

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลข เพื่อประเมินมวลชีวภาพของป่าชายเลน บ้านเป็ดใน จังหวัดตราด

Application of Digital Color Aerial Photography for Biomass Evaluation at the Ban Pred Nai Mangrove Forest, Trat Province

พัฒนพันธ์ เจือจันทร์^{1,2*}Pattanapun Juajun^{1,2*}ลดาวัลย์ พวงจิตร์¹Ladawan Puangchit¹วันชัย อรุณประภารัตน์¹Wanchai Arunpraparut¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

² ส่วนฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 1 สาขาสระบุรี เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสระบุรี 18240

Protected Area Rehabilitation and Development Division, Protected Area Regional Office 1 (Saraburi Branch), Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chaloem Phra Kiat, Saraburi 18240, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Forever.pla2@gmail.com

รับต้นฉบับ 20 พฤษภาคม 2563

รับแก้ไข 9 กรกฎาคม 2563

รับลงพิมพ์ 13 กรกฎาคม 2563

ABSTRACT

The amount of biomass is an indicator of the fertility of a mangrove forest. Most biomass assessments are carried out using random field plots, which is time-consuming, laborious, and expensive. This study aimed to investigate the relationships between normalized difference vegetation index (NDVI) and biomass of a mangrove forest using digital color aerial photographs (DMC) and geographic information system (GIS). The studied mangrove forest is located at the Ban Pred Nai, Trat province. Field data were collected from 24 sample plots. The diameter and height of all trees with DBH > 4.5 cm was measured. The aboveground biomass of the trees in each sample plot was calculated by using allometric equations developed earlier for mangrove forests located along the Gulf of Thailand. Relationships between NDVI and the aboveground biomass were constructed and the relationship was expressed through the best fit equation.

The results showed that there were 9 species in the forest with a density of 3,838 trees per hectare. *Ceriops tagal* was the most common plant species with a density of 1,450 trees ha⁻¹. The results also indicated that the mean diameter in the mangrove forest was 8.95±3.91 cm and the height was 12.10±2.85 m. The average aboveground biomass estimated from the field survey was 212.52±5.19 t ha⁻¹. The equation best describing the relationship between NDVI and aboveground

biomass was in the form of an exponential equation = $26.784e^{5.2437(NDVI)}$, with the coefficient of determination (R^2) of 0.8969. The aboveground biomass estimated from the NDVI was 199.04 t ha^{-1} . The aboveground biomass estimated from NDVI and field survey was not statistically different ($p>0.05$).

Keywords: Digital color aerial photographs, Biomass, Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Ban Pred Nai mangrove forest

บทคัดย่อ

มวลชีวภาพเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่แสดงความสมบูรณ์ของป่าชายเลน การประเมินมวลชีวภาพส่วนใหญ่จะดำเนินการด้วยวิธีวางแปลงสุ่มสำรวจภาคสนาม ซึ่งเสียเวลา สิ้นเปลืองแรงงาน และค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) กับมวลชีวภาพของป่าชายเลน โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลข (DMC) ร่วมกับโปรแกรมสำเร็จรูปทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการเก็บข้อมูลจากการวางแปลงสุ่มสำรวจภาคสนามในพื้นที่ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน จำนวน 24 แปลง ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ในแปลงสำรวจที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปทุกต้น ทำการคำนวณหามวลชีวภาพเหนือดินของต้นไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างด้วยสมการแอลโลเมตรีของพรรณไม้ป่าชายเลน ผังอ่าวไทยของประเทศไทย ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI และมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลน แล้วนำค่าสมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุดมาประเมินมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลน

ผลการศึกษา พบพรรณไม้ป่าชายเลน จำนวน 9 ชนิด มีความหนาแน่นของพรรณไม้ เท่ากับ 3,838 ต้นต่อเฮกตาร์ พรรณไม้ที่พบมากที่สุด ได้แก่ โปรงแดง (*Ceriops tagal*) จำนวน 1,450 ต้นต่อเฮกตาร์ พรรณไม้ป่าชายเลนในแปลงสำรวจมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 8.95 ± 3.91 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 12.10 ± 2.85 เมตร คิดเป็นปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน เท่ากับ 212.52 ± 5.19 ต้นต่อเฮกตาร์ จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับมวลชีวภาพเหนือดิน พบว่า สมการเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) = $26.784e^{5.2437(NDVI)}$ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากที่สุด เท่ากับ 0.8969 เมื่อทำการประเมินมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนบ้านเปร็ดในจากการแทนค่า NDVI เฉลี่ยทั้งพื้นที่ในสมการเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) มีปริมาณเท่ากับ 199.04 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติพบว่า มวลชีวภาพเหนือดินทำการประเมินจากการแทนค่า NDVI กับการสำรวจภาคสนาม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

คำสำคัญ: ภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลข มวลชีวภาพ ดัชนีพืชพรรณ ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน

คำนำ

ตามแนวนโยบายแผนการพัฒนาประเทศของรัฐบาลที่มุ่งเน้นให้ใช้เทคโนโลยี และนวัตกรรมพื้นฐานเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารจัดการประเทศ รัฐบาลได้เห็นถึงปัญหาและความสำคัญของการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จึงได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาใช้ในการจัดทำฐานข้อมูล การติดตามตรวจสอบ

การบุกรุกทำลายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งประเมินสถานการณ์และวางแผนแก้ไขได้อย่างทันการณ์ รวมไปถึงการนำมาใช้ศึกษาวิจัย และติดตามข้อมูลผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อเตรียมพร้อมและวางแผนแก้ไขปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อประเทศ (Ministry of Natural Resources and Environment, 2017) ปัจจุบันมีการนำ

เทคโนโลยีมาประยุกต์กับภาพถ่ายเทียมเพื่อใช้จัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อาทิ การประเมินมวลชีวภาพเหนือดิน การควบคุมไฟป่า และการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต เป็นต้น การประเมินมวลชีวภาพเหนือดินเป็นตัวชี้วัดหนึ่งแสดงถึงผลผลิตของป่า และสามารถนำไปคำนวณหาการกักเก็บคาร์บอนที่กักเก็บสะสมในรูปแบบของมวลชีวภาพ เพื่อใช้ในการวางแผนแก้ไขปัญหาอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น ป่าชายเลนเป็นอีกหนึ่งระบบนิเวศที่มีความสำคัญในการผลิตมวลชีวภาพเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีประโยชน์ต่อระบบนิเวศอื่นๆ เป็นแหล่งอนุบาล และแหล่งอาหารของสัตว์น้ำ ป่าชายเลนเปรียบเสมือนเป็นแนวป้องกันภัยธรรมชาติที่เกิดจากคลื่นลมมรสุม ป่าชายเลนบ้านเปร็ดโนในอดีตได้ถูกการสัมปทานป่าชายเลนจนทำให้เปลี่ยนสภาพจากป่าชายเลนที่อุดมสมบูรณ์เป็นป่าชายเลนเสื่อมโทรม ชาวบ้านเริ่มตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น จึงได้มีการเริ่มต้นปลูกสร้างและฟื้นฟูสภาพป่าชายเลนขึ้น เพื่อต้องการทราบผลความสำเร็จของการฟื้นฟูของป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน มวลชีวภาพเป็นสิ่งที่วัดหนึ่งแสดงถึงความสามารถของป่าชายเลนได้ ซึ่งการประเมินมวลชีวภาพส่วนใหญ่จะดำเนินการด้วยวิธีการวางแผนสุ่มสำรวจภาคสนาม โดยการวัดการเติบโต เช่น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (height) เป็นต้น ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความยุ่งยาก เสียเวลา และค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

การศึกษานี้ต้องการหาวิธีประเมินมวลชีวภาพป่าชายเลน ที่มีความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย ภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลข (digital color aerial photograph, DMC) เป็นอีกตัวเลือกที่น่าสนใจเนื่องจากมีรายละเอียดของภาพค่อนข้างสูง การประเมินมวลชีวภาพจากภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลขของป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน คือ การสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับ NDVI โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คำนวณหา NDVI จากภาพถ่าย DMC แล้วนำสมการมาประเมินมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

1. เลือกข้อมูลภาพถ่าย DMC ที่ถ่ายภาพในปี พ.ศ. 2557 โดยเลือกใช้ระวาง 5533 III และ 5433 II ของกรมแผนที่ทหารให้ครอบคลุมพื้นที่บริเวณป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน จังหวัดตราด

2. ทำการปรับแก้ข้อมูลภาพถ่าย DMC ทางเรขาคณิต (geometric correction) โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ หรือที่เรียกว่า EOP ที่ได้ผ่านการปรับแก้มาแล้วเบื้องต้นจากกรมแผนที่ทหาร พร้อมทั้งแปลงภาพถ่าย DMC สู่มัณฑน (image to map) โดยอาศัยจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point : GCP) ที่อ่านค่าพิกัดจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งใช้หลักพื้นฐานและทรงกลมรี WGS 1984 โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3. จำแนกข้อมูลภาพถ่าย DMC โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน และจำแนกประเภทของข้อมูลป่าชายเลน ใช้วิธีการจำแนกข้อมูลจากภาพถ่ายทางอากาศเชิงพื้นที่ด้วยสายตา (visual interpretation) ซึ่งจะกำหนดภาพถ่าย DMC ให้เป็นภาพสีผสมเท็จ (false color composite) และลักษณะพื้นที่ภูมิประเทศมาพิจารณาประกอบ เพื่อเน้นความถูกต้องของข้อมูลซึ่งจะสามารถทำให้แยกประเภทข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

วิเคราะห์ภาพถ่าย DMC เพื่อคำนวณค่า NDVI

นำภาพถ่าย DMC ในช่วงคลื่นสีแดง (RED) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) มาคำนวณหา NDVI ที่แสดงค่าในรูปแบบข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number : DN) ซึ่งคำนวณด้วยวิธี manual จากเครื่องมือ raster calculator ในโปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยทำการแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลขของทุกช่วงคลื่นให้เป็นค่าการสะท้อนพลังงาน แล้วนำมาคำนวณเป็นค่า NDVI ซึ่งคำนวณจากสูตรสมการดังต่อไปนี้

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

โดย NDVI = ดัชนีพืชพรรณ

NIR = การสะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด

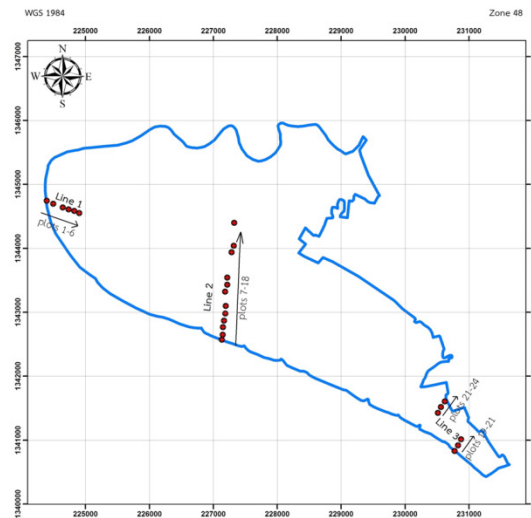
RED = การสะท้อนในช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง

การคำนวณค่า NDVI จากเครื่องมือและสูตรสมการดังกล่าว ได้ค่า NDVI อยู่ระหว่าง -0.65 ถึง 0.59 และคำนวณจำนวนจุดในภาพในพื้นที่ 10x10 เมตร

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

1. ทำการลงสำรวจพื้นที่ในระหว่างวันที่ 1-4 กันยายน พ.ศ. 2557 โดยสุ่มวางแผนสำรวจขนาด

10x10 เมตร แบบ line transects ทุกๆ 100 เมตร จำนวน 3 แนวสำรวจ จำนวน 24 แปลงตัวอย่างให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่ป่าชายเลน เนื่องจากป่าชายเลนมีลักษณะของพรรณไม้ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ตามระดับน้ำท่วมถึง ซึ่งการสำรวจเริ่มจากแนวชายฝั่งทะเลไปทางฝั่งพื้นดิน (Figure 1) โดยใช้เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) บันทึกตำแหน่งที่ตั้งของแปลงตัวอย่าง (ภาพถ่าย DMC มีรายละเอียดของจุดภาพที่สูงจึงทำให้สามารถวางแผนตัวอย่างขนาด 10x10 เมตรได้ โดยที่ไม่มีผลต่อคุณภาพของจุดภาพของภาพถ่าย DMC)



SYMBOL



The boundary of the Ban Pred Nai mangrove forest area



indicating the sample plots 1-24.

Figure 1 Location of study area and distribution of the 24 sample plots used in the estimation of aboveground biomass taken in 2014 at the Ban Pred Nai, Trat province (scale 1:40,000).

2. ทำการสำรวจวัดต้นไม้ป่าชายเลนในแปลงสำรวจที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height : DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ทุกต้น สำหรับพันธุ์ไม้สกุลโกงกาง (*Rhizophora* spp.) จะทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ 20 เซนติเมตรจากระดับคอราก พร้อมทั้งวัดความสูงของต้นไม้ด้วย

เครื่องมือวัดความสูง (haga altimeter) เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหามวลชีวภาพของแต่ละแปลงตัวอย่างด้วยสมการแอลโลเมตรีพรรณไม้ป่าชายเลนฝั่งอ่าวไทย สำหรับการประเมินมวลชีวภาพเหนือดินในส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ ของ Department of Marine and Coastal Resources (2016)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน ที่ประเมินจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม

2. คำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินจากค่า NDVI เฉลี่ยทั้งพื้นที่

3. ทำการประเมินความถูกต้องของข้อมูลด้วยการวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพจากภาพถ่าย DMC กับการสำรวจภาคสนามด้วยสถิติ โดยใช้ T-test และทำการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของค่า NDVI กับมวลชีวภาพเหนือดิน

ซึ่งมีกระบวนการดำเนินงานทั้งสิ้น ดังแสดงใน

Figure 2

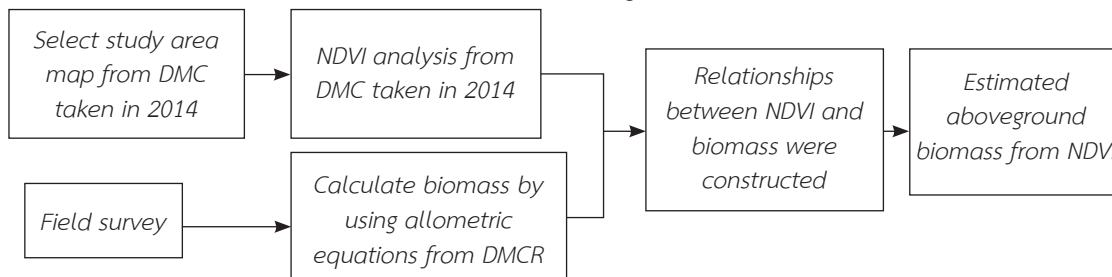


Figure 2 Flow chart of the methodology used in the present study.

ผลและวิจารณ์

ปริมาณมวลชีวภาพจากการสำรวจ

จากการศึกษาพบว่า ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน มีพรรณไม้จำนวน 9 ชนิด ได้แก่ โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) โพทะเล (*Thespesia populnea*) แสมขาว (*Avicennia alba*) และแสมทะเล (*Avicennia marina*) มีความหนาแน่นเท่ากับ 3,838 ต้นต่อเฮกตาร์ (Table 1) พรรณไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด ได้แก่ โปรงแดง รองลงมาคือ โกงกางใบเล็ก ถั่วขาว แสมทะเล โกงกางใบใหญ่ ตะบูนขาว แสมขาว พังกาหัวสุมดอกแดง โพทะเล โดยมีจำนวนต้นต่อพื้นที่เท่ากับ 1,450, 1,442, 296, 267, 163, 158, 38, 17 และ 8 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ พรรณไม้ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 8.95 ± 3.91 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.10 ± 2.85 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงมีความแตกต่างค่อนข้างมาก เนื่องจากการแปรผันไป

ตามลักษณะของชนิดพรรณไม้ การเติบโต และการแข่งขัน (Table 1) พรรณไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมากที่สุด คือ ตะบูนขาว รองลงมาได้แก่ แสมทะเล โพทะเล ถั่วขาว โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ พังกาหัวสุมดอกแดง โปรงแดง และแสมขาว ตามลำดับ โดยมีความสูงเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 12.65 ± 7.07 , 12.17 ± 6.23 , 10.66 ± 3.82 , 9.79 ± 5.24 , 09.9 ± 3.09 , 9.02 ± 3.48 , 8.34 ± 3.80 , 7.66 ± 2.49 และ 7.61 ± 3.35 เซนติเมตร ตามลำดับ

ความสูง (height) ของพรรณไม้ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 12.10 ± 2.85 เมตร (Table 1) พรรณไม้ที่มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ โพทะเล รองลงมาได้แก่ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ แสมทะเล ถั่วขาว ตะบูนขาว โปรงแดง พังกาหัวสุมดอกแดง และแสมขาว ตามลำดับ โดยมีความสูงเท่ากับ 15.00 ± 0.00 , 14.03 ± 2.76 , 12.24 ± 2.29 , 11.55 ± 3.27 , 11.34 ± 2.48 , 11.01 ± 3.06 , 10.63 ± 1.63 , 9.63 ± 0.48 และ 9.39 ± 2.15 เมตร ตามลำดับ จากการศึกษพบว่า พรรณไม้ป่าชายเลนบ้านเปร็ดในมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยลดลง ในขณะที่ความสูงเฉลี่ยของพรรณไม้ป่าชายเลนมีค่าเพิ่มขึ้นมาก เมื่อเทียบกับการศึกษาของ Pattanasing

(2012) ซึ่งทำการศึกษาพื้นที่บริเวณเดียวกัน โดยรายงาน ว่า ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพรรณไม้ป่าชายเลนมีค่าเท่ากับ 9.31 เซนติเมตร และมีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 7.40 เมตร แม้ว่าต้นไม้ในการศึกษารั้งนี้จะมีอายุมากขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจากป่าบริเวณนี้มีความหนาแน่นสูงมาก เมื่อเทียบกับป่าชายเลนในพื้นที่อื่นๆ เช่น ป่าชายเลนพื้นที่เขาสมิง จังหวัดตราด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 2,213 ต้นต่อเฮกตาร์ (Patanaponpaiboon, 1979) และป่าชายเลนในจังหวัดตราด ที่ทำการศึกษากระจายทั้งพื้นที่จังหวัด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 2,004 ต้นต่อเฮกตาร์ (Department of Marine and Coastal Resources, 2016) เป็นต้น ทำให้ต้นไม้ไม่สามารถพัฒนา

ด้านความโต แต่พัฒนาความสูงเพื่อแก่งแย่งแสง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Department of Marine and Coastal Resources (2016) ที่ศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของพรรณไม้ป่าชายเลนพื้นที่ต่างๆ ในจังหวัดตราด ที่ทำการศึกษา ปี พ.ศ. 2557 เช่นเดียวกัน มีค่ามากกว่า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 14.56 เซนติเมตร แม้ว่าจะมีความหนาแน่นเฉลี่ยของพรรณไม้ที่น้อยกว่า แต่มีการศึกษาที่สุ่มการกระจายที่มากกว่า และบางพื้นที่ไม่มีการทำสัมปทานไม้จึงทำให้พรรณไม้มีขนาดใหญ่กว่าต่างจากป่าชายเลนบ้านเปร็ดในที่เกิดจากการปลูกป่าทดแทนการสัมปทานไม้

Table 1 Diameter, height, density, and the aboveground biomass of the sample plots in the mangrove forest at Ban Pred Nai, Trat province.

No.	Species	Average diameter (cm)	Average height (m)	Density of tree (number ha ⁻¹)	Aboveground biomass (t ha ⁻¹)
1	<i>Rhizophora apiculata</i>	9.09±3.09	14.03±2.76	1,442	92.67±0.19
2	<i>Rhizophora mucronata</i>	9.02±3.48	12.24±2.29	163	8.96±0.15
3	<i>Xylocarpus granatum</i>	12.65±7.07	11.01±3.06	158	12.41±0.35
4	<i>Bruguiera cylindrica</i>	9.79±5.24	11.34±2.48	296	16.22±0.33
5	<i>Ceriops tagal</i>	7.66±2.49	10.63±1.63	1,450	54.49±0.11
6	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	8.34±3.80	9.63±0.48	17	0.56±0.11
7	<i>Thespesia populnea</i>	10.66±3.82	15.00±0.00	8	0.61±0.18
8	<i>Avicennia alba</i>	7.61±3.35	9.39±2.15	38	0.79±0.09
9	<i>Avicennia marina</i>	12.17±6.23	11.55±3.27	267	25.81±0.53
Average		8.95±3.91	12.10±2.85	3,838	212.52

จากข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง และความหนาแน่นของพรรณไม้ป่าชายเลน สามารถประเมินมวลชีวภาพของป่าชายเลนบ้านเปร็ดในโดยใช้สมการแอลโลเมตรีของป่าชายเลนฝั่งอ่าวไทยของ Department of Marine and Coastal Resources (2016) พบว่า ป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน พื้นที่ 1,920 เฮกตาร์ มีมวลชีวภาพเหนือดิน 408,041 ตัน หรือ 212.52 ตันต่อเฮกตาร์ (Table 1) ปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน

ที่ประเมินได้ในการศึกษารั้งนี้มากกว่าการศึกษาของ Pattanasing (2012) ในพื้นที่บริเวณเดียวกันถึง 89.82 ตันต่อเฮกตาร์ เนื่องจากต้นไม้มีขนาดโตขึ้นและมีความหนาแน่นมากขึ้นหลังจากเวลาผ่านไปสองปี การศึกษารั้งนี้ยังมีการสุ่มแปลงสำรวจกระจายพื้นที่มากกว่าการศึกษาของ Pattanasing (2012) นอกจากนั้นมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนบ้านเปร็ดใน ยังมีค่ามากกว่าป่าชายเลนในพื้นที่อื่นๆ เช่น บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑล

ระนองมีมวลชีวภาพเหนือดิน เท่ากับ 119.76 ตันต่อเฮกตาร์ (Meepol, 2010) แสดงว่าความหนาแน่นของพรรณไม้มีผลต่อปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของพื้นที่พรรณไม้บริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนองมีอายุมากและขนาดใหญ่ ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างต้นมาก ต่างกับป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน ซึ่งเป็นป่าที่ถูกฟันพุ่มหลังจากถูกทำลายไป พรรณไม้มีขนาดไม่ใหญ่และมีการแข่งขันระหว่างต้นสูง จึงทำให้ช่องว่างระหว่างต้นน้อย ความหนาแน่นของพรรณไม้จึงมากกว่า

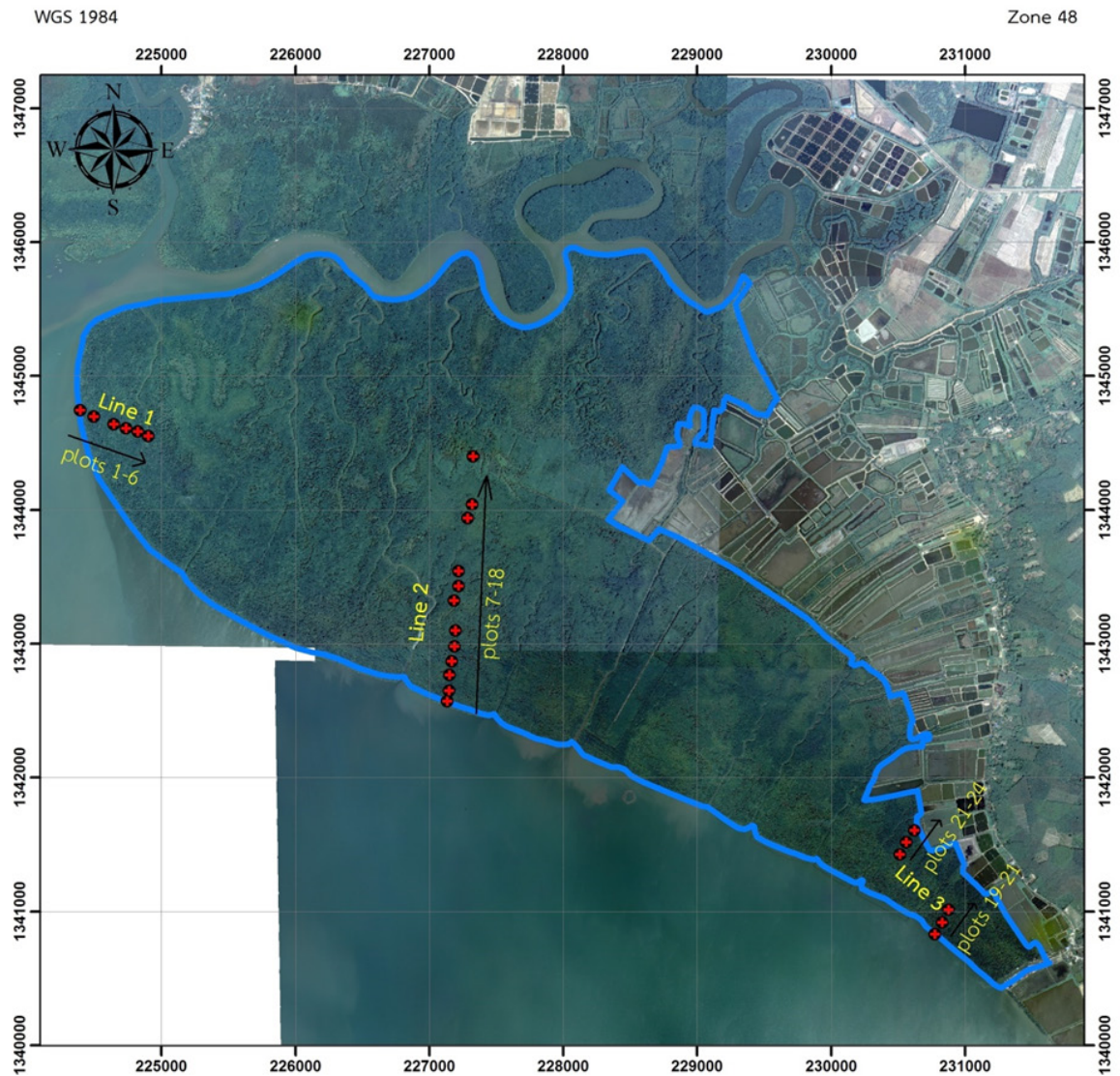
ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) จากภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลข (DMC)

ภาพถ่าย DMC ที่นำมาใช้ในการศึกษารั้วนี้ มีลักษณะเป็นภาพถ่ายทางอากาศสี ซึ่งถ่ายเมื่อปี พ.ศ. 2557 (Figure 3) ซึ่งถือว่าเป็นภาพถ่ายทางอากาศที่มีรายละเอียดและความคมชัดสูงที่สุดในปัจจุบัน เมื่อนำภาพถ่าย DMC มาประมวลผลแล้ว จะได้ภาพแสดงลักษณะของพืชพรรณ ดิน และน้ำ เป็นสีเขียวและสีแดง โดยสีแดงหมายถึง พืชพรรณ (พรรณไม้) ส่วนสีเขียวหมายถึง น้ำ ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ ที่ไม่ใช่พืชพรรณ (Figure 4) ทำการคำนวณค่า NDVI เฉลี่ยโดยการคำนวณจากจุดภาพ DMC แต่ละแปลงสำรวจ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของจุดภาพเท่ากับ 1007 ± 5 จุดภาพต่อแปลง หรือเทียบได้ว่า 1 ตารางเมตร มีจุดภาพประมาณ 10 จุดภาพ

ผลการคำนวณค่าเฉลี่ยของค่า NDVI ของป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน จังหวัดตราด จำนวน 24 แปลง จากภาพถ่าย DMC พบว่า มีค่า NDVI เฉลี่ยทั้งพื้นที่เท่ากับ 0.3825 ± 0.1369 และมีค่าเฉลี่ยในแต่ละแปลงสำรวจดังแสดงใน Table 2 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ย NDVI มากที่สุด เท่ากับ 0.4916 ± 0.0202 มีไม้เด่นในแปลงสำรวจ ได้แก่ โกงกางใบเล็ก ซึ่งมีค่าความหนาแน่นของ

ต้นไม้ เท่ากับ 8,100 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนแปลงที่มีค่า NDVI เฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 0.2487 ± 0.1376 มีไม้เด่นในแปลงสำรวจ ได้แก่ โปรงแดง มีค่าความหนาแน่นของต้นไม้ เท่ากับ 3,200 ตันต่อเฮกตาร์ จะเห็นได้ว่าค่า NDVI ขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของต้นไม้ ด้วย เนื่องจากโปรงแดงมีลักษณะค่อนข้างสูงโปร่ง แตกกิ่งก้านสั้นและน้อย ส่วนโกงกางใบเล็กมีลำต้นค่อนข้างใหญ่ มีการแตกกิ่งก้านมาก และมีทรงพุ่มที่มีรัศมีมากกว่าโปรงแดง จึงทำให้ค่า NDVI มากกว่า จากการศึกษาของ Rahetlah *et al.* (2014) ซึ่งทำการศึกษาบริเวณภูมิภาค วาคินานคาร์ทนา ประเทศมาดากัสการ์ พบว่า ค่า NDVI มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของหญ้าแฝกที่เป็นพืชสีเขียว มากถึงร้อยละ 74 แสดงว่าค่า NDVI มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพของพืชสีเขียว สอดคล้องกับการศึกษาของ Gizachew *et al.* (2016) ที่ทำการศึกษามวลชีวภาพของป่า ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศแทนซาเนีย โดยใช้ตัวแปรจำนวน 14 ตัวแปร จากดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพมากที่สุด ได้แก่ ค่า NDVI ดังนั้น NDVI จึงเป็นค่าที่เหมาะสมกับการนำมาประเมินมวลชีวภาพเหนือดิน

เมื่อนำค่า NDVI เฉลี่ยทั้งพื้นที่ ของป่าชายเลนบ้านเปร็ดโน มาเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Sarawong (2008) ในบริเวณป่าสาธิตแม่ขาว จังหวัดลำปาง พบว่า มีค่า NDVI มากกว่าป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีค่าเท่ากับ 0.34 และ 0.28 ตามลำดับ แต่น้อยกว่าป่าดิบเขาและป่าดิบแล้ง และมีค่า NDVI ใกล้เคียงกับป่าชายเลนบริเวณเกรละ รัฐทางตอนใต้ของประเทศอินเดีย มีค่าเท่ากับ 0.0229-0.4174 (Bindu *et al.*, 2018) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ค่า NDVI ขึ้นอยู่กับชนิดของป่า และลักษณะของพืชพรรณ



SYMBOL

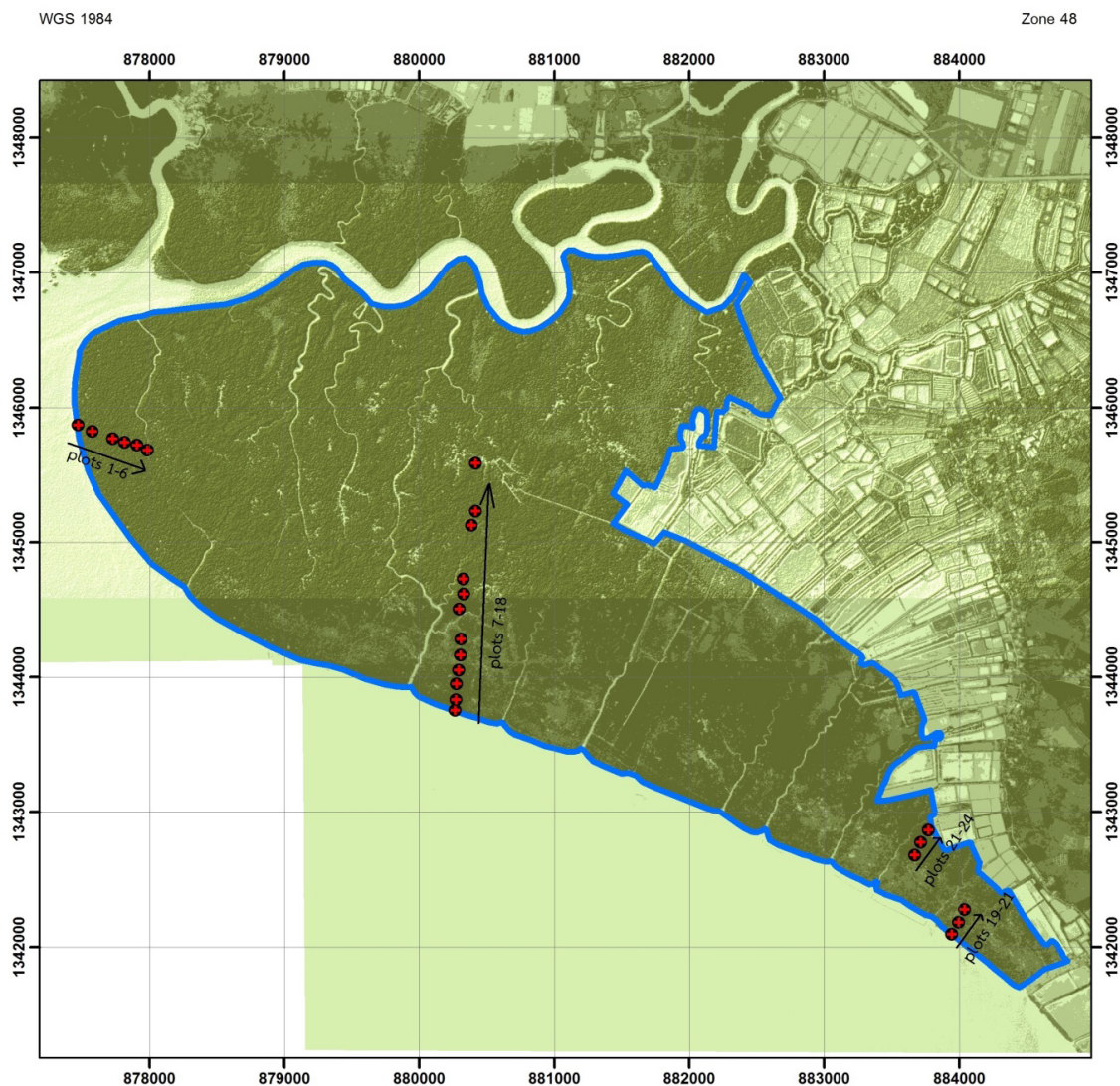


The boundary of the Ban Pred Nai mangrove forest area



indicating the sample plots 1-24.

Figure 3 Digital color aerial photograph (DMC) of the Ban Pred Nai, Trat province taken in 2014 (scale 1:40,000).



SYMBOL

The boundary of the Ban Pred Nai mangrove forest area

indicating the sample plots 1-24.

NDVI

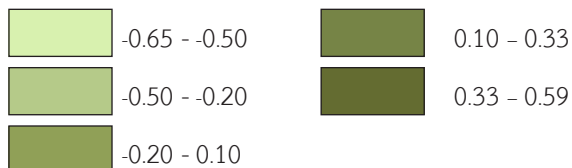


Figure 4 Normalized difference vegetation index (NDVI) of the mangrove forest at Ban Pred Nai, Trat province, determined from the digital color aerial photograph (DMC) taken in 2014 (scale 1:40,000).

Table 2 Normalized difference vegetation index (NDVI) of the mangrove forest in Ban Pred Nai at Trat province.

Plots	Normalized difference vegetation index (NDVI)		Dominant species	Density of tree (numbers ha ⁻¹)
	Average	Number of analysis (points)		
1	0.3376±0.0383	1005	<i>Rhizophora apiculata</i>	3,200
2	0.3855±0.0568	1015	<i>Rhizophora apiculata</i>	2,700
3	0.4850±0.0297	1001	<i>Rhizophora apiculata</i>	4,600
4	0.3665±0.0691	1001	<i>Rhizophora mucronata</i>	3,000
5	0.4437±0.0196	1001	<i>Rhizophora apiculata</i>	3,700
6	0.4916±0.0202	1007	<i>Rhizophora apiculata</i>	8,100
7	0.3194±0.0293	1004	<i>Avicennia marina</i>	3,400
8	0.3620±0.0248	1007	<i>Bruguiera cylindrica</i>	2,200
9	0.3233±0.0315	1002	<i>Ceriops tagal</i>	3,800
10	0.2809±0.0367	1015	<i>Ceriops tagal</i>	3,400
11	0.3191±0.0305	1011	<i>Ceriops tagal</i>	3,700
12	0.4281±0.0137	1011	<i>Ceriops tagal</i>	5,900
13	0.4337±0.0165	1012	<i>Ceriops tagal</i>	5,300
14	0.4616±0.0136	1005	<i>Rhizophora apiculata</i>	3,200
15	0.4452±0.0144	1002	<i>Rhizophora apiculata</i>	4,500
16	0.3124±0.1056	1011	<i>Rhizophora apiculata</i>	1,900
17	0.3615±0.0608	1020	<i>Ceriops tagal</i>	4,400
18	0.4366±0.0292	1004	<i>Xylocarpus granatum</i>	3,100
19	0.4460±0.0218	1007	<i>Avicennia marina</i>	2,000
20	0.3205±0.0253	1001	<i>Bruguiera cylindrica</i>	3,400
21	0.2684±0.0570	1001	<i>Bruguiera cylindrica</i>	2,200
22	0.3681±0.0324	1009	<i>Bruguiera cylindrica</i>	5,100
23	0.2487±0.1376	1012	<i>Ceriops tagal</i>	3,200
24	0.4770±0.0200	1011	<i>Ceriops tagal</i>	6,100
Average	0.3825±0.1369	1007±5		3,838

ความสัมพันธ์ระหว่าง NDVI กับ มวลชีวภาพเหนือดิน

จากการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับค่า NDVI มีรูปแบบสมการอยู่ในระดับที่ดี คือมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก โดยรูปแบบสมการที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด ได้แก่ สมการเอกซ์

โพเนนเชียล (exponential, $R^2 = 0.8969$) รองลงมา ได้แก่ สมการยกกำลัง (power, $R^2 = 0.8923$) สมการพหุนาม (polynomial, $R^2 = 0.8432$) สมการเส้นตรง (linear, $R^2 = 0.8091$) และ สมการลอการิทึม (logarithmic, $R^2 = 0.7760$) ตามลำดับ (Figure 5 และ Table 3)

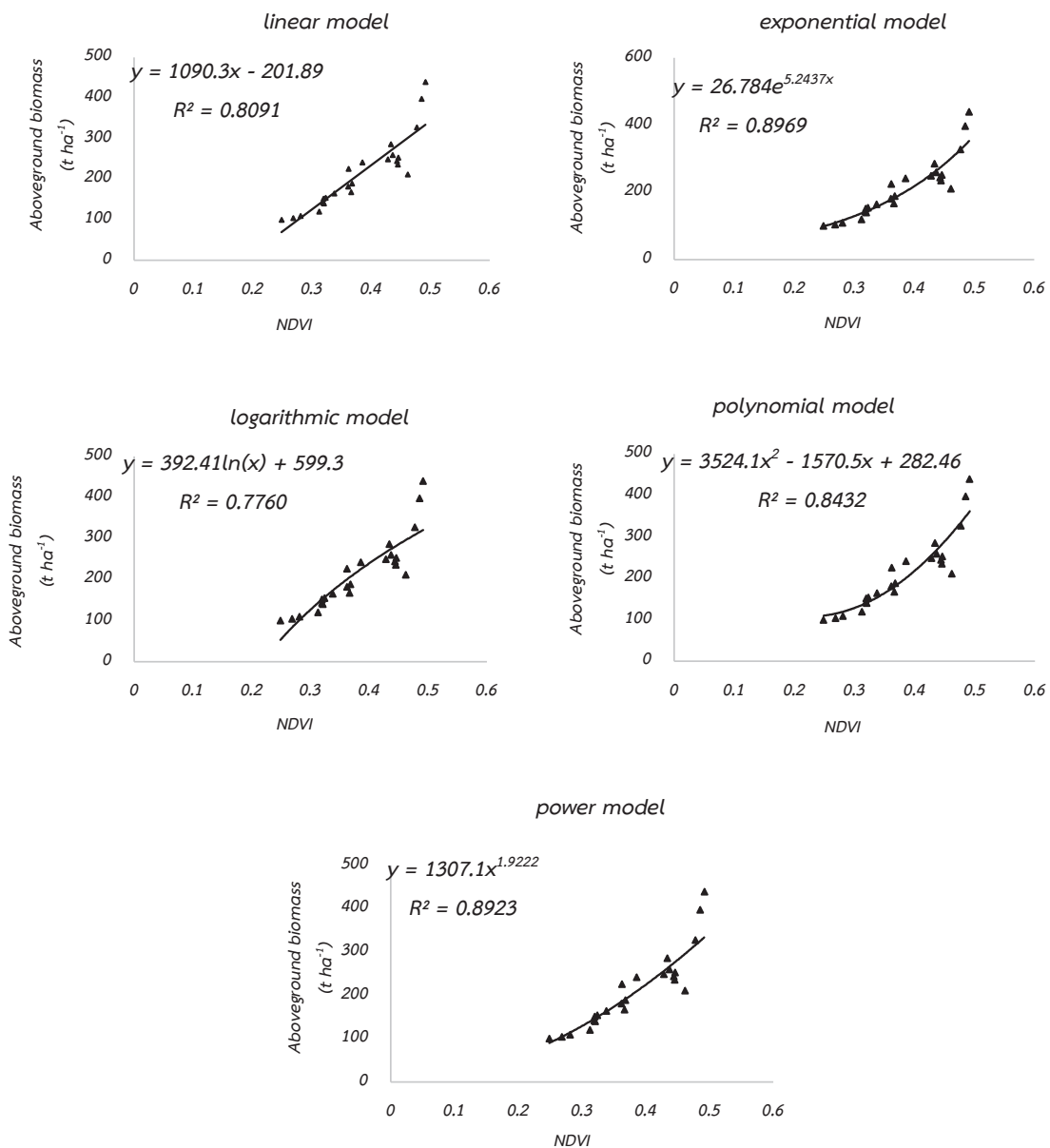


Figure 5 Various equations to model the relationship between NDVI and the aboveground biomass of mangrove forest at Ban Pred Nai, Trat province.

Table 3 Equations and coefficient of determination (R^2) of NDVI and aboveground biomass of mangrove forest at the Ban Pred Nai, Trat province.

Equation form	Equation	R^2
Exponential	$y = 26.784e^{5.2437(NDVI)}$	0.8969
Power	$y = 1307.1(NDVI)^{1.9222}$	0.8923
Polynomial	$y = 3524.1(NDVI)^2 - 1570.5(NDVI) + 282.46$	0.8432
linear	$y = 1090.3(NDVI) - 201.89$	0.8091
Logarithmic	$y = 392.41\ln(NDVI) + 599.3$	0.7760

Remark: y = Aboveground biomass

จากการศึกษาความสัมพันธ์โดยการสร้างสมการถดถอยระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับ NDVI จากภาพถ่าย DMC พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่าการศึกษาในป่าชายเลนอื่นๆ เช่น ป่าชายเลนบริเวณรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.7100 ซึ่งได้ศึกษาจากความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับค่า NDVI ที่วิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม LISS IV ขององค์การวิจัยอวกาศแห่งอินเดีย (ISRO) (Bindu *et al.*, 2018) เช่นเดียวกับการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินของ Sridang (2008) บริเวณป่าชายเลนบนเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.7830 โดยใช้ดัชนีพืชพรรณจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ IR/R (แบบหารอย่างง่าย) และ NDVI ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM และการศึกษาของ Salum *et al.* (2020) ได้ทดสอบตัวแปรความสูงต้นไม้จากระบบ LiDAR ของดาวเทียม เพื่อหาความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลน ในประเทศบราซิล พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.8725 การเลือกตัวแปรจึงมีความสำคัญมากในการประเมินมวลชีวภาพของพื้นที่และค่า NDVI จากภาพถ่าย DMC มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพมากกว่า NDVI ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม การใช้ภาพถ่าย DMC จึงเป็นตัวเลือกที่น่าสนใจในการนำมาประเมินมวลชีวภาพเหนือดิน

มวลชีวภาพป่าชายเลนบ้านเป็ดใน จากค่าดัชนีพืชพรรณ

ทำการประเมินมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนบ้านเป็ดใน จากการแทนค่า NDVI เฉลี่ยทั้งพื้นที่ ที่ได้จากวิเคราะห์ภาพถ่าย DMC ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.3825 ± 0.1369 ในสมการรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) เนื่องจากเป็นรูปแบบที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงสุด ได้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินเท่ากับ 328,420.64 ตัน หรือ 199.04 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณมวลชีวภาพจากการสำรวจภาคสนาม พบว่า มีค่าน้อยกว่าเท่ากับ 6.44 ตันต่อเฮกตาร์ เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างการประเมินมวลชีวภาพเหนือดินจากการแทนค่า NDVI กับการประเมินมวลชีวภาพด้วยการสำรวจภาคสนาม พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) การประเมินมวลชีวภาพเหนือดินจากค่า NDVI จากภาพถ่าย DMC จึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินมวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนได้

สรุป

มวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนบ้านเป็ดใน จากการสำรวจภาคสนาม มีค่าเท่ากับ 212.52 ± 5.19 ตันต่อเฮกตาร์ การสร้างความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับค่า NDVI มีความสัมพันธ์ในระดับที่ดีทั้ง 5

รูปแบบ โดยรูปแบบที่ดีที่สุด ได้แก่ รูปแบบสมการเอกซ์โพเนนเชียล (exponential) สมการที่ได้คือ $y = 26.784e^{5.2437(NDVI)}$ ($R^2 = 0.8969$) มวลชีวภาพเหนือดินของป่าชายเลนบ้านเป็ดใน จากการแทนค่า NDVI มีค่าเท่ากับ 199.04 ตันต่อเฮกตาร์ ข้อดีของการใช้ภาพ DMC นั้น เนื่องจากภาพถ่ายทางอากาศมีรายละเอียดและความคมชัดสูง เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่า NDVI กับมวลชีวภาพเหนือดิน ส่งผลให้มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน ส่วนข้อจำกัดของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (Geometric Correction) ของภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลข โดยการแปลงภาพสู่แผนที่ (image to map) ซึ่งอ้างอิงโดยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point : GCP) ที่อ่านค่าพิกัดจากแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ซึ่งใช้หลักพื้นฐานและทรงกลมรี WGS 1984 นั้น ไม่ได้มีการระบุค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น อีกทั้งการประเมินความถูกต้องของสมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือดินกับ NDVI ยังไม่สมบูรณ์เนื่องจากจำนวนตัวอย่างภาคสนามที่มีจำกัด และการใช้ NDVI เพียงค่าเดียวทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน ควรใช้ข้อมูลดัชนีที่สำคัญ เช่น soil index และ water index ซึ่งจะช่วยในการสร้างแบบจำลองที่สอดคล้องกับสภาพของป่าชายเลน และไม่ได้ตรวจสอบผลการประเมินมวลชีวภาพที่ได้มา โดยการสุ่มวางแปลงภาคสนาม เพื่อทดสอบความถูกต้องของสมการประเมินมวลชีวภาพจาก NDVI

REFERENCES

- Bindu, G., P. Rajan, E.S. Jishnu and K.J. Ajith. 2018. Carbon stock assessment of mangrove using remote sensing and geographic information system. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science** 23: 1-9.
- Department of Marine and Coastal Resources. 2016. **The Mangrove Forest Biological Diversity 10 Years of Mangrove Forest Biological Resource**. Marine and Coastal Resources Promotion and Management Division, Department of Marine and Coastal Resources, Bangkok. (in Thai)
- Gizachew, B., S. Solberg, E. Naesset, T. Gobakken, O.M. Bollandsas, J. Breidenbach, E. Zahabu and E.W. Mauya. 2016. Mapping and estimating the total living biomass and carbon in low-biomass woodlands using Landsat 8 CDR data. **Carbon Balance and Management** 11: 1-14.
- Meepol, W. 2010. Carbon sequestration of mangrove forests at Ranong Biosphere Reserve. **Journal of Forest Management** 4(7): 33-47. (in Thai)
- Ministry of Natural Resources and Environment. 2017. **Strategy Planning for Ministry of Natural Resources and Environment 2017-2021**. Available Source: <http://www.mnre.go.th/oops/th/news/detail/12477>, January 15, 2020. (in Thai)
- Patanaponpaiboon, P. 1979. **Structure of Mangrove Forest at Amphoe Khao Saming, Trat**. M.S. Thesis, Chulalongkorn University. (in Thai)
- Pattanasing, N. 2012. **Biomass and Litter Fall Production in Pred Nai Community Mangrove Forest at Trat Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Rahetlah, V.B., P. Salgado, B. Andrianarisoa, E. Tillard, H. Razafindrazaka, L. Le Mézo and V.L. Ramalanjaona. 2014. Relationship between normalized difference vegetation index (NDVI) and forage biomass yield in the Vakinankaratra region, Madagascar. **Livestock Research for Rural Development** 26: 1-11.

- Salum, R.B., P.W.M. Souza-Filho, M. Simard, C.A. Silva, M.E.B. Fernandes, M.F. Cougo, W.d.J. Nascimento and K. Rogers. 2020. Improving mangrove above-ground biomass estimations using LiDAR. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 236: 1-16.
- Sarawong, A. 2008. **Application of Remote Sensing for Land Use Change Prediction and Normalized Difference Vegetation Index in Mae-Huad Sector of Mae-Ngao Demonstration Forest, Amphoe Ngao, Changwat Lampang**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Sridang, S. 2008. **Estimation of Above-ground Carbon Sequestration on Mangrove Forest at Koh Lanta, Krabi Province Using Remote Sensing Techniques**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
-