	810,600	I27	18	7
I	1,645,082	810,598	I28	10	6
I	1,645,083	810,598	I29	5	6
I	1,645,086	810,599	I30	6	4
I	1,645,087	810,598	I31	5	4
I	1,645,088	810,598	I32	11	5
I	1,645,087	810,601	I33	6	5
I	1,645,085	810,602	I34	12	4
I	1,645,087	810,603	I35	11	5
I	1,645,086	810,604	I36	12	4
I	1,645,080	810,610	I37	11	5
I	1,645,088	810,603	I38	5	4
I	1,645,088	810,603	I39	8	6
I	1,645,088	810,601	I40	7	3
I	1,645,089	810,600	I41	6	4
I	1,645,092	810,600	I42	7	4
I	1,645,091	810,601	I43	6	3
I	1,645,091	810,601	I44	6	4
I	1,645,090	810,603	I45	6	4
I	1,645,089	810,606	I46	7	4
I	1,645,089	810,607	I47	8	4
I	1,645,089	810,607	I48	6	5
I	1,645,090	810,607	I49	6	4
I	1,645,090	810,606	I50	8	5
I	1,645,091	810,605	I51	6	4
I	1,645,092	810,604	I52	12	5
I	1,645,094	810,601	I53	6	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
I	1,645,095	810,601	I54	6	3
I	1,645,096	810,601	I55	7	3
I	1,645,097	810,600	I56	5	3
I	1,645,098	810,600	I57	5	4
I	1,645,097	810,605	I58	6	3
I	1,645,097	810,607	I59	6	5
I	1,645,095	810,605	I60	6	4
I	1,645,094	810,607	I61	11	4
I	1,645,097	810,609	I62	10	3
I	1,645,097	810,610	I63	6	4
I	1,645,101	810,602	I64	6	3
I	1,645,100	810,605	I65	6	4
I	1,645,101	810,610	I66	12	3
I	1,645,102	810,611	I67	8	2
I	1,645,098	810,616	I68	17	3
I	1,645,099	810,618	I69	31	5
I	1,645,101	810,619	I70	5	4
I	1,645,099	810,618	I71	5	5
I	1,645,101	810,619	I72	7	4
I	1,645,101	810,620	I73	6	3
I	1,645,101	810,605	I74	10	5
I	1,645,099	810,621	I75	8	5
I	1,645,098	810,621	I76	6	3
I	1,645,094	810,617	I77	15	5
I	1,645,093	810,620	I78	8	3
I	1,645,091	810,619	I79	6	2
I	1,645,091	810,622	I80	6	3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
I	1,645,087	810,618	I81	14	4
I	1,645,080	810,624	I82	10	4
I	1,645,080	810,623	I83	11	5
I	1,645,079	810,621	I84	9	4
I	1,645,080	810,621	I85	7	4
I	1,645,083	810,627	I86	10	4
I	1,645,085	810,636	I87	7	2
I	1,645,091	810,634	I88	6	6
I	1,645,094	810,631	I89	5	4
I	1,645,093	810,634	I90	20	7
I	1,645,093	810,637	I91	8	5
I	1,645,092	810,637	I92	14	6
I	1,645,095	810,633	I93	6	4
I	1,645,096	810,633	I94	6	5
I	1,645,098	810,638	I95	13	4
I	1,645,099	810,638	I96	11	4
I	1,645,100	810,638	I97	5	5
I	1,645,100	810,637	I98	6	4
I	1,645,101	810,638	I99	5	5
I	1,645,103	810,634	I100	6	3
I	1,645,102	810,632	I101	6	3
I	1,645,101	810,630	I102	7	3
I	1,645,102	810,628	I103	7	4
I	1,645,097	810,629	I104	7	5
I	1,645,098	810,630	I105	6	3
I	1,645,098	810,626	I106	6	4
I	1,645,096	810,629	I107	16	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่าง ถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
I	1,645,099	810,632	I108	6	3
I	1,645,095	810,630	I109	5	3
I	1,645,094	810,627	I110	7	5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางภาคผนวกที่ ก.10 ข้อมูลต้นไม้แปลงตัวอย่างถาวร J

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,177	810,957	J1	16	8
J	1,645,174	810,959	J2	8	5
J	1,645,174	810,963	J3	14	6
J	1,645,174	810,963	J4	14	8
J	1,645,175	810,963	J5	6	7
J	1,645,181	810,964	J6	17	8
J	1,645,184	810,964	J7	9	7
J	1,645,184	810,964	J8	11	6
J	1,645,185	810,964	J9	9	6
J	1,645,185	810,963	J10	17	8
J	1,645,185	810,966	J11	9	7
J	1,645,183	810,969	J12	13	7
J	1,645,184	810,972	J13	14	9
J	1,645,185	810,972	J14	4	7
J	1,645,183	810,973	J15	15	7
J	1,645,182	810,972	J16	5	5
J	1,645,179	810,972	J17	9	7
J	1,645,179	810,974	J18	13	7
J	1,645,173	810,973	J19	7	4
J	1,645,173	810,978	J20	11	5
J	1,645,174	810,978	J21	8	6
J	1,645,173	810,980	J22	10	6
J	1,645,177	810,978	J23	19	9
J	1,645,178	810,976	J24	19	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,178	810,976	J25	7	10
J	1,645,180	810,978	J26	8	8
J	1,645,179	810,979	J27	17	9
J	1,645,179	810,979	J28	11	8
J	1,645,182	810,975	J29	15	7
J	1,645,183	810,976	J30	9	6
J	1,645,186	810,973	J31	8	6
J	1,645,187	810,977	J32	20	7
J	1,645,189	810,980	J33	8	4
J	1,645,189	810,980	J34	11	6
J	1,645,187	810,981	J35	15	7
J	1,645,187	810,981	J36	7	5
J	1,645,186	810,982	J37	8	6
J	1,645,185	810,981	J38	7	6
J	1,645,185	810,981	J39	6	6
J	1,645,185	810,980	J40	7	6
J	1,645,184	810,982	J41	5	4
J	1,645,183	810,982	J42	8	3
J	1,645,184	810,981	J43	9	4
J	1,645,183	810,979	J44	6	5
J	1,645,182	810,981	J45	8	3
J	1,645,180	810,983	J46	9	5
J	1,645,178	810,983	J47	9	3
J	1,645,175	810,984	J48	9	4
J	1,645,175	810,987	J49	15	7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,175	810,990	J50	13	6
J	1,645,177	810,991	J51	19	6
J	1,645,179	810,991	J52	6	5
J	1,645,181	810,993	J53	10	3
J	1,645,182	810,990	J54	10	3
J	1,645,182	810,989	J55	14	5
J	1,645,178	810,988	J56	6	5
J	1,645,179	810,986	J57	8	6
J	1,645,180	810,986	J58	14	7
J	1,645,181	810,985	J59	6	3
J	1,645,182	810,985	J60	6	3
J	1,645,182	810,987	J61	6	2
J	1,645,182	810,987	J62	6	6
J	1,645,186	810,984	J63	9	4
J	1,645,186	810,986	J64	8	4
J	1,645,191	810,988	J65	14	7
J	1,645,189	810,986	J66	11	4
J	1,645,191	810,986	J67	6	3
J	1,645,193	810,984	J68	18	7
J	1,645,194	810,986	J69	11	8
J	1,645,195	810,985	J70	7	7
J	1,645,195	810,986	J71	7	7
J	1,645,194	810,983	J72	13	8
J	1,645,196	810,982	J73	8	6
J	1,645,195	810,980	J74	15	7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,195	810,978	J75	8	5
J	1,645,193	810,978	J76	14	6
J	1,645,192	810,975	J77	14	5
J	1,645,191	810,975	J78	12	6
J	1,645,191	810,974	J79	16	8
J	1,645,190	810,972	J80	25	8
J	1,645,189	810,972	J81	7	6
J	1,645,187	810,969	J82	6	8
J	1,645,188	810,968	J83	16	9
J	1,645,191	810,966	J84	15	10
J	1,645,190	810,966	J85	16	9
J	1,645,188	810,966	J86	24	12
J	1,645,193	810,967	J87	15	6
J	1,645,194	810,964	J88	7	5
J	1,645,193	810,964	J89	7	5
J	1,645,194	810,962	J90	7	5
J	1,645,190	810,961	J91	6	7
J	1,645,186	810,959	J92	17	8
J	1,645,192	810,967	J93	13	7
J	1,645,184	810,960	J94	5	8
J	1,645,186	810,958	J95	12	7
J	1,645,185	810,956	J96	12	7
J	1,645,186	810,957	J97	7	5
J	1,645,189	810,957	J98	13	7
J	1,645,190	810,959	J99	18	10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,192	810,960	J100	13	8
J	1,645,194	810,959	J101	18	8
J	1,645,195	810,957	J102	10	5
J	1,645,201	810,959	J103	9	5
J	1,645,202	810,958	J104	9	6
J	1,645,203	810,956	J105	13	4
J	1,645,204	810,956	J106	10	5
J	1,645,203	810,960	J107	5	4
J	1,645,200	810,961	J108	12	4
J	1,645,199	810,961	J109	17	5
J	1,645,198	810,963	J110	10	4
J	1,645,196	810,964	J111	12	3
J	1,645,196	810,967	J112	9	4
J	1,645,194	810,968	J113	15	7
J	1,645,194	810,967	J114	7	6
J	1,645,200	810,963	J115	6	7
J	1,645,200	810,963	J116	17	7
J	1,645,204	810,964	J117	9	5
J	1,645,202	810,966	J118	9	6
J	1,645,202	810,966	J119	11	5
J	1,645,205	810,965	J120	8	4
J	1,645,206	810,963	J121	6	6
J	1,645,206	810,962	J122	7	6
J	1,645,205	810,961	J123	17	7
J	1,645,206	810,960	J124	16	7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,207	810,958	J125	8	5
J	1,645,207	810,957	J126	8	6
J	1,645,208	810,956	J127	9	6
J	1,645,208	810,955	J128	11	4
J	1,645,208	810,955	J129	10	4
J	1,645,211	810,956	J130	9	5
J	1,645,209	810,959	J131	20	6
J	1,645,210	810,960	J132	6	7
J	1,645,210	810,963	J133	6	5
J	1,645,207	810,963	J134	8	3
J	1,645,207	810,967	J135	6	5
J	1,645,208	810,968	J136	8	5
J	1,645,211	810,966	J137	8	4
J	1,645,211	810,973	J138	13	6
J	1,645,208	810,971	J139	10	3
J	1,645,207	810,971	J140	8	5
J	1,645,207	810,970	J141	18	4
J	1,645,205	810,972	J142	9	4
J	1,645,203	810,973	J143	12	4
J	1,645,203	810,972	J144	12	4
J	1,645,204	810,968	J145	7	6
J	1,645,203	810,967	J146	8	5
J	1,645,202	810,969	J147	13	4
J	1,645,202	810,970	J148	11	4
J	1,645,201	810,967	J149	7	4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,199	810,969	J150	8	5
J	1,645,200	810,971	J151	5	7
J	1,645,200	810,971	J152	20	8
J	1,645,197	810,973	J153	12	4
J	1,645,197	810,976	J154	6	5
J	1,645,198	810,977	J155	14	7
J	1,645,202	810,975	J156	15	5
J	1,645,202	810,976	J157	16	6
J	1,645,204	810,978	J158	8	7
J	1,645,201	810,981	J159	12	4
J	1,645,201	810,982	J160	11	6
J	1,645,204	810,982	J161	18	7
J	1,645,207	810,978	J162	25	9
J	1,645,208	810,980	J163	10	8
J	1,645,207	810,982	J164	12	6
J	1,645,207	810,982	J165	8	6
J	1,645,208	810,983	J166	6	7
J	1,645,208	810,983	J167	11	6
J	1,645,212	810,982	J168	8	3
J	1,645,205	810,985	J169	10	5
J	1,645,205	810,987	J170	16	7
J	1,645,202	810,986	J171	7	7
J	1,645,201	810,986	J172	7	8
J	1,645,199	810,984	J173	17	7
J	1,645,199	810,983	J174	8	8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แปลงตัวอย่างถาวร	ค่าพิกัด (N)	ค่าพิกัด (E)	ลำดับ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)	ความสูงต้นไม้ (เมตร)
J	1,645,197	810,985	J175	14	7
J	1,645,195	810,989	J176	13	6
J	1,645,198	810,990	J177	16	8
J	1,645,197	810,992	J178	22	10
J	1,645,204	810,993	J179	16	8
J	1,645,207	810,993	J180	10	6
J	1,645,209	810,995	J181	8	6
J	1,645,209	810,992	J182	9	6
J	1,645,210	810,994	J183	9	6
J	1,645,211	810,991	J184	17	11
J	1,645,211	810,991	J185	6	11
J	1,645,212	810,989	J186	6	4
J	1,645,204	810,986	J187	13	7

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ –นามสกุล นายธนวิทย์ ถมกระจ่าง

วัน-เดือน-ปีเกิด 9 มีนาคม พุทธศักราช 2533

ที่อยู่ปัจจุบัน 46/5 หมู่ 10 ตำบลบางจัก อำเภอวิเศษชัยชาญจังหวัดอ่างทอง 14110

ประวัติการศึกษา

พุทธศักราช 2557 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมสำรวจ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

พุทธศักราช 2559 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรอักษรศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์

ประวัติการทำงาน

พุทธศักราช 2555- 2557 ตำแหน่งผู้ช่วยวิศวกรสำรวจ บริษัท ทิพพิคัล เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

พุทธศักราช 2557- 2561 ตำแหน่งวิศวกรสำรวจ บริษัท โกลเด้นเวลธ์ จำกัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY