

ISSN 2651-0642

วารสารนวัตกรรมและเทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 หน้า 1-11

มกราคม-มิถุนายน 2562

วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

doi:

ปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชนในจังหวัดนครราชสีมา Carbon Sequestration in Community Forests in Nakornratchasima Province

ธนวิทย์ ถมกระจำง

เอกกมล วรรณเมธี

ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อีเมล: T_Thomkrajang@hotmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) ผู้วิจัยได้เลือกป่าชุมชนบ้านบุตองเป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากมีลักษณะโครงสร้างของสังคมพืชพรรณในป่าไม้ซับซ้อนมาก นัก ผู้วิจัยคำนวณความสูงของต้นไม้แต่ละต้นจากข้อมูลความสูงของพื้นผิวที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและเปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงของต้นไม้จากการสำรวจภาคสนามในแปลงตัวอย่างจำนวน 10 แปลง หลังจากนั้นจึงประมาณค่ามวลชีวภาพด้วยสมการแอลโลเมตรีของป่าเต็งรัง และประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บในแปลงตัวอย่าง และทั้งพื้นที่ศึกษา ผลการวิจัยพบว่าความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและความสูงของต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมีความสอดคล้องกันค่อนข้างมาก (r^2 อยู่ระหว่าง 0.715-0.898) ความแตกต่างของความสูงเฉลี่ยรายแปลงอยู่ระหว่าง -0.025 ถึง 0.07 เมตร ดังนั้น จึงสามารถใช้ข้อมูลความสูงต้นไม้จากอากาศยานไร้คนขับในการประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บได้ ผลการศึกษายังพบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชน 9.13 ตันคาร์บอน/ไร่ และการคำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บรายแปลงจากการใช้ข้อมูลอากาศไร้คนขับมีความแตกต่างจากการใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามสูงสุดอยู่ในช่วงระหว่าง 13-59%

คำสำคัญ: ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน, มวลชีวภาพ, อากาศยานไร้คนขับ, ป่าชุมชน

Abstract

The study estimated the amount of sequestered carbon in the community forest at Ban Bu Ta Tong, Nakornratchasima Province using Unmanned Aerial Vehicle technique (UVA). This was to obtain the height of surface as point clouds, which were subsequently converted into Digital Surface Model (DSM) and Digital Terrain Model (DEM). The height of individual trees was derived from

subtracting DSM and DEM over tree crowns identified by visual interpretation. The researchers also conducted field measurement of individual tree heights (H) and diameters at the breast height of trees (DBH) in 10 plots of 40 * 40 meters. Relations between H and DBH were used to estimate biomass and carbon amount of individual trees in the plots by allometric equations of the deciduous dipterocarp forest type. The results show that the height of trees derived by the UAV technique was strongly correlated to the field data (r^2 between 0.715-0.898). The average errors in tree height ranged between -0.025 to 0.07 meters among plots. The estimated amount of carbon storage for all individual trees in the plots using UAV data was different from the amount estimated using field data in a range of 13-59%.

Keywords: Carbon sequestration, biomass, UAV, community forest

1. ที่มาของงานวิจัย

คาร์บอนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิตถูกเก็บกักภายในสิ่งแวดล้อมและมีการหมุนเวียนไปตามวัฏจักรของคาร์บอน (Carbon cycle) ต้นไม้มีบทบาทสำคัญในการกักเก็บ (Sink) และดูดซับคาร์บอนจากบรรยากาศด้วยกระบวนการสังเคราะห์แสงให้อยู่ในรูปของมวลชีวภาพ (Biomass) ของต้นไม้ การลดจำนวนป่าไม้จึงเป็นการลดแหล่งกักเก็บคาร์บอนและทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนจากแหล่งกักเก็บสู่ระบบบรรยากาศ ซึ่งนำไปสู่การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) และภาวะโลกร้อน (Global warming) ดังนั้นข้อมูลปริมาณคาร์บอนกักเก็บในป่าไม้จึงมีความสำคัญในการวางแผนการลดปริมาณของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลก

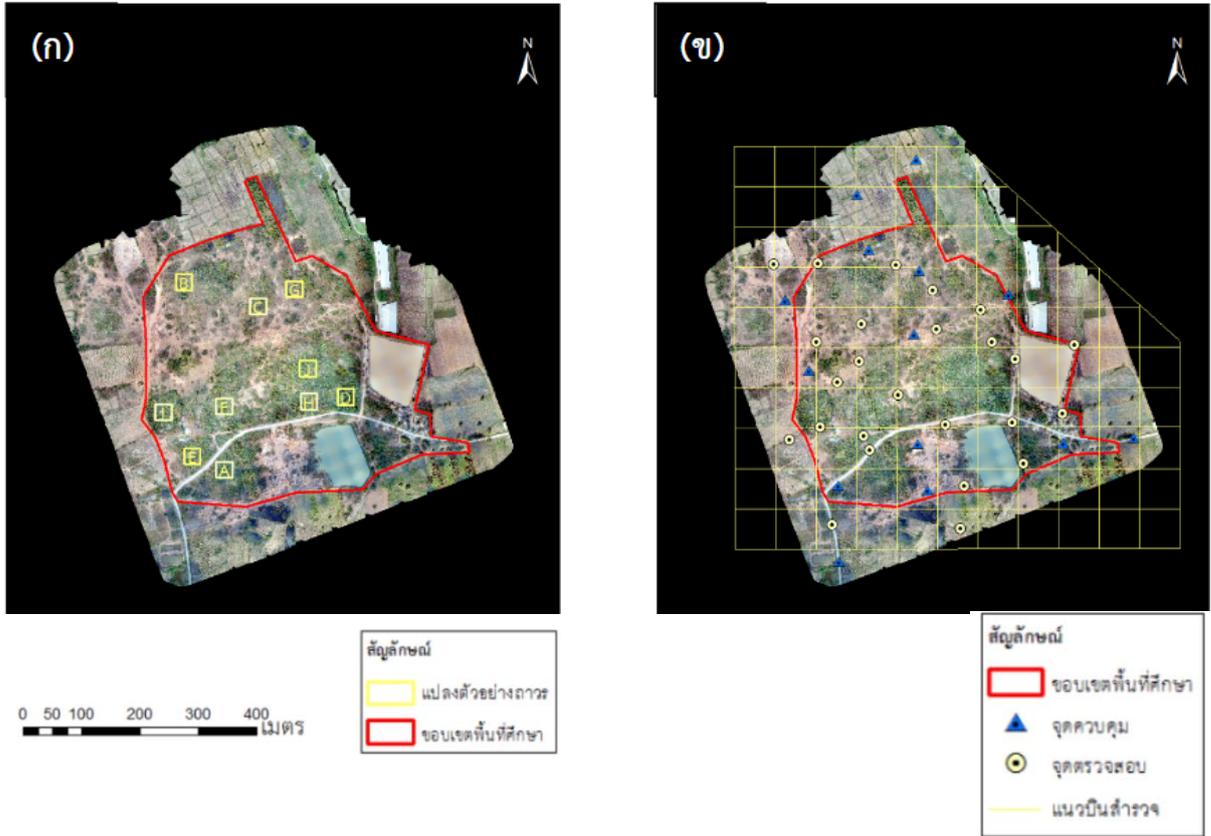
ปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าไม้โดยทั่วไปแล้วคำนวณจากลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้ในป่า เช่น ความสูง ความกว้างลำต้น ซึ่งได้จากการสำรวจในภาคสนามจากต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง (ส่วนพัฒนาวนศาสตร์ชุมชน, 2557) เป็นที่ทราบกันดีว่าวิธีการดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนสูงเนื่องจากไม่ได้คำนวณปริมาณคาร์บอนจากต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่ป่า การเก็บข้อมูลต้นไม้ในภาคสนามต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายจำนวนมาก (จึงชัย วิริยะบัญชา, 2546). การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงนำเอาอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV) มาเก็บข้อมูลความสูง พื้นผิวของภูมิประเทศสิ่งปกคลุมดิน และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่ป่า เพื่อคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ คาดว่าผลจากการศึกษาจะสามารถเป็นต้นแบบในการประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าไม้ในบริเวณอื่นๆ ต่อไปได้

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชนบ้านบุตาต้อง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aerial Vehicle: UAV)

3. พื้นที่ศึกษา

ผู้วิจัยเลือกกรณีศึกษา ป่าชุมชนบ้านบุตาตอง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งอยู่ที่ตำบลนากลาง อำเภอสูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา มีเนื้อที่ประมาณ 0.37 ตารางกิโลเมตร (230.19 ไร่) พรรณไม้ที่พบในป่าชุมชนแห่งนี้ได้แก่ มะค่าแต้ ตะโก รังและประดู่ป่าขึ้นกระจายตัวเต็มพื้นที่และสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย (กรมป่าไม้บุตาตอง, 2560) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1: (ก) ขอบเขตพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งของแปลงตัวอย่างถาวร (ข) แนวการบินสำรวจ ตำแหน่งจุดควบคุมและจุดตรวจสอบในการผลิตแบบจำลองระดับสูงของภูมิประเทศ

4. วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เริ่มด้วยการเก็บข้อมูลทางกายวิภาคต้นไม้โดยใช้อากาศยานไร้คนขับ และตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม จากนั้นจึงได้คำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้และปริมาณคาร์บอนกักเก็บในแปลงตัวอย่างทุกแปลงโดยเทียบเคียงข้อมูลจาก UAV และข้อมูลจากการสำรวจในภาคสนาม ตลอดจนปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชนทั้งพื้นที่ ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยมี ดังนี้

4.1 ข้อมูลความสูงของต้นไม้

4.1.1 ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้โดยใช้อากาศยานไร้คนขับขนาดเล็กยี่ห้อ Phantom 4 PRO ความละเอียดของกล้องถ่ายภาพขนาด 20 ล้านเมกะพิกเซล แนวบินสำรวจที่ความสูง 100 เมตร จากพื้นดินโดยให้มีส่วนซ้อนของภาพ (Overlap) ร้อยละ 85 และส่วนเกยของภาพ (Sidelap) ร้อยละ 70 ใช้เส้นทางการบินแบบ Double Grid ข้อมูลภาพถ่ายที่ได้จากการบินสำรวจมีนามสกุลไฟล์ .JPG ขนาด $4,864 \times 3,648$ พิกเซล ได้ใช้จุดควบคุม จำนวน 14 จุดเพื่อปรับแก้ความถูกต้องทางตำแหน่งของข้อมูล ทั้งในแนวราบและแนวตั้งของข้อมูลภาพถ่าย ในการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ ผู้วิจัยใช้จุดตรวจสอบจำนวน 25 จุด (รูปที่ 1ข) และจะได้แผนที่ มาตราส่วน 1: 5,000 โดยต้องมีค่า RMSEr ไม่เกิน 88.4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของ American Society for Photogrammetry and Remote Sensing 2014 (ASPRS, 2014) ในการรังวัดจุดควบคุมและจุดตรวจสอบนั้น ผู้วิจัยใช้วิธีการระบุพิกัดบนพื้นโลกจากการสำรวจด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) ประเภทการสำรวจแบบจลนในทันที (Real time Kinematic Survey: RTK) จากนั้น ผู้วิจัยประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศด้วยโปรแกรม PIX 4D โดยผลลัพธ์หลังจากการประมวลผลข้อมูลจะได้ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (Point Cloud) ซึ่งสามารถทำไปผลิตเป็นแบบจำลองความสูงปกคลุมพื้นผิว (Digital Surface Model: DSM) แบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) และภาพออร์โท (Orthophoto) ในลำดับต่อไป

ผู้วิจัยประเมินตำแหน่งของต้นไม้จากค่าพิกัดของต้นไม้ที่ได้เก็บจากภาคสนามสำหรับการหาความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับนั้น ได้จากค่าความแตกต่างของความสูงจาก DSM และ DEM

4.1.2 ข้อมูลตำแหน่งและลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้

ผู้วิจัยสำรวจในภาคสนามโดยสร้างแปลงตัวอย่างจำนวน 10 แปลง ขนาด 40×40 เมตร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 10 ของพื้นที่ศึกษาโดยเลือกตำแหน่งของแปลงตัวอย่างด้วยวิธีสุ่ม (Random Sampling) ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความสูง (H) เส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดิน หรือเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breast Height: DBH) และ ตำแหน่งของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างถาวร ยกเว้นต้นไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และ H สูง มากกว่า 1.30 เมตร (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก องค์กรมหาชน, 2558). ผู้วิจัยใช้กล้องสำรวจประมวลผลรวม (Total Station) ในการเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้ โดยกำหนดให้ค่าพิกัดของต้นไม้ทุกต้นมีความสัมพันธ์กับค่าพิกัดของภาพถ่ายทางอากาศ และผู้วิจัยใช้เทปไนลอน (Nylon Tapes) ในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ ผู้วิจัยจะตรวจสอบความถูกต้องกับของข้อมูลที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากแปลงตัวอย่างในภาคสนาม

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (D-H Relations)

ผู้วิจัยได้อ้างอิงสมการของ Ogawa, et al. (1965) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ โดยการนำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ทำการสำรวจภาคสนามและความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับเพื่อมาหาความสัมพันธ์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ของต้นไม้ที่อยู่นอกพื้นที่แปลงตัวอย่างถาวร ในการหามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ นอกแปลงพื้นที่ตัวอย่าง

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

เมื่อ

- DBH** คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร)
 H_t คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ (เซนติเมตร)
 H_{max} คือ ความสูงของต้นไม้ที่สูงที่สุดในแปลงตัวอย่าง (เมตร)
 a และ b คือ พารามิเตอร์

ผู้วิจัยประมาณค่าพารามิเตอร์ a , b ที่เหมาะสมในสมการ (1) ของแต่ละแปลงตัวอย่างโดยเลือกข้อมูลต้นไม้ร้อยละ 50 ในการประมาณค่าพารามิเตอร์และตรวจสอบความถูกต้องของพารามิเตอร์จากต้นไม้อีกร้อยละ 50 ที่ไม่ได้ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงเลือกแปลงตัวอย่างถาวรจำนวน 2 แปลง ที่มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองน้อยที่สุด (Rooted mean squared errors: RMSE) เป็นตัวแทนในการประมาณค่า a , b ของสมการที่ (1) ที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษา

4.3 ปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้

คาร์บอนที่กักเก็บในต้นไม้มีปริมาณเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) ซึ่งเป็นค่ามวลรวมขององค์ประกอบทางโครงสร้างของพืชทั้งส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน ดังนี้

$$C_i = w_{ct} \cdot FC \quad (2)$$

เมื่อ

- C_i** คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ (กิโลกรัม)
 w_{ct} คือ ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (กิโลกรัม)
FC คือ สัดส่วนปริมาณคาร์บอนต่อมวลชีวภาพของต้นไม้ (กำหนดให้เท่ากับ 0.47)
 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ประกอบด้วยมวลชีวภาพของลำต้น กิ่งและใบของต้นไม้ ดังนี้

$$W_{ct} = W_s + W_b + W_l \quad (3)$$

เมื่อ

W_s คือ มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

W_l คือ มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)

W_b คือ มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)

ผู้วิจัยใช้สมการแอลโลเมตรี (allometry equations) ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพและลักษณะทางกายวิภาคของต้นไม้โดยเลือกใช้สมการของ Ogawa, et al. (1965) ซึ่งเป็นสมการประมาณค่ามวลชีวภาพของพรรณไม้ในป่าเต็งรัง

$$W_s = 0.0396DBH^2 H_t^{0.9326} \quad (4)$$

$$W_b = 0.00348 DBH^2 H_t^{1.0270} \quad (5)$$

$$W_l = \left[\frac{28}{(w_{ct} + 0.025)^{-1}} \right] \quad (6)$$

ในการประเมินปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างทั้ง 10 แปลงนั้น ผู้วิจัยใช้ความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทุกต้น จากการใช้ สมการ (1) ได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณคาร์บอนกักเก็บในแปลงตัวอย่างแต่ละแปลงจากข้อมูลความสูงของต้นไม้และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม จากนั้นได้คำนวณปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชุมชน

เนื่องจากผู้วิจัยไม่ทราบจำนวนต้นไม้ นอกแปลงตัวอย่าง จึงได้แบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นกริดเซลล์ขนาด 40 x 40 เมตร เพื่อประมาณค่าคาร์บอนกักเก็บเฉลี่ยของแต่ละกริดเซลล์จากข้อมูลความสูงเฉลี่ยของต้นไม้ที่ได้จากการอากาศยานไร้คนขับ และประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกจากความสูงเฉลี่ยของแต่ละกริดเซลล์ ได้ผลรวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งพื้นที่จึงสามารถคำนวณได้จากผลรวมของคาร์บอนแต่ละกริดเซลล์

5. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1. ผู้วิจัยสร้างแบบจำลองระดับความสูงจากอากาศยานไร้คนขับ มีจำนวนข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับทั้งหมด 1,818 ภาพ โดยได้ปรับแก้ความถูกต้องของภาพถ่ายทาง

อากาศจากจุดควบคุมภาคพื้นดิน มีค่า RMSE (m) ของแกน X Y, และ Z เท่ากับ 0.013 0.010 และ 0.046 ตามลำดับ ในการตรวจสอบความถูกต้องทางตำแหน่งทางราบและทางตั้ง (Accuracy XY/Z) ของภาพถ่ายจากจุดตรวจสอบทั้ง 25 จุดพบว่า มี ค่า RMSE (m) ของแกน X Y และ Z เท่ากับ 0.025 0.017 และ 0.107 ตามลำดับ ข้อมูลกลุ่มจุดสามมิติ (Point Cloud) ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ย 188 จุดต่อตารางเมตร (รูปที่ 2) ซึ่งทำให้สามารถผลิตแบบจำลองความสูงของสิ่ง ปกคลุมพื้นผิวเชิงเลข (DSM) มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 4.76 เซนติเมตร แบบจำลองความสูงพื้นผิวเชิงเลข (DEM) ขนาดจุดภาพเท่ากับ 11.9 เซนติเมตร และภาพถ่ายออร์โท (Orthophoto) มีขนาดจุดภาพเท่ากับ 2.83 เซนติเมตร ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการหาความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างในลำดับถัดไป

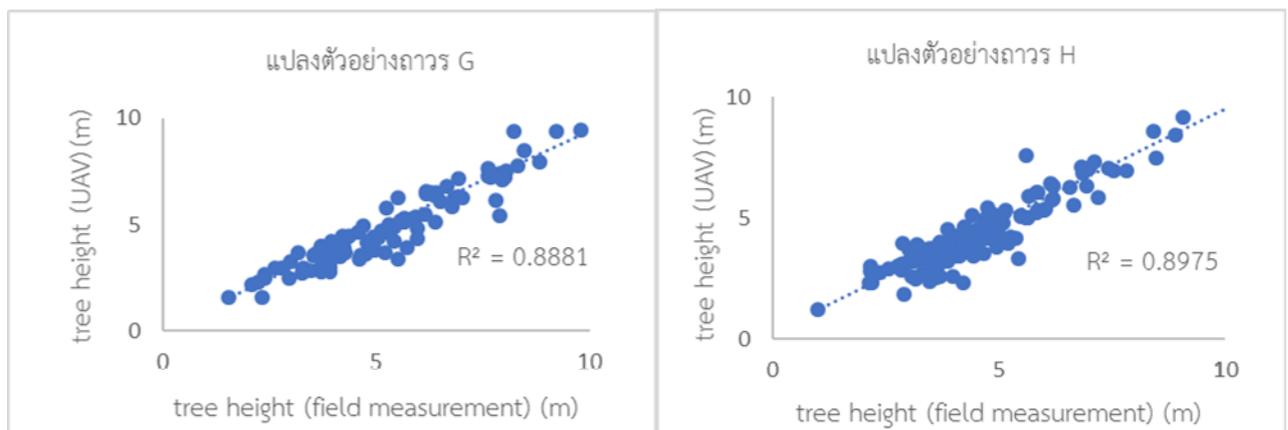


รูปที่ 2: ความสูงของสิ่ง ปกคลุมดินจากการประมวลผลข้อมูลกลุ่มจุดความสูง (point clouds) จากอากาศยานไร้คนขับ

5.2 ความสูงต้นไม้ที่จากการเก็บภาคสนามและอากาศยานไร้คนขับนั้น ผู้วิจัยคำนวณความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่างจากผลต่างของ DSM และ DEM และคำนวณค่าทางสถิติของความสูงต้นไม้ในแต่ละแปลง (ตารางที่ 1) พบว่าความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนามมีความสอดคล้องกันทุกแปลงตัวอย่าง โดยมีค่า r^2 อยู่ระหว่าง 0.715-0.898 แปลงตัวอย่าง H มีความสัมพันธ์ของข้อมูลความสูงของต้นไม้มากที่สุด ($r^2 = 0.898$) และแปลงตัวอย่าง G มีความสัมพันธ์รองลงมา ($r^2 = 0.888$) (รูปที่ 3) ความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับแตกต่างจากความสูงของต้นไม้จากการสำรวจในภาคสนามเฉลี่ย -0.25 ถึง 0.07 เมตร จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลความสูงจากอากาศยานไร้คนขับใกล้เคียงกับความสูงของต้นไม้จากการสำรวจในภาคสนาม

ตารางที่ 1: ความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างจากอากาศยานไร้คนขับและการสำรวจภาคสนาม

| แปลง | จำนวนต้นไม้ (ต้น) | ความสูงต้นไม้จากอากาศยานไร้คนขับ (เมตร) | | | | ความสูงต้นไม้จากการสำรวจภาคสนาม (เมตร) | | | | สัมประสิทธิ์การตัดลิ้นใจ (r2) |
|------|-------------------|---|-------|------|------|--|-------|------|------|-------------------------------|
| | | min | max | mean | SD | min | max | mean | SD | |
| A | 229 | 2.11 | 7.53 | 4.66 | 0.93 | 2.24 | 7.41 | 4.71 | 1.03 | 0.762 |
| B | 183 | 1.57 | 9.66 | 4.92 | 1.57 | 1.34 | 9.51 | 4.99 | 1.40 | 0.810 |
| C | 95 | 1.36 | 6.51 | 3.81 | 1.02 | 1.57 | 6.36 | 3.77 | 1.16 | 0.758 |
| D | 150 | 1.50 | 8.37 | 4.33 | 1.54 | 1.35 | 8.58 | 4.44 | 1.59 | 0.840 |
| E | 145 | 2.00 | 6.34 | 4.05 | 0.95 | 1.79 | 6.56 | 4.07 | 0.98 | 0.775 |
| F | 195 | 1.98 | 6.78 | 4.08 | 0.93 | 1.95 | 7.18 | 4.17 | 1.03 | 0.789 |
| G | 106 | 1.70 | 9.57 | 4.88 | 1.76 | 1.48 | 9.75 | 5.14 | 1.78 | 0.888 |
| H | 155 | 1.35 | 11.93 | 4.58 | 1.75 | 1.94 | 12.21 | 4.63 | 1.80 | 0.898 |
| I | 110 | 1.90 | 7.57 | 4.33 | 1.17 | 1.64 | 7.99 | 4.41 | 1.20 | 0.715 |
| J | 187 | 2.68 | 10.56 | 5.88 | 1.75 | 2.26 | 12.06 | 6.03 | 1.79 | 0.873 |



รูปที่ 3: ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่าง G และ H จากอากาศยานไร้คนขับ (แกนตั้ง) และการรังวัดในภาคสนาม (แกนนอน)

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (D-H Relations) ผู้วิจัย พบว่าสมการ (1) สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความสูง (H) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ (DBH) ในแปลงตัวอย่างถาวร H และ I ได้ดีที่สุดในค่า RMSE 0.79 เมตร และ 0.87 เมตร ตามลำดับ ผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลจากแปลงตัวอย่างทั้งสองแปลงนี้เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ a และ b ในสมการ (1) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.86 และ 0.649 ตามลำดับ เมื่อนำพารามิเตอร์ดังกล่าวไปใช้ในการคำนวณความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างอื่นๆ พบว่าผลการคำนวณความสูงของต้นไม้ที่ได้จากสมการ (1) มีความคลาดเคลื่อนจากข้อมูลที่สำรวจในภาคสนามที่ RMSE ระหว่าง 0.873-1.929 เมตร โดยแปลงตัวอย่างที่ D มีความคลาดเคลื่อนในการ ประมาณค่าความสูงของต้นไม้มากที่สุด

การประมาณค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้จากความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับโดยใช้สมการ (1) และค่าพารามิเตอร์ a และ b ที่ได้จากแปลงตัวอย่าง 2 แปลง พบว่ามีค่า RMSE กับข้อมูลจากการวัดในภาคสนามอยู่ระหว่าง 4.640-34.310 เซนติเมตร โดยแปลงตัวอย่างที่ J มีความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้มากที่สุด

5.4 การประเมินปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนกักเก็บของต้นไม้จากข้อมูลความสูงต้นไม้และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลการสำรวจในภาคสนามในแปลงตัวอย่างถาวร A โดยมีความแตกต่างอยู่ที่ร้อยละ 13 ในขณะที่แปลงตัวอย่างถาวร D และ J มีค่าปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนกักเก็บที่แตกต่างจากข้อมูลการสำรวจภาคสนามมากที่สุด คือ ร้อยละ 59 และ 49 ตามลำดับ ความสูงของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างทั้งสองแปลงนี้มีความหลากหลายภายในแปลงค่อนข้างมากกว่าแปลงอื่นๆ (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ค่า RMSE จากการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นไม้ ที่สำรวจจริงในภาคสนามกับค่าที่ได้จากการประมาณด้วยสมการที่ (1) มีค่าสูงกว่าแปลงตัวอย่างอื่น (11.87 และ 34.31 เซนติเมตรในแปลง D และ J ตามลำดับ) ดังนั้นจึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงในการประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บในแปลงตัวอย่าง

ตารางที่ 2: ปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวร

| แปลง | มวลชีวภาพ (กิโลกรัม) | | ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัม) | | ผลต่าง (%) |
|------|----------------------|---------|------------------------------------|---------|------------|
| | อากาศยานไร่คนขับ | ภาคสนาม | อากาศยานไร่คนขับ | ภาคสนาม | |
| A | 3319 | 2948 | 1385 | 1560 | -13 |
| B | 5298 | 3366 | 1582 | 2490 | -36 |
| C | 701 | 1117 | 525 | 329 | 37 |
| D | 3323 | 8044 | 3781 | 1562 | 59 |
| E | 1014 | 1672 | 786 | 476 | 39 |
| F | 1775 | 2289 | 1076 | 834 | 22 |
| G | 5466 | 8667 | 4073 | 2569 | 37 |
| H | 3727 | 2897 | 1362 | 1752 | -22 |
| I | 1528 | 2175 | 1022 | 718 | 30 |
| J | 11215 | 5729 | 2693 | 5271 | -49 |

จากผลการวิจัยป่าชุมชนบ้านบุตาต้องมีปริมาณการกักเก็บ คาร์บอนทั้งพื้นที่เป็น 1,827 ตัน หรือคิดประมาณ 9.13 ตัน/ไร่

6. อภิปรายและสรุปผล

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การเก็บข้อมูลความสูงของต้นไม้ด้วยอากาศยานไร่คนขับมีความสอดคล้องกับข้อมูลความสูงต้นไม้ที่มีการสำรวจภาคสนาม แต่ในการประเมินปริมาณคาร์บอนกักเก็บจากข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร่คนขับและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลความสูงของต้นไม้จากอากาศยานไร่คนขับมีความแตกต่างกันสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 59 เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลสำรวจในภาคสนาม มีค่าความคลาดเคลื่อนมาจากการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ที่ไม่ถูกต้องเพราะเนื่องจากความสูงของต้นไม้และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมีความสัมพันธ์ที่ไม่ชัดเจน และไม่สามารถอธิบายได้จากสมการ (1) อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้อากาศยานไร่คนขับทำให้สามารถทราบความสูงของต้นไม้ทุกต้นในพื้นที่ จึงทำให้สามารถประมาณปริมาณคาร์บอนกักเก็บรวมของทั้งพื้นที่ และสามารถศึกษาการกระจายตัวของปริมาณคาร์บอนกักเก็บในเชิงพื้นที่ได้

7. ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากการดำเนินการวิจัยดังนี้

7.1 เพื่อประหยัดเวลาและลดแรงงานควรมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการนับจำนวนต้นไม้ และระบุตำแหน่งของต้นไม้แบบอัตโนมัติแทนการระบุตำแหน่งต้นไม้จากการตีความภาพถ่ายทางอากาศด้วยสายตา

7.2 ควรมีการประเมินค่ามวลชีวภาพด้วยสมการแอลโลเมตรีแยกตามชนิดของพืชพรรณเพื่อให้ได้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าที่จะใช้สมการแอลโลเมตรีตามประเภทของป่าไม้ในการคำนวณมวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละต้น

8. ผู้เขียน

ธนวิทย์ ถมกระจำง และ เอกกมล วรณเมธิ อยู่ในสังกัดภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยมีความสนใจในงานวิจัยที่เป็นประเด็นสำคัญเกี่ยวกับสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องคาร์บอน การประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน และการใช้เทคนิคอากาศยานไร้คนขับในการประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

9. เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

กรมป่าไม้. บุตาต้อง. (2560). ทะเบียนป่าชุมชน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา:

http://forestinfo.forest.go.th/fCom_detail.aspx?id=8998, เข้าดูเมื่อวันที่ 02/09/2017.

ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). *คู่มือการประเมินมวลชีวภาพของหมู่ไม้*. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ส่วนพัฒนานวนศาสตร์ชุมชน. (2557). *คู่มือการสำรวจการกักเก็บคาร์บอนและความหลากหลายทางชีวภาพในป่าชุมชน*. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการป่าชุมชน กรมป่าไม้.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (องค์กรมมหาชน) (2558). *สาขาป่าไม้และการเกษตร*. กรุงเทพฯ: การพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย.

เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

ASPRS. (2014). American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. ASPRS

Accuracy Standards for Large-scale Maps. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 1078-1080.

Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K. & Kira, T. (1965). Comparative Ecological Studies on Three Main Types of Forest Vegetation in Thailand II. Plant Biomass, *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 49-80.