

การศึกษาวิธีประมาณค่าการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นยางนาโดยใช้ อากาศยานไร้คนขับ

Study on Estimation of Carbon Storage Biomass of *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don using Unmanned Aircraft Vehicle (UAV)

รุจน์ ยศธสาร (Ruj Yotthasarn)^{1*} ดร.เพ็ญประภา เพชรบูรณ์ (Dr.Penprapa Petcharaburanin)**

(Received: September 6, 2019; Revised: December 22, 2019; Accepted: December 23, 2019)

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีประมาณค่าการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นยางนาโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ ดำเนินการในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงลำต้นและเส้นรอบวงในเชิงบวกและมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2 = 0.78$) สร้างสมการสำหรับทำนายค่าดังนี้ เส้นรอบวงต้นยางนา (ซม.) = $7.85 \times$ ความสูงต้นยางนา (ม.) - 8.58 ผลการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศได้ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3 ชั้น ข้อมูล ภาพถ่ายออร์โธรี โยตี แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM) และแบบจำลองความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) ที่ความละเอียด 2.42 4.81 และ 4.81 เซนติเมตร ตามลำดับ แปลตีความทรงพุ่มต้นยางนาด้วยสายตาได้ 906 ต้น และวิเคราะห์ความสูงต้นยางนาเพื่อทำนายค่าเส้นรอบวงของต้นยางนา พบว่าต้นยางนามีค่ามวลชีวภาพเท่ากับ 820.32 ตัน และปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 385.55 ตัน

ABSTRACT

Study on estimating carbon storage biomass of *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don using unmanned aircraft Vehicle (UAV) 1,450 trees in KhonKaen University area. The study found that there is a positive relationship between height and circumference trees, and a coefficient of decision ($R^2 = 0.78$). An equation for predicting the circumference (cm) = $7.854 \times$ height(m) - 8.587. The results of aerial photograph processing showed 3 layers Orthophoto, Digital Elevation Model (DEM) and Digital Terrain Model (DTM) at resolutions of 2.42, 4.81 and 4.81 cm respectively. Interpret 906 tree-shaped canopy and analyze the height trees to predict the circumference of trees. The study was found that the *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don in KhonKaen University area had the biomass equal to 820.32 tons and the carbon storage by 385.55 tons in the biomass.

คำสำคัญ: ต้นยางนา การเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพ อากาศยานไร้คนขับ

Keywords: *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don, Carbon storage biomass, UAV

¹Corresponding author: Rujyo@kku.ac.th

*นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในปัจจุบันโลกได้เผชิญกับวิกฤตหลายประการ หนึ่งในวิกฤตที่สำคัญคือ ปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อโลกทุกภาคส่วน ทั้งต่อชีวิตมนุษย์ การผลิตและใช้ ทรัพยากร ปัญหาสุขภาพอนามัย และการเกษตรกรรม ซึ่งประชาคมโลกได้เริ่มร่วมกันในการหาหนทางแก้ไขวิกฤตที่เกิดขึ้น โดยพบว่าทุกคนจะต้องมีส่วนร่วมในการบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล หันมาใช้พลังงานหมุนเวียนให้มากที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ รวมถึงการเพิ่มพื้นที่สีเขียวให้กับสังคมจากการเพิ่มพื้นที่ป่า เป็นต้น [1] ในคู่มือ Revised 1996 IPCC แบ่งแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 6 แหล่ง ได้แก่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก (1) ภาคพลังงาน (2) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม (3) สารละลายและการใช้ผลิตภัณฑ์ (4) ภาคเกษตรกรรม (5) การใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ และ (6) ภาคการจัดการของเสีย ในขณะที่คู่มือ 2006 IPCC ได้มีการพิจารณาแหล่งการปล่อยเพิ่มเติม รวมทั้งมีการจัดกลุ่มสาขาย่อยใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับแหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น ภาคพลังงาน พิจารณาการขนส่งและการเก็บกักก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Transport and Storage) เพิ่มเติม [2] จากการประเมินของคณะกรรมการติดตามการเปลี่ยนแปลงของโลกนานาชาติ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) เมื่อปี พ.ศ. 2557 พบว่าสามทศวรรษที่ผ่านมาพื้นผิวโลกอุ่นขึ้นอย่างต่อเนื่อง ช่วงเวลาระหว่างปี 1983 ถึง 2012 เป็นช่วงเวลาที่ร้อนที่สุดในช่วง 1400 ปีที่ผ่านมาในซีกโลกเหนือ โดยมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีปริมาณการเพิ่มขึ้นมากที่สุด ประมาณ 67% ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการใช้พลังงานฟอสซิลเป็นสำคัญ [3]

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บและแหล่งปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การกักเก็บหรือดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยพืชทุกชนิดจะนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการเปลี่ยนสภาพเป็นเซลล์ลูโลส และเป็นมวลชีวภาพในที่สุด ซึ่งถือเป็นกระบวนการที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ [4] ไมยขนเป็นหนึ่งในไม้หลากหลายที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเพื่อการใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ และสะสมหรือเก็บกักคาร์บอนได้ในเวลาเดียวกัน ซึ่งพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช (รัชกาลที่ 9) ได้มีพระราชปรารภเมื่อปี พ.ศ. 2504 ด้วยทรงห่วงในสถานการณ์ของไมยขนว่า “ไมยขนในประเทศไทยได้ถูกตัดไปใช้สอยและทำเป็นสินค้ากันเป็นจำนวนมากขึ้นทุกปี เป็นที่น่าวิตกว่าหากมิได้ทำการบำรุงส่งเสริมและดำเนินการปลูกไมยขนขึ้นแล้ว ปริมาณขางนาก็จะลดน้อยลงไปทุกที จึงควรจะได้มีการดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับการปลูกไมยขนเพื่อจะได้นำความรู้ไปใช้ในการปฏิบัติ ” [5]

การศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing) เพื่อเป็นการลดระยะเวลาในการศึกษาข้อมูลและมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ถึงแม้ว่าในปัจจุบันจะมีระบบภาพถ่ายดาวเทียมอยู่แล้ว แต่ด้วยข้อจำกัดในด้านความละเอียดของภาพ ความครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการ หรือภาพที่ต้องการอาจมีราคาสูง ทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากดาวเทียมมาวิเคราะห์ผลที่ต้องการได้ [6] ในปัจจุบันความต้องการที่จะศึกษาพื้นที่แบบเฉพาะเจาะจงจึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดสูงมากขึ้นจึงหันมาใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (โดรน) และด้วยคุณสมบัติของโดรนที่มีราคาไม่สูงมาก เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และความละเอียดในการบันทึกข้อมูลจึงทำให้มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย [6] และการอาศัยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้านี้ยังมีการศึกษาในลักษณะเจาะจงน้อยมาก ส่วนมากงานวิจัยที่มีการศึกษามาเป็นการศึกษาภาพรวมของพื้นที่ เช่น การศึกษาสิ่งปกคลุมดินทั้งหมดภายในพื้นที่ หรือการศึกษาพืชชนิดใดชนิดหนึ่งในแปลงปลูกที่มีพืชเพียงอย่างเดียว

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาวิธีการสำรวจข้อมูลโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการศึกษาวิธีการประมาณค่าการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นยางนาโดยใช้อากาศยานไร้คนขับเพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลและลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูลในการเก็บข้อมูลในพื้นที่

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อการศึกษาวิธีประมาณค่าการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพต้นยางนาโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงการเก็บข้อมูลของต้นยางนา โดยแบ่งวิธีการเก็บข้อมูลออกเป็นวิธีการคือ 1) สำรวจข้อมูลภาคสนาม และ 2) สำรวจข้อมูลโดยอากาศยานไร้คนขับ โดยสำรวจข้อมูลภาคสนามเก็บข้อมูล 3 ด้านได้แก่ 1) ความสูงของลำต้นตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายยอด 2) เส้นรอบวงของลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอกหรือ 1.3 เมตร จากพื้นดิน และ 3) ข้อมูลพิกัดตำแหน่งที่ตั้งของต้นยางนา แล้ววิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงลำต้นและเส้นรอบวง จากนั้นสร้างสมการสำหรับการทำนายค่าเส้นรอบวงจากความสูงของลำต้น ในส่วนการสำรวจข้อมูลโดยอากาศยานไร้คนขับ คือ การวางแผนการบินเก็บข้อมูลทางอากาศ จากข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของต้นยางนาในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมาทำการปรับแก้ความผิดเพี้ยนและประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศเพื่อสร้างชั้นข้อมูลทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ภาพถ่ายออร์โธรี (Ortho photos) แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM) และแบบจำลองระดับความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) สำหรับใช้สกัดข้อมูลความสูงต้นยางนาโดยการแปลตีความทรงพุ่มต้นยางนาด้วยสายตาเพื่อจำแนกต้นยางนาในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น จากนั้นใช้ความสูงของต้นยางนามาคำนวณในสมการทำนายค่าเส้นรอบวงของต้นยางนาจากอากาศยานไร้คนขับ คำนวณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนของต้นยางนา ดังภาพที่ 1

รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

ศึกษาข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของต้นยางนาภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น จากรายงาน งานวิจัย ฐานข้อมูล และจากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของศูนย์เรียนรู้อย่างนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เก็บข้อมูลภาคสนาม

สำรวจและเก็บข้อมูลต้นยางนา โดยการเก็บข้อมูล 3 ด้านของต้นยางนา คือ 1) ความสูงของลำต้นยางนาตั้งแต่โคนต้นไปจนถึงปลายยอดโดยใช้ Haga Altimeter วัดความสูงที่ระยะห่าง 15 เมตร จากโคนต้นยางนา 2) เส้นรอบวงลำต้นยางนาที่ระดับความสูงเพียงอกหรือเท่ากับ 1.3 เมตร จากพื้นดินด้วยสายวัด และ 3) พิกัดตำแหน่งของต้นยางนาด้วยเครื่องบันทึกตำแหน่ง GPS โดยเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 26 มีนาคม 2562 ถึง 23 มิถุนายน 2562

เก็บข้อมูลโดยอากาศยานไร้คนขับ

เก็บข้อมูลโดยใช้โปรแกรมวางแผนการบิน DroneDeploy ควบคุมการบินเก็บข้อมูลและกำหนดเงื่อนไขการบินเก็บข้อมูล เช่น ระดับความสูงในการเก็บข้อมูลกำหนดที่ระดับ 60 เมตรจากพื้นดิน ระยะซ้อนทับของภาพถ่ายกำหนดที่ระดับ 90% ระยะเกยระหว่างแนวบินกำหนดที่ระดับ 90% ความละเอียดของภาพที่ทำการบันทึกตั้งค่าที่ระดับสูงสุด องศาหมุนบินถ่ายภาพทำมุม 90 องศาพื้นดิน และความเร็วในการบินถ่ายไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที ถ่ายโอนข้อมูลจากแหล่งเก็บข้อมูลของอากาศยานไร้คนขับลงในคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจสอบข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงโดยใช้โปรแกรม Agisoft Photoscan โดยโปรแกรมมีความสามารถในการ

การตรวจสอบและปรับแก้ความผิดเพี้ยน จากนั้นคำนวณหาจุดเชื่อมโยงภาพถ่ายแต่ละแผ่น แล้วสกัดจุดภาพสามมิติ (Point cloud) ของแต่ละภาพและนำมาเรียงต่อกัน จากการประมวลผลของโปรแกรมจะได้ผลลัพธ์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ชั้นข้อมูล คือ ภาพถ่ายออร์โธรี ชั้นข้อมูล DEM และชั้นข้อมูล DTM โดยเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 26 มีนาคม 2562 ถึง 23 มิถุนายน 2562

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรม R (version 3.4.4) วิเคราะห์ค่าความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลำต้นยางนาและเส้นรอบวง โดยใช้สถิติสหสัมพันธ์ (Pearson's correlation) ดูความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ว่าตัวแปรทั้งสองมีแนวโน้มจะไปในทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์ในทางบวกหรือลบ จากนั้นวิเคราะห์การถดถอยแบบเชิงเส้น (Linear Regression) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวคือ ตัวประมาณการ (Predictor, X) และตัวตอบสนอง (Response, Y) [7] โดยที่ X คือค่าความสูงของลำต้นยางนา และ Y คือขนาดเส้นรอบวงลำต้นยางนา

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงใช้โปรแกรม E-cognition และ ArcGIS Desktop โดยวิเคราะห์ทรงพุ่มต้นยางนาจากภาพถ่ายออร์โธรี ด้วยวิธีการ แบ่งส่วน (segment) ของโปรแกรม E-cognition โดยกำหนดเงื่อนไขในการประมวลผล คือ กำหนดค่าน้ำหนักช่วงคลื่นสีแดง (R) ช่วงคลื่นสีเขียว (G) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (B) ชั้นข้อมูล DEM และแบบจำลองความชัน (Slope Model) ให้มีค่าเท่ากับ 1 1 1 2 และ 5 ตามลำดับ โดยดัดแปลงจาก [8] จากนั้นแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงด้วยสายตาเพื่อจำแนกทรงพุ่มต้นยางนา ขั้นตอนถัดไปเป็นการวิเคราะห์ความสูงของต้นยางนาแต่ละต้นโดยการสกัดค่าความสูงภายในขอบเขตทรงพุ่มต้นยางนาจากชั้นข้อมูล DEM แล้วหาผลต่างกับค่าต่ำสุดภายในขอบเขตทรงพุ่มต้นยางนาต้นเดียวกันจากชั้นข้อมูล DTM

การคำนวณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอน

คำนวณค่ามวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตริก (Allometric equation) การคำนวณหามวลชีวภาพของต้นไม้คำนวณจากสมการแอลโลเมตริกโดยอาศัยความสัมพันธ์ทางแอลโลเมตริก จากความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว นิยมให้ X เป็นค่า DBH เมื่อ D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 1.3 เมตรจากพื้นดิน และ H คือ ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ เพราะค่า DBH เป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรลำต้นซึ่งสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพ นำมาใช้ประมาณมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และราก มวลชีวภาพของใบและกิ่ง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดของลำต้นตรง [9] ในการวิจัยนี้ใช้สมการของ Tsutsumi เนื่องจากต้นยางนาถูกจัดอยู่ในสังคมป่าดิบแล้ง โดยมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$$Ws = 0.0509 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.919}$$

$$Wb = 0.00893 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.977}$$

$$Wl = 0.0140 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.669}$$

$$Wr = 0.0313 \text{ DBH}^2 \text{Ht}^{0.805}$$

โดยที่ Ws = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม) Wb = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม) Wl = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม) Wr = มวลชีวภาพส่วนของราก (กิโลกรัม) DBH = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิกอก (เซนติเมตร) Ht = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร) [10] จากนั้นคำนวณปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพต้นยางนา ตามหลักที่ว่า ปริมาณคาร์บอน (carbon storage) ที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีการแปรผันระหว่างชนิดของพรรณไม้ไม่มากนัก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ได้กำหนดให้ค่าปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพมีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง [11]

ผลการวิจัย

การศึกษาวิธีประมาณค่าการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นยางนาโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ ศึกษาพบต้นยางนาโดยวิธีการสำรวจภาคสนาม โดยทำการบันทึกตำแหน่งต้นยางนาภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,450 ต้น แสดงข้อมูลตามตารางที่ 1 นำข้อมูลความสูงต้นยางนาและข้อมูลขนาดเส้นรอบวงของต้นยางมาทำการทดสอบการแจกแจงแบบปกติของข้อมูลโดย Shapiro test ผลคือข้อมูลความสูงต้นยางนามีการแจกแจงแบบไม่ปกติ แต่ใช้วิธีการประมาณค่าการแจกแจงแบบปกติแทนเนื่องจากข้อมูลมีจำนวนมากเพียงพอและรูปแบบการกระจายตัวของข้อมูลที่มีสอดคล้องกัน [12] จากนั้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นรอบวงของต้นยางนา โดยใช้สถิติ Pearson's Correlation ในการทดสอบความสัมพันธ์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความสูงและขนาดเส้นรอบวงของต้นยางนามีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกโดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) = 0.78 ดังแสดงในภาพที่ 2 จากนั้นทำการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Linear Regression) และสามารถสร้างสมการเพื่อใช้ในการทำนายขนาดของเส้นรอบวงลำต้นจากข้อมูลความสูงต้นยางนามีรูปแบบของสมการคือ $Y = a + bX$ โดยที่ a,b คือค่าคงที่จากการคำนวณ Y คือขนาดเส้นรอบวงลำต้นยางนาจากการทำนาย และ X คือความสูงของต้นยางนา ผลการคำนวณค่าคงที่ a และ b ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดได้ค่าเท่ากับ -8.58 และ 7.85 ตามลำดับ จึงสามารถสร้างสมการเพื่อใช้ในการทำนายค่าได้ดังนี้ ขนาดเส้นรอบวง(ซม.) = $7.85 \times \text{ความสูงต้นยางนา(ม.)} - 8.58$

การเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศแบ่งเป็นจำนวน 18 พื้นที่ บันทึกข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศเป็นจำนวนทั้งสิ้น 8,641 ภาพ ประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับพบว่าชั้นข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรี (Ortho photos) มีความละเอียดอยู่ที่ 1.96 – 2.74 เซนติเมตรต่อพิกเซลและมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.42 เซนติเมตรต่อพิกเซล ชั้นข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (DEM) และชั้นข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงภูมิประเทศเชิงเลข (DTM) มีความละเอียดอยู่ที่ 3.92 – 5.42 เซนติเมตรต่อพิกเซลและมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.81 เซนติเมตรต่อพิกเซล ตามข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1

คำนวณมวลชีวภาพรวมของต้นยางนาภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ได้จากการสำรวจข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับเท่ากับ 820.32 ตัน และปริมาณการเก็บกักคาร์บอนรวมของต้นยางนาภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นเท่ากับ 385.55 ตัน

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของลำต้นยางนาและเส้นรอบวงของต้นยางนาในเชิงบวก และความสูงของต้นยางนาที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายทางอากาศความละเอียดสูงโดยอากาศยานไร้คนขับมาใช้ในการทำนายค่าเส้นรอบวงจากการคำนวณค่าสมการเส้นตรงอย่างง่าย Linear Regression ดังสมการ โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2 = 0.78) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ซึ่งสามารถทำนายค่าเส้นรอบวงของต้นยางนาได้ความถูกต้อง 78%

$$\text{Cir} = 7.85 \times \text{Ht} - 8.58$$

โดยที่	Cir	=	เส้นรอบวงที่ระดับความสูงเพียงอก(เซนติเมตร)
	Ht	=	ความสูงต้นยางนาตั้งแต่โคนต้นถึงปลายยอด(เมตร)

ผลการศึกษาในส่วนนี้สอดคล้องกับการศึกษาของธนวิทย์ [13] ที่ได้ประเมินปริมาณคาร์บอนของป่าชุมชน ด้วยเทคนิคอากาศยานไร้คนขับ และพบว่าความสูงที่ได้จากข้อมูลอากาศยานไร้คนขับมีความสัมพันธ์กับภาคสนามโดยมีค่า R^2 อยู่ที่ 0.72 - 0.90 ซึ่งจากผลจากวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าความสูงของต้นยางนาที่มีความสัมพันธ์กับเส้นรอบวงในเชิงบวก อย่างไรก็ตามผลการศึกษาครั้งนี้ขัดแย้งกับการศึกษาของศิวา [14] ที่ประมาณค่าชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นหม่อนโดยใช้ภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (Unmanned Aircraft Vehicle - UAV) ซึ่งมีค่าความถูกต้องในการประมาณค่าชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นหม่อนมีความคลาดเคลื่อนในการประมาณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงออกจากข้อมูลความสูงต้นไม้ที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เพราะความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่มีความชัดเจนเนื่องจากในพื้นที่ศึกษามีหมู่ไม้หลากหลายชนิดซึ่งแต่ละชนิดมีลักษณะความสัมพันธ์ที่แตกต่างกัน

จากการเก็บข้อมูล โดยสำรวจภาคสนามด้วยการเดินเท้าพบจำนวนต้นยางนาภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นทั้งสิ้น 1,450 ต้น มาเปรียบเทียบกับเก็บข้อมูลโดยอากาศยานไร้คนขับภายในพื้นที่เดียวกันที่สามารถแปลตีความด้วยสายตาได้ 906 ต้น ดังที่แสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 3 ซึ่งมีจำนวนแตกต่างกัน 544 ต้น โดยพบความแตกต่างมากที่สุดในบริเวณตรงข้ามเฟลตป่าคู่ ซึ่งมีความแตกต่างสูงถึง 333 ต้น ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบข้อมูลและพบว่าเกิดจากความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์และตีความทรงพุ่มต้นยางนา เนื่องจากต้นยางนาในบริเวณดังกล่าวมีความหลากหลายของช่วงอายุทำให้มีความสูงต่ำของต้นแตกต่างกันมากส่งผลให้เมื่อเก็บข้อมูลจากมุมสูงต้นยางนาที่สูงกว่าบดบังต้นที่มีขนาดต่ำกว่าจึงแปลความหมายได้ผิดพลาด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาวิธีประมาณค่าการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพต้นยางนาโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาขั้นตอนการวิเคราะห์ความสูงของต้นยางนาที่ได้จากการสำรวจภาคสนามที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่ามวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนของต้นยางนา สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1) การจัดเก็บข้อมูลตำแหน่งต้นยางนาภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นจำนวนทั้งสิ้น 1,450 ต้น แบ่งโซนพื้นที่ได้จำนวน 18 โซน การทดสอบความสัมพันธ์โดยมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ($R^2 = 0.78$) ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับได้ขึ้นข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรี (Ortho photos) มีความละเอียดอยู่ที่ 1.96 – 2.74 เซนติเมตรต่อพิกเซล ชั้นข้อมูล DEM และชั้นข้อมูล DTM มีความละเอียดอยู่ที่ 3.92 – 5.42 เซนติเมตรต่อพิกเซลและมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.42 และ 4.81 เซนติเมตรต่อพิกเซล ตามลำดับ แปลตีความได้จำนวน 906 ต้น และประมาณค่ามวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอน เท่ากับ 820.32 และ 385.55 ตัน ตามลำดับ

2) อุปสรรคในการศึกษาคืออากาศยานไร้คนขับ (UAV) เนื่องจากในการศึกษานี้ใช้ UAV ขนาดเล็กทำให้เวลาที่ใช้ในการขึ้นบินเก็บข้อมูลแต่ละรอบจำกัดเพียง 15 - 20 นาที และช่วงที่ผู้วิจัยทำการศึกษามีฝนตกเป็นช่วงๆ ทำให้การเก็บข้อมูลล่าช้ากว่าแผนที่วางไว้

3) ในการศึกษาครั้งนี้ทำให้สามารถทราบว่าการประยุกต์ใช้ UAV ในการเก็บข้อมูลสามารถทำได้ อีกทั้งยังเป็นฐานข้อมูลต้นยางนาภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสามารถประยุกต์ใช้วิธีการในการเก็บข้อมูลต้นยางนาในพื้นที่อื่นหรือประยุกต์ใช้วิธีการเก็บข้อมูลไปใช้กับพืชอื่นๆ ได้

4) ข้อเสนอแนะหาก UAV และซอฟต์แวร์ที่ใช้การประมวลผลมีการพัฒนาจะสามารถส่งผลให้ประสิทธิภาพสูงและความแม่นยำสูงขึ้น หากต้องการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่จำเป็นต้องใช้ UAV ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อความรวดเร็วในการเก็บข้อมูลและควรหลีกเลี่ยงการเก็บข้อมูลในช่วงฤดูฝน

เอกสารอ้างอิง

1. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) [Internet]. Glossary of Climate change and jargon and Greenhouse Gas Management [update 5 Aug 2012; cited 2018 Feb 3]. Available from: <http://159.65.137.173/index.php/publications/publication/2555/20#page/1>
2. Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) [Internet]. The Differences Between the Revised 1996 IPCC Guide and the 2006 IPCC Guide [cited 2018 Feb 3]. Available from: http://www.tgo.or.th/2015/thai/news_detail.php?id=897
3. Core Writing Team RK, Pachauri LA, Meyer et al. 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2015.
4. Viriyabancha C. Guide to Estimating Biomass of Trees. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2003.
5. Yakam P, Nonthananan S, Methakulchart D. The study of the relationship between vegetation index and rubber life span by applying data from SMMS [Internet]. Available from: www.lib.ku.ac.th/KUCONF/2556/KC5011032.pdf
6. Siripornprasarn A. Drone ... Alternative (new) - with environmental management. [Internet] [update 2017; cited 2019 Jan 20]. Available from: <http://infofile.pcd.go.th/haz/UnmannedAerialVehicle.pdf?CFID=2022283&CFTOKEN=14667634>
7. Medium.com/@info_46914 [Internet]. สถิติเบื้องต้นง่ายๆ ที่จะทำให้คุณเข้าใจการวิเคราะห์มากขึ้น ตอนที่ 2 [update 2017 Dec 3; cited 2019 Jan 20]. Available from: https://medium.com/@info_46914/สถิติเบื้องต้นง่ายๆ-ที่จะทำให้คุณเข้าใจการวิเคราะห์มากขึ้น-ตอนที่-2-1f94b6664ede
8. Onishi M, Ise T [Internet]. Automatic classification of trees using a UAV onboard camera and deep learning [update 2018 Apr 27; cited 2018 Aug 19]. Available from: <https://arxiv.org/abs/1804.10390>
9. Chai-udom K, Kamchanasutham S, Nualchawee K, Sri-ngemnyuang K, Sungpalee W. The Causal Relationship Model among Above-Ground Biomass and Vegetation Index in Lower Montane Forest, Doi Inthanon National Park, Chiang Mai, Thailand. Phranakorn Rajabhat Research Journal. 2016; 11(1): 27-35.
10. Tsutsumi TK, Yoda P, Sahunlu P, Dhanmanonda, Prachaiyo B. Shifting Cultivation: An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics (K. Kyūma & C. Pairintra Eds.): Kyoto University, Faculty of Agriculture. 1983.
11. IPCC. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Intergovernmental Panel on Climate Change (S. Eggleston & L. Buendia Eds. Vol. 3): Institute for Global Environmental Strategies. 2006.
12. Michael C, Whitlock, Dolph Schluter. The Analysis of Biological Data. England. Roberts and Company Publishers; 2008.



13. Tomkrajang T. Estimation of Carbon Sequestration in Community forests using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technique: A Case Study of Ban Bu Ta Tong Community forest, Nakornratchasima Province. Journal of Energy and Environment Technology of Graduate School Siam Technology College [Internet]. 2019 Mar 22. [cited 20 Jun.2019]; 5(1):34-2. Available from: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/JEET/article/view/179242>
14. Kaewplang S. An evaluation of UAV-derived aerial imagery for estimating the fresh ABG biomass of mulberry trees. Khon Kaen AGR. 2018. 46 Suppl. 1: 38.

ตารางที่ 1 การแบ่งโซนและความละเอียดของชั้นข้อมูลในพื้นที่ศึกษาภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น

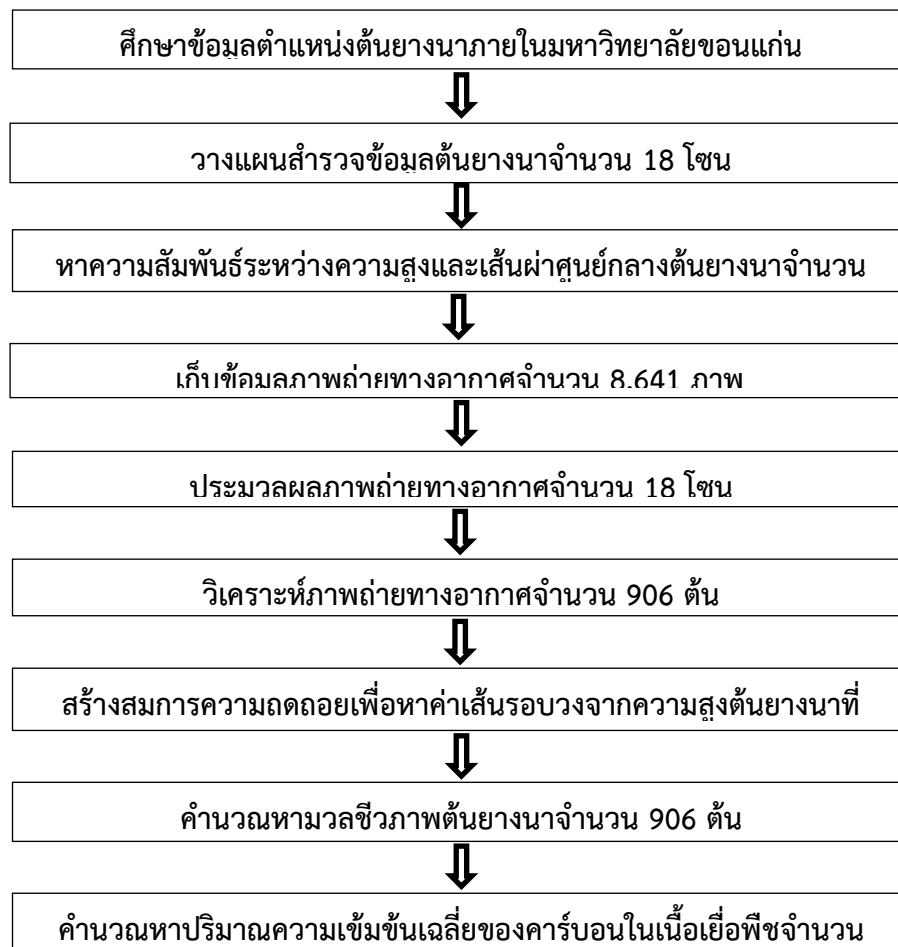
ลำดับ	ชื่อโซน	จำนวนต้น	ต้นต่ำสุด	ต้นสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	จำนวนภาพ	ความละเอียด (Ortho)	ความละเอียด (DEM)
1	ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์	79	2	21	13.70	983	2.37	4.74
2	แฟลตป่าคู่	101	2	15	8.10	593	2.28	4.56
3	ตรงข้ามแฟลตป่าคู่	879	1	25	6.62	2,163	2.46	4.92
4	ถนนหลังอุทยานการเกษตร	236	2	20	10.12	1,335	2.50	5.00
5	อุทยานการเกษตร	18	15	24	19.39	378	2.65	5.29
6	ตรงข้ามอุทยานการเกษตร	19	14	23	19.68	305	2.18	4.37
7	คณะศิลปกรรมศาสตร์	17	6	23	15.82	152	2.25	4.50
8	ลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์	15	14	22	18.40	278	2.34	4.68
9	คณะศึกษาศาสตร์	26	2	20	9.35	220	2.42	4.84
10	คณะวิศวกรรมศาสตร์	6	3	28	7.00	291	2.50	4.99
11	สวนร่วมเกล้ากัลปพฤกษ์	9	6	15	11.89	175	1.96	3.92
12	คณะเทคโนโลยี	18	8	22	11.59	214	2.15	4.31
13	คณะเกษตรศาสตร์	10	13	18	14.60	331	2.51	5.02
14	กองอำนวยการกีฬา	2	10	11	10.5	168	2.74	4.95
15	ศาลเจ้าพ่อมอดินแดง	1	20	20	20.00	109	2.38	4.76
16	สนามบาสเก็ตบอล 4 สนาม	6	7	9	8.33	274	2.71	5.42
17	คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ติควงเวียน)	5	21	22	21.4	282	2.46	4.92
18	อุทยานการเกษตร(หน้าอาคารจตุรमुख)	3	10	24	15.00	390	2.66	5.33
รวม		1,450				8,641		



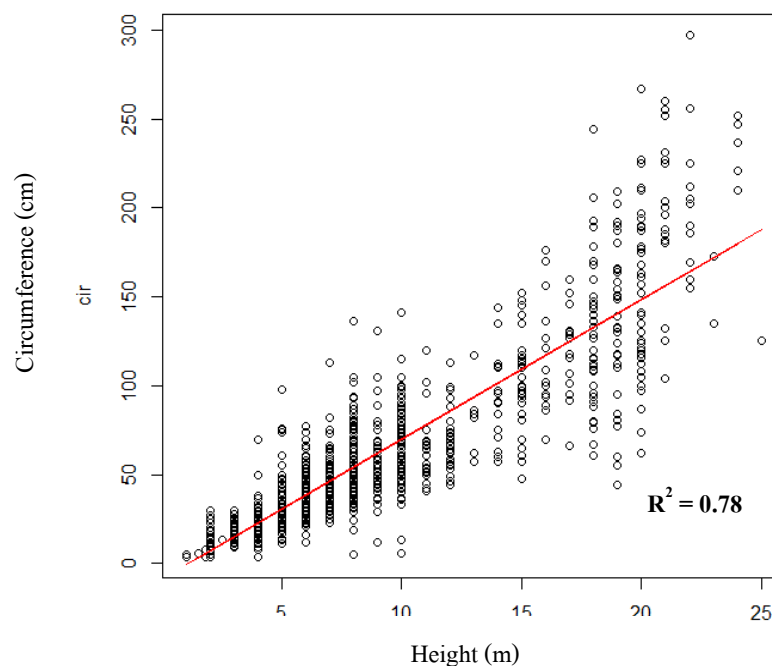
ตารางที่ 2 แสดงจำนวนทรงพุ่มต้นยางนา มวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนของต้นยางนาจากการคำนวณ โดยสมการแอลโลเมตริก

ลำดับ	ชื่อโซน	จำนวนทรงพุ่ม	ต้นยางนาต่ำสุด	ต้นยางนาสูงสุด	มวลชีวภาพ (ตัน)	ปริมาณคาร์บอน (ตัน)
1	ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์	59	3.04	28.3	136.32	64.07
2	แฟลตป่าดู่	92	4.74	20.71	37.62	17.68
3	ตรงข้ามแฟลตป่าดู่	546	3.69	23.19	228.50	107.40
4	ถนนหลังอุทยานการเกษตร	94	7.23	32.45	121.23	56.98
5	อุทยานการเกษตร	7	23.63	33.92	31.61	14.86
6	ตรงข้ามอุทยานการเกษตร	19	17.92	31.65	61.30	28.81
7	คณะศิลปกรรมศาสตร์	11	16.84	31.64	30.79	14.47
8	ลานจอดรถคณะวิศวกรรมศาสตร์	9	17.76	28.21	19.21	9.03
9	คณะศึกษาศาสตร์	21	17.32	27.95	46.59	21.90
10	คณะวิศวกรรมศาสตร์	5	10.99	25.40	7.11	3.34
11	สวนร่มเกล้ากล้วยพฤกษ์	6	18.10	26.68	9.72	4.57
12	คณะเทคโนโลยี	9	19.70	33.09	38.47	18.08
13	คณะเกษตรศาสตร์	9	15.22	25.59	13.11	6.16
14	กองอำนวยการกีฬา	1	18.22	18.22	1.12	0.53
15	ศาลเจ้าพ่อมอดินแดง	1	30.99	30.99	5.02	2.36
16	สนามบาสเก็ตบอล 4 สนาม	6	11.21	13.73	2.09	0.98
17	คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ตึกวงเวียน)	5	29.78	32.35	25.00	11.75
18	อุทยานการเกษตร(หน้าอาคารจตุรมุข)	3	10.86	16.74	1.64	0.77
รวม		906			816.45	383.73

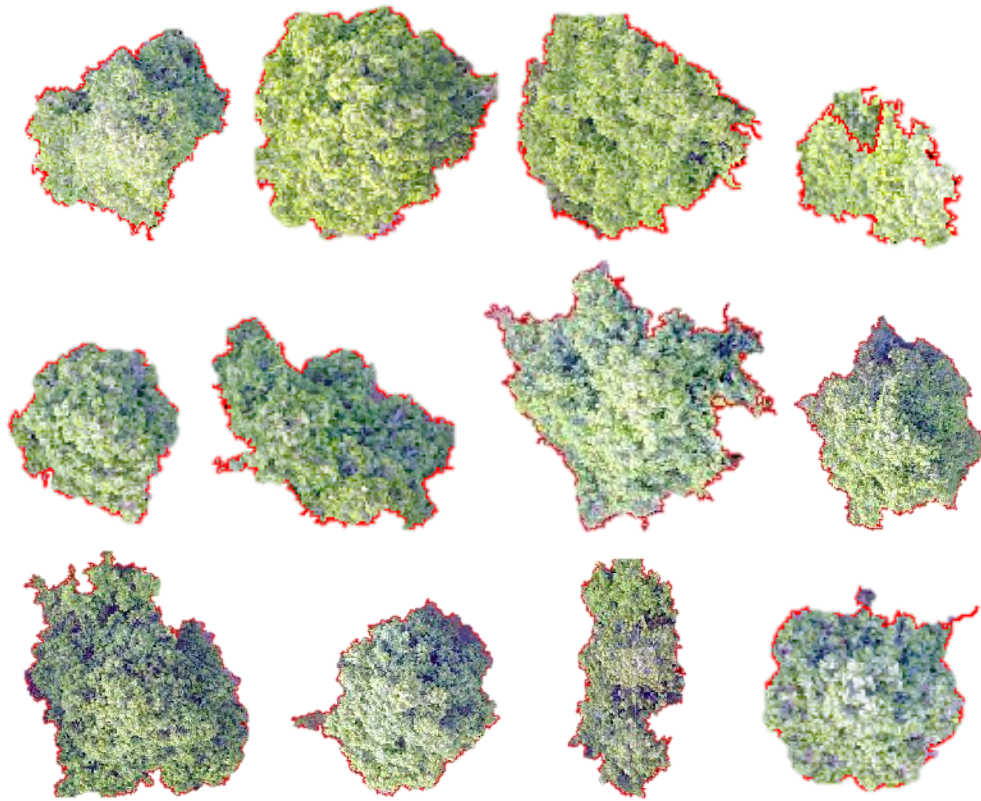




ภาพที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นรอบวงต้นยางนาที่ระดับความสูงเพียงอก 1.3 เมตร



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและขนาดเส้นรอบวงต้นยางนาที่ระดับความสูงเพียงอก 1.3 เมตร



ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างทรงพุ่มต้นยางนา *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don จากกระบวนการแบ่งส่วน (Segmentation)