

การประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ โดยใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา

Assessment of Leaf Area Index, Above-Ground Biomass, and Carbon Stock of Forests Using Remote Sensing Data and Geographic Information System: A Case Study of Khao Nam Khang National Park, Songkhla Province

ธนพงศ์ ทองเพชร^{1*} เมธา แก้วหนู² หทัยกาญจน์ วิริยะสมบัติ³ และเอมอร อ่าวสกุล⁴
Tanapong Thongphet ^{1*}, Metha Kaewnu², Hathaikarn Wiriyasombut³ and Emorn Aosakul⁴
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

* Corresponding author e-mail: Hathaikarn.ko@skru.ac.th

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญในระดับโลก โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งส่งผลกระทบต่อสมดุลของระบบนิเวศ พื้นที่ป่าไม้จึงมีบทบาทสำคัญในการดูดซับและกักเก็บคาร์บอน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB) และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Carbon Stock: CS) ของป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 จากองค์การสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา โดยคำนวณค่า LAI จากดัชนีพืชพรรณ NDVI ด้วยสมการความสัมพันธ์แบบอิมพัลส์เชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล จากนั้นนำค่า LAI ไปประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการเชิงประจักษ์ และคำนวณปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยใช้สัดส่วนคาร์บอนในชีวมวลพืชเท่ากับร้อยละ 50

ผลการวิจัยพบว่า ค่า LAI ในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 0.90–5.84 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินมีค่าอยู่ในช่วง 0–220.42 ตันต่อเฮกตาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102.55 ตันต่อเฮกตาร์ ขณะที่ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินมีค่าอยู่ในช่วง 0–110.21 ตันต่อเฮกตาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.27 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะป่าดิบชื้นและส่งผลให้มวลชีวภาพและคาร์บอนเหนือพื้นดินอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยพื้นที่ที่มีค่า LAI สูงมีแนวโน้มให้ค่ามวลชีวภาพและคาร์บอนสูงตามไปด้วย ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นถึงศักยภาพของการใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลในการประเมินทรัพยากรป่าไม้และการกักเก็บคาร์บอนในระดับพื้นที่ สามารถนำไปใช้สนับสนุนการจัดการและอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ: ดัชนีพื้นที่ใบ, มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน, คาร์บอนเหนือพื้นดิน, การรับรู้ระยะไกล

Abstract

Climate change has become a critical global issue, primarily driven by increasing atmospheric carbon dioxide emissions that disrupt ecosystem balance. Forest ecosystems play a vital role in carbon sequestration and storage. This study aimed to assess the Leaf Area Index (LAI), Above-Ground Biomass (AGB), and Carbon Stock (CS) of forests in Khao Nam Khang National Park, Songkhla Province, Thailand, using remote sensing and geographic information system techniques.

Landsat 8 satellite imagery provided by the United States Geological Survey (USGS) was employed in this study. LAI was derived from the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) using an exponential saturation model. Subsequently, AGB was estimated based on an empirical relationship with LAI, and above-ground carbon stock was calculated using a carbon fraction of 50% of biomass.

The results indicated that LAI values ranged from 0.90 to 5.84, with an average of 3.96. Above-ground biomass ranged from 0 to 220.42 ton/ha, with a mean value of 102.55 ton/ha, while carbon stock ranged from 0 to 110.21 ton/ha, with an average of 51.27 ton/ha. Areas with higher LAI values consistently exhibited higher biomass and carbon storage. These findings demonstrate the effectiveness of remote sensing data for spatial assessment of forest biomass and carbon sequestration potential, providing valuable information to support sustainable forest management and conservation planning at the landscape level. **Keywords:** Leaf Area Index, Above-Ground Biomass, Carbon Stock, Remote Sensing

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญในระดับโลกที่ทวีความรุนแรงมากขึ้นในปัจจุบัน โดยมีสาเหตุหลักจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก เฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการทำลายป่าไม้ ส่งผลให้สมดุลของระบบนิเวศถูกรบกวน และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคมในระยะยาว (IPCC, 2006; IPCC, 2014) พื้นที่ป่าไม้จึงมีบทบาทสำคัญในฐานะแหล่งดูดซับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ที่ช่วยลดความรุนแรงของภาวะโลกร้อนและสนับสนุนความยั่งยืนของระบบนิเวศโดยรวม

จังหวัดสงขลาเป็นพื้นที่ที่มีทรัพยากรป่าไม้หลากหลายและมีความอุดมสมบูรณ์ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าที่มีความชุ่มชื้นสูงซึ่งมีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพและคาร์บอนเหนือพื้นดิน อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา เป็นพื้นที่อนุรักษ์ที่มีความสำคัญเชิงนิเวศ เนื่องจากยังคงสภาพป่าไม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และทำหน้าที่เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญในระดับพื้นที่ (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2565) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ในพื้นที่ดังกล่าวยังมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนและการจัดการทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างเป็นระบบ

การประเมินมวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้มักอาศัยการสำรวจภาคสนาม ซึ่งแม้จะให้ผลที่มีความแม่นยำ แต่มีข้อจำกัดด้านเวลา ค่าใช้จ่าย และความยากลำบากในการเข้าถึงพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าที่มีภูมิประเทศซับซ้อน (Lu, 2006) เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาทรัพยากรป่าไม้มากขึ้น เนื่องจากสามารถประเมินลักษณะพืชพรรณในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งสะท้อนถึงความหนาแน่นและความสมบูรณ์ของพืชพรรณ และสามารถเชื่อมโยงกับโครงสร้างเรือนยอด มวลชีวภาพ และการสะสมคาร์บอนได้ (Turner et al., 1999; Chen et al., 2002; Asner et al., 2003)

ดังนั้น การศึกษานี้จึงมุ่งประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา โดยประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ร่วมกับการวิเคราะห์เชิงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาที่ได้จะช่วยสะท้อนศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในระดับพื้นที่ และสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผน การจัดการ และการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างยั่งยืน รวมถึงการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

วัตถุประสงค์

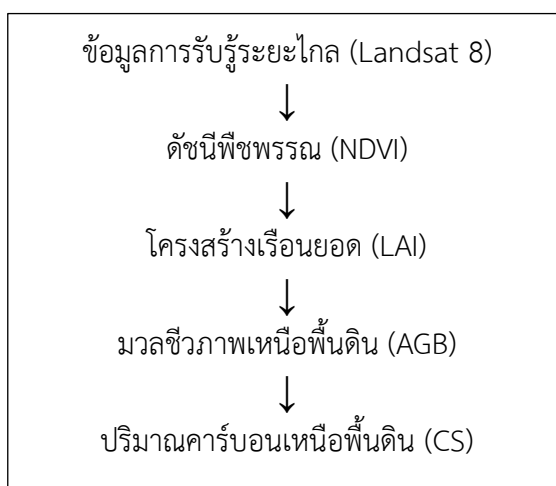
1. เพื่อประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา โดยใช้ดัชนีพืชพรรณจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8
2. เพื่อประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (CS) ของป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ระหว่างค่า LAI มวลชีวภาพ และคาร์บอนจากข้อมูลการรับรู้ระยะไกล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลเชิงพื้นที่ของค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ของป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนของลักษณะโครงสร้างเรือนยอดและความหนาแน่นของพืชพรรณ และเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการติดตามสภาพทรัพยากรป่าไม้ในระยะยาว
2. ได้ค่าประมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (CS) ของป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยข้อมูลการรับรู้ระยะไกล ซึ่งช่วยสนับสนุนการประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ และสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนด้านการอนุรักษ์ การจัดการพื้นที่คุ้มครอง และการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่และระดับนโยบาย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดดำเนินการภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม ArcMap ในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ คำนวณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา รวมทั้งจัดทำแผนที่ผลการวิเคราะห์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้



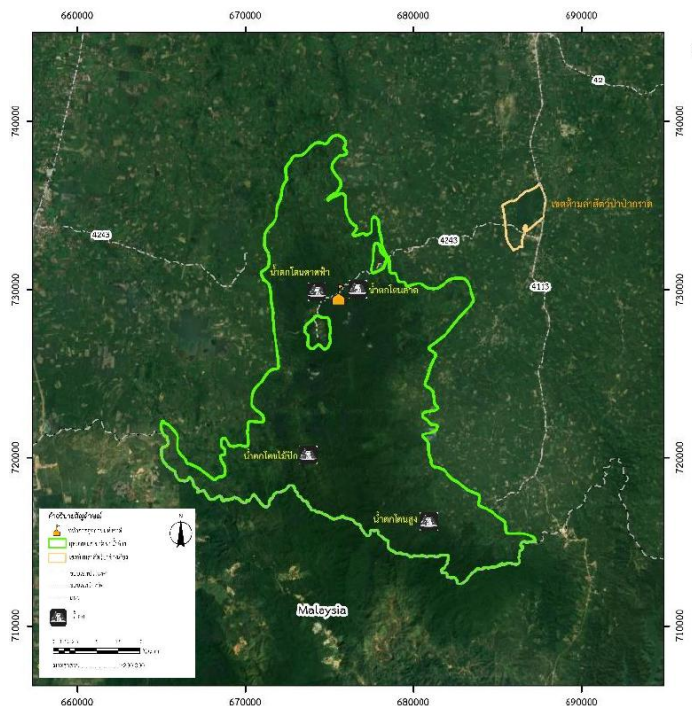
ภาพที่ 1 กรอบดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา พื้นที่ศึกษาคือ อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีพื้นที่ประมาณ 137,800 ไร่ หรือประมาณ 220 ตารางกิโลเมตร (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2565) พื้นที่ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการศึกษาการประเมินมวลชีวภาพและคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าไม้ด้วยข้อมูลการรับรู้ระยะไกล

2. การจัดเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ คือ ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 จากองค์การสำรวจทางธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey: USGS) จาก <https://earthexplorer.usgs.gov/> โดยเลือกภาพที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในตำแหน่งอุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา ซึ่งบันทึกภาพเมื่อวันที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2567 เนื่องจากมีเมฆน้อยกว่าร้อยละ 10 ของพื้นที่ทั้งหมด จากนั้นทำการตัดขอบเขตภาพ (subsetting) ให้ตรงกับขอบเขตอุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง เพื่อให้เหมาะสมต่อการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ขั้นตอนดังกล่าวเป็นแนวทางการเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อการศึกษามวลชีวภาพและคาร์บอนของป่าไม้ที่นิยมใช้ในงานวิจัยด้านการรับรู้ระยะไกล

3. การคำนวณดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณแบบปรับมาตรฐาน (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) ซึ่งคำนวณจากค่าการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) และช่วงอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared: NIR) ตามสมการ

$$NDVI = (NIR + Red) / (NIR - Red)$$



ภาพที่ 2 อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา

ที่มา : Reprinted from ข้อมูลอุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา, by กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2565, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
<https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=1007>

ค่า NDVI ที่ได้สามารถสะท้อนความหนาแน่นและความสมบูรณ์ของพืชพรรณ และถูกนำมาใช้เป็นตัวแปรสำคัญในการประเมินโครงสร้างเรือนยอดของป่าไม้ในขั้นตอนถัดไปดัชนีพืชพรรณ NDVI

4. การประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) จากดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยใช้สมการความสัมพันธ์แบบอิมิตัวเชิงเอ็กซ์โพเนนเชียล (exponential saturation model) ซึ่งมีพื้นฐานจากทฤษฎีการถ่ายโอนรังสีและแนวคิดเรื่องการอิมิตัวของ NDVI ในเรือนยอดพืชหนาแน่น โดยสมการดังกล่าวถูกพัฒนาเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของสมการเชิงเส้นที่ไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI และ LAI ได้อย่างเหมาะสมในป่าดิบชื้น เนื่องจาก NDVI มีแนวโน้มอิมิตัวเมื่อค่า LAI สูง การคำนวณ LAI (Turner et al. 1999 ; Chen et al. 2002) ดำเนินการด้วยสมการ

$$LAI = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{NDVI}{NDVI_{ma}} \right)$$

โดย กำหนดค่า $NDVI_{max}$ ให้สอดคล้องกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 และสภาพภูมิประเทศภูเขาในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้มีการตัดค่าพิกเซลที่ไม่ใช่พืชหรืออยู่นอกช่วงที่เหมาะสมออกจากการคำนวณ เพื่อให้ผลลัพธ์สะท้อนความหนาแน่นของเรือนยอดพืชในเชิงสัมพันธ์อย่างเหมาะสมตามบริบทของพื้นที่ป่าดิบชื้น

5. การคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณคาร์บอน นำค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มาคำนวณหา มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB) โดยใช้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า LAI กับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพืชพรรณ จากการนำข้อมูลค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) ที่รายงานผลสำรวจ ของ นวลปราง นวลอุไร (2548) มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้น พบว่าสามารถ ประเมินความสัมพันธ์ระหว่าง LAI และ AGB (ton/ha) ได้ด้วยสมการ

$$AGB = 62.89LAI - 146.65$$

ซึ่งสะท้อนความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างโครงสร้างเรือนยอดและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของป่าไม้

6. การคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เป็นการนำค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB) ที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้าไปคำนวณปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Carbon Stock: CS) โดยอาศัยหลักการที่ว่าชีวมวลพืชประกอบด้วยคาร์บอน เป็นองค์ประกอบหลักในสัดส่วนค่อนข้างคงที่ งานวิจัยด้านนิเวศวิทยาป่าไม้หลายฉบับระบุว่าสัดส่วนคาร์บอน ในชีวมวลพืชมีค่าเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 50 ของมวลชีวภาพแห้ง (IPCC, 2006) ในการศึกษาครั้งนี้ จึงกำหนด สัดส่วนคาร์บอนในชีวมวลพืชเท่ากับ 0.5 และคำนวณปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินตามสมการ

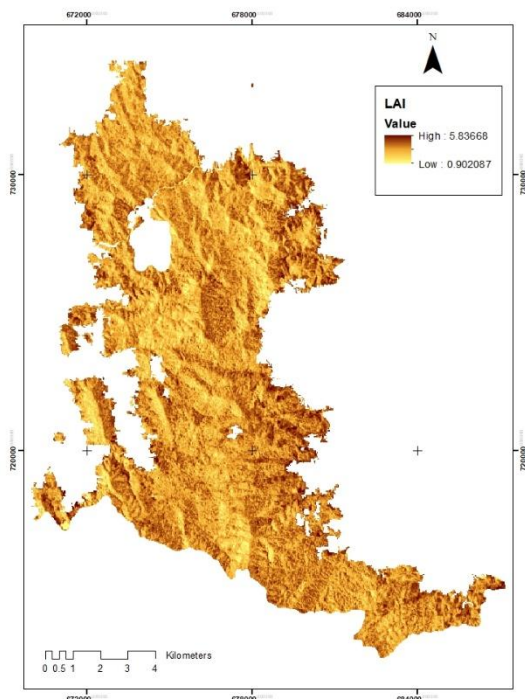
$$CS = 0.5 \times AGB$$

เมื่อ CS คือ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ตันต่อเฮกตาร์) และ AGB คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ตันต่อเฮกตาร์) การคำนวณปริมาณคาร์บอนด้วยวิธีดังกล่าวเป็นแนวทางมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในงานวิจัยด้านการประเมินคาร์บอนของระบบนิเวศป่าไม้ และเหมาะสมสำหรับการ ประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในระดับพื้นที่กว้างจากข้อมูลการรับรู้ระยะไกล โดยเฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลภาคสนามได้อย่างละเอียดครบทุกพื้นที่ (IPCC, 2006)

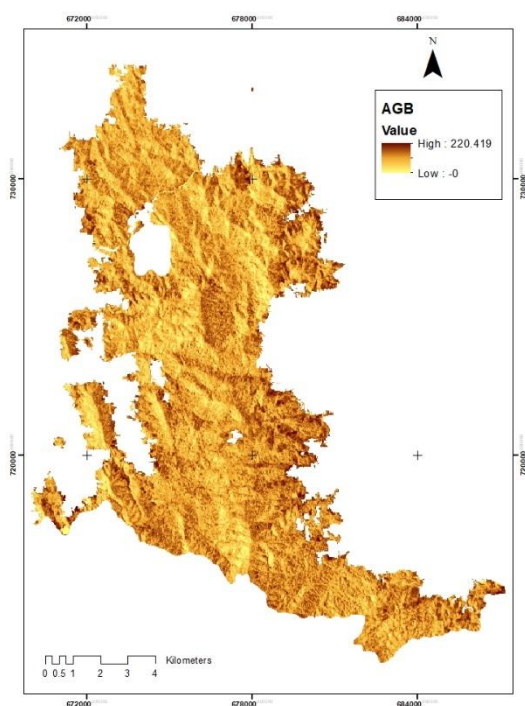
ผลการวิจัย

ผลการประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 โดยใช้ดัชนี NDVI และ สมการความสัมพันธ์แบบเอ็กซ์โพเนนเชียล แสดงให้เห็นว่า ค่า LAI ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้างมีการ กระจายตัวแตกต่างกันตามลักษณะความหนาแน่นของพืชพรรณ ค่า LAI ที่ได้มีค่าตั้งแต่ 0.90 ถึง 5.84 โดยมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 พื้นที่ที่มีค่า LAI สูง พบมากในบริเวณป่าที่มีเรือนยอดหนาแน่น ขณะที่พื้นที่ที่มีค่า LAI ต่ำพบในบริเวณพื้นที่โล่งหรือพื้นที่ที่มีพืชพรรณปกคลุมเบาบาง ดังแสดงใน ภาพที่ 3

ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB)จากการนำค่า LAI มาคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) ด้วยสมการเชิงประจักษ์ พบว่า พื้นที่ศึกษาโดยรวมมีค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินอยู่ในช่วง 0 – 220.42 ตันต่อเฮกตาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 102.55 ตันต่อเฮกตาร์ พื้นที่ที่มีค่า AGB สูงสอดคล้องกับบริเวณที่มีค่า LAI สูง โดยเฉพาะบริเวณป่าดิบชื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์ ขณะที่พื้นที่ที่มี ค่า AGB ต่ำพบในบริเวณที่มีพืชพรรณหนาแน่นต่ำหรือพื้นที่ขอบป่า ดังแสดงใน ภาพที่ 4



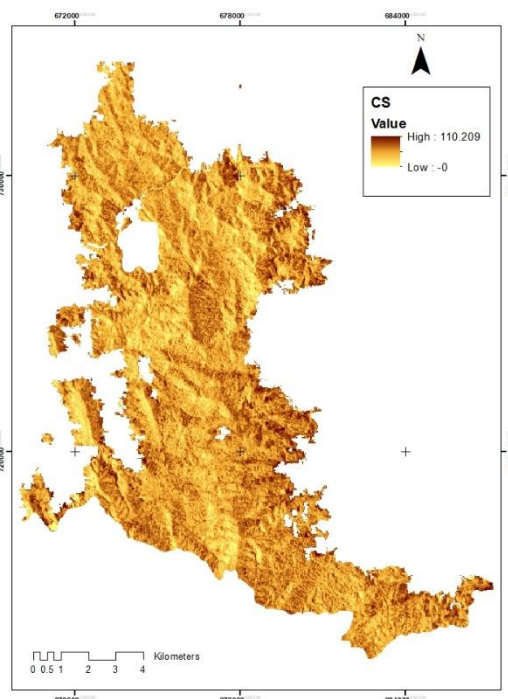
ภาพที่ 3 ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา



ภาพที่ 4 มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB) อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา

ผลการประเมินปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Carbon Stock: CS) จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินพบว่า ปริมาณคาร์บอนมีการกระจายตัวในรูปแบบเดียวกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยมีค่าคาร์บอนอยู่ในช่วง

0 –110.21 ตันต่อเฮกตาร์ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.27 ตันต่อเฮกตาร์ บริเวณที่มีค่าคาร์บอนสูงพบในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของเรือนยอดสูงและมีค่า LAI สูง ซึ่งสะท้อนศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง ดังแสดงใน ภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Carbon Stock: CS) อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) กับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างชัดเจน โดยค่า AGB เพิ่มขึ้นตามค่า LAI อย่างเป็นระบบ ซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางนิเวศวิทยาป่าไม้

นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (AGB) และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (CS) แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นตามมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ซึ่งสะท้อนความเหมาะสมของการใช้ค่า LAI จากข้อมูลการรับรู้ระยะไกลในการประเมินศักยภาพการสะสมคาร์บอนของป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา

สรุปและอภิปรายผล

ผลการประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB) และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Carbon Stock: CS) ของป่าไม้ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการกระจายเชิงพื้นที่ที่สอดคล้องกันของตัวแปรทั้งสาม โดยพื้นที่ที่มีค่า LAI สูงมักพบร่วมกับค่ามวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนสูง ซึ่งเป็นไปตามหลักการพื้นฐานทางนิเวศวิทยาป่าไม้ที่ระบุว่า โครงสร้างเรือนยอดและความหนาแน่นของใบมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสะสมชีวมวลและคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ (Asner et al., 2003; Chen et al., 2002)

ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ได้จากการประเมินด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 มีช่วงค่าและแนวโน้มใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ นวลปราง นวลอุไร (2548) ซึ่งทำการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ป่าดิบชื้นของประเทศไทย โดยรายงานว่าพื้นที่ที่มีค่า LAI สูงมีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพและคาร์บอนเหนือพื้นดินสูงกว่าพื้นที่ที่มีเรือนยอดโปร่ง ทั้งนี้ ค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากงานวิจัยนี้อยู่ในช่วงเดียวกับค่าที่รายงานจากการสำรวจภาคสนามดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลร่วมกับสมการเชิงประจักษ์สามารถให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับสภาพจริงของป่าไม้เขตร้อนได้ในระดับพื้นที่

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่าง LAI, AGB และ CS พบว่าความสอดคล้องของทั้ง 3 ค่า มีความต่อเนื่องของกระบวนการทางนิเวศวิทยา ตั้งแต่โครงสร้างเรือนยอด การสะสมชีวมวล ไปจนถึงการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินตามความสัมพันธ์จากสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับกรอบแนวคิดการประเมินคาร์บอนจากข้อมูลการรับรู้ระยะไกลที่เสนอโดย IPCC (2006) และงานวิจัยด้านป่าไม้เขตร้อนที่ใช้ตัวแปรโครงสร้างพืชพรรณเป็นตัวแทนในการประมาณชีวมวลและคาร์บอน (Gibbs et al., 2007)

อย่างไรก็ตาม ควรพิจารณาว่าผลความสัมพันธ์ระหว่าง LAI, AGB และ CS ที่ได้จากการศึกษานี้เป็นผลลัพธ์ภายใต้กรอบของแบบจำลองเชิงประจักษ์ที่ใช้ ซึ่งพัฒนาจากข้อมูลภาคสนามในบริบทพื้นที่เฉพาะ การนำสมการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่ป่าที่มีโครงสร้างเรือนยอดและองค์ประกอบชนิดไม้แตกต่างกัน อาจส่งผลต่อระดับความแม่นยำของการประเมินได้ ดังนั้น การตีความผลลัพธ์ควรเน้นในเชิงการสะท้อนรูปแบบและศักยภาพเชิงพื้นที่มากกว่าการอ้างอิงค่าปริมาณเชิงสัมบูรณ์เพียงอย่างเดียว

ผลการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่าการประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประเมินโครงสร้างป่า มวลชีวภาพ และศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในระดับพื้นที่กว้าง โดยเฉพาะในพื้นที่อนุรักษ์ที่มีข้อจำกัดด้านการเข้าถึงภาคสนาม ทั้งนี้ การพัฒนางานวิจัยในอนาคตควรผสมผสานข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม เพื่อใช้ในการประเมินมวลชีวภาพและคาร์บอนด้วยแบบจำลอง และเพิ่มความแม่นยำของการประเมินมวลชีวภาพและคาร์บอนในระดับพื้นที่ (Lu, 2006; Avitabile et al., 2016)

ข้อเสนอแนะ

- ควรพัฒนาการวิเคราะห์เชิงเวลา (multi-temporal analysis) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลาและหลายฤดูกาล เพื่อประเมินความแปรผันของค่าดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index: LAI) มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above-Ground Biomass: AGB) และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Carbon Stock: CS) ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์เชิงเวลาดังกล่าวจะช่วยให้เข้าใจพลวัตของโครงสร้างพืชพรรณ การฟื้นตัวของป่า และความไวต่อปัจจัยภูมิอากาศได้ชัดเจนยิ่งขึ้น อันจะนำไปสู่การติดตามทรัพยากรป่าไม้อย่างเป็นระบบและต่อเนื่องในระยะยาว

- ควรต่อยอดการศึกษาด้วยการวิเคราะห์ลักษณะพืชพรรณเชิงโครงสร้างเพิ่มเติม เช่น การจำแนกประเภทป่า ความหนาแน่นของเรือนยอด หรือระดับความสูงของพืชพรรณ โดยอาจบูรณาการข้อมูลจากแหล่งอื่น เช่น ข้อมูล LiDAR หรือข้อมูลสำรวจภาคสนามบางส่วน เพื่อช่วยอธิบายความแตกต่างของค่า LAI, AGB และ CS ในแต่ละพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญเชิงนิเวศ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตีความศักยภาพการสะสมชีวมวลและคาร์บอนของป่าไม้แต่ละประเภท

- ควรนำผลการประเมินค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนเหนือพื้นดินไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการวางแผนอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ป่า โดยเฉพาะการกำหนดพื้นที่เป้าหมายที่มีค่า LAI,

AGB และ CS อยู่ในระดับต่ำ เพื่อใช้ในการวางแผนฟื้นฟูป่า การควบคุมการบุกรุก และการลดความเสี่ยงจากไฟป่า ทั้งนี้ หน่วยงานที่สามารถนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์โดยตรง ได้แก่ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรมป่าไม้ และหน่วยงานด้านการจัดการทรัพยากรธรรมชาติในระดับพื้นที่

- ควรใช้ผลลัพธ์จากการประเมินศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนเป็นข้อมูลประกอบการสื่อสารเชิงนโยบายด้านการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับพื้นที่ โดยเฉพาะการระบุ “พื้นที่ศักยภาพสูง” ในการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งสามารถเชื่อมโยงกับการจัดทำบัญชีคาร์บอนของพื้นที่ป่าไม้ การรายงานตามกรอบของประเทศด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการบริหารจัดการพื้นที่คุ้มครองอย่างยั่งยืน โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) และหน่วยงานด้านสิ่งแวดล้อมในระดับจังหวัด

เอกสารอ้างอิง

- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2565). ข้อมูลอุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง จังหวัดสงขลา. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. <https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=1007>
- นวลปราง นวลอุไร. (2548). *การประเมินมวลชีวภาพและคาร์บอนของป่าดิบชื้นโดยใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Avitabile, V., Herold, M., Heuvelink, G. B. M., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Asner, G. P., Armston, J., Ashton, P. S., Banin, L., Bayol, N., Berry, N. J., Boeckx, P., De Sy, V., Di Bella, C. M., Feldpausch, T. R., Hladik, A., Houghton, R. A., Hunter, M. O., ... Willcock, S. (2016). *An integrated pan-tropical biomass map using multiple reference datasets*. *Global Change Biology*, 22(4), 1406–1420. <https://doi.org/10.1111/gcb.13139>
- Asner, G. P., Scurlock, J. M. O., & Hicke, J. A. (2003). *Global synthesis of leaf area index observations: Implications for ecological and remote sensing studies*. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3), 191–205. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00026.x>
- Chen, J. M., Pavlic, G., Brown, L., Cihlar, J., Leblanc, S. G., White, H. P., Hall, R. J., Peddle, D. R., King, D. J., Trofymow, J. A., Swift, E., Van der Sanden, J., & Pellikka, P. (2002). *Derivation and validation of Canada-wide coarse-resolution leaf area index maps using high-resolution satellite imagery and ground measurements*. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 165–184. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00300-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00300-5)
- Gibbs, H. K., Brown, S., Nilsson, J. O., & Foley, J. A. (2007). *Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: Making REDD a reality*. *Environmental Research Letters*, 2(4), 045023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/4/045023>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use). IPCC.
- Lu, D. (2006). *The potential and challenge of remote sensing-based biomass estimation*. *International Journal of Remote Sensing*, 27(7), 1297–1328. <https://doi.org/10.1080/01431160500486732>

- Turner, D. P., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Fassnacht, K. S., & Briggs, J. M. (1999). *Relationships between leaf area index and Landsat TM spectral vegetation indices across three temperate forest sites. Remote Sensing of Environment, 70*(1), 52–68. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(99\)00057-7](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(99)00057-7)
- United States Geological Survey. (2023). *Landsat 8–9 surface reflectance product guide*. <https://www.usgs.gov/landsat>
- Wang, Q., Tenhunen, J., Dinh, N. Q., Reichstein, M., Vesala, T., & Keronen, P. (2005). *Similarities in ground- and satellite-based NDVI time series and their relationship to physiological activity of a Scots pine forest in Finland. Remote Sensing of Environment, 93*(1–2), 225–237. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.07.006>