

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การกักเก็บคาร์บอนในหญ้าทะเล: บทบาทของหญ้าทะเลต่อการเปลี่ยนแปลง
ของภูมิอากาศโลก

Seagrass as a carbon sink: a role of seagrass in the world climate change

คณะนักวิจัย

1. รศ.ดร. อัญชณา ประเทศ
2. นาย ปิยะลาภ ตันติประภาส
3. ดร. กฤษณัยน์ เจริญจิตร
4. ผศ.ดร. วีระพงศ์ เกิดสิน

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ประจำปีงบประมาณ พ. ศ. 2561 รหัสโครงการ (SCI610084M)

สารบัญ

สารบัญ	หน้า
สารบัญภาพ	๗
สารบัญตาราง	๙
รายละเอียดโครงการ	1
บทนำ	2
วัตถุประสงค์	2
พื้นที่ศึกษา	3
โครงการย่อยที่ 1 การประเมินปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเลและตะกอนดินในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง	4
โครงการย่อยที่ 2 การปรับปรุงเทคนิคการจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง โดยประยุกต์ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก	23
โครงการย่อยที่ 3 การจำแนกชนิดพันธุ์และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง ด้วยการสำรวจระยะไกล (Seagrass Species and Aboveground Biomass Mapping in Kao Libong Using Remote Sensing Technique)	29
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	51
เอกสารอ้างอิง	53
รายงานสรุปการดำเนินงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	57
ผลงานวิจัยตีพิมพ์	65

สารบัญภาพ

สารบัญภาพ	หน้า
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา เกาะลิงบึง จังหวัดตรัง	3
ภาพที่ 2 ส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเล เพื่อใช้ในการศึกษาหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเล	8
ภาพที่ 3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินที่ในการศึกษาครั้งนี้ 4 สถานี โดยรอบเกาะลิงบึง	9
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน	9
ภาพที่ 5 แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel - 2A จากการประมาณค่าโดยโครงการวิจัยที่ 3	16
ภาพที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติของดินในการศึกษาครั้งนี้	17
ภาพที่ 7 การสะสมของอินทรีย์สารประเภทต่างๆ สารแขวนลอยบริเวณชายฝั่ง (A) พีชพรรณบนแผ่นดิน (B) พรรณไม้ชายเลน (C) สารแขวนลอยจากแม่น้ำ (D) และหญ้าทะเล (E) ในดินตัวอย่างจากสถานี C1 C2 C3 และ C4 ในแต่ละระดับความลึก	20
ภาพที่ 8 ภาพถ่ายในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (ภาพถ่าย RGB) ที่ถ่ายได้จากโดรน (A) และภาพที่จัดจำแนกแล้วจากภาพถ่าย RGB ที่แสดงเฉพาะพื้นที่หญ้าทะเล (B)	27
ภาพที่ 9 ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (ภาพถ่าย Multispectral) ที่ถ่ายได้จากโดรน (A) และภาพที่จัดจำแนกแล้วจากภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่จัดจำแนกโดยใช้ดัชนี NDVI ที่แสดงพื้นที่หญ้าทะเลและแสดงให้เห็นความแตกต่างของพื้นที่หญ้าทะเลแต่ละชนิด (B)	27
ภาพที่ 10 ภาพรวมขั้นตอนของการศึกษาการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกล	34
ภาพที่ 11 ตำแหน่งที่มีการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method)	35
ภาพที่ 12 A) ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) B) เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน) ที่ล้างและเตรียมอบเพื่อประเมินปริมาณมวลชีวภาพ	35
ภาพที่ 13 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ที่กันขอบเขตเฉพาะพื้นที่ศึกษา	40
ภาพที่ 14 ขั้นตอนการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	43
ภาพที่ 15 แผนที่ขอบเขตของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A	45
ภาพที่ 16 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง	46

สารบัญภาพ (ต่อ)

สารบัญภาพ	หน้า
ภาพที่ 17 แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A จากการประมาณค่าโดย สมการ 21 ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	47
ภาพที่ 18 แสดงพื้นที่ศึกษาคุณสมบัติของตะกอนดินในแนวหญ้าทะเล และปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลบริเวณเกาะลิบง จังหวัดตรัง	63

สารบัญตาราง

สารบัญตาราง	หน้า
ตารางที่ 1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ (% IC) จากวิธีสลายด้วยกรด (acidification)	10
ตารางที่ 2 แหล่งอินทรีย์สารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแสดงค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	14
ตารางที่ 3 ค่าสถิติของคุณสมบัติต่างๆในตัวอย่างตะกอนดิน	18
ตารางที่ 4 ชุดช่วงคลื่นที่ใช้ในการคำนวณ Depth - invariant bottom index (DIV)	39
ตารางที่ 5 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน	44
ตารางที่ 6 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด (ผสมช่วงคลื่น Band 1, Band 2, Band 5 และ Band 6)	45

รายละเอียดโครงการ

ชื่อชุดโครงการ

(ภาษาไทย) การกักเก็บคาร์บอนในหญ้าทะเล: บทบาทของหญ้าทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก

(ภาษาอังกฤษ) Seagrass as a carbon sink: a role of seagrass in the climate change world

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย (ภาษาไทย – ภาษาอังกฤษ)

โครงการย่อยที่ 1 การประเมินปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเลและตะกอนดินในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง (Carbon assessment in seagrass and sediment in Talibong island, Trang province Carbon assessment in seagrass and sediment in Talibong island, Trang province)

โครงการย่อยที่ 2 การปรับปรุงเทคนิคการจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง โดยประยุกต์ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (Seagrass Mapping in Kao Libong Using Multispectral data from Miniature Unmanned Aerial System)

โครงการย่อยที่ 3 การจำแนกชนิดพันธุ์และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง ด้วยการสำรวจระยะไกล (Seagrass Species and Aboveground Biomass Mapping in Kao Libong Using Remote Sensing Technique)

คณะนักวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด

โครงการย่อยที่ 1

1. หัวหน้าโครงการ นายปิยะลาภ ตันติประภาส สังกัด ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
2. ผู้ร่วมวิจัย รศ. ดร. อัญชญา ประเทพ สังกัด ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

โครงการย่อยที่ 2

1. หัวหน้าโครงการ รศ.ดร. อัญชญา ประเทพ สังกัด ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
2. ผู้ร่วมวิจัย ดร. กฤษณีย์ เจริญจิตร สังกัด คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

โครงการย่อยที่ 3

1. หัวหน้าโครงการ ผศ.ดร.วีระพงศ์ เกิดสิน สังกัด คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต
2. ผู้ร่วมวิจัย รศ. ดร. อัญชญา ประเทพ สังกัด ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

บทนำ

หญ้าทะเลมีบทบาทเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่สำคัญในระบบนิเวศวิทยาทางทะเล เป็นแหล่งอาหาร เป็นที่อยู่อาศัย แหล่งหลบภัย และยังเป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ นอกจากนี้จะมีคุณค่าต่อสัตว์น้ำในด้านต่างๆแล้ว หญ้าทะเลยังเป็นแหล่งอาหาร และแหล่งสร้างรายได้จำนวนมากให้กับชาวบ้านในพื้นที่โดยการเข้าไปทำประมงขนาดเล็ก หรือเก็บหอยและสัตว์น้ำชนิดต่างๆ บริเวณแนวหญ้าทะเล

อย่างไรก็ตามความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรหญ้าทะเลในประเทศไทยยังคงมีอยู่อย่างจำกัด มีเพียงหน่วยวิจัยสาหร่ายและหญ้าทะเล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ทำการศึกษาถึงชีววิทยา และนิเวศวิทยาของหญ้าทะเลของประเทศโดยในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ได้รับองค์ความรู้ และเผยแพร่ผลงานต่างๆทั้งในรูปแบบของเอกสารตีพิมพ์ (Rattanachot and Prathep, 2011; Apichanangkool and Prathep, 2014; Keawsrikaw and Prapther, 2014; Tuntriprapas et al., 2015; Ratanochot and Prathep, 2015; Ratanochot and Prathep, 2016) การเป็นวิทยากรทั้งในประเทศและต่างประเทศ การจัดอบรมให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการเป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุมระดับนานาชาติ World Seagrass Conference และ International Seagrass Biology Workshop ที่ประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553

บทบาทที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่งของหญ้าทะเลคือความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งในเวทีการประชุมระดับโลกในเรื่องของ World Climate Summit และมีหน่วยงานอื่น ๆ ในระดับนานาชาติให้ความสำคัญเรื่องนี้ เช่น ในเวทีเจรจาความตกลงระหว่างประเทศด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งที่ 15 (COP15) ปี ค.ศ.2009 ณ เมืองโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก เริ่มมีการกล่าวถึงมหาสมุทรในฐานะพื้นที่ที่ซึ่กักเก็บคาร์บอน ซึ่งต่อมามีการเรียกชื่อตามแนวคิดของพื้นที่ว่า “คาร์บอนสีน้ำเงิน (Blue Carbon)” และ The international blue carbon initiative (2015) ได้ให้คำนิยามว่า Blue Carbon คือ คาร์บอนที่ถูกกักเก็บในตะกอนมวลชีวภาพเหนือดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพใต้ดิน ได้แก่ เหง้า ราก รวมถึงเศษซากของพืชพรรณในระบบนิเวศทางทะเล ความสามารถในการสะสมคาร์บอนของระบบนิเวศหญ้าทะเลมีความสำคัญยิ่งแต่ยังได้รับความสนใจน้อยมากในไทยเมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ แม้กระทั่งอินโดนีเซียก็ได้มีการศึกษาและมีข้อมูลความสามารถในการสะสมคาร์บอนของประเทศแล้ว (Alongi et al., 2015)

ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นยิ่งต่อการศึกษาเรื่องดังกล่าวโดยในเบื้องต้นจะใช้พื้นที่หญ้าทะเลบริเวณเกาะลิบงเป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษา และใช้เทคโนโลยีทั้ง UAV และ Remote Sensing เข้าช่วยเพื่อที่จะทำให้สามารถศึกษาการกักเก็บคาร์บอนได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ประเมินความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเล (แบ่งเป็นส่วนเหนือพื้นดิน และส่วนใต้ดิน) ของหญ้าทะเลแต่ละชนิดที่พบในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง
2. สร้างข้อมูลพื้นฐานเพื่อการเทียบค่ากับข้อมูลการประเมินที่ได้จากการสำรวจด้วย UVA (โครงการย่อยที่ 2) และ Remote Sensing (โครงการย่อยที่ 3)

พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่แนวหญ้าทะเลของเกาะลิบง จังหวัดตรัง มีตำแหน่งที่ตั้งประมาณละติจูดที่ 7 องศา 10 ลิปดา ถึง 7 องศา 17 ลิปดาเหนือ ลองจิจูดที่ 99 องศา 20 ลิปดา ถึง 99 องศา 28 ลิปดาตะวันออก แหล่งหญ้าทะเลบริเวณเกาะลิบงนั้นเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์ที่สุดของประเทศไทย พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลเป็นบริเวณกว้างตั้งแต่อ่าวด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกลงมาบริเวณอ่าวทุ่งจีนซึ่งอยู่ทางด้านทิศใต้ของเกาะ พบหญ้าทะเลกระจายตัวตั้งแต่ระยะ 200 – 300 จากริมฝั่ง ไปจนถึงระยะประมาณ 1,500 เมตร แนวหญ้าทะเลของเกาะลิบงมีพื้นที่ประมาณ 17.10 ตารางกิโลเมตร พบหญ้าทะเลทั้งหมด 12 ชนิด จากทั้งสิ้น 13 ชนิดที่มีการรายงานพบในประเทศไทย ได้แก่ คือหญ้ากุยช่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) หญ้ากุยช่ายทะเล (*Halodule ubninervis*) หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) หญ้าใบพาย (*Halophila beccarii*) หญ้าเงาใบเล็ก (*Halophila minor*) หญ้าเงาใส (*Halophila decipiens*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าใบมะกรูดยักษ์ (*Halophila major*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) และหญ้าต้นหอมทะเล (*Syringodium isoetifolium*) โดยมีหญ้าทะเลชนิดเด่น คือ หญ้าคาทะเล หญ้าชะเงาใบมน หญ้าชะเงาเต่า และหญ้าใบมะกรูด (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2558) (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา เกาะลิบง จังหวัดตรัง

โครงการย่อยที่ 1 การประเมินปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเลและตะกอนดินในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง

1.1 บทนำ

แม้หญ้าทะเลครอบคลุมพื้นที่น้อยกว่า 0.2 % ของพื้นที่มหาสมุทรทั้งหมด แต่ระบบนิเวศหญ้าทะเลมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนมากกว่า 10 % ของคาร์บอนทั้งหมดที่อยู่ในมหาสมุทร (McLeod et al., 2011) คาร์บอนกว่า 90% ของระบบนิเวศหญ้าทะเลถูกกักเก็บในตะกอนสามารถจำแนกประเภทของตะกอนได้โดยสัดส่วนของสารประกอบอินทรีย์และแร่ธาตุที่มีอยู่ในตะกอน ตะกอนอินทรีย์ (organic soils) คือตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่า 20% เกิดจากอินทรีย์วัตถุที่ถูกทับถมและกักเก็บสู่ตะกอนในอัตราสูง และตะกอนที่เกิดจากตะกอนที่ถูกพัดพาลงสู่ทะเล เช่น ตะกอนจากปากแม่น้ำ หรือจากแคลเซียมคาร์บอเนตที่ถูกสร้างโดยสิ่งมีชีวิต เช่น สาหร่าย หอย หรือปะการัง เป็นตะกอนที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 20% เรียกว่า ตะกอนแร่ธาตุ (mineral soils) (USDA, 1999) ตะกอนในระบบนิเวศหญ้าทะเลส่วนใหญ่เป็นตะกอนอินทรีย์ และอยู่ในสภาวะไร้ออกซิเจน (anoxic) (Lo Iacono et al., 2008) ซึ่งเป็นสภาวะที่มีอัตราการย่อยสลายต่ำจึงทำให้คาร์บอนถูกกักเก็บได้ยาวนานหลายพันปี (Kennedy et al., 2010; Fourqurean et al., 2012) แตกต่างจากระบบนิเวศบนบก เช่น ป่าที่กักเก็บคาร์บอนส่วนใหญ่ไว้ในมวลชีวภาพ (living biomass) เศษใบไม้หรือกิ่งไม้ที่ร่วงหล่น (necromass) และอินทรีย์วัตถุ (organic matter) คาร์บอนเหล่านี้สามารถปลดปล่อย กลับคืนสู่ชั้นบรรยากาศได้ง่าย เพราะในป่ามีอัตราการย่อยสลายที่ค่อนข้างสูง หรืออาจถูกรบกวนด้วยไฟป่า (Duarte et al., 2010)

ปัจจุบันพื้นที่หญ้าทะเลทั่วโลกมีการลดลงอย่างรวดเร็ว ด้วยกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น การเติบโตของชุมชนเมืองริมฝั่งทะเล การพัฒนาชายฝั่ง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่างๆ รวมถึงการนำใช้ทรัพยากรทางทะเลมาใช้อย่างฟุ่มเฟือย จากการรวบรวมงานวิจัยกว่า 215 ฉบับ Waycott et al. (2009) พบว่าตั้งแต่ ค.ศ. 1980 มีทั่วโลกมีการสูญเสียพื้นที่หญ้าทะเลประมาณ 110 ตารางกิโลเมตรต่อปี ยิ่งไปกว่านั้นอัตราการสูญเสียพื้นที่หญ้าทะเลมีอัตราเพิ่มขึ้นจาก 0.9 % ในปี ค.ศ. 1940 เป็น 7 % ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆการสูญเสียพื้นที่หญ้าทะเลก่อให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมมาในอดีตโดยมีความเสี่ยงที่จะเกิดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กว่า 229×10^{12} กรัมต่อปี (Fourqurean et al., 2012) และสูญเสียความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มเติมในอนาคต (McLeod et al., 2011; Marba et al., 2015)

การศึกษาในประเทศไทยเกี่ยวกับความสามารถในการสะสมคาร์บอนในหญ้าทะเลนั้นยังคงมีอยู่น้อยมากมีเพียงการศึกษาของ Prathep (2012) ได้ประเมินความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อุทยานหาดเจ้าไหม จ.ตรัง และ พื้นที่ชีวมวล จ.ระนอง พบว่าทั้ง 2 พื้นที่มีความสามารถในการกักเก็บตะกอนต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของหญ้าทะเล และขนาดของตะกอน อย่างไรก็ตามการศึกษาที่ผ่านมามีข้อจำกัดในเรื่องของ วิธีการประเมินคาร์บอนในพื้นที่ซึ่งยังไม่ได้ทำตามวิธีการมาตรฐาน เนื่องจากวิธีการมาตรฐานยังไม่ได้ถูกรวบรวมและวิเคราะห์ สังเคราะห์ ดังนั้นการศึกษาที่จะในครั้งนี้จะใช้วิธีการตาม The international blue carbon initiative (2015) ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถเปรียบเทียบกับที่อื่น ๆ ได้

วัตถุประสงค์

- 1) ประเมินความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของหญ้าทะเลแต่ละชนิดที่พบในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง
- 2) สร้างข้อมูลพื้นฐานเพื่อการเทียบค่ากับข้อมูลการประเมินที่ได้จากการสำรวจด้วย UVA (โครงการย่อยที่ 2) และ Remote Sensing (โครงการย่อยที่ 3)

ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการทำวิจัยในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง ตั้งอยู่ระหว่าง 7.2870513 N, 99.3495133 E และ 7.2014823 N, 99.4592323 E มีพื้นที่ประมาณ 35 ตารางกิโลเมตร โดยศึกษาปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในหญ้าทะเล และในตะกอนดิน เพื่อประมาณการเก็บกักคาร์บอนในบริเวณดังกล่าว โดยอาศัยการสังเคราะห์ข้อมูลที่มีการรายงานก่อนหน้านี้เกี่ยวกับปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเล (Prathep, 2012) และข้อมูลการแพร่กระจายของหญ้าทะเล (Khogkhao et. al., 2017) นอกจากนี้จะทำการเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลชนิดที่ยังไม่มีการรายงาน และตะกอนดิน เพื่อหาปริมาณคาร์บอนในตัวอย่างดังกล่าว

1.2 การตรวจเอกสาร

หญ้าทะเลมีบทบาทเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่สำคัญในระบบนิเวศวิทยาทางทะเลและยังเป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์กินพืช เป็นที่อยู่อาศัยนอกจากนี้ยังเป็นแหล่งหลบภัยให้กับสัตว์น้ำหลายชนิด และยังทำหน้าที่เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อน หญ้าทะเล ยังเป็นแหล่งอาหาร และแหล่งสร้างรายได้จำนวนมากให้กับชาวบ้านในพื้นที่ โดยการเข้าไปใช้ประโยชน์ เช่นการทำประมงขนาดเล็ก กิจกรรมการเก็บหอยและการหาสัตว์น้ำในบริเวณแนวหญ้าทะเล

องค์ความรู้เรื่องคาร์บอนในหญ้าทะเลยังคงมีการศึกษาวิจัยอยู่น้อยมากโดยแหล่งคาร์บอน (Carbon pools) ในแนวหญ้าทะเลประกอบด้วย 3 แหล่งใหญ่ๆ ได้แก่

1. มวลชีวภาพเหนือดิน (Aboveground living biomass) เช่น ใบ กาบใบ
2. มวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground living biomass) เช่น เหง้า ราก
3. คาร์บอนในตะกอน (Sediment carbon)

เมื่อมวลชีวภาพเหนือดินตายคาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมจะถูกย่อยสลายอย่างรวดเร็วและ/หรือถูกส่งออกไปยังแหล่งอื่นๆอย่างรวดเร็วจากน้ำขึ้นน้ำลงส่วนมวลชีวภาพใต้ดินมีเพียง 0.3% ของแหล่งกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนรวม ดังนั้นจึงมักมีการประเมินคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดินรวมกับการประเมินคาร์บอนในตะกอนเรียกว่า แหล่งคาร์บอนใต้ดิน (Belowground carbon pools) ซึ่งเป็นแหล่งคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในพื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง (Fourqurean et al. 2012)

วัฏจักรคาร์บอนในแนวหญ้าทะเล (Carbon cycling in seagrass beds) ประกอบด้วย

1) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ถูกดูดซับโดยน้ำทะเล เกิดปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งสามารถแตกตัวเป็นไบคาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) ซึ่งเป็นคาร์บอนในรูปที่หญ้าทะเลและพืชน้ำชนิดอื่นสามารถดึงใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้

2) หญ้าทะเลเก็บคาร์บอนไว้ในราก เหง้า และใบ

3) เมื่อหญ้าทะเลตาย ชิ้นส่วนของหญ้าทะเลอาจหลุดลอยกับน้ำ และหรือย่อยสลาย ทั้บถมในตะกอน โดยการศึกษาในครั้งนี้จะประเมินความสามารถในการสะสมคาร์บอนในพื้นที่เกาะตะลิ่ง จ.ตรัง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงและเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญแหล่งหนึ่งของประเทศไทย

1.3 วิธีการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้จะทำการประเมินปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเลและตะกอนดินในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ 1) การหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเล 2) การหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในพื้นที่ดินบริเวณแหล่งหญ้าทะเล และ 3) การประเมินแหล่งที่มาของคาร์บอนที่สะสมในพื้นที่ดินแหล่งหญ้าทะเล ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างครั้งเดียวในระหว่างวันที่ 15 - 24 ม.ค 2561 โดยการสำรวจชนิดและเก็บตัวอย่างจะใช้รถดำน้ำเพื่อเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล รวมถึงตะกอนดิน ซึ่งการศึกษาในหัวข้อที่ 1 และข้อ 2 จะใช้วิธีการตามวิธีการของ <http://thebluecarboninitiative.org> ดังมีวิธีการในแต่ละหัวข้อดังนี้

1.3.1 ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเล

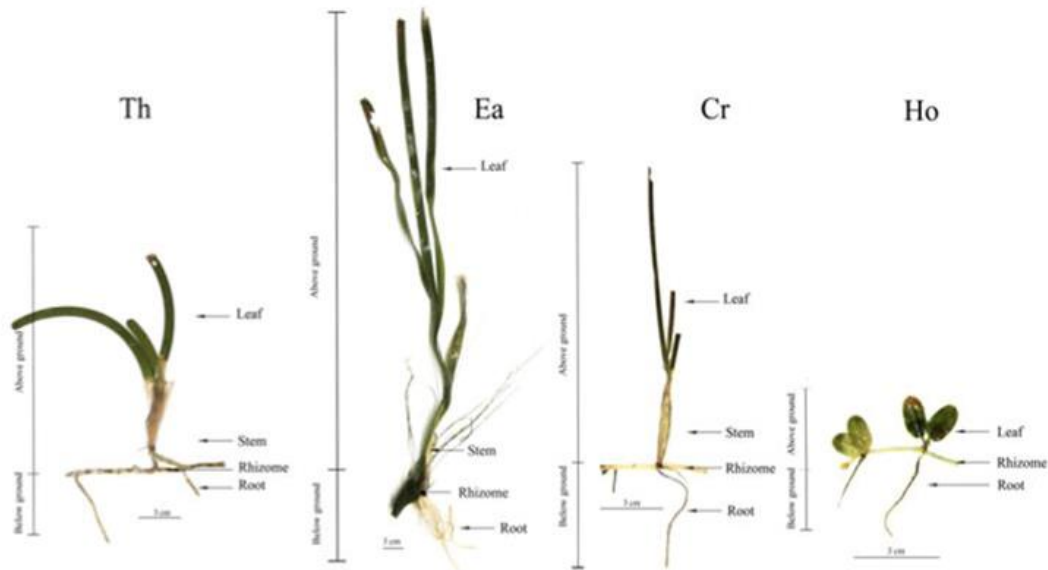
จากการศึกษาก่อนหน้าโดย Prathep (2012) ได้รายงานปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเล 7 ชนิด ได้แก่ หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าต้นหอมทะเล (*Syringodium isoetifolium*) และ หญ้ากูดยี่สิบ (*Halodule uninervis*) ซึ่งจากการศึกษาของ Khogkhaio et. al. (2017) พบหญ้าทะเลที่เกาะลิบงจำนวน 9 ชนิด ซึ่งยังไม่มีกรายงานปริมาณคาร์บอนจำนวน 4 ชนิด นั่นคือ หญ้าใบมะกรูดยักษ์ (*Halophila major*) หญ้าใบมะกรูดขน (*Halophila decipiens*) หญ้าใบพาย (*Halophila beccarii*) และ หญ้ากูดยี่สิบ (*Halodule uninervis*)

ดังนั้นจะเก็บตัวอย่างและหาค่าปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเลจากทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว ซึ่งเก็บข้อมูลหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง โดยนำหญ้าทะเลที่ได้มาจำแนกชนิด และส่วนต่าง ๆ (ภาพที่ 2) ตามรายละเอียดใน Prathep (2012) ตัวอย่างได้จะนำมาอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และนำไปใช้ในการปริมาณการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (% OC, Organic carbon content) ด้วยเครื่อง CHN Analyzer (CHNS - O Analyzer, CE Instruments Flash EA 112 Series, Thermo Quest, Italy) ณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเลจากสมการ 1

สมการ 1:

$$\text{คาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเล (MgC/ha)} = \frac{\text{ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (\% OC)} \times \text{น้ำหนักแห้งของหญ้าทะเลทั้งหมดในพื้นที่ (เมกะกรัม, Mg)}}{\text{พื้นที่หญ้าทะเล (เฮกแตร์, ha)}}$$

โดยการศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเล และ พื้นที่หญ้าทะเล จากผลการวิจัยในโครงการที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 ส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเล เพื่อใช้ในการศึกษาหาปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเล

1.3.2 ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในพื้นดิน

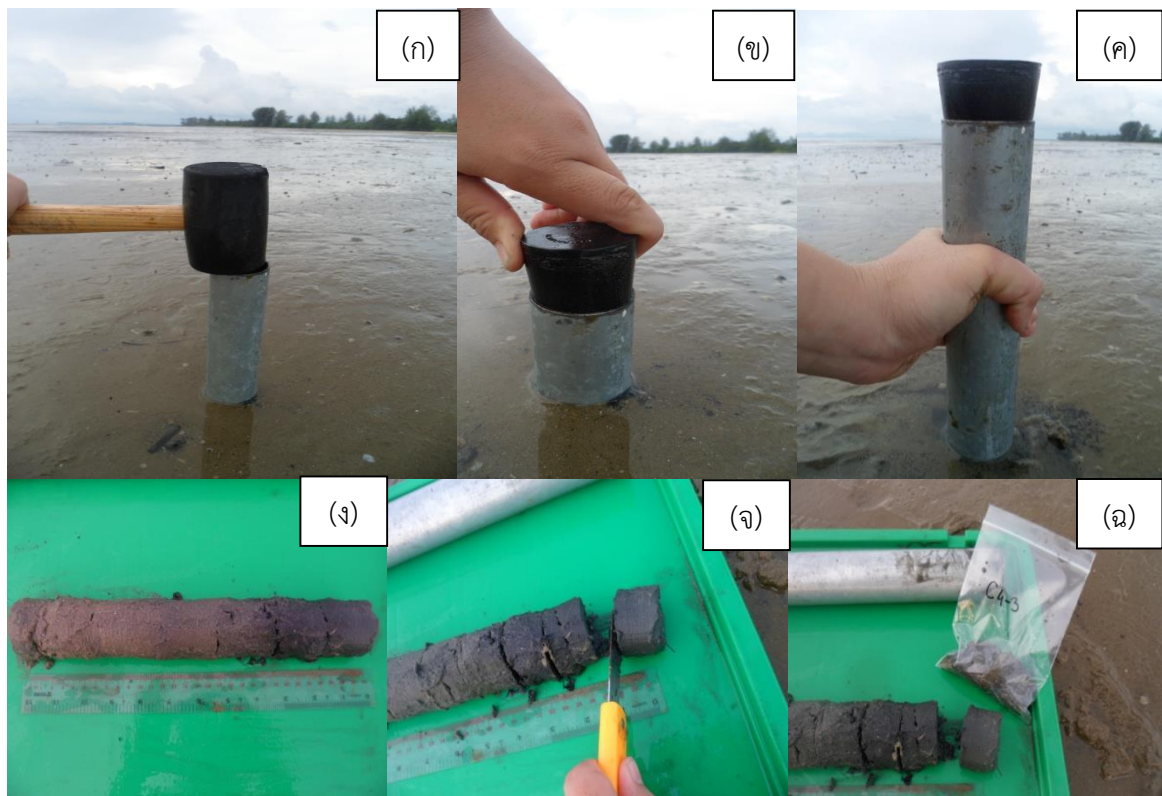
การศึกษาในครั้งนี้จะทำการศึกษาทั้งสิ้น 4 สถานี โดยที่ 2 สถานี (C1 และ C2) จะนำข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้านี้โดย Stankovic et. al. (2017) มาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และทำการเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมอีก 2 สถานี คือ (C3 และ C4) (ภาพที่ 3) โดยใช้ core เก็บอย่างดินลึก 100 ซม. จะแบ่งความลึกของตะกอนดินออกเป็น 3 ชั้นได้แก่ ส่วนผิวดิน (0 – 15 ซม.) ระดับกลาง (16 – 45 ซม.) และระดับล่าง (46 – 100 ซม.) โดยตัวอย่างตะกอนดินสามารถทำการศึกษาเป็นขั้นตอนการเก็บตัวอย่างโดยละเอียด (ภาพที่ 4) ดังนี้

1. กด core ลงในพื้นที่ตะกอน หากไม่สามารถกด core ได้ สามารถตอกด้วยค้อน จนกระทั่งได้ระดับความลึกที่ต้องการ (100 ซม.) หากไม่สามารถตอกได้ควรเปลี่ยนตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง เนื่องจาก core อาจติดเศษเปลือกหอยหรือปะการัง
2. หมุน core เล็กน้อยเพื่อให้ง่ายต่อการดึงขึ้นจากพื้น จากนั้นปิดปาก core ให้สนิทด้วยจุกยาง เพื่อให้ภายใน core เป็นสุญญากาศ (ลดการสูญเสียตะกอน ขณะดึงขึ้นจากพื้น)
3. หมุนและดึง core ขึ้นช้าๆด้วยความระมัดระวัง

นำตัวอย่างตะกอนแต่ละชั้นไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วันหรือจนกว่าตะกอนจะแห้ง แล้วไปวิเคราะห์ผลต่างๆ ได้แก่



ภาพที่ 3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินที่ในการศึกษาครั้งนี้ 4 สถานี โดยรอบเกาะลิบง



ภาพที่ 4 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน (ก) กด core ลงในพื้นที่ที่ต้องการเก็บตัวอย่าง (ข) ปิดปาก core ให้สนิทด้วยจุกยาง (ค) หมุนและดึง core ขึ้นช้าๆด้วยความระมัดระวัง (ง) ตะกอนหลังนำออกจาก core (จ) ตัดแบ่งตะกอนทุกๆ 3 เซนติเมตร (ฉ) ตัวอย่างตะกอนในถุงพลาสติกก่อนนำไปวิเคราะห์ในห้องทดลอง

1) การคำนวณความหนาแน่นตะกอนแห้ง (DBD, Dry bulk density) (Fourqurean et al., 2012)

ความหนาแน่นตะกอนแห้งสามารถคำนวณได้จากน้ำหนักแห้งของตัวอย่างในแต่ละชั้น และปริมาตรตั้งต้นของตัวอย่างตามสมการ 2

สมการ 2: $\text{ความหนาแน่นตะกอนแห้ง (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{น้ำหนักตะกอนแห้ง (g)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่างตั้งต้น (cm}^3\text{)}}$

เมื่อ $\text{น้ำหนักตะกอนแห้ง} = \text{น้ำหนักของตะกอนที่ซั่งได้หลังอบแห้งแล้ว}$

$\text{ปริมาตรตัวอย่างตั้งต้น} = [\pi \times \text{รัศมีของ core}^2] \times \text{ความสูงของชั้นตะกอนที่ตัด}$

2) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (% OC, Organic carbon content) (ดัดแปลงจาก Fourqurean et al., 2012; Lavery et al., 2013; The international blue carbon initiative, 2015)

นำตัวอย่างตะกอนประมาณ 15-20 กรัมมาร่อน ผ่านตะแกรงขนาดตา 1 มิลลิเมตร นำตะกอนที่ร่อนแล้วมาบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง จากนั้นนำตะกอนที่ผ่านการบดแล้วจำนวน 5 กรัม ส่งตรวจเพื่อวัดปริมาณคาร์บอน (% OC) ด้วยเครื่อง CHN Analyzer (CHNS-O Analyzer, CE Instruments Flash EA 112 Series, Thermo Quest, Italy) และนำค่าที่ได้มาคำนวณปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในตะกอน (OC) ตามสมการ 3

สมการ 3: $\text{OC} = \text{น้ำหนักตะกอนที่ส่งตรวจ (g)} \times \% \text{ คาร์บอนที่วัดได้จากเครื่อง CHN Analyzer}$

3) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ (% IC, Inorganic carbon content) (ดัดแปลงจาก Fourqurean et al., 2012; Lavery et al., 2013; The international blue carbon initiative, 2015)

นำตะกอนที่ผ่านการบดแล้ว (จากข้อ 2) จำนวน 5 กรัม (น้ำหนักก่อนสลายคาร์บอเนต) มาสลายคาร์บอเนตด้วย 1N HCl จนไม่เห็นฟองฟู่ นำตะกอนที่สลายคาร์บอเนตเสร็จแล้วไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนตะกอนแห้งสนิทและชั่งน้ำหนัก (น้ำหนักหลังสลายคาร์บอเนต) เพื่อนำไปคำนวณปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การคำนวณปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ (% IC) จากวิธีสลายด้วยกรด (acidification)

น้ำหนักก่อนสลายคาร์บอเนต (g)	น้ำหนักหลังสลายคาร์บอเนต (g)	มวลคาร์บอเนต (g)	มวลคาร์บอนอนินทรีย์ (g)	ปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ (%IC)
A	B	C=A-B	D=Cx0.12	E=(D/A)x100

* 0.12 คำนวณจากคาร์บอนมีน้ำหนักโมเลกุลเป็น 12% ของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃)

4) การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (% OC) จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter content) (Fourqurean *et al.*, 2012)

1. การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยวิธีการเผา (% LOI, Loss on ignition) (Storer (1984) ใน Schulte and Hoskins (2009); Fourqurean *et al.*, 2012)

นำตัวอย่างตะกอนที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาดตา 250 ไมโครเมตรจำนวน 5 กรัม (น้ำหนักก่อนเผา) ใส่ถ้วยเผาตะกอนที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมงทิ้งให้เย็นในถ้วยดูความชื้นชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้ (น้ำหนักหลังเผา) คำนวณน้ำหนักตะกอนที่ได้ตามสมการ 4

$$\text{สมการ 4: } \% \text{ LOI} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนเผา} - \text{น้ำหนักหลังเผา}}{\text{น้ำหนักก่อนเผา}} \times 100$$

2. การคำนวณปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (% OC) จากการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (% LOI) สามารถคำนวณได้ 2 กรณีตามสมการ 5 และ สมการ 6

$$\text{สมการ 5: } \% \text{ OC} = -0.21 + 0.40 (\% \text{ LOI}) \quad \text{กรณี } \% \text{ LOI} < 0.20$$

$$\text{สมการ 6: } \% \text{ OC} = -0.33 + 0.43 (\% \text{ LOI}) \quad \text{กรณี } \% \text{ LOI} > 0.20$$

5) การคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในตะกอนทั้งหมด (Total sediment carbon stock)

(The international blue carbon initiative, 2015)

ปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในตะกอนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาสามารถประเมินได้จากปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ศึกษาและความลึกของตะกอนซึ่งการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในตะกอนทั้งหมดนั้นจำเป็นต้องมีข้อมูลต่างๆ ดังนี้

- ความลึกของตะกอนตัวอย่างที่ core ได้ (SD)
- ความลึกของตะกอนตัวอย่างที่แบ่งเป็นชั้นๆ (ในการศึกษาครั้งนี้คือ 3 เซนติเมตร) (SN)
- ความหนาแน่นตะกอนแห้ง (DBD)
- ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในตะกอน (OC)

การปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บในตะกอนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) นำตัวอย่างตะกอนที่ถูกแบ่งแต่ละชั้นมาคำนวณความหนาแน่นของคาร์บอนในตะกอน (CD) (สมการ 7)

$$\text{สมการ 7: } CD \text{ (g/cm}^3\text{)} = \text{DBD (g/cm}^3\text{)} \times (C_{\text{org}} / 100)$$

2) คำนวณปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในตะกอนที่ถูกแบ่งแต่ละชั้น (CSN_n) (สมการ 8)

$$\text{สมการ 8: } CSN \text{ (g/cm}^3\text{)} = CD \text{ (g/cm}^3\text{)} \times SN \text{ (cm)}$$

3) คำนวณปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในแต่ละ core (CC) (สมการ 9)

$$\text{สมการ 9: } CC \text{ (g/cm}^3\text{)} = CSN_1 + CSN_2 + CSN_3 + \dots + CSN_n$$

เปลี่ยนปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในแต่ละ core จากหน่วย g/cm³ เป็นหน่วย MgC/hectare ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาปริมาณคาร์บอน (10⁶ g = 1 MgC และ 10⁸ cm² = 1 hectare) ตามสมการ 10

$$\text{สมการ 10: } CC \text{ (MgC/hectare)} = CC \text{ (g/cm}^3\text{)} \times (1 \text{ Mg}/10^6 \text{ g}) \times (10^8 \text{ cm}^2/1 \text{ hectare}) \times SD \text{ (cm)}$$

4) คำนวณค่าเฉลี่ยของปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (CC_{avg}) (สมการ 11) และคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) (สมการ 12) เพื่อให้ทราบว่าข้อมูลปริมาณคาร์บอนที่คำนวณได้ในแต่ละพื้นที่นั้นมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากน้อยเพียงใด

$$\text{สมการ 11: } CC_{\text{avg}} = (CC_1 + CC_2 + CC_3 + \dots + CC_n) / n$$

$$\text{สมการ 12: } \sigma = \sqrt{[(CC_1 - CC_{\text{avg}})^2 + (CC_2 - CC_{\text{avg}})^2 + \dots + (CC_n - CC_{\text{avg}})^2] / (N-1)}^{1/2}$$

เมื่อ CC₁ = CC (MgC/hectare) จาก core ที่ 1; CC₂ = CC (MgC/hectare) จาก core ที่ 2

และ CC_n = CC (MgC/hectare) จาก core ที่ n ตามลำดับ

N = จำนวน core ทั้งหมด

5) คำนวณปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา (TOC) (สมการ 13)

$$\text{สมการ 13: } TOC \text{ (MgC)} = [CC_{\text{avg}} \text{ ในพื้นที่ A (MgC/hectare-cm)} \times \text{พื้นที่ A (hectares)}] + \\ CC_{\text{avg}} \text{ ในพื้นที่ B (MgC/hectare-cm)} \times \text{พื้นที่ B (hectares)} + \dots$$

6) คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา โดยคำนวณจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพื้นที่แต่ละประเภท (จากข้อ 5) ตามสมการ 14

สมการ 14:
$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_A^2 + \sigma_B^2 + \dots + \sigma_n^2}$$

เมื่อ σ_A = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจาก core ในพื้นที่ A

σ_B = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจาก core ในพื้นที่ B

σ_n = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของจาก core ในพื้นที่ n

7) รายงานผลปริมาณคาร์บอนที่ถูกกักเก็บทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา โดยการรายงานค่า TOC (คำนวณได้จากสมการ 13) $\pm \sigma_T$ (คำนวณได้จากสมการ 14)

6) การหาแหล่งที่มาของอินทรีย์สารที่สะสมในตะกอนดินตัวอย่าง

การศึกษาครั้งนี้จะใช้เทคนิคไอโซโทปเสถียรในการวิเคราะห์หาแหล่งที่มาอินทรีย์สารที่สะสมในตะกอนดิน โดยตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์จะผ่านการเตรียมตัวอย่างเช่นเดียวกับการหาค่าอินทรีย์คาร์บอนในดิน (ข้อ 2.2 และ 2.3) ซึ่งตัวอย่างดินที่เตรียมแล้วเสร็จจะนำมาวิเคราะห์หาค่าไอโซโทปเสถียรของคาร์บอน (^{13}C) และไนโตรเจน (^{15}N) ด้วยเครื่อง Elemental analyzer (Flash EA, Thermo Fisher, USA) ที่ต่อกับเครื่อง Mass spectrometer โดยตัวอย่างจะถูกนำไปวิเคราะห์ที่มหาวิทยาลัย KITASATO ประเทศญี่ปุ่น

ค่าไอโซโทปจะแสดงด้วยสัญลักษณ์ (δ) และมีหน่วยเป็น (‰) โดยคิดเทียบกับสารมาตรฐาน (VPDB limestone สำหรับ C และ ไนโตรเจนในอากาศ สำหรับ N) ตามสมการ 15

สมการ 15:
$$\delta \text{ sample (‰)} = ((R_{\text{sample}} / R_{\text{standard}}) - 1) \times 1000$$

เมื่อ R_{sample} และ R_{standard} คือ ค่าสัดส่วนของ $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ หรือ $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ระหว่างค่าในตัวอย่างสารมาตรฐาน

ข้อมูลของแหล่งที่มาของอินทรีย์สารในตะกอนดิน (source of carbon) จะใช้ข้อมูลจากการศึกษาของ Tuntiprapas และคณะ (ข้อมูลเตรียมการตีพิมพ์) อันได้แก่ พีชพรรณชายเลน (ใบโกงกาง) สารอินทรีย์แขวนลอย (Particulate organic matter) จากบริเวณแม่น้ำตรัง บริเวณชายฝั่งทะเลเกาะลิบง และจากบริเวณแนวหญ้าทะเล (ตารางที่ 2) โดยที่พีชพรรณบนแผ่นดินจะใช้ข้อมูลจาก Kuramoto และ Minagawa (2001)

และข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R (R Core Team, 2018) โดยใช้ package ชื่อ MixSIAR ซึ่งเป็นการคำนวณแบบ Bayesian mixing models ในการวิเคราะห์ (Storck and Semmens, 2016) โดยใช้รอบในการคำนวณที่ 1,00,000 รอบ

ตารางที่ 2 แหล่งอินทรีย์สารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ โดยแสดงค่าเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

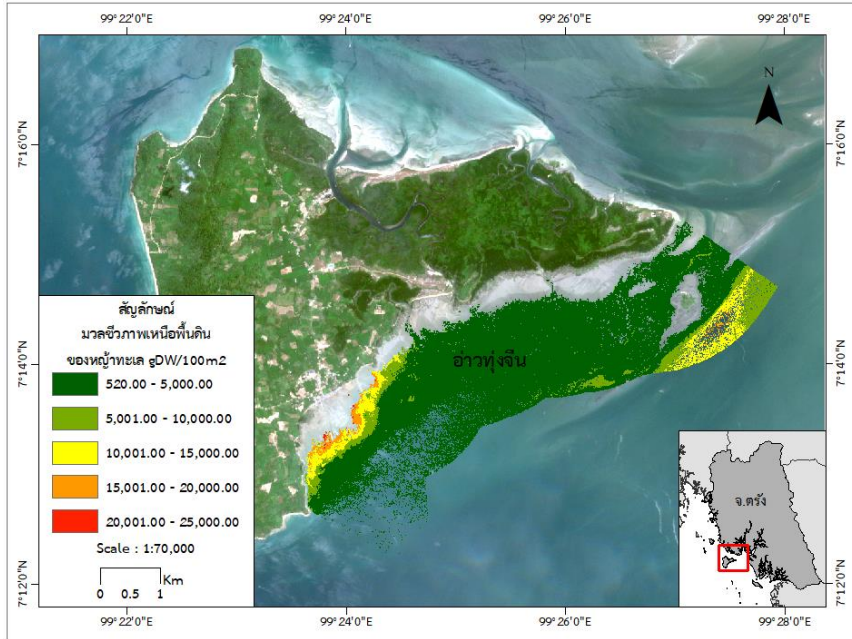
แหล่งสารอินทรีย์	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
พีชพรรณป่าชายเลน	- 28.10 \pm 0.52	2.13 \pm 1.08
พีชพรรณบนแผ่นดิน	- 28.89 \pm 1.52	- 0.47 \pm 1.19
สารอินทรีย์แขวนลอยบริเวณแม่น้ำตรัง	- 24.55 \pm 0.16	6.14 \pm 1.56
สารอินทรีย์แขวนลอยบริเวณชายฝั่งทะเล	- 21.55 \pm 1.12	6.18 \pm 1.51
สารอินทรีย์แขวนลอยบริเวณแนวหญ้าทะเล	- 12.05 \pm 1.37	2.72 \pm 1.24

1.4 ผลการศึกษา

1) การศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในหญ้าทะเลบริเวณเกาะลิบง

การศึกษาในครั้งนี้ต้องการหาปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเล 4 ชนิดที่ยังไม่มีการรายงานปริมาณคาร์บอน นั่นคือ หญ้าใบมะกรูดยักษ์ (*Halophila major*) หญ้าใบมะกรูดขน (*Halophila decipiens*) หญ้าใบพาย (*Halophila beccarii*) และ หญ้ากุยฉ่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) แต่อย่างไรก็ตามในการสำรวจครั้งนี้ไม่สามารถหาค่าคาร์บอนดังกล่าวได้ เนื่องจากสำรวจไม่พบตัวอย่างหญ้าทะเลดังกล่าว สืบเนื่องจากข้อจำกัดในด้านเวลาและงบประมาณในการสำรวจ อีกทั้งหญ้าทะเลดังกล่าวเป็นหญ้าทะเลชนิดรองในพื้นที่และมีการแพร่กระจายพันธุ์เป็นฤดูกาล ดังนั้นการศึกษาส่วนนี้จึงใช้ข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้าโดย Prathep (2012) มาใช้ในการคำนวณปริมาณหาคาร์บอนที่สะสมในตัวหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง ซึ่งพบว่าปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย \pm ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของหญ้าทะเลส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้ดินที่รายงานโดย Prathep (2012) คือ 36.22 ± 0.34 % และ 34.74 ± 0.41 % ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่หญ้าทะเล และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในพื้นที่จะใช้ข้อมูลจากโครงการวิจัยที่ 3 ซึ่งทำการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel - 2A ในการประเมินสถานภาพแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวทุ่งจีน เกาะลิบง โดยประเมินพื้นที่หญ้าทะเลไว้มีพื้นที่ 12.25 ตารางกิโลเมตร และมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 427.72 ตันน้ำหนักแห้ง (ภาพที่ 5) และสามารถคำนวณเป็นมวลชีวภาพใต้พื้นดินจากสัดส่วนระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน: มวลชีวภาพใต้พื้นดิน (1: 1.72) จากการศึกษาของ Prathep (2012) ดังนั้นมวลชีวภาพใต้พื้นดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 735.68 ตันน้ำหนักแห้ง

ดังนั้นปริมาณของคาร์บอนที่สะสมอยู่ในส่วนเหนือพื้นดินและใต้ดินของหญ้าทะเลในบริเวณดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 0.13 ± 0.001 MgC / ha และ 0.21 ± 0.001 MgC / ha ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินและใต้ดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 159.25 ± 1.23 MgC และ 257.25 ± 2.45 MgC ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเลรวมเท่ากับ 416.25 ± 3.69 MgC

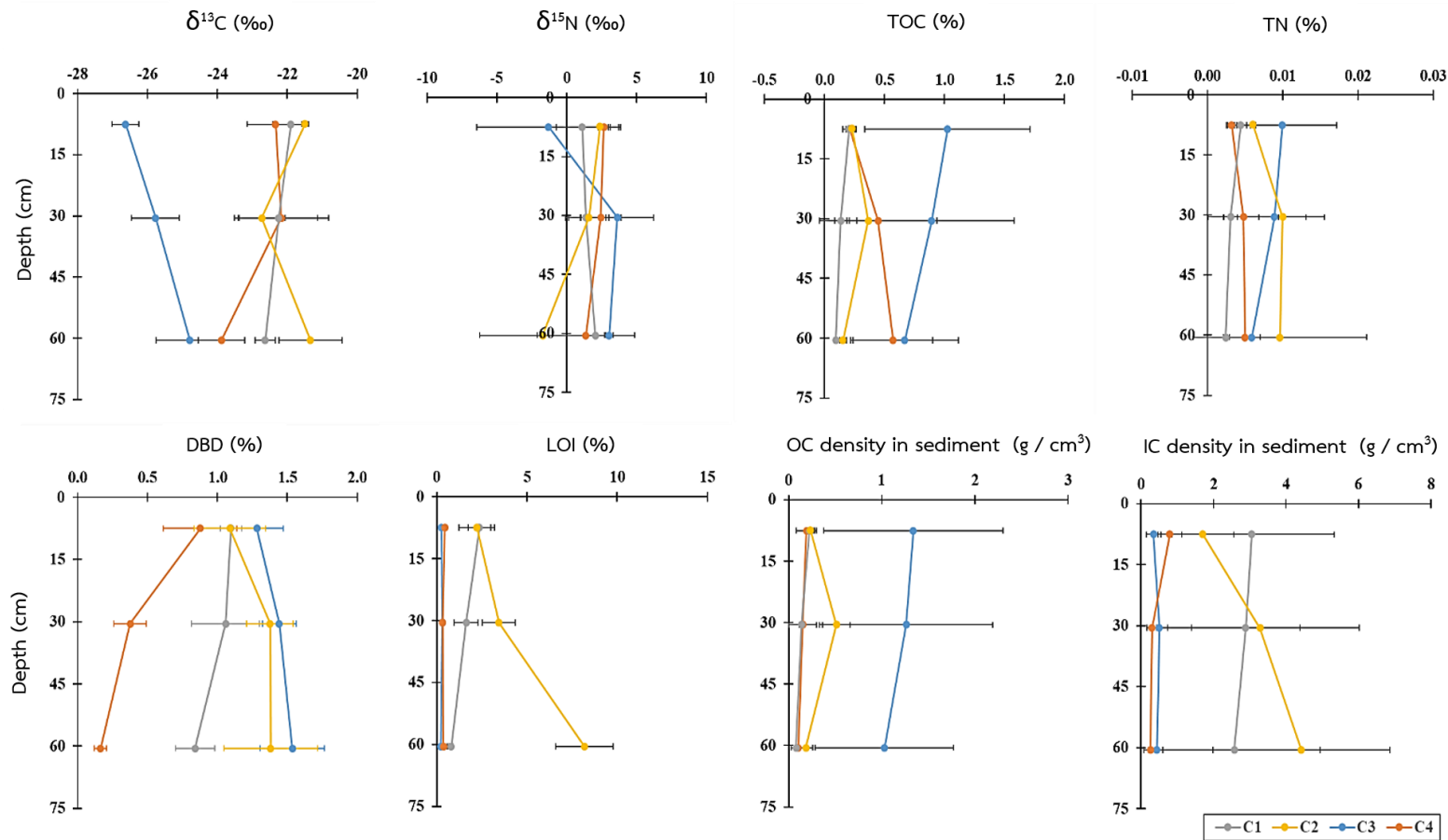


ภาพที่ 5 แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel - 2A จากการประมาณค่าโดยโครงการวิจัยที่ 3

2) การศึกษาปริมาณคาร์บอนที่เก็บกักในพื้นที่ดินบริเวณเกาะลิบง

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (Total organic carbon; TOC) ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen; TN) อัตราส่วนคาร์บอนไนโตรเจน (CN Ratio) ค่าความหนาแน่นตะกอนแห้ง (Dry bulk density; DBD) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Loss on ignition; LOI) ปริมาณคาร์บอนอนินทรีย์ (Inorganic carbon; IC) และความหนาแน่นของคาร์บอนอินทรีย์ในตะกอน พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างสถานี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ขณะที่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ของค่าความหนาแน่นของคาร์บอนอนินทรีย์ในตะกอน ระหว่างสถานี และ ระหว่างความลึกของชั้นดิน (ภาพที่ 6 และ ตารางที่ 3)

การสะสมของคาร์บอนทั้งหมดในตะกอนดินทั้งในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์คาร์บอน ในบริเวณเกาะลิบงพบว่ามีค่า $42.23 \pm 27.39 \text{ MgC / ha}$ โดยเป็นคาร์บอนอินทรีย์จำนวน $27.25 \pm 31.19 \text{ MgC / ha}$ และเป็นอนินทรีย์คาร์บอนจำนวน $14.98 \pm 13.86 \text{ MgC / ha}$ โดยสามารถประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมในตะกอนดินเกาะลิบงมีค่าประมาณ $23,382.99 \pm 45.81 \text{ MgC}$



ภาพที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของคุณสมบัติของดินในการศึกษาครั้งนี้ อันได้แก่ ไอโซโทปเสถียรคาร์บอน และไนโตรเจน ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (TOC) ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen; TN) อัตราส่วนคาร์บอนไนโตรเจน (CN Ratio) ค่าความหนาแน่นตะกอนแห้ง (DBD) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (LOI) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (IC) และความหนาแน่นของคาร์บอนอินทรีย์และอินทรีย์ในตะกอนดิน ตามความลึกของตัวอย่างดินในแต่ละสถานี C1 C2 C3 และ C4 โดยแสดงด้วยค่าเฉลี่ย และแถบความคลาดเคลื่อนแสดงด้วยค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3 ค่าสถิติจากการทดสอบไคสแควร์ (Chi - squared) ของคุณสมบัติต่างๆในตัวอย่างตะกอนดิน

Parameters	Factors	Chi - squared	df	p - value
$\delta^{13}\text{C}$ (%)	site	45.95	3	0.00
	layer	2.06	2	0.36
$\delta^{15}\text{N}$ (%)	site	9.86	3	0.02
	layer	0.54	2	0.76
TOC (%)	site	37.07	3	0.00
	layer	0.32	2	0.85
TN (%)	site	29.99	3	0.00
	layer	1.58	2	0.45
CN	site	58.64	3	0.00
	layer	3.99	2	0.14
DBD (g / cm ³)	site	62.64	3	0.00
	layer	1.39	2	0.50
LOI (%)	site	59.93	3	0.00
	layer	1.19	2	0.55
IC	site	47.22	3	0.00
	layer	0.29	2	0.87
OC density in sediment (g / cm ³)	site	50.68	3	0.00
	layer	5.14	2	0.08
IC density in sediment (g / cm ³)	site	47.09	3	0.00
	layer	6.57	2	0.04

3) การศึกษาแหล่งของอินทรีย์สารที่สะสมอยู่ในดินแต่ละระดับ

ผลจากการวิเคราะห์จากไอโซโทปเสถียรในตัวอย่างดินแต่ละระดับความลึกพบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างสถานีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ตารางที่ 3) โดยเมื่อวิเคราะห์ถึงแหล่งของอินทรีย์สารในดินพบว่ามาจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

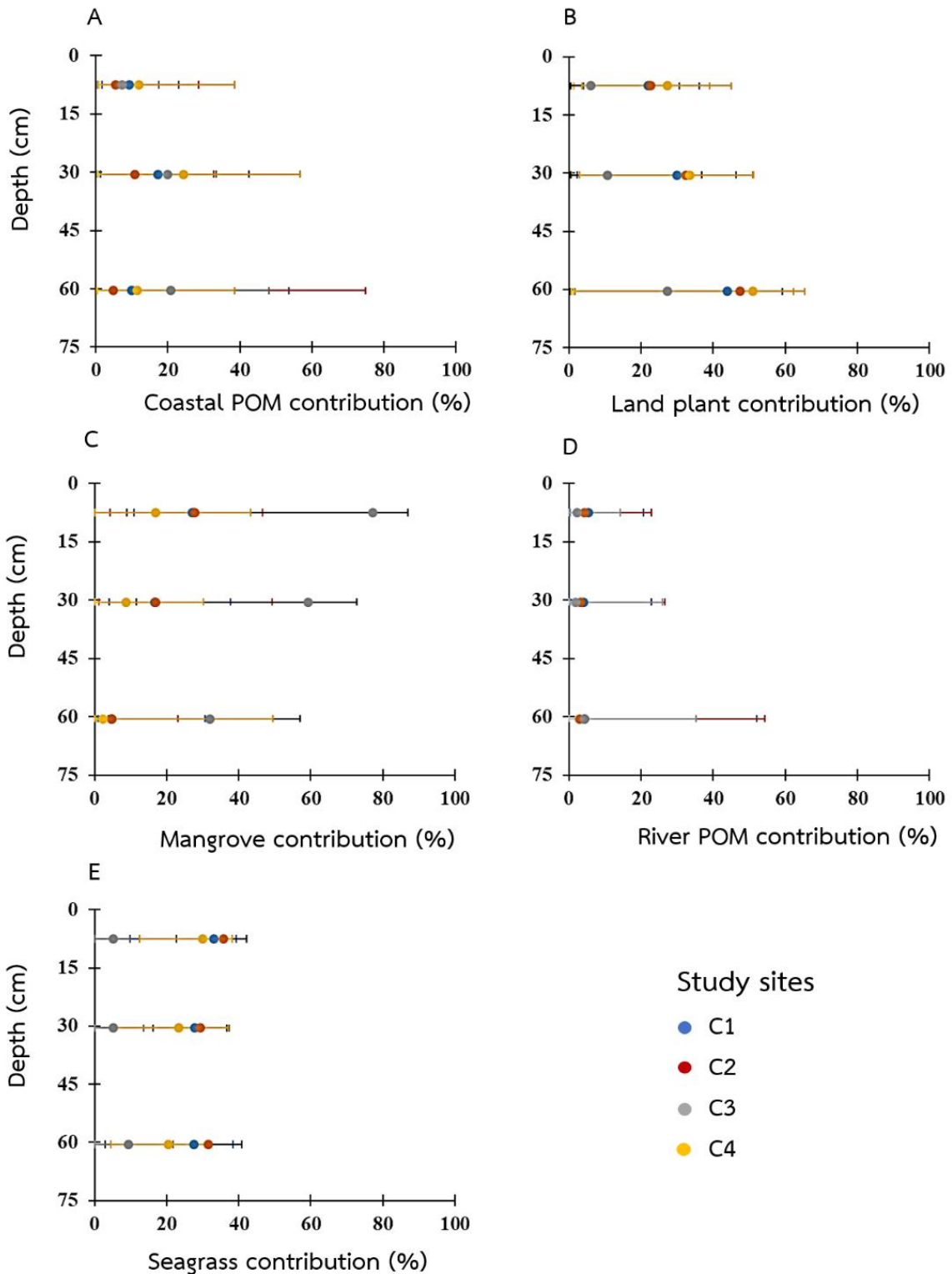
อินทรีย์สารแขวนลอยบริเวณชายฝั่ง (Coastal Particulate Organic matter) บริเวณผิวดิน (0 - 15 ซม.) จะมีปริมาณอินทรีย์สาร (ค่ามัธยฐาน) อยู่ที่ 9.2 % 5.4 % 7.3 % และ 11.9 % ในสถานีที่ C1 C2 C3 และ C4 ตามลำดับ ซึ่งใกล้เคียงกับดินที่มีความลึกระดับล่าง (46 - 60 ซม.) ในขณะที่ดินที่ระดับความลึกระดับกลาง (16 - 45 ซม.) นั้นมีการสะสมมากที่สุดซึ่งมีค่าที่ 17.3 % 10.9 % 19.8 % และ 24.4 % ในสถานีที่ C1 C2 C3 และ C4 ตามลำดับ (ภาพที่ 7A)

อินทรีย์สารจากแหล่งพืชพรรณบนแผ่นดิน (Land plant) ซึ่งเป็นอินทรีย์สารจากต้นไม้บนแผ่นดินที่รวมถึงพืชเศรษฐกิจ เช่น ยางพาราที่ปลูกมากในพื้นที่เกาะลิบงและใกล้เคียง มีปริมาณอินทรีย์สารสะสมเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก โดยพบค่าอยู่ในช่วง 20 % - 47 % ในสถานี C1 C2 และ C4 ส่วนในสถานี C3 มีค่าต่ำที่สุดจากทุกสถานีโดยมีค่าอยู่ในช่วง 6 % - 27 % (ภาพที่ 7B)

อินทรีย์สารจากพรรณไม้ชายเลน มีการสะสมในตะกอนดินที่ลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกสถานี โดยพบว่าสถานี C3 ที่อยู่ใกล้กับป่าชายเลนแหล่งใหญ่ในเกาะลิบงนั้น มีปริมาณของอินทรีย์สารจากพรรณไม้ป่าชายเลนมากที่สุด ซึ่งสูงถึง 77 % 59 % และ 31.9 % ในระดับความลึกจากผิวดิน 0 - 15 ซม. 15 - 45 ซม. และ 45 - 60 ซม. ตามลำดับ ขณะที่สถานีอื่นๆ (C1 C2 และ C4) พบว่ามีการสะสมของอินทรีย์สารจากพรรณไม้ชายเลนลดลงใกล้เคียงกันในช่วงประมาณ 17 % - 28 % ลดลงเหลือประมาณ 2 % - 5 % (ภาพที่ 7C)

อินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำ (River particulate organic matter) มีการสะสมในตะกอนดินปริมาณค่อนข้างน้อย โดยมีการสะสมอยู่ในช่วง 2 % - 6 % ตลอดแนวความลึกของชั้นดินในทุกสถานี ทั้งที่พื้นที่บริเวณดังกล่าวอยู่ใกล้บริเวณปากแม่น้ำตรัง (สถานี C1 และ C3) แต่การศึกษาครั้งนี้กลับพบว่าการสะสมของอินทรีย์สารแขวนลอยจากแม่น้ำในปริมาณที่น้อย (ภาพที่ 7D)

อินทรีย์สารจากหญ้าทะเล (Seagrass) ในสถานี C1 C2 และ C4 มีค่าใกล้เคียงกัน และมีปริมาณการสะสมในตะกอนดินใกล้เคียงกันในทุกช่วงของความลึกของชั้นดิน โดยมีค่าประมาณ 20 % - 36 % แต่พบว่าในสถานี C3 นั้นกลับมีการสะสมของอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลในปริมาณน้อยที่สุด โดยมีค่าใกล้เคียงในทุกระดับชั้นอยู่ในช่วง 5 % - 9 % (ภาพที่ 7E)



ภาพที่ 7 การสะสมของอินทรีย์สารประเภทต่างๆ สารแขวนลอยบริเวณชายฝั่ง (A) พืชพรรณบนแผ่นดิน (B) พรรณไม้ชายเลน (C) สารแขวนลอยจากแม่น้ำ (D) และหญ้าทะเล (E) ในดินตัวอย่างจากสถานี C1 C2 C3 และ C4 ในแต่ละระดับความลึก โดยนำเสนอด้วยค่ามัธยฐาน และแถบความคลาดเคลื่อนแสดง ช่วงความเชื่อมั่นจากสถิติแบบเบส์ที่ 95 %

1.5 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ยังไม่สามารถรายงานปริมาณคาร์บอนในหญ้าใบมะกรูดยักษ์ (*H. major*) หญ้าใบมะกรูดขน (*H. decipiens*) หญ้าใบพาย (*H. beccarii*) และ หญ้ากุ่ม่ายเข็ม (*H. pinifolia*) ได้ เนื่องจากทีมวิจัยไม่พบตัวอย่างหญ้าทะเลทั้ง 4 ชนิดดังกล่าว สืบเนื่องจากข้อจำกัดในด้านเวลาและงบประมาณในการสำรวจ อีกทั้งหญ้าทะเลดังกล่าวเป็นหญ้าทะเลชนิดรองในพื้นที่ และมีการแพร่กระจายพันธุ์เป็นฤดูกาล ดังนั้นจึงควรมีการติดตามศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

จากการคำนวณปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเล พบว่าปริมาณของคาร์บอนที่สะสมอยู่ในส่วนเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลมีปริมาณน้อยกว่าส่วนใต้พื้นดินประมาณ 1.62 เท่า โดยมีปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในส่วนเหนือพื้นดินและส่วนใต้พื้นดินเท่ากับ 0.13 ± 0.001 MgC / ha และ 0.21 ± 0.001 MgC / ha ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินและใต้ดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 159.25 ± 1.23 MgC และ 257.25 ± 2.45 MgC ตามลำดับ คิดเป็นปริมาณคาร์บอนที่สะสมในหญ้าทะเลรวมเท่ากับ 416.25 ± 3.69 MgC

การสะสมของคาร์บอนทั้งหมดในตะกอนดินทั้งในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์คาร์บอน ในบริเวณเกาะลิบงพบว่ามีค่า 42.23 ± 27.39 MgC / ha โดยเป็นคาร์บอนอินทรีย์จำนวน 27.25 ± 31.19 MgC / ha และเป็นอนินทรีย์คาร์บอนจำนวน 14.98 ± 13.86 MgC / ha ซึ่งใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยของคาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมในตะกอนดินบริเวณแนวหญ้าทะเลบริเวณอินโดเนเซีย (Fourqurean et al., 2012) และมีปริมาณการสะสมมากกว่าในบริเวณอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหมที่มีการรายงานไว้ว่าการสะสมที่ 16.3 ± 2.1 MgC / ha (Rattanachot and Prathep, 2015) ทั้งนี้อาจเนื่องจากที่เกาะลิบงเป็นแนวหญ้าทะเลขนาดใหญ่จึงมีความสามารถสะสมคาร์บอนในตะกอนดินได้มากกว่า โดยที่ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมในตะกอนดินเกาะลิบงมีค่าเท่ากับ $23,382.99 \pm 45.81$ MgC

จากผลการวิเคราะห์จากไอโซโทปเสถียรในตัวอย่างดินพบว่า ในตัวอย่างดินชั้นบน (0 – 15 ซม.) อินทรีย์สารมีการสะสมในตะกอนดินมากที่สุด คือ หญ้าทะเล ส่วนตัวอย่างดินในชั้นที่ลึกลงไป (16 – 60 ซม.) อินทรีย์สารมีการสะสมในตะกอนดินมากที่สุด คือ พีชพรรณบนแผ่นดิน ทั้งนี้อินทรีย์สารแขวนลอยบริเวณชายฝั่ง และอินทรีย์สารจากหญ้าทะเล มีปริมาณอินทรีย์สารในตะกอนดินใกล้เคียงกันทั้งบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ (C1 และ C3) และบริเวณไกลปากแม่น้ำ (C2 และ C4) และพบว่าการสะสมในตะกอนดินใกล้เคียงกันในทุกช่วงของความลึกของชั้นดิน โดยอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลมีค่าตั้งแต่ 5 % - 36 % ซึ่งสอดคล้องค่าที่ได้จากการศึกษาก่อนหน้าโดย Kuramoto และ Minagawa (2001) พบว่าอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลสะสมในตะกอนดินบริเวณเกาะลิบง มีค่าประมาณ 36 ± 5 % อย่างไรก็ตามตะกอนดินบริเวณสถานี C3 นั้นกลับมีการสะสมของอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลในปริมาณน้อย โดยมีค่าใกล้เคียงในทุกระดับชั้นอยู่ในช่วง 5 % - 9 % ซึ่งอาจ

เนื่องจากสถานีดั้งกล่าวอยู่บริเวณใกล้ร่องน้ำที่มีการพัดพาเอาใบหญ้าทะเล และอินทรีย์สารจากหญ้าทะเล ลอยไปสู่ภายนอก ดังเช่นการศึกษาโดย Gillis และคณะ (2014) ซึ่งพบว่าอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลถูกพัดพา ออกไปสะสมอยู่ในตะกอนดินภายนอกแหล่งหญ้าทะเลบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนรอบๆเกาะภูเก็ต ดังนั้นแหล่ง หญ้าทะเลจึงเป็นทั้งแหล่งสะสมคาร์บอน และส่งผ่านคาร์บอนไปสะสมบริเวณใกล้เคียงที่สำคัญ และมีการ สะสมปริมาณอินทรีย์สารใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก ต่างจากอินทรีย์สารจากแหล่งพืชพรรณบนแผ่นดิน มีปริมาณอินทรีย์สารสะสมเพิ่มมากขึ้นตามระดับความลึก ส่วนอินทรีย์สารจากพรรณไม้ชายเลน อินทรีย์ แขนวลอยจากแม่น้ำที่มีการสะสมในตะกอนดินที่ลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นในทุกสถานี โดยเฉพาะ สถานี C3 ที่อยู่ใกล้กับป่าชายเลนแหล่งใหญ่ในเกาะลิตงนั้นอยู่บริเวณปากคลองที่ไหลผ่านมาจากป่าชายเลนทำ ให้มีการพัดพาอินทรีย์สารจากแหล่งพืชพรรณบนแผ่นดินมาตกสะสมในบริเวณดังกล่าว และอาจพัดพา สารอินทรีย์จากพรรณไม้ชายเลนและอินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำออกไปยังบริเวณอื่น

โดยเฉพาะอย่างยิ่งอินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำตราง์ที่มีการสะสมในตะกอนดิน 2 % - 6 % ตลอดแนว ความลึกของชั้นดินในทุกสถานีแม้ว่าบางสถานีที่ทำการศึกษายู่ใกล้ปากแม่น้ำก็ตาม ซึ่งผลที่ได้นี้อาจเป็นผล เนื่องจากทิศทางของน้ำจืดที่ไหลจากปากแม่น้ำมาสู่บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้อย สอดคล้องกับการศึกษา ของ Khogkhae และคณะ (2017) ที่พบว่าพื้นที่การกระจายตัวของความเค็มแบบ Mix - haline (0.5 - 30 psu) เกิดมากที่สุดในช่วงฤดูฝน ซึ่งพบการกระจายตัวในบริเวณปากแม่น้ำตราง์มาสิ้นสุดบริเวณแหลมจุโหย (บริเวณสถานี C3) โดยขณะที่พบความเค็มแบบ Eu - haline (30 - 40 psu) กระจายตัวโดยรอบบริเวณเกาะลิ บง อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับทิศทางของกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำตราง์และเกาะลิตง ประกอบกับ ข้อมูลปริมาณน้ำจืดที่ไหลมาจากบริเวณปากแม่น้ำตราง์ของกรมชลประทาน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต

โครงการย่อยที่ 2 การปรับปรุงเทคนิคการจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง โดยประยุกต์ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก

1.1 บทนำ

หญ้าทะเลนั้นถือได้ว่าเป็นแหล่งพื้นที่ชุ่มน้ำ ในด้านแหล่งอาหาร แหล่งที่อยู่อาศัย แหล่งวางไข่ และแหล่งอนุบาลสัตว์อ่อนสัตว์น้ำ รวมทั้งยังเป็นแหล่งหากินของสัตว์ทะเลที่ใกล้สูญพันธุ์อย่างพะยูน เต่าทะเล โดยที่หญ้าทะเลนั้นมีการแพร่กระจายพันธุ์บริเวณชายฝั่งทะเลตั้งแต่บริเวณเขตน้้ำขึ้น-น้ำลง ไปจนถึงเขตตื้นกว่าระดับน้ำลงต่ำสุด และในประเทศไทยเราสามารถพบหญ้าทะเลได้ทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน โดยประเทศไทยมีรายงานพบหญ้าทะเลทั้งสิ้น 13 ชนิดจากจำนวนหญ้าทะเลทั้งสิ้นประมาณ 60 ชนิดทั่วโลก ซึ่งแสดงให้เห็นได้ว่าประเทศไทยมีความหลากหลายของหญ้าทะเลอย่างมาก

แต่อย่างไรก็ตามฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geoinformation database) ที่แสดงแหล่งหญ้าทะเลในน่านน้ำไทยรวมไปถึงงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่ครอบคลุมพื้นที่หญ้าทะเลทั้งหมดที่มีการสำรวจพบและโดยส่วนใหญ่มีการรายงานเฉพาะขนาดของพื้นที่ของหญ้าทะเลที่พบ ซึ่งอาจเนื่องมาจากเทคโนโลยีการสำรวจ (Remote sensing) ที่อาจจะยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอหรือยังไม่เหมาะสมที่จะใช้ในการสำรวจหรือติดตามความเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น มวลชีวภาพ หรือการจำแนกชนิด และกระจายตัวของหญ้าทะเลแต่ละชนิด ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีความละเอียดค่อนข้างต่ำ และไม่สามารถกำหนดเวลาการบันทึกภาพได้อย่างอิสระ (Temporal Resolution) จึงอาจทำให้ข้อมูลภาพที่ได้มีประสิทธิภาพไม่เหมาะสมกับภารกิจทางด้านการสำรวจและติดตามหญ้าทะเล เช่น โดยส่วนใหญ่หญ้าทะเลส่วนมีการเจริญบริเวณที่มีน้ำขึ้น-น้ำลง ในวันและช่วงเวลาที่ดาวเทียมบันทึกภาพต้องเป็นช่วงเวลาที่น้ำลงต่ำ หรือน้ำใส รวมทั้งไม่มีเมฆบดบัง จึงทำให้สามารถนำภาพมาใช้เพื่อประเมินในการจำแนกชนิดพันธุ์และเปลี่ยนแปลงของหญ้าทะเลได้ชัดเจนและมีความแม่นยำ

ด้วยเหตุนี้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงจากระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศยานขนาดเล็ก (Miniature Unmanned Aerial System : UAS) จึงได้เข้ามามีบทบาทในการสำรวจ ฝ้าระวัง และประเมินสถานภาพหญ้าทะเลและทรัพยากรชายฝั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว (Nebiker et al., 2008) ด้วยการที่ภาพถ่ายจากระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศยานขนาดเล็กสามารถบันทึกข้อมูลภาพได้อย่างอิสระและมีรายละเอียดความคมชัดของภาพภาพสูง อีกทั้งยังสามารถจำแนกพื้นที่และความหนาแน่นของพื้นที่หญ้าทะเลด้วยวิธีควบคุมโดยผู้เชี่ยวชาญ (Supervised classification Maximum Likelihood Method) หรือการจำแนกเชิงวัตถุแบบลำดับชั้น (Hierarchical Object-based classification) โดยให้ ค่าความแม่นยำประมาณ 60 % ขึ้นไปได้อีกด้วย (Richard et al., 2006, C.M. Roelfsema et al., 2009)

จากการศึกษาของ Koedsin et al., 2016 โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Worldview-2 รายละเอียดสูง พบว่าการปรับปรุงเทคนิคโดยการผสมช่วงคลื่นให้มากกว่าตามมองเห็น (RGB) สามารถจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล บริเวณภาคใต้ของประเทศไทยได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้เล็งเห็นถึงการศึกษา

และปรับปรุงเทคนิคในด้านการสำรวจระยะไกลเพื่อจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล โดยประยุกต์ภาพถ่ายทางอากาศหลายช่วงคลื่นจากระบบหุ่นยนต์สำรวจทางอากาศขนาดเล็กเพื่อรองรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การกระจายตัวของหญ้าทะเลให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ทันทต่อสถานการณ์ และเป็นประโยชน์ในการจัดทำฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของหญ้าทะเลในระดับประเทศในลำดับต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาแบบจำลอง (Empirical Modelling) เพื่อจำแนกชนิดพันธุ์หญ้าทะเลของเกาะลันง จ.ตรัง
2. จัดทำแผนที่ความหลากหลายชนิดพันธุ์หญ้าทะเลของเกาะลันง จ.ตรัง

ขอบเขตของโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นต้นแบบในการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศหลายช่วงคลื่นรายละเอียดสูง (RGB, Near Infrared : NIR) จากระบบหุ่นยนต์อากาศยาน (Mini Unmanned Aerial System :UAS) ในการจัดทำแผนที่ความหลากหลายชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล

2.2 ทบทวนเอกสาร

ในประเทศไทยมีการสำรวจหญ้าทะเลโดยสมบัติและคณะ (2549) ด้วยการประยุกต์การสำรวจระยะไกลในพื้นที่หญ้าทะเลในพื้นที่อ่าวคุ้งกระเบน ซึ่งสามารถประเมินพื้นที่หญ้าทะเลได้ทั้งสิ้น 1,520 ไร่ และพบหญ้าทะเล 4 ชนิด ได้แก่ หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) หญ้าเงาใส (*Halophila decipiens*) หญ้ากุ่มช่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) และหญ้ากุ่มช่ายทะเล (*Halodule uninervis*) แต่ยังไม่สามารถประเมินพื้นที่ของหญ้าแต่ละชนิดด้วยข้อมูลการสำรวจระยะไกลได้ ในปี ค.ศ. 2008 Nebikeraet และคณะ ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็กเพื่อจัดสร้างแผนที่ทางอากาศรายละเอียดสูงและงานทางด้านรังวัดด้วยภาพถ่ายทางอากาศ (Photogrammetry) ซึ่งภาพถ่ายทางอากาศจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก ให้รายละเอียดจุดภาพประมาณ 1 – 20 เซนติเมตร ต่อมาในปี ค.ศ. 2006 Richard และคณะ ได้ศึกษาและจัดทำแผนที่การกระจายตัวของหญ้าทะเลใน The Barnegat Bay, New Jersey, USA โดยประยุกต์การสำรวจโดยภาพถ่ายทางอากาศจากเครื่องบินและจำแนกด้วยวิธี rule-based classification โดยพบค่าความแม่นยำประมาณ 68 % แต่พบปัญหาทางด้านการปรับแก้เชิงรังสีของภาพ (Radiometry) ทำให้ส่งผลกระทบต่อการศึกษาจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล C.M. Roelfsema et al. (2009) ได้ศึกษาและจัดทำแผนที่การปกคลุมของหญ้าทะเลใน The Moreton Bay, Australia โดยประยุกต์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM และจำแนกด้วยสายตาจากผู้เชี่ยวชาญ Manual Interpretation โดยพบค่าความแม่นยำประมาณ 75 % และวิพากษ์เรื่องความแม่นยำในการประเมินพื้นที่หญ้าทะเลโดยใช้ข้อมูลดาวเทียมแบบออปติคัล (Optical data) โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การขึ้น-ลงของน้ำทะเล สภาพความใสของน้ำทะเล และคุณภาพของข้อมูลดาวเทียม Koedsin et al., 2016 ได้ศึกษาและจัดทำแผนที่การปกคลุมของหญ้า

ทะเลและมวลชีวภาพบริเวณอ่าวป่าคอก จังหวัดภูเก็ต โดยประยุกต์ข้อมูลดาวเทียม Worldview-2 ในช่วงคลื่น coastal blue, blue, green, rededge, NIR-1, NIR-2 เพื่อจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล โดยพบว่าช่วงคลื่นเหล่านี้สามารถสร้างสมการความสัมพันธ์กับหญ้าคาทะเลทะเล, หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) และหญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) อยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง ($R = 0.6 - 0.94$)

2.3 วิธีการศึกษา

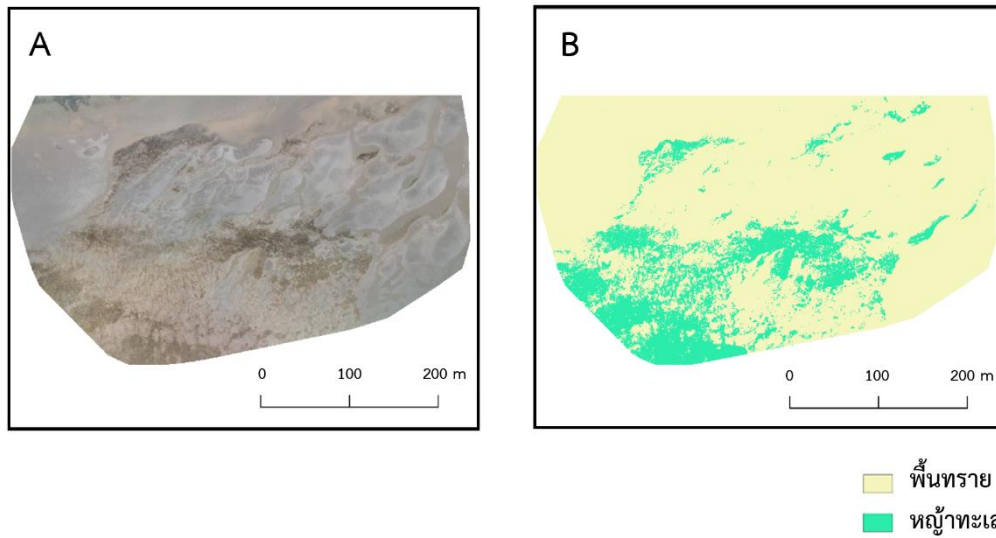
ดำเนินการสำรวจเก็บข้อมูลหญ้าทะเลในภาคสนามในฤดูร้อน ระหว่างวันที่ 22 – 27 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำทะเลลดต่ำสุดและนานสุดในปี พ.ศ. 2561 (กรมอุทกศาสตร์, 2561) บริเวณอ่าวทุ่งจีน ซึ่งเป็นบริเวณแหล่งหญ้าทะเลที่ใหญ่ที่สุดของเกาะลันเตา ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 13,058.37 ไร่ (ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2561) โดยการเดินสำรวจและสุ่มวาง quadrat ขนาด 15 X 15 เซนติเมตร จำนวน 5 quadrat ต่อหญ้าทะเลแต่ละชนิด โดยให้ quadrat ที่ทำการสุ่มมีการกระจายครอบคลุมทั่วทั้งอ่าว จากนั้นบันทึกชนิด และประเมินเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเลแต่ละชนิดที่พบภายใน quadrat และวัดค่าการสะท้อนพลังงาน (Reflectance) ของหญ้าทะเลแต่ละชนิดด้วยเครื่องสเปกโตรเรดิโอมิเตอร์ (Field Spectroradiometer: wavelength in 350 - 2,500 nm, China) จากนั้นทำการบันทึกภาพถ่ายทางอากาศรายละเอียดสูงในพื้นที่ตัวอย่าง จากระบบหุ่นยนต์อากาศยานแบบมัลติโรเตอร์ จากนั้นดำเนินการต่อภาพและปรับแก้พิกัดภาพในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Orthomosaic)

เมื่อสำรวจในภาคสนามเสร็จสิ้นแล้ว นำภาพถ่ายทางอากาศหลายช่วงคลื่นรายละเอียดสูง (RGB, Near Infrared : NIR) ที่ระดับความสูง 100 ม. จากกล้องหลายช่วงคลื่น (Multispectral camera) ยี่ห้อ MicaSense รุ่น Red Edge-M, China ที่มีค่าความละเอียดของจุดภาพบนพื้นดิน (GSD) 8 ซม. (8 ซม. / พิกเซล) โดยบินบันทึกภาพถ่ายด้วยระบบหุ่นยนต์อากาศยานไร้คนขับ หรือ โดรน (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) ที่ขับเคลื่อนด้วยระบบแบบมัลติโรเตอร์ (Mini Unmanned Aerial System: UAS) ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4 Advance, China มาดำเนินการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการสะท้อนพลังงานของหญ้าทะเลแต่ละชนิด ในแต่ละช่วงคลื่นที่จากภาพถ่าย ได้แก่ ช่วงคลื่นตามมองเห็น (RGB) และช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near infrared) จากนั้นพัฒนาวิธีการจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเลด้วยกระบวนการทางการสำรวจระยะไกลแบบเรียนรู้อัตโนมัติ (Supervised Classification using Machine Learning) หรือสร้างแบบจำลองโดยใช้สมการเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple linear equation) ให้เป็นแบบจำลองเฉพาะ (Empirically Model) เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคพื้นกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ โดยอาศัยดัชนีพืชพรรณ (Spectral information) ดัชนีลายพื้นผิว (Textural information) และดัชนีความลึกของท้องน้ำ (Depth information) โดยอาศัยการสร้างภาพ 3 มิติ จากภาพถ่ายรายละเอียดสูง ในขั้นสุดท้ายจะประเมินความถูกต้องในการจำแนกชนิดพันธุ์หญ้าทะเลด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ และประเมินความเหมาะสมของกล้องและระบบหุ่นยนต์อากาศยานเพื่อรองรับการพัฒนาแบบเฉพาะ (Platform) ของหุ่นยนต์อากาศยานสำหรับสำรวจทรัพยากรชายฝั่ง

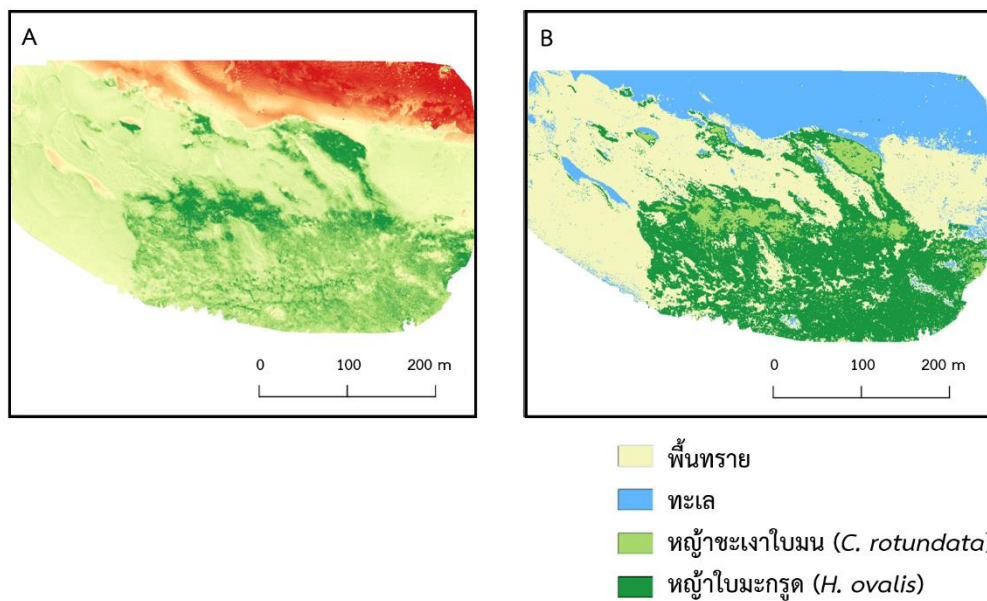
2.4 ผลการศึกษา

ภาพถ่ายของพื้นที่ศึกษาในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (ภาพถ่าย RGB) จากโดรน สามารถจัดการแผนที่หญ้าทะเลได้สำเร็จ ภาพถ่ายที่ได้สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างพื้นที่หญ้าทะเลและพื้นทรายได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะถ้าพื้นที่หญ้าทะเลที่ประกอบด้วยหญ้าทะเลที่มีต้นขนาดกลาง (ความยาวใบ 10 – 15 ซม. และความกว้างใบ 1.5 – 2 ซม.) เช่น หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หรือ หญ้าทะเลที่มีต้นใหญ่ (ความยาวใบ 30 – 100 ซม. และความกว้างใบ 2 – 3 ซม.) เช่น หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาครั้งนี้ พื้นที่ที่ทำการศึกษาหญ้าชนิดเด่นที่พบ เป็นหญ้าชะเงาใบมน (*C. rotundata*) และหญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) โดยการจัดจำแนกประเภทของภาพ RGB สามารถจำแนกหญ้าชะเงาใบมน (*C. rotundata*) ได้อย่างชัดเจน แตกต่างจากหญ้าใบมะกรูด (*H. ovalis*) ที่มีขนาดเล็ก ทำให้หลายบริเวณเกิดการจำแนกหญ้าใบมะกรูด (*H. ovalis*) เป็นพื้นทราย ซึ่งจะเห็นได้ชัดในส่วนตรงกลางด้านซ้ายของภาพถ่าย RGB (ภาพที่ 8A) ที่มีหญ้าใบหญ้าใบมะกรูด (*H. ovalis*) เจริญอยู่ค่อนข้างน้อย ทำให้ภาพที่ได้รับการจำแนก (ภาพที่ 8B) แสดงพื้นที่หญ้าใบหญ้าใบมะกรูด (*H. ovalis*) ว่าเป็นพื้นทราย

เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่หญ้าทะเลที่ประเมินจากภาพถ่าย RGB และภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (ภาพถ่าย Multispectral) พบว่า พื้นที่หญ้าทะเลระหว่างภาพถ่ายทั้ง 2 แบบนั้นมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยพื้นที่หญ้าทะเลที่ประเมินได้จากภาพถ่าย RGB มีพื้นที่หญ้าทะเล 8,100 ตารางเมตร ในขณะที่พื้นที่หญ้าทะเลที่ประเมินได้จากภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นมีขนาด 22,900 ตารางเมตร และเป็นภาพที่สามารถแสดงขอบเขตของหญ้าทะเลได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 9A) ยิ่งไปกว่านั้นภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น สามารถนำมาใช้แยกแยะความแตกต่างระหว่างชนิดของหญ้าทะเลได้ โดยสามารถสามารถสังเกตได้จากความเข้มของเฉดสีของหญ้าทะเล บริเวณหญ้าชะเงาใบมน (*C. rotundata*) ที่มีมวลชีวภาพสูงกว่าจะมีพื้นที่เป็นสีเขียวเข้ม และบริเวณหญ้าใบมะกรูด (*H. a ovalis*) ที่มีมวลชีวภาพต่ำกว่าจะมีสีเขียวอ่อน (ภาพที่ 9B)



ภาพที่ 8 ภาพถ่ายในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (ภาพถ่าย RGB) ที่ถ่ายได้จากโดรน (A) และภาพที่จัดจำแนกแล้วจากภาพถ่าย RGB ที่แสดงเฉพาะพื้นที่หญ้าทะเล (B)



ภาพที่ 9 ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น (ภาพถ่าย Multispectral) ในช่วงคลื่น Near Infrared (NIR) ที่ถ่ายได้จากโดรน (A) และภาพที่จัดจำแนกแล้วจากภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่จัดจำแนกโดยใช้ดัชนี NDVI ที่แสดงพื้นที่หญ้าทะเลและแสดงให้เห็นความแตกต่างของพื้นที่หญ้าทะเลแต่ละชนิด (B)

2.5 สรุปผลการศึกษา

แม้ภาพถ่าย RGB จะให้ความแม่นยำในการจัดจำแนกพื้นที่หญ้าทะเล (Classification) ได้น้อยกว่าภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น แต่ภาพถ่าย RGB สามารถนำมาใช้จัดจำแนกภาพได้ดีแม้ว่าในภาพถ่ายที่ได้นั้นหญ้าทะเลจะอยู่ในบริเวณแอ่งน้ำหรือถูกปกคลุมด้วยน้ำตื้นๆ (1 - 2 เมตร) เนื่องจากช่วงคลื่นที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้นั้นจะถูกดูดซับด้วยน้ำทะเลได้น้อยกว่าเมื่อเทียบกับภาพถ่ายในช่วงคลื่น Near Infrared (NIR)

การจัดจำแนกภาพของภาพถ่าย Multispectral ขึ้นอยู่กับดัชนี NDVI (ดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณธรรมชาติ) ที่จะใช้ช่วงคลื่น NIR ในการจัดจำแนกภาพ โดยช่วงคลื่น NIR นั้นจะถูกสะท้อนจากหญ้าทะเลซึ่งหากหญ้าทะเลยังมีสุขภาพดีค่าการสะท้อนก็จะยิ่งสูงตามไปด้วย แต่ถ้าหากเป็นภาพถ่ายในขณะที่หญ้าทะเลจมน้ำ NRI ก็จะไม่สะท้อนออกมาหรือสะท้อนออกมาได้น้อยเนื่องจาก NRI เป็นช่วงคลื่นที่ถูกดูดซับด้วยน้ำได้ง่าย ดังนั้นหากต้องการถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นในบริเวณพื้นหญ้าทะเล ควรถ่ายภาพเฉพาะบริเวณพื้นหญ้าทะเลที่เจริญในเขตน้ำขึ้นน้ำลง (intertidal zone) ในช่วงที่น้ำลงต่ำสุด อย่างไรก็ตามแม้จะถ่ายภาพในช่วงเวลาที่หญ้าทะเลไหลพ้นน้ำแล้วแต่บางจุดในพื้นหญ้าทะเลก็ยังมีแอ่งน้ำ (tidal pool) และหญ้าทะเลบางจุดก็ยังมีน้ำปกคลุมทำให้ค่าการสะท้อนของ NRI เกิดความผิดพลาดได้ ในกรณีนี้หากเป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมจะมีขั้นตอนในการแก้ไขผลกระทบของน้ำ (Water column correction) ออกไปได้ โดยใช้ดัชนี NDSgl (ดัชนีความแตกต่างของหญ้าทะเลธรรมชาติ) แต่สำหรับภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพหลายช่วงคลื่นนั้นจนถึงขณะนี้ยังไม่มีการพัฒนาดัชนีที่จะใช้ในการแก้ไขผลกระทบของน้ำ ซึ่งควรมีการศึกษาและพัฒนาต่อไปในอนาคต

โครงการย่อยที่ 3 การจำแนกชนิดพันธุ์และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง ด้วยการสำรวจระยะไกล (Seagrass Species and Aboveground Biomass Mapping in Kao Libong Using Remote Sensing Technique)

3.1 บทนำ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติด้วยเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) นั้นมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและสามารถลดข้อจำกัดของวิธีการสำรวจภาคสนามได้ ทำให้มีการประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเข้ามาช่วยในการจัดการ ติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ป่าไม้ ป่าชายเลน แนวปะการัง และหญ้าทะเล

การศึกษาเพื่อนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหญ้าทะเลในประเทศไทย นั้นมีข้อจำกัด โดยครั้งแรกนั้นเป็นการศึกษาขอบเขตพื้นที่ของหญ้าทะเลของภัทรารุช (2548) ซึ่งวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ด้วยการวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม ซึ่งยังมีข้อจำกัดในการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลขนาดเล็กหรือบริเวณที่มีหญ้าทะเลน้อย ต่อมาจตุพร (2554) พบว่าการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม THEOS โดยใช้วิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดในการการจำแนกหญ้าทะเลคาทะเล (*Enhalus acoroides*) และหญ้าใบมะกรูด (*Halodule pinifolia*) นั้นมีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงกว่า 75.00 % และ 89.47 % ตามลำดับ นอกจากนี้ Koedsin, et al. (2016) ได้ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกล ร่วมกับการสำรวจภาคสนามจัดทำแผนที่เปอร์เซ็นต์การปกคลุม ชนิดพันธุ์ และมวลชีวภาพของหญ้าทะเล พบว่ามีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 73.74 % และ 75.00 % ตามลำดับ และงานวิจัยดังกล่าวได้ทำการสร้างแบบจำลองในการประมาณค่ามวลชีวภาพโดยในการสร้างแบบจำลองมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล บริเวณอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต

แม้ว่าการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเพื่อการประเมินสภาพและขอบเขตของแหล่งหญ้าทะเลจากการศึกษาที่ผ่านมามีประสิทธิภาพ (ค่าความถูกต้องโดยรวมสูง) แต่เนื่องด้วยระบบนิเวศหญ้าทะเลของประเทศไทยในแต่ละพื้นที่นั้นค่อนข้างมีความแตกต่างกัน เช่น ความลึก ความใสของน้ำทะเล ลักษณะการแพร่กระจาย และการปกคลุมของหญ้าทะเล จึงอาจทำให้วิธีการที่จำแนกที่เหมาะสมมีความแตกต่างกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกลเพื่อจำแนกขอบเขต และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ด้วยวิธีต่างๆ เพื่อหาวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในการประเมินพื้นที่ และมวลชีวภาพของหญ้าทะเล จากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A

วัตถุประสงค์

จำแนกขอบเขตและประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลบริเวณอ่าวทุ่งจีน เกาะลิบง จังหวัดตรัง โดยใช้การสำรวจระยะไกลด้วยวิธีจำแนกแบบต่างๆ

ขอบเขตของการวิจัย

- 1) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแหล่งหญ้าทะเลอ่าวทุ่งจีน เกาะลิบง จังหวัดตรัง
- 2) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง คือ ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2561
- 3) ช่วงเวลาที่ทำการศึกษานี้เลือกช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนธันวาคม ถึง เดือนเมษายน) ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน

3.2 บทตรวจเอกสาร

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลก เป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีการถ่ายภาพและโทรคมนาคมที่อาศัยหลักการสำรวจระยะไกล โดยมีอุปกรณ์ถ่ายภาพที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมที่ได้รับการออกแบบให้มีความสามารถถ่ายภาพ และมีความหลากหลายในรายละเอียดของภาพได้อย่างเหมาะสม เพื่อประโยชน์ในการจำแนกประเภททรัพยากรที่สำคัญ เช่น พื้นที่ป่า พื้นที่การเกษตร และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรบริเวณชายฝั่งทะเล เช่น ป่าชายเลน แนวปะการัง และหญ้าทะเล

จากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหญ้าทะเลกันอย่างแพร่หลาย ดังเช่นการศึกษาของ Pasqualini, *et al.* (2005) ทำการศึกษาการทำแผนที่หญ้าทะเลชนิด *Posidonia oceanica* โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งทำการเปรียบเทียบระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 รายละเอียดภาพ 10 เมตร กับภาพผสมรายละเอียดภาพ 2.5 เมตร โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ ทำการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม โดยแบ่งตามความลึกของน้ำทะเล จัดกลุ่มการจำแนกข้อมูลออกเป็น 4 ประเภท คือ 1) ทราย 2) ตะไคร่น้ำที่เกาะอยู่บนหิน 3) หญ้าทะเลที่ลักษณะการกระจายตัวเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก และ 4) หญ้าทะเลที่มีลักษณะการกระจายตัวอย่างต่อเนื่อง จากการเปรียบเทียบความถูกต้อง ระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 ภาพผสมรายละเอียดภาพ 2.5 เมตร และภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 รายละเอียดภาพ 10 เมตร มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 73.00 % และ 90.00 % ตามลำดับ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Urbanski, *et al.* (2009) ทำการศึกษาการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 โดยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ เพื่อจัดทำแผนที่หญ้าทะเลบริเวณหาดทรายในเขตน้ำตื้นของทะเล Southern Baltic โดยแบ่งการจำแนกออกเป็น 1) หญ้าทะเล 2) แนวหิน และ 3) พื้นที่ว่าง มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 83.00 % ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Yang and Yang (2009) ทำการศึกษาการจำแนกหญ้าทะเลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 บริเวณอ่าว Xincun ในจังหวัด Hainan ประเทศจีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแม่นยำต่อการแพร่กระจายของหญ้าทะเล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 มาผ่านกระบวนการปรับแก้เชิงรังสี และใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม เพื่อคุณลักษณะการแพร่กระจายและความหนาแน่นของหญ้าทะเลที่อยู่ใต้น้ำ พบการกระจายตัวของหญ้าทะเลบริเวณชายฝั่งด้านเหนือของอ่าว Xincun เป็นแนวยาวและสามารถมองเห็นได้ชัดเจน มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 80.00 %

นอกจากการศึกษาหาขอบเขตของแหล่งหญ้าทะเลแล้ว ยังได้มีการประยุกต์ใช้ การสำรวจภาคสนาม ร่วมกับการสำรวจระยะไกลทำการศึกษาการจัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุม แผนที่เปอร์เซ็นต์การปกคลุม และแผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ดังเช่นการศึกษาของ Phinn, *et al.* (2008) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนาม ทำการศึกษาชนิดการปกคลุม เปอร์เซ็นต์การปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของแหล่งหญ้าทะเล ในเขตน้ำตื้น (≤ 3 เมตร) บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยเปรียบเทียบกันระหว่าง Multi-spectral satellite (Landsat 5 TM และ

QuickBird-2) และ Airborne hyper-spectral (CASI-2) การสำรวจภาคสนามใช้วิธีการ Photo Line Transect Method และนำข้อมูลภาคสนามที่ได้นำมาแบ่งเป็นข้อมูลใช้สำหรับการสอนและข้อมูลทดสอบ โดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงเส้น (Regression Analysis) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากการศึกษาได้จัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุม เปอร์เซ็นต์การปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของแหล่งหญ้า มีความถูกต้องโดยรวมมากกว่า 80.00 % แต่ไม่ทุกภาพถ่ายดาวเทียม ในขณะที่เดียวกัน Roelfsema, et al. (2009) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนามจัดทำแผนที่เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเลบริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM โดยจุดมุ่งหมายของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาวิธีการทำแผนที่เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเล โดยทำการแบ่งระดับการปกคลุมหญ้าทะเลออกเป็น 5 ระดับ (0 %, 1 – 25 %, 25 – 50 %, 50 – 75 % และ 75 – 100 %) จากการศึกษาพบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 75.00 %

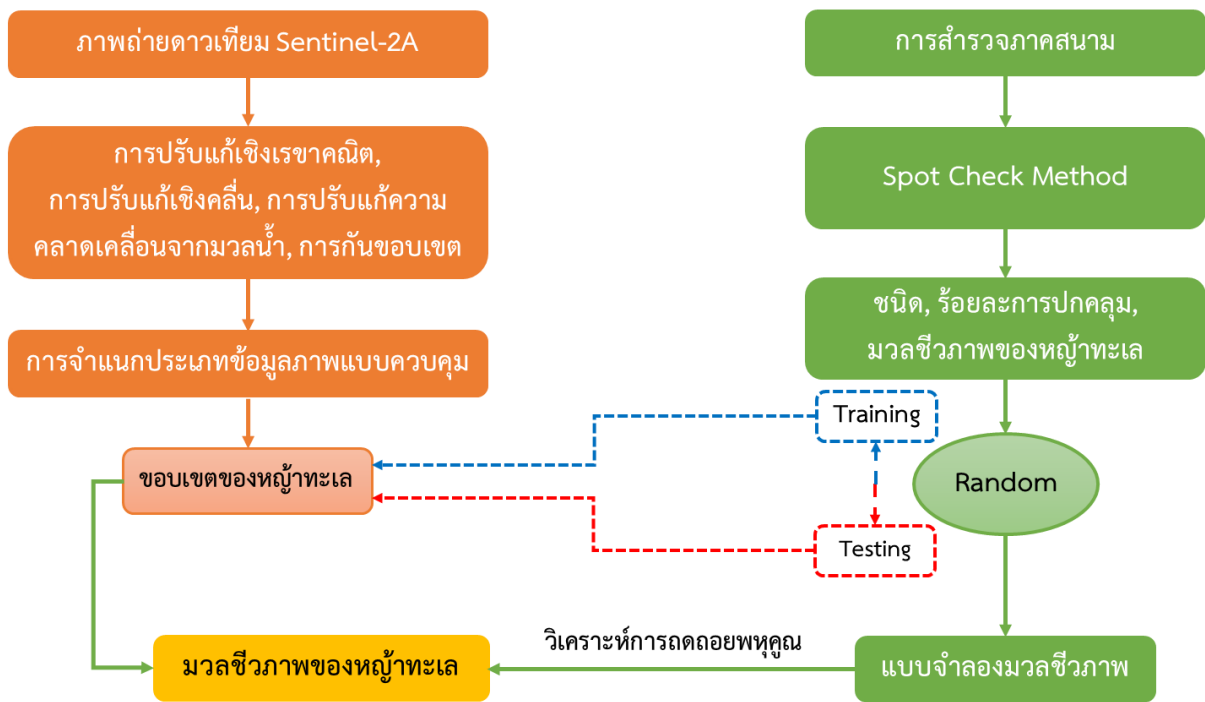
การนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหญ้าทะเลในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก มีเพียงการศึกษาของ ภัทรารุธ (2548) ทำการศึกษาเทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ในการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมได้ใช้การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม ซึ่งประกอบด้วยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด การจำแนกแบบเส้นคู่ขนาน และการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด พบว่า เทคนิคการจำแนกข้อมูลทั้ง 3 แบบให้ผลดีสำหรับการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลที่ค่อนข้างมีพื้นที่การปกคลุมหนาแน่น โดยจะมีข้อจำกัดในการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลขนาดเล็กหรือบริเวณที่มีหญ้าทะเลน้อย ซึ่งเทคนิคที่ให้ผลการจำแนกโดยรวมถูกต้องที่สุด คือ เทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด ผลการวิจัยครั้งนี้ได้แสดงถึงศักยภาพของเทคนิคการสำรวจระยะไกล และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสำรวจและจำแนกแหล่งหญ้าทะเลของประเทศไทยต่อไปได้ และจากการศึกษาของ จตุพร (2554) ทำการศึกษาการประยุกต์เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่งในการจำแนกหญ้าทะเล กรณีศึกษาอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เปรียบเทียบผลการจำแนกหญ้าทะเลด้วยเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และภาพถ่ายดาวเทียม ALOS 2) เปรียบเทียบผลของการจำแนกหญ้าทะเลตามฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม THEOS ผลการศึกษาพบว่า 1) การจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด และเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องสูงที่สุดเท่ากัน โดยการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม THEOS มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดคือ 75.00 % ส่วนการจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด โดยการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม THEOS มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดคือ 89.47 % 2) ผลการเปรียบเทียบการจำแนกตามฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS พบว่า หญ้าทะเล

ชนิด *Enhalus acoroides* ในฤดูแล้งมีพื้นที่เท่ากับ 2.30 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น 34.86 % และในฤดูฝน มีพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 2.87 ตารางกิโลเมตร หรือ คิดเป็น 43.65 % ส่วนปริมาณหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* ในฤดูแล้งมีพื้นที่เท่ากับ 2.41 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น 36.60 % และในฤดูฝนมีพื้นที่ลดลงเหลือ 1.89 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น 28.71 % นอกจากนี้ Koedsin, *et al.* (2016) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกล โดยการจำแนกภาพถ่ายความละเอียดสูงจากดาวเทียม Worldview-2 (WV-2) ร่วมกับการสำรวจภาคสนามจัดทำแผนที่การแพร่กระจายของหญ้าทะเล เปรอ์เซนต์การปกคลุม และชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเล บริเวณอ่าวป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต ซึ่งค่าความถูกต้องเท่ากับ 90.67 % 73.74 % และ 75.00 % ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองในการประมาณค่ามวลชีวภาพโดยในการสร้างแบบจำลองมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ผลการศึกษาพบว่า มีตัวแปรอิสระเพียง 3 ตัวแปร คือ ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่น Band 3 (Green), Band 4 (Yellow) และ Band 7 (Near-IR1) ถูกคัดเลือกเข้าไปใช้ในการสร้างสมการ ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.461 0.423 และ 10.38 gDW/m² ตามลำดับ แม้ว่า WorldView-2 จะให้ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่มีความละเอียดสูงมาก (1.84 ม.² / พิกเซล) แต่เนื่องจากเป็นดาวเทียมสังเกตการณ์เชิงพาณิชย์ทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงในการนำภาพถ่ายมาใช้

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลกที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการนำภาพถ่ายดาวเทียมมาทำให้ภาพถ่ายที่มีความละเอียดค่อนข้างสูง คือ ดาวเทียม Sentinel-2 ที่มีความละเอียด 10 ม.² / พิกเซล และมีแถบความถี่ Vegetation red edge ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงพื้นที่ของพืชพันธุ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าการสะท้อนของช่วงคลื่น Near infrared ได้อย่างรวดเร็ว

3.3 วิธีการศึกษา

การศึกษานี้มุ่งเน้นเพื่อทดสอบความสามารถการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกล เพื่อจำแนกขอบเขต และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การศึกษาครั้งนี้จำเป็นต้องกล่าวถึงภาพรวม ขั้นตอน และวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการได้มาซึ่งข้อมูลภาคสนาม การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการศึกษาคือการซ้อนทับกันระหว่างข้อมูลภาคสนามและภาพถ่ายดาวเทียม ณ เวลาใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับจำแนกและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งได้แสดงขั้นตอนของการศึกษา (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ภาพรวมขั้นตอนของการศึกษาการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกล

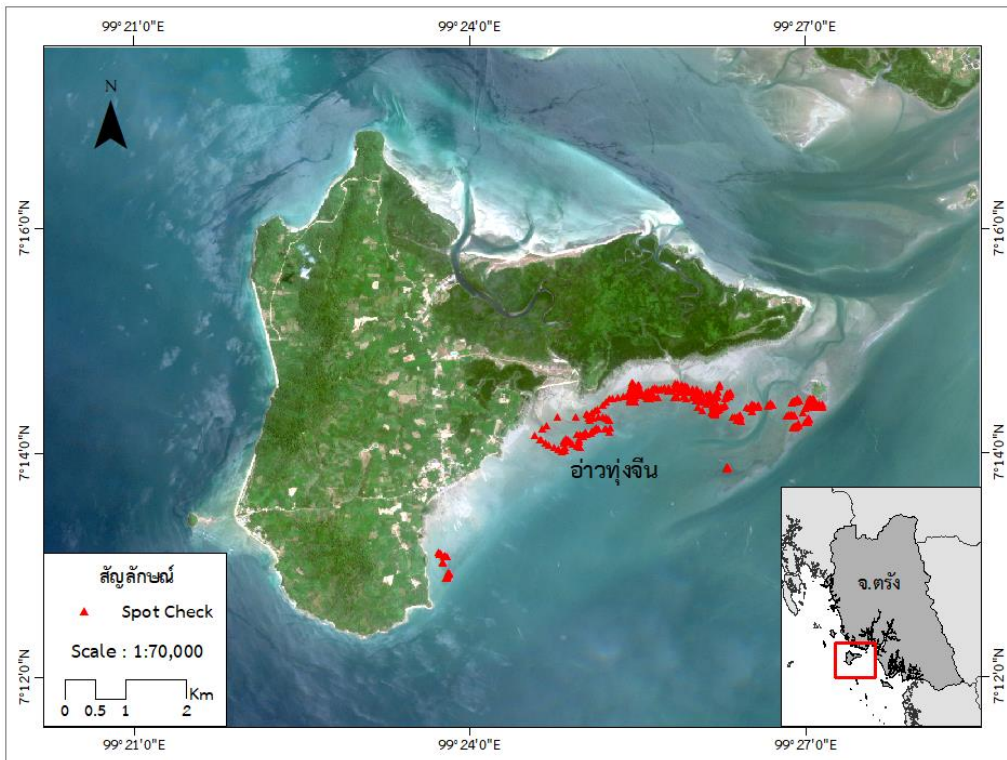
1) การสำรวจข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าทะเล

1. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

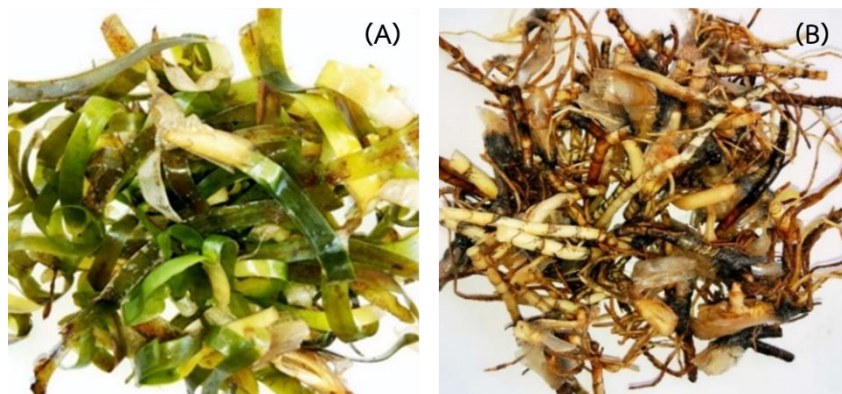
การสำรวจข้อมูลภาคสนามทำการสำรวจภายใต้วิธีการตามคู่มือ Survey Manual for Tropical Marine Resource (English, *et al.*, 1997) โดยใช้การสำรวจแบบการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method) ในแต่ละจุดจะวางแปลงสำรวจ (Quadrat) ขนาด 0.5×0.5 เมตร จากนั้นดำเนินการถ่ายภาพหญ้าทะเลที่พบในแปลงสำรวจ บันทึกข้อมูลชนิด และเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเลแต่ละชนิดที่พบ พร้อมทั้งบันทึกพิกัดจุด GPS ณ ตำแหน่งที่มีการบันทึกข้อมูล (ภาพที่ 11) และเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลทั้งหมดที่อยู่ในแต่ละแปลงสำรวจเพื่อนำมาจำแนกชนิดและมวลชีวภาพต่อไปในห้องปฏิบัติการ

2. การวิเคราะห์มวลชีวภาพของหญ้าทะเล

ทำการการวิเคราะห์มวลชีวภาพของหญ้าทะเลวิธีการหามวลชีวภาพจากน้ำหนักแห้งของหญ้าทะเล (English, *et al.*, 1997) โดยนำหญ้าทะเลในแต่ละแปลงสำรวจมาล้างให้สะอาด และแยกชนิด จากนั้นทำการแยกหญ้าทะเลแต่ละชนิดออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) และ 2) เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน) (ภาพที่ 12) โดยนำทั้งสองส่วนไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลความละเอียด 2 ตำแหน่ง เพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร: gDW/m^2)



ภาพที่ 11 ตำแหน่งที่มีการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method)



ภาพที่ 12 A) ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) B) เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน) ที่ล้างและเตรียมอบเพื่อประเมินปริมาณมวลชีวภาพ

2) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ทำการโหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/> โดยเลือกภาพถ่ายที่ถ่ายได้ในเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาที่ทำการออกเก็บข้อมูลภาคสนาม และเป็นภาพถ่ายที่ไม่มีเมฆบดบังภาพหรือมีเมฆบดบังภาพน้อยที่สุด ภาพถ่ายดาวเทียมที่ได้จะเป็นภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น เนื่องจากดาวเทียมดังกล่าวมีอุปกรณ์ Multispectral Instrument (MSI) เมื่อได้ภาพถ่ายมาแล้วจะนำภาพถ่ายไปวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น

การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ต้องมีการเตรียมความพร้อมและการปรับปรุงข้อมูลที่มีความบกพร่องในคุณสมบัติต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องตามความเป็นจริง เพื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

1.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต เป็นการบิดเบือนของตำแหน่งในภาพอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของการโคจร ลักษณะของการวางตัวของดาวเทียมขณะทำการบันทึกตรวจวัดข้อมูล การหมุนรอบตัวเองของโลก การโค้งตัวของเปลือกโลก การคลาดเคลื่อนของตัวเครื่องตรวจวัดบางชนิดของดาวเทียม ความกว้างของมุมมองของอุปกรณ์ตรวจวัดเก็บข้อมูลในดาวเทียม ความผันแปรของเพดานบิน ความเร็วของดาวเทียม และลักษณะเฉพาะตัวของพื้นที่ที่ทำการตรวจวัด

ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ที่ใช้ในการศึกษาได้รับการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแล้วทางผู้วิจัยได้กำหนดมาตรฐานพิกัด UTM-47N Projection, Datum WGS 84 และกำหนดขนาดจุดภาพใหม่เป็น 10 × 10 เมตร

1.2 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction)

เป็นการปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดจากอุปกรณ์กวาดรับภาพ การรับแสง และอิทธิพลของบรรยากาศ ได้แก่ มุมของดวงอาทิตย์ หมอก ควัน และเมฆ เป็นต้น จากนั้นภาพถ่ายดาวเทียมจะถูกทำการแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number: DN) ให้เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Spectral Radiance) และแปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) ตามลำดับซึ่งค่าการสะท้อนที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 1 มีขั้นตอนดังนี้

- การแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number: DN) (Updike and Comp, 2010) เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Spectral Radiance) การแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลขเป็นค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ โดยนำค่า K_{Band} และ $\Delta\lambda_{\text{Band}}$ ที่ได้จากข้อมูล Metadata ของภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการแทนค่าลงในสมการ 16

$$\text{สมการ 16: } L_{\lambda} = \frac{K_{\text{Band}} \times q_{\text{Pixel,Band}}}{\Delta\lambda_{\text{Band}}}$$

เมื่อ	L_λ	= ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral Radiance) ($W\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}\cdot \mu m^{-1}$)
	K_{Band}	= ค่า abs cal factor ($W\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}\cdot \mu m^{-1}$) จากข้อมูล Metadata ของภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละแบนด์
	$Q_{Pixel,Band}$	= ค่าหลักเลข (DN) ของภาพถ่ายดาวเทียม
	$\Delta\lambda_{Band}$	= ค่า effective bandwidth (μm) จากข้อมูล Metadata ของภาพถ่าย ดาวเทียมแต่ละแบนด์

- การแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Spectral Radiance) เป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) (Updike and Comp, 2010) การแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ เป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง โดยนำค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (L_λ) ที่ได้จากสมการที่ 1 และค่ามุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก ($COS\theta_s$) ค่าระยะห่างจากดวงอาทิตย์ถึงโลก (d) และค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ($ESUN_\lambda$) แทนค่าลงในสมการ 17

$$\text{สมการ 17: } \rho_\lambda = \frac{L_\lambda \times d^2 \times \pi}{ESUN_\lambda \times COS\theta_s}$$

เมื่อ	ρ_λ	= ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Spectral Radiance) ($W\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}\cdot \mu m^{-1}$)
	L_λ	= ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral Radiance) ($W\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}\cdot \mu m^{-1}$)
	d	= ค่าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์
	$ESUN_\lambda$	= ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ($W\cdot m^{-2}\cdot sr^{-1}\cdot \mu m^{-1}$)
	$COS\theta_s$	= 90-มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก
	π	= ตัวปฏิบัติการทางคณิตศาสตร์

- การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ แม้มีปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากชั้นบรรยากาศแล้วแต่ค่าการสะท้อนในพื้นที่หญ้าทะเลยังมีอิทธิพลจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางทะลุผ่านมวลน้ำและกระทบกับวัตถุที่อยู่ใต้น้ำ ค่าการสะท้อนกลับที่ได้จะไม่ใช่ค่าของหญ้าทะเลเพียงอย่างเดียว แต่จะมีค่าการสะท้อนจากมวลน้ำที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำจัดค่าความผิดพลาดดังกล่าวออกจากข้อมูลก่อนจะนำมาวิเคราะห์ โดยการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ (Water Column Correction Techniques) โดยวิธีการทำ Depth-invariant bottom index ตามวิธีการในคู่มือ Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management (Green, et al. 2000) แสดงดังสมการ 18

สมการ 18: Depth-invariant bottom index = $\ln(L_i - L_{si}) - \left[\left(\frac{k_i}{k_j} \right) \times \ln(L_i - L_{si}) \right]$

- เมื่อ
- L_i = ค่า Radiance ของ Pixel ในช่วงคลื่น i
 - L_{si} = ค่า Radiance เฉลี่ยของน้ำทะเลลึกในช่วงคลื่น i
 - L_j = ค่า Radiance ของ Pixel ในช่วงคลื่น j
 - L_{sj} = ค่า Radiance เฉลี่ยของน้ำทะเลลึกในช่วงคลื่น j
 - K_i/k_j = ค่าสัมประสิทธิ์ทะลุผ่านน้ำ

โดยข้อมูลช่วงคลื่นที่คัดเลือกควรมีค่าการสะท้อนจากพื้นน้ำที่แตกต่างกันแต่ต้องเป็นช่วงคลื่นที่สามารถทะลุผ่านลงไปได้ผิวน้ำได้ดี ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกช่วงคลื่นของดาวเทียม Sentinel-2A ประกอบด้วยแถบความถี่ Band 1, Band 2, Band 3, Band 4, Band 5, Band 6 Band 7, DIV₂₃, DIV₂₄ และ DIV₂₅ (ตารางที่ 4)

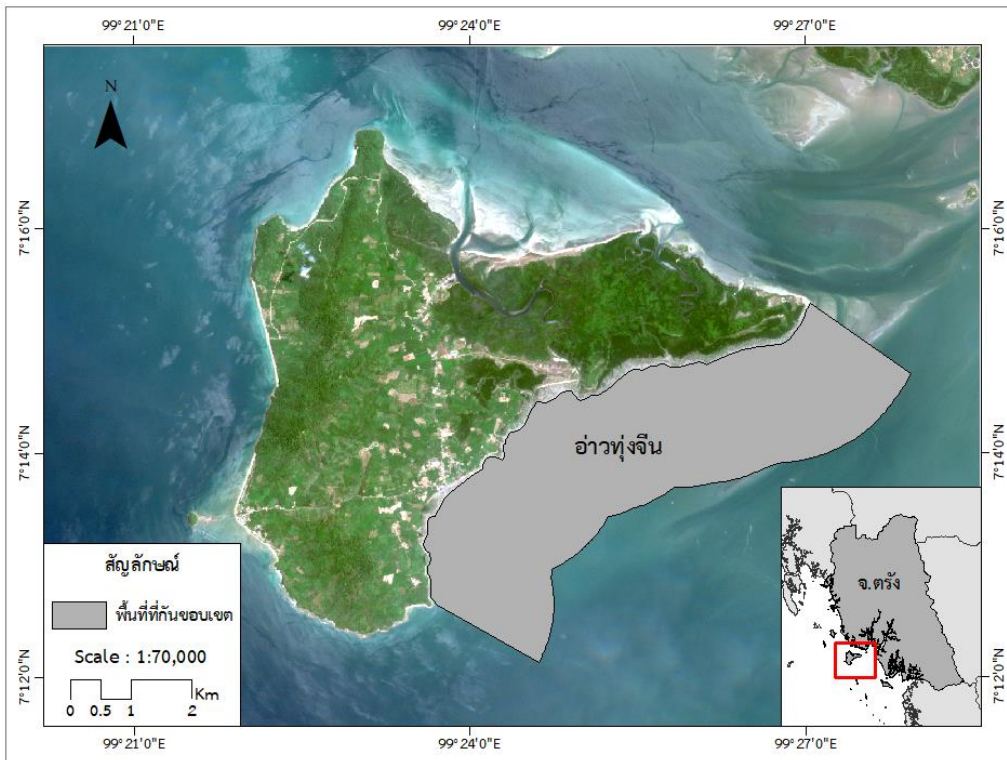
ตารางที่ 4 ชุดช่วงคลื่นที่ใช้ในคำนวณ Depth-invariant bottom index (DIV)

แถบความถี่	ความยาวช่วง คลื่นกลาง (นาโนเมตร)	ความกว้างช่วง คลื่น (นาโนเมตร)	Spatial resolution (m)
Band 1 - Aerosol Retrieval	443.9	45	60
Band 2 - Classical Blue	443.9	45	60
Band 3 - Green	496.6	98	10
Band 4 - Red	560	46	10
Band 5 - Vegetation red edge	664.5	39	10
Band 6 - Vegetation red edge	703.9	20	20
Band 7 - Vegetation red edge	740.2	18	20
Band 8 - Near-infrared	835.1	133	10
Band 8a - Vegetation Red-edge	864.8	32	20
Band 9 - Water Vapour Retrieval	945	27	60
Band 10 - Cirrus Cloud Detection	1,375.5	76	60
Band 11 - Short-wave Infrared	1.613.7	141	20
Band 12 - Short-wave Infrared	2,202.4	238	20
DIV ₂₃ (Band 2 กับ Band 3)			
DIV ₂₄ (Band 2 กับ Band 4)			
DIV ₃₄ (Band 3 กับ Band 4)			

1.3 การกั้นขอบเขตภาพถ่ายดาวเทียม (Image Masking)

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2A ที่ใช้ในการศึกษานั้น มีการถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่กว้างเกินขอบเขตที่ต้องการศึกษา ดังนั้นเพื่อลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนที่จะนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลจึงจำเป็นต้องทำการกั้นขอบเขตเฉพาะบริเวณที่ทำการศึกษาก่อน โดยทำการกั้นข้อมูลสิ่งปกคลุมดินที่อยู่บนฝั่ง และบริเวณน้ำทะเลลึกออกจากการประมวลผลข้อมูล

จากรายงานของ สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, (2558) พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลเกาะลิบงตั้งระยะ 200 – 300 เมตรจากฝั่ง ออกไปจนถึงระยะประมาณ 1,500 เมตร ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะสร้างพื้นที่ที่กั้นขอบเขตเพื่อทำการวิเคราะห์ภาพเป็นระยะทางห่างจากชายฝั่ง 2,000 เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าการกั้นครอบคลุมพื้นที่หญ้าทะเลและรวมทั้งบางส่วน of น้ำทะเลลึกทั้งหมด (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ที่กันขอบเขตเฉพาะพื้นที่ศึกษา

2. การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification) เป็นการประมวลผลในทางสถิติ เพื่อแยกข้อมูลจุดภาพ (Pixel) ทั้งหมดที่ประกอบเป็นพื้นที่ศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย (Class) โดยใช้ลักษณะทางสถิติเป็นตัวกำหนดความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดภาพ โดยจุดภาพที่ถูกจัดให้อยู่กลุ่มเดียวกันจะมีลักษณะทางสถิติเฉพาะกลุ่มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ละกลุ่มจุดภาพที่จำแนกได้นั้นจะแสดงถึงสิ่งปกคลุมพื้นดินประเภทใดประเภทหนึ่งแตกต่างกันไป วิธีการที่นิยมใช้ มีด้วยกัน 2 วิธี คือ การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification) และการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุมมาใช้ในการศึกษา

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification) เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ของข้อมูลภาคพื้นดินเป็นตัวแทนของลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมเพื่อคำนวณค่าทางสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ของแต่ละประเภทข้อมูล ค่าสถิติดังกล่าวเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด ขั้นตอนวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุมที่นิยมใช้ คือ การจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลภาคพื้นดินเป็นตัวแทนของลักษณะต่าง ๆ ที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมเพื่อคำนวณค่าทางสถิติต่าง ๆ เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุมมีอยู่หลายวิธี ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธี ดังนี้

2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะทางสั้นที่สุด (Minimum Distance Classification: MDC) เป็นวิธีการจำแนกที่อาศัยการคำนวณระยะทางที่สั้นที่สุดของแต่ละจุดภาพจากค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่าง จากทุกช่วงคลื่นที่คัดเลือกมาทำการจำแนก จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่อยู่ในข้อมูลที่นำมาจำแนกจะถูกจัดให้อยู่ในชั้นข้อมูลที่อยู่ใกล้เวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของชั้นนั้น และแนวขอบเขตของข้อมูลจะถูกกำหนดให้อยู่รอบเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย ดังนั้น ถ้าหากจุดภาพใดที่ตกอยู่นอกขอบเขตจะไม่ถูกจำแนก วิธีนี้จุดภาพใด ๆ ที่ต้องการจำแนก (X) จะถูกจัดอยู่ในประเภทที่มีค่าเฉลี่ย (Mi) อยู่ใกล้กับ X มากที่สุด ระยะทางดังกล่าวคำนวณจากระยะทางที่เป็นระยะทางเชิงช่วงคลื่น (Spectral Distance) ระหว่างจุดภาพที่ต้องการรู้กับค่าเฉลี่ยของข้อมูลของแต่ละประเภท

2.2 การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) การจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาค่าเวกเตอร์เฉลี่ย (Mean Vector) และค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ของข้อมูลแต่ละประเภทโดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละจุดภาพ ว่าถูกจำแนกในประเภทข้อมูลใด โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุดและต้องใช้เวลาในการคำนวณมากซึ่งสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังนี้

ข้อดี คือ มีความน่าเชื่อถือเพราะใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น ถ้ามีข้อมูลภาคสนามมากจะทำให้ได้ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ให้ค่าประมาณเวกเตอร์เฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลที่ตี ทำให้ผลการจำแนกประเภทนี้ (จัดกลุ่มข้อมูล) เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

ข้อเสีย คือ ใช้เวลาประมวลผลนาน ให้ผลไม่ดีกับข้อมูลภาพที่มีสหสัมพันธ์ระหว่างแบนด์สูง (Correlation) และจะให้ผลไม่ดี ถ้าข้อมูลภาคสนามที่เก็บมาใช้ในการทำพื้นที่ตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกันมาก (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน, 2552)

3. การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การตรวจสอบความถูกต้องของการศึกษาโดยใช้ตารางค่าความคาดเคลื่อน (Error Matrix or Confusion Matrix) โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลทดสอบแบบประเภทต่อประเภทที่ได้จากภาคสนามเป็นข้อมูลอ้างอิงกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกในจุดพิกัดเดียวกัน โดยแนวตั้งของตารางเป็นข้อมูลอ้างอิงหรือข้อมูลที่เชื่อว่าถูกต้อง ส่วนแนวนอนเป็นข้อมูลจากผลการจำแนกข้อมูลซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้อง โดยค่าความถูกต้องที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa hat coefficient of agreement) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's accuracy) และค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's accuracy)

3.1 ค่าความถูกต้องรวม (Overall Accuracy)

ค่าความถูกต้องรวมจะเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพโดยรวมของผลการจำแนกว่ามีความถูกต้องมากเพียงใด โดยนิยามจากอัตราส่วนของจำนวนพื้นที่ทดสอบที่จำแนกข้อมูลออกมาได้ถูกต้อง (คือ ผลรวมตามแนวทแยงของตาราง) ต่อพื้นที่ทดสอบทั้งหมดของทุกกลุ่มตัวอย่างรวมกัน

3.2 ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy)

ค่าความถูกต้องของผู้ผลิตเป็นตัวบ่งชี้ความน่าจะเป็นที่พื้นที่ทดสอบหนึ่งที่ถูกจำแนกออกมาจะเป็นตัวแทนที่แท้จริงของกลุ่มที่มันถูกจำแนกโดยระบบที่ใช้ ซึ่งคำนวณจาก “อัตราส่วน” ของจำนวนข้อมูลที่ถูกจัดเข้ากลุ่มที่ถูกต้องต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มจากข้อมูลอ้างอิง ถือเป็นการดูความถูกต้องในการทำงานของระบบที่ใช้จำแนก

3.3 ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy)

ค่าความถูกต้องของผู้ใช้เป็นตัวบ่งชี้ความน่าจะเป็นที่พื้นที่ทดสอบหนึ่ง จะได้รับการจำแนกเข้ากลุ่มที่ถูกต้องการโดยระบบที่ใช้ ซึ่งคำนวณจาก “อัตราส่วน” ของจำนวนข้อมูลได้รับการจำแนกเข้ากลุ่มที่ต้องการต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดของแต่ละกลุ่มที่ได้รับจากเครื่อง (ทั้งถูกและผิด) ถือเป็นการดูความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ (Product) ที่ได้

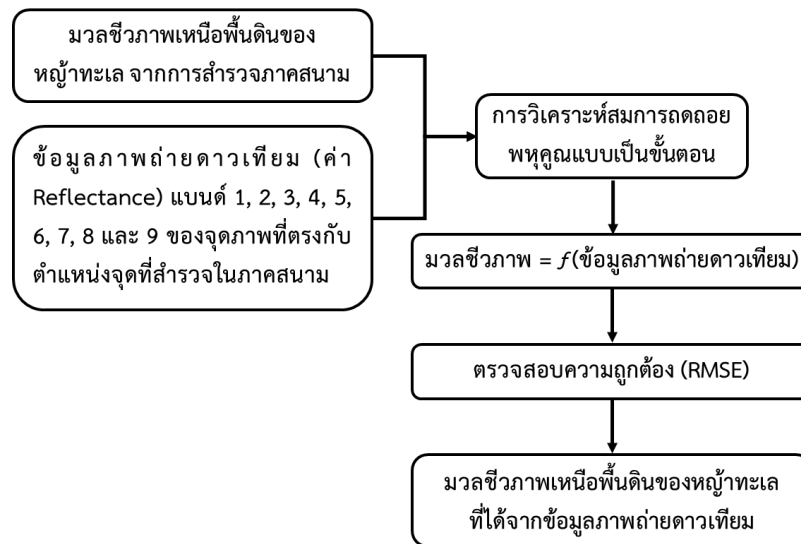
4. การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลกับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ Band 1, Band 2, Band 3 ถึง Band 9 ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A โดยใช้จุดภาพ (Pixel) บริเวณเดียวกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ โดยเลือกใช้วิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการ 19

สมการ 19:
$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_9X_9$$

เมื่อ	Y	=	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม
	a	=	ค่าที่เส้นสมการถดถอยตัดแกน y (y-intercept)
	b ₁ , b ₂ ,...b ₉	=	สัมประสิทธิ์ของการถดถอย (Coefficient of Regression)
	X ₁ , X ₂ ,...X ₉	=	ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Band 1, Band 2 ถึง Band 9 ที่แปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง

การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเลือกสมการจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted Coefficient of Determination) ที่มีค่าสูงที่สุด (มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด) เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ขั้นตอนการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

5. การตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A แสดง

ดังสมการ 20

สมการ 20:
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Observe - Predict)^2}{n}}$$

- เมื่อ RMSE = ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย
- Observe = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากการสำรวจภาคสนาม
- Predict = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A
- n = จำนวนของชุดข้อมูลที่ใช้

3.4 ผลการศึกษา

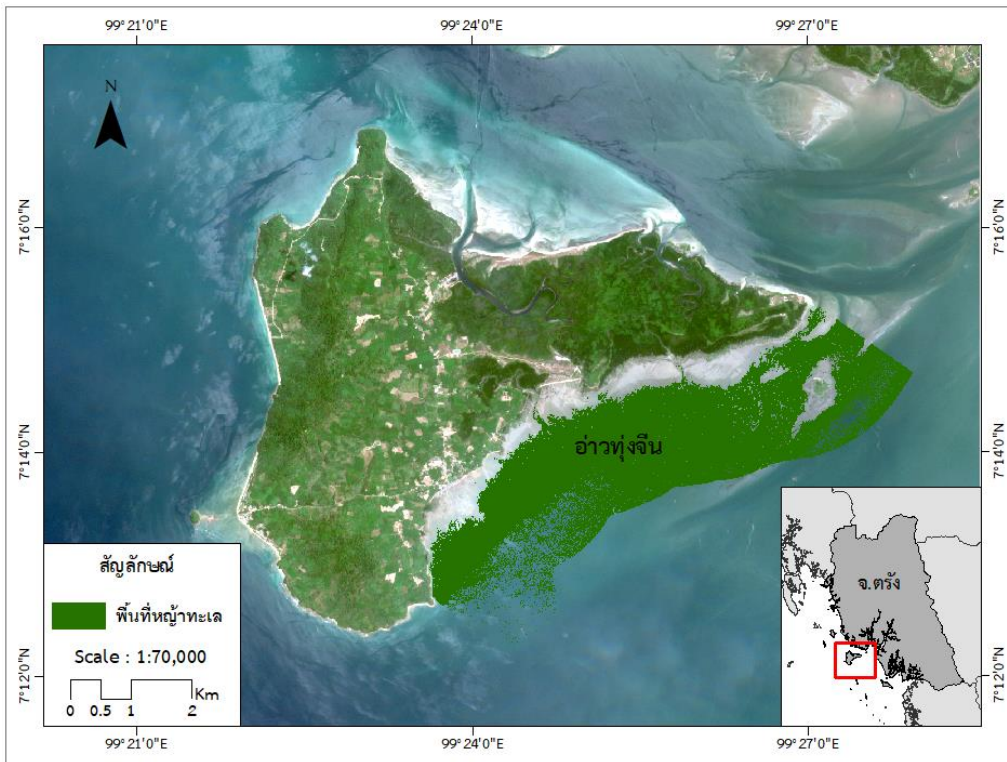
การศึกษาโดยการสำรวจพบว่า หญ้าทะเลมีความสมบูรณ์ปานกลางถึงสมบูรณ์ดี มีร่องรอยเสียหายจากการคราดหอยและการกัดเซาะจากคลื่น โดยพบหญ้าทะเลทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) และหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*)

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่า ในการจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงสุด คือ Band 1, Band 2, Band 5 และ Band 6 ทั้งนี้ค่าความถูกต้องมีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับ 77.37 % และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.53 โดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 5

จากการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A พบว่า บริเวณอ่าวทุ่งจีน เกาะตะลิง จังหวัดตรัง มีพื้นที่หญ้าทะเลเท่ากับ 12.25 ตารางกิโลเมตร (ภาพที่ 15) และจากการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลนั้น พบว่ามีความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่า การจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ในการจำแนกข้อมูลหญ้าทะเล มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 97.33 % และการจำแนกข้อมูลทราย มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 52.23 % ในขณะที่มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ในการจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลเท่ากับ 71.57 % และการจำแนกข้อมูลทรายมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 94.29 % (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน

การผสมช่วงคลื่น	การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด	
	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
1+2+3+4	75.18	0.49
1+2+5+6	77.37	0.53
4+5+6+8	75.18	0.49
1+2+3+4+5+6	72.16	0.41



ภาพที่ 15 แผนที่ขอบเขตของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A

ตารางที่ 6 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด (ผสมช่วงคลื่น Band 1, Band 2, Band 5 และ Band 6)

Class	หญ้าทะเล	ทราย	Total	User's Accuracy (%)
หญ้าทะเล	73	29	102	71.57
ทราย	2	33	35	94.29
Total	75	62	137	
Producer's Accuracy (%)	97.33	53.23		

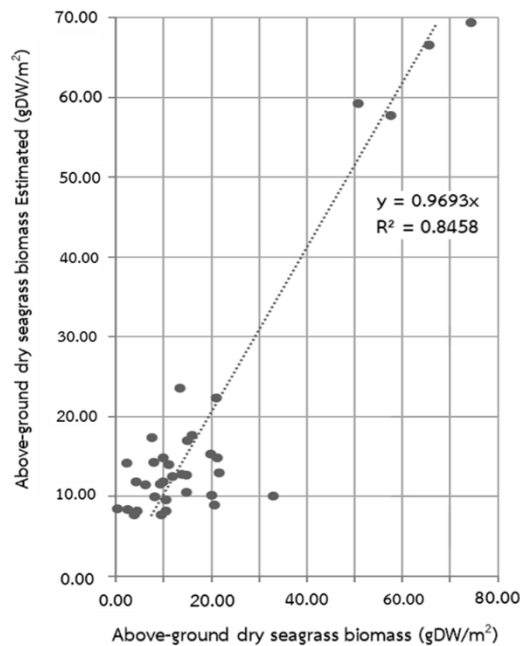
เมื่อนำมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มาหาความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยเลือกใช้วิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ผลการศึกษาพบว่า มีตัวแปรอิสระเพียง 4 ตัว คือ ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่น Band 2, Band 7, Band 8 และ Band 9 ที่ถูกคัดเลือกเข้าไปใช้ในการสร้างสมการ ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination:

R²) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้สูงที่สุด (Adjusted - R²) 0.85 และ 0.76 ตามลำดับ สมการพยากรณ์สามารถเขียนได้ดังสมการ 21

สมการ 21: $Y = ((70233)+(2933195 \times (B2))+(1572151 \times (B7))+(-1569521 \times (B8))+(1168506 \times (B9)))$

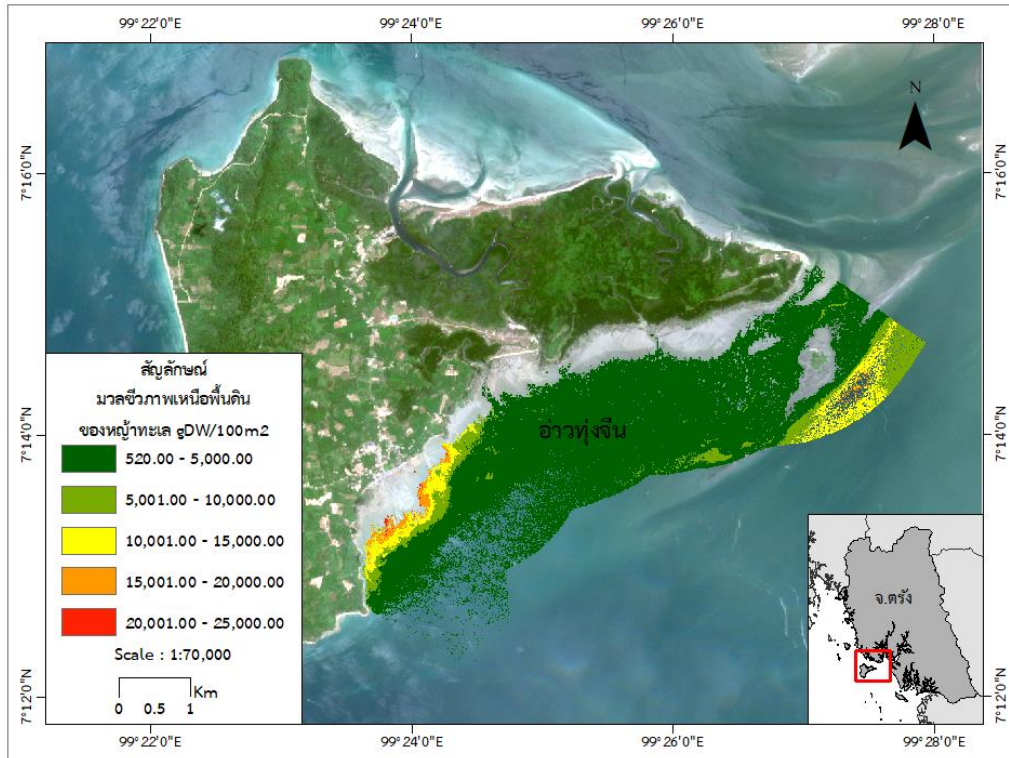
เมื่อ Y = ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล (gDW/m²)
 B2, B7, B8, B9 = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2A Band 2, Band 7, Band 8 และ Band 9 ที่แปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง

เมื่อนำค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A แสดงความสัมพันธ์ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

และเมื่อนำ**สมการ 21** มาประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ด้วยแบบจำลองพบว่า บริเวณอ่าวทุ่งจีน เกาะตะลิ่ง จังหวัดตรัง มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 427.72 ตันน้ำหนักแห้ง (**ภาพที่ 17**)



ภาพที่ 17 แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A จากการประมาณค่าโดย**สมการ 21** ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

3.5 สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A พบว่า บริเวณอ่าวทุ่งจีน เกาะตะลิ่ง จังหวัดตรัง มีพื้นที่หญ้าทะเลเท่ากับ 12.25 ตารางกิโลเมตร โดยมีค่าความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลเท่ากับ 97.33 % (จำแนกภาพถ่ายโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูล ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด) ซึ่งค่าความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าจากการศึกษาที่ผ่านมา เช่น การศึกษาของ Yang and Yang (2009) ที่ทำการจำแนกขอบเขตหญ้าทะเล บริเวณอ่าว Xincun ในจังหวัด Hainan ประเทศจีน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 มีค่าความถูกต้องโดยรวม 80.00 % และจากการศึกษาของ Urbanski และคณะ (2009) ที่ทำการศึกษาการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 เช่นกัน แต่จำแนกภาพถ่ายโดยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ เพื่อจัดทำแผนที่หญ้าทะเลบริเวณหาดทรายในเขตนํ้าตื้นของทะเล Southern Baltic สามารถแบ่งการจำแนกออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) หญ้าทะเล 2) แนวหิน และ 3) พื้นที่ว่าง มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 83.00 % ซึ่งการที่ค่าความถูกต้องของการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม Sentinel-2A มีค่าสูงกว่า ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 เนื่องจากภาพถ่ายที่ได้จากดาวเทียม Sentinel-2A นั้นมีช่วงคลื่น Vegetation red edge ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของพืชพันธุ์ได้อย่างชัดเจน

นอกจากมีช่วงคลื่น Vegetation red edge แล้ว ดาวเทียม Sentinel-2A ยังมีความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียม (10 ม.² / พิกเซล) ค่อนข้างสูงกว่าดาวเทียมสำรวจทรัพยากรอื่นๆที่ใช้ในการศึกษาก่อนหน้า เช่น ดาวเทียม Landsat 5 TM หรือดาวเทียม SPOT 5 (ความละเอียดของดาวเทียม Landsat 5 TM และดาวเทียม SPOT 5 เท่ากับ 30 ม.² / พิกเซล และ 60 ม.² / พิกเซล ตามลำดับ) โดยการศึกษาของ Pasqualini และคณะ (2005) ที่ได้รายงานผลการทำแผนที่หญ้าทะเลชนิด *Posidonia oceanica* และบริเวณที่เป็นพื้นที่ทราย บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 90.00 % และ จากการศึกษารายการของภัทรารุส (2548) ซึ่งทำการศึกษาการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคังกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM มีค่าความถูกต้องโดยรวมเพียง 69.07 % ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวนี้สะท้อนให้เห็นว่าความละเอียดของภาพถ่ายดาวเทียมมีผลต่อการจำแนกข้อมูลขอบเขตของของหญ้าทะเล

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลจากงานวิจัยนี้จะมีค่าสูง (97.33 %) แต่หากพิจารณาตารางที่ 6 อย่างละเอียดจะพบว่าผลการจำแนกข้อมูลทรายยังมีการปะปนไปเป็นหญ้าทะเลอยู่เล็กน้อย ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับพื้นที่จริง กล่าวคือ หญ้าทะเลบางบริเวณมีเปอร์เซ็นต์การปกคลุมที่ต่ำ และมีพื้นที่หญ้าทะเลขนาดเล็กกว่าจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม (<10 ม.²) ทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกทรายออกจากหญ้าทะเลได้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในกรณีดังกล่าว

เมื่อนำมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มาหาความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel - 2A โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยเลือกใช้วิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน พบว่า มีตัวแปรอิสระเพียง 4 ตัว คือ ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่น Band 2, Band 7, Band 8 และ Band 9 ที่ถูกคัดเลือกเข้าไปใช้ในการสร้างสมการ ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้สูงที่สุด (Adjusted - R^2) 0.85 และ 0.76 ตามลำดับ และเมื่อนำสมการ 21 มาประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ด้วยแบบจำลองพบว่า บริเวณอ่าวทุ่งจีน เกาะตะลิงบึง จังหวัดตรัง มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 427.72 ตันน้ำหนักแห้ง

การสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ (97.33 %) มีค่าความถูกต้องสูงกว่าค่าความถูกต้องจากการศึกษาของ Phinn และคณะ (2008) ที่ทำการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ในเขตน้ำตื้น (≤ 3 เมตร) บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย ที่ทำการศึกษเปรียบเทียบกันระหว่างภาพถ่ายจากดาวเทียม QuickBird-2 (ความละเอียด 2.4 ม.² / พิกเซล) และ ดาวเทียม Airborne hyper-spectral (CASI-2) (ความละเอียด 4 - 10ม.² / พิกเซล) โดยใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงเส้น (Regression Analysis) จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.346 และ 0.501 ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องน้อยกว่าผลลัพธ์จากการศึกษาครั้งนี้ ในขณะที่ Roelfsema, *et al.* (2014) ทำการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (IKONOS, QuickBird-2 และ WorldView-2) หลายช่วงเวลา โดยวิธี Semi-automated object based image analysis ใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงเส้น ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม โดยใช้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลชนิด *Zostera muelleri* และ *Halodule uninervis* ซึ่งเป็นหญ้าทะเลชนิดเด่นในพื้นที่ศึกษากับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.81 และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 15.71 gDW/m² ซึ่งมีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ และเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาในประเทศไทยที่ทำการศึกษาโดย Koedsin, *et al.* (2016) ทำการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 โดยใช้วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน ในการสร้างแบบจำลองมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ผลการศึกษาพบว่า มีตัวแปรอิสระเพียง 3 ตัวแปร คือ ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่น Band 3 (Green), Band 4 (Yellow) และ Band 7 (Near-IR1) ถูกคัดเลือกเข้าไปใช้ในการสร้างสมการ ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ และค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.461 0.423 และ 10.38 gDW/m² ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความถูกต้องที่ต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าชนิดของหญ้าทะเล ลักษณะการแพร่กระจาย เปอร์เซ็นต์การปกคลุมของหญ้าทะเล ความ

ใสและความลึกของน้ำทะเล อาจส่งผลต่อการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจาก ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับเทคนิคการสำรวจระยะไกลโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel – A2 สามารถใช้ในการจำแนกขอบเขต และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในพื้นที่อ่าวทุ่งจีน เกาะลิบง จังหวัดตรัง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าขั้นตอนและวิธีการในการศึกษานี้จะสามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ได้

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การสะสมของคาร์บอนทั้งหมดในตะกอนดินทั้งในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์คาร์บอน ในบริเวณเกาะลิบงพบว่ามีค่า 42.23 ± 27.39 MgC/ha โดยเป็นคาร์บอนอินทรีย์จำนวน 27.25 ± 31.19 MgC/ha และเป็นอนินทรีย์คาร์บอนจำนวน 14.98 ± 13.86 MgC/ha เมื่อคำนวณทั้งพื้นที่แล้วปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมในตะกอนดินเกาะลิบงมีค่าเท่ากับ $23,382.99 \pm 45.81$ MgC โดยในสถานศึกษาส่วนใหญ่ตะกอนดินชั้นบน (0 – 15 ซม.) อินทรีย์สารมีการสะสมในตะกอนดินมากที่สุด คือ หญ้าทะเล และในตะกอนดินชั้นที่ลึกลงไป (16 – 60 ซม.) อินทรีย์สารที่มีเปอร์เซ็นต์การสะสมในตะกอนดินมากที่สุด คือ พีชพรรณบนแผ่นดิน ส่วนอินทรีย์สารแขวนลอยบริเวณชายฝั่ง มีการสะสมในตะกอนดินใกล้เคียงกันในทุกช่วงของความลึกของชั้นดิน และอินทรีย์สารจากพรรณไม้ชายเลน อินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำที่มีการสะสมในตะกอนดินที่ลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามตะกอนดินในบางสถานีนั่นกลับมีการสะสมของอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลในปริมาณน้อยมาก (5 % - 9 %) แม้ว่าตัวอย่างตะกอนดินที่นำมาวิเคราะห์นั้นจะถูกเก็บในแนวหญ้าทะเลก็ตาม ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากสถานีดังกล่าวอยู่บริเวณใกล้ร่องน้ำที่มีการพัดพาเอาใบหญ้าทะเล และอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลลอยไปสู่ภายนอก ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าแหล่งหญ้าทะเลจึงเป็นทั้งแหล่งสะสมคาร์บอนและส่งผ่านคาร์บอนไปสะสมบริเวณใกล้เคียงที่สำคัญ ส่วนอินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำนั้นที่มีการสะสมในตะกอนดินเพียง 2 % - 6 % ตลอดแนวความลึกของชั้นดินในทุกสถานีนั่นแม้ว่าบางสถานีนี้อาจการศึกษาจะอยู่ใกล้ปากแม่น้ำก็ตาม ซึ่งผลที่ได้นี้อาจเกิดจากทิศทางของน้ำจืด (Mix - haline) ที่ไหลจากปากแม่น้ำมาสู่บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้อย ต่างจากน้ำเค็มแบบ Eu - haline กระจายตัวโดยรอบบริเวณเกาะลิบง ดังนั้นเพื่อเพิ่มเติมผลการศึกษาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับกระแสน้ำ และและปริมาณน้ำจืดที่ไหลมาจากบริเวณปากแม่น้ำตรังเพิ่มเติมในอนาคต

ในการจำแนกพื้นที่หญ้าทะเลจากภาพถ่าย RGB นั้นให้ความแม่นยำในการจัดจำแนกพื้นที่หญ้าทะเล (Classification) ได้น้อยกว่าภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น แต่ภาพถ่าย RGB สามารถนำมาใช้จัดจำแนกภาพได้ดี แม้ว่าในภาพถ่ายที่ได้นั้นหญ้าทะเลจะอยู่ในบริเวณแอ่งน้ำหรือถูกปกคลุมด้วยน้ำตื้นๆ (1 - 2 เมตร) ต่างจากการจัดจำแนกภาพของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ไม่เหมาะสมในการภาพถ่ายในขณะที่หญ้าทะเลจมน้ำ เนื่องจาก NRI เป็นช่วงคลื่นที่ถูกดูดซับด้วยน้ำได้ง่าย อีกทั้งบางจุดในผืนหญ้าทะเลก็ยังมีแอ่งน้ำ (tidal pool) ที่อาจส่งผลให้ค่าการสะท้อนของ NRI เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นต้องมีการศึกษาเพื่อการพัฒนาดัชนีที่จะใช้ในการแก้ไขผลกระทบของน้ำของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นต่อไปในอนาคต

ส่วนจากการศึกษาการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ในการประเมินขอบเขตแหล่งหญ้าทะเล สามารถสรุปและให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ ดังนี้

1) วิธีการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เหมาะสำหรับแหล่งหญ้าทะเลที่อยู่ในเขต น้ำขึ้น-น้ำลง ถ้าหากจะนำไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะของพื้นที่ที่แตกต่างกัน ต้องมีการปรับวิธีการศึกษาให้เหมาะกับพื้นที่นั้น ๆ หากจะนำไปใช้กับพื้นที่อื่นควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน หากนำไปใช้กับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

2) การเลือกช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ควรเป็นช่วงระยะเวลาหรือฤดูกาลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และเหมาะสมกับพื้นที่แต่ละพื้นที่ เนื่องจากในบางฤดูกาลหญ้าทะเลจะมีปริมาณการปกคลุมที่ต่ำ และบางฤดูกาลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกได้โดนบดบังโดยเมฆ

3) การเลือกชนิดของภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาควรเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมบางประเภท เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-3 และภาพถ่ายดาวเทียม GeoEye-3 ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีราคาสูง

4) การพัฒนาแบบจำลองควรทำการทดสอบโดยแยกตามชนิดของหญ้าทะเลเพื่อให้การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลมีความถูกต้อง และควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมในแต่ละชนิดของหญ้าทะเล

5) การนำแบบจำลองไปใช้งานจริง ควรทำการทดสอบแบบจำลองก่อนใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ควรทดสอบกับช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อดูประสิทธิภาพของแบบจำลองในการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล

6) แบบจำลองการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในพื้นที่ อ่าวทุ่งจีน เกาะตะลิงบิง จังหวัดตรัง เท่านั้น หากนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน หากนำไปใช้กับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

7) แบบจำลองการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลถูกพัฒนาขึ้นบนสมมุติฐานว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้นหากในอนาคตต้องการนำกรอบแนวคิดของการศึกษาครั้งนี้ไปทำการศึกษาเพิ่มเติม อาจพิจารณาเลือกใช้ความสัมพันธ์ในรูปแบบไม่เชิงเส้นตรงเพิ่มเติม

เอกสารอ้างอิง

- ศูนย์สารสนเทศทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2561). ข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจังหวัดตรัง. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. URL: <https://www.dmcr.go.th/detailLib/3748>
- กรมอุทกศาสตร์. (2561). ระดับน้ำทำนายนาย สูงสุด - ต่ำสุด ปี 2561. กรมอุทกศาสตร์. กองทัพเรือ. กระทรวงกลาโหม. URL: <http://www.hydro.navy.mi.th/servicestide.htm>
- จตุพร พันธุ์ทอง. (2554). “การประยุกต์เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่งในการจำแนกหญ้าทะเล กรณีศึกษา: อ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์, คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ภัทรารุช พุสังข์. (2548). “ศึกษาเทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลอ่าวคู้กระเบน จังหวัดจันทบุรี.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีและการบริหารสิ่งแวดล้อม, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2558). รายงานการสำรวจและประเมินสถานภาพและศักยภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง: ปะการังและหญ้าทะเลปี 2558, โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน. (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศศาสตร์, อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพมหานคร.
- สมบัติภูวชิรานนท์, กาญจนาดุลยานุโกศล, ภูธร แซ่หลิม, อติศรเจริญ วัฒนาพร, ชัยมงคองาแย้มอรุณพัฒนา, จันทร์เพ็ญ วุฒิวรวงศ์. 2549. หญ้าทะเลในน่านน้ำไทย. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลชายฝั่งทะเลและป่าชายเลน, บริษัทลิมมาร์คแอนด์เวอร์ไทซ์ จำกัด, ภูเก็ต. 126 หน้า
- Alongi, D., Murdiyarso, D. Fourqurean, J., Kauffman, J., Hutahaean, A., Crooks, S., Lovelock, C., J, H., Herr, D., Fortes, M., Pidgeon, I., Pidgeon, j. and Wagey. T. 2015. Indonesia's blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon. *Wetlands Ecology and Management*. 24. 10.1007/s11273-015-9446-y.
- Apichanangkool, P. and Prathep, A. 2014. Changes in seagrass leaf reddening and morphology in response to emersion. *BOTANICA MARINA*; Vol.57; Page: 433-440.
- C.M. Roelfsema., S.R. Phinn., N. Udy and P. Maxwell., An integrated field and remote sensing approach for mapping Seagrass Cover, Moreton Bay, Australia, *Journal of Spatial Science* Vol. 54; 1

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C. 2010. Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.
- English, S., Wilkinson, C. and Baker, V. (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resource* (2 Edition), Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australian.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A. et al. 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509.
- Glendon, W.G. and Dani, O. 2002. *Methods of soil analysis*. The Soil Science Society of America, USA. 255-293.
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J. and Clark, C.D. (2000). *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. UNESCO. Paris.
- Kaewsrikhaw, R. and Prathep, A. 2014. The effect of habitats, densities and seasons on morphology, anatomy and pigment content of the seagrass *Halophila ovalis* (R.Br.) Hook.f. at Haad Chao Mai National Park, Southern Thailand. *Aquatic Botany*; Vol.116; Page: 69 - 75.
- Kennedy, H., Beggins, J., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Holmer, M., Marbà, N. 2010. Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.
- Khogkhao, C. 2017. Changes of seagrass species composition, biomass and reproduction along gradient of Trang river mouth, Trang province (Master's thesis, Prince of Songkla University, Thailand).
- Koedsin, W., Intararuang, W., Ritchie, R.J. and Huete, A. (2016). “An Integrated Field and Remote Sensing Method for Mapping Seagrass Species, Cover, and Biomass in Southern Thailand.” *Remote Sensing*, 8(4), 292.
- Kuramoto, T. and Minagawa M. 2001. Stable carbon and nitrogen isotopic characterization of organic matter in a mangrove ecosystem on the Southwestern coast of Thailand. *Journal of Oceanography*, 57: 421-431.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Lavery, P., Mateo, M., Serrano, O. & Rozaimi, M. 2013. Variability in the Carbon Storage of Seagrass Habitats and Its Implications for Global Estimates of Blue Carbon Ecosystem Service. PLoS One, 8, e73748.
- Lo Iacono, C., Mateo, M.A., Gràcia, E., Guasch, L., Carbonell, R., Serrano, L. et al. 2008. Very high resolution seismo acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates. Geophysical Research Letters, 35.
- Marba, N., Arias, A., Ortiz, P. Masque, G.A. Kendrick and I. Mazarrasa et al., 2015. Impact of seagrass loss and subsequent revegetation on carbon sequestration and stocks. Ecology., 103: 296-302.
- Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C.M. et al. 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. Frontiers in Ecology and the Environment, 9: 552–560.
- Nebikera. S, Annena. A, Scherrerb. M, Oeschc. D, 2008. Light weight Multispectral Sensor for Micro UAV-Opportunities for Very High Resolution Airborn Remote Sensing –The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. 37. Part B1
- Pasqualinia, V., Pergent, M.C., Pergenta, G., Agreila, M., Skoufasb, G., Sourbesc, L. and Tsirikad, A. (2005). “Use of SPOT 5 for mapping seagrasses: An application to Posidonia oceanica.” Remote Sens Environ, 94, 39-45.
- Phinn, S., Roelfsema, C., Dekker, A., Brando, V. and Anstee, J. (2008). “Mapping seagrass species, cover and biomass in shallow waters: An assessment of satellite multi-spectral and airborne hyper-spectral imaging systems in Moreton Bay (Australia).” Remote Sens Environ, 112, 3413-3425.
- Pratthep, A. 2012. Seagrass bed as a Carbon Sink in Ranong Biosphere Reserve and Trang Haad Chao Mai Marine National Park; an important role of seagrass. Research Report in 2012 MAB Young Scientists Award Thailand. Man Biosphere (MAB) Program, UNESCO.
- R Core Team .2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Rattanachot, E. and Prathep, A. 2011. Temporal variation in growth and reproduction of *Enhalus acoroides* (L.f.) Royle in a monospecific meadow in Haad Chao Mai National Park, Trang Province, Thailand. *BOTANICA MARINA*; Vol.54; Page: 201-207.
- Rattanachot, E. and Prathep, A. 2015. Species specific effects of three morphologically different belowground seagrasses on sediment properties. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*; Vol.167; Page: 427-435.
- Rattanachot, E. and Prathep, A. 2016. The effect of increasing seagrass root complexity and redox potential on the population of *Pillucina vietnamica* (Bivalvia: Lucinidae) in southwestern Thailand. *Molluscan Research*.
- Roelfsema, C., Phinn, S., Udy, N. and Maxwell, P. (2009). "An Integrated Field and Remote Sensing Approach for Mapping Seagrass Cover, Moreton Bay, Australia." *SPATIAL SCIENCE*, 54(1), 45-62.
- Richard G., Lathrop., Paul Montesano and Scott Haag., A Multi- Scale Segmentation Approach to Mapping Seagrass Habitats Using Airborne Digital Camera Imagery, Photogrammetric engineering and remote sensing, ISSN 0099-1112, 72; 6, pp. 665-676.
- Schulte, E.E. and Hoskins, B. 2009. Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States: 3rd Ed., Chapter 8: Recommended soil organic matter tests. College of Agriculture and Natural Resources. Northeastern Regional Publication No. 493
- Stankovic, M., Panyawai, J., Jansanit, K., Upanoi, T., & Prathep, A. (2017). Carbon Content in Different Seagrass Species in Andaman Coast of Thailand. *Sains Malaysia*, 46, 1441 - 1447.
- Storck, B.C. and Semmens, B.X. 2016. MixSIAR GUI User Manual. Version 3.1. <http://github.com/brianstock/MixSIAR/>.
- The international blue carbon initiative. 2015. Coastal Blue Carbon: method for assessing carbon stocks and emissions factors in mangrove, tidal salt marshes, and seagrass meadows. Retrieved June 22, 2016, from <http://thebluecarboninitiative.org/new-manual-for-measuring-assessing-and-analyzing-coastal-blue-carbon/>
- Tuntiprapas, P., S, S., Pongparadon, S. and Prathep, A. 2015. Is *Halophila major* (Zoll.) Miquel a big *H. ovalis* (R. Brown) J.D. Hooker? An evaluation based on age, morphology, and ITS sequence. *ScienceAsia*; Vol.41; Page: 79-86.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- United States Department of Agriculture (USDA), 1999. Soil Taxonomy Text, Natural Resources Conservation Service. Retrieved June 22, 2016, from <http://soils.usda.gov/technical/classification/taxonomy>
- Urdike, T. and Comp, C. (2010). Radiometric Use of WorldView-2 Imagery. (Online) Available on, [www.digitalglobe.com/sites/default/files/Radiometric_Use_of_WorldView2_Imagery%20\(1\).pdf](http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/Radiometric_Use_of_WorldView2_Imagery%20(1).pdf). (10 March 2014).
- Urbanski, J.A., Mazur, A. and Janas, U. (2009). "Object-oriented classification QuickBird Data for mapping seagrass spatial structure." *International Journal of Oceanography and Hydrobiology*, 38, 27-43.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S. et al. 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 12377–12381
- Yang, D. and Yang, C. (2009). "Detection of Seagrass Distribution Changes from 1991 to 2006 in Xincun Bay Hainan, with Satellite." *Remote Sensing. Sensors*, 9, 830-844.

รายงานสรุปการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

รายงานสรุปการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

รหัสโครงการ SCI610084M

ชื่อแผนงานวิจัย การกักเก็บคาร์บอนในหญ้าทะเล: บทบาทของหญ้าทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก (Seagrass as a carbon sink: a role of seagrass in the climate change world)

ชื่อโครงการวิจัยภายใต้แผนงานวิจัย (ภาษาไทย – ภาษาอังกฤษ)

โครงการย่อยที่ 1 การประเมินปริมาณคาร์บอนในหญ้าทะเลและตะกอนดินในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง

(Carbon assessment in seagrass and sediment in Talibong island, Trang province Carbon assessment in seagrass and sediment in Talibong island, Trang province)

โครงการย่อยที่ 2 การปรับปรุงเทคนิคการจำแนกชนิดพันธุ์ของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง โดยประยุกต์ภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นจากระบบหุ่นยนต์อากาศยานขนาดเล็ก (Seagrass Mapping in Kao Libong Using Multispectral data from Miniature Unmanned Aerial System)

โครงการย่อยที่ 3 การจำแนกชนิดพันธุ์และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง ด้วยการสำรวจระยะไกล (Seagrass Species and Aboveground Biomass Mapping in Kao Libong Using Remote Sensing Technique)

หัวหน้าโครงการ รศ. ดร. อัญชนา ประเทพ

หน่วยงาน หน่วยวิจัยสาหร่ายและหญ้าทะเล สถานวิจัยความเป็นเลิศความหลากหลายทางชีวภาพแห่งคาบสมุทรไทย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

โทรศัพท์. 081-5426977 โทรสาร - อีเมลล์ a_prathep@hotmail.com

สถานะผลงาน ปกปิด ไม่ปกปิด

ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

หญ้าทะเลมีบทบาทเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นที่สำคัญในระบบนิเวศวิทยาทางทะเล เป็นแหล่งอาหาร เป็นที่อยู่อาศัย แหล่งหลบภัย และยังเป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำ นอกจากนี้จะมีคุณค่าต่อสัตว์น้ำในด้านต่างๆแล้ว หญ้าทะเลยังเป็นแหล่งอาหาร และแหล่งสร้างรายได้จำนวนมากให้กับชาวบ้านในพื้นที่โดยการเข้าไปทำประมงขนาดเล็ก หรือเก็บหอยและสัตว์น้ำชนิดต่างๆ บริเวณแนวหญ้าทะเล

อย่างไรก็ตามความเข้าใจเกี่ยวกับทรัพยากรหญ้าทะเลในประเทศไทยยังคงมีอยู่อย่างจำกัด มีเพียงหน่วยวิจัยสาหร่ายและหญ้าทะเล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้ทำการศึกษาถึงชีววิทยา และนิเวศวิทยาของหญ้าทะเลของประเทศโดยในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา ได้รับองค์ความรู้ และเผยแพร่ผลงานต่างๆทั้งในรูปแบบของเอกสารตีพิมพ์ (Rattanachot and Prathep, 2011; Apichanangkool and Prathep, 2014; Keawsrikaw and Prapther, 2014; Tuntripras et al., 2015; Ratanochot and Prathep, 2015; Rattanochot and Prathep, 2016) การเป็นวิทยากรทั้งในประเทศและต่างประเทศ การจัดอบรมให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงการเป็นเจ้าภาพในการจัดการประชุมระดับนานาชาติ World Seagrass Conference และ International Seagrass Biology Workshop ที่ประเทศไทยในปี พ.ศ. 2553

บทบาทที่สำคัญอีกประเด็นหนึ่งของหญ้าทะเลคือความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน ซึ่งเป็นเรื่องที่สำคัญยิ่งในเวทีการประชุมระดับโลกในเรื่องของ World Climate Summit และมีหน่วยงานอื่น ๆ ในระดับนานาชาติที่ให้ความสำคัญเรื่องนี้ เช่น ในเวทีเจรจาความตกลงระหว่างประเทศด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศครั้งที่ 15 (COP15) ปี ค.ศ.2009 ณ เมืองโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก เริ่มมีการกล่าวถึงมหาสมุทรในฐานะพื้นที่ที่กักเก็บคาร์บอน ซึ่งต่อมามีการเรียกชื่อตามเขตสีของพื้นที่ว่า “คาร์บอนสีน้ำเงิน (Blue Carbon)” และ The international blue carbon initiative (2015) ได้ให้คำนิยามว่า Blue Carbon คือ คาร์บอนที่ถูกกักเก็บในตะกอนมวลชีวภาพเหนือดิน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และมวลชีวภาพใต้ดิน ได้แก่ เหง้า ราก รวมถึงเศษซากของพืชพรรณในระบบนิเวศทางทะเล ความสามารถในการสะสมคาร์บอนของระบบนิเวศหญ้าทะเลมีความสำคัญยิ่งแต่ยังได้รับความสนใจน้อยมากในไทยเมื่อเทียบกับประเทศอื่น ๆ แม้กระทั่งอินโดนีเซียก็ได้มีการศึกษาและมีข้อมูลความสามารถในการสะสมคาร์บอนของประเทศแล้ว (Alongi et al., 2015)

ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องการศึกษาเรื่องดังกล่าวโดยในเบื้องต้นจะใช้พื้นที่หญ้าทะเลบริเวณเกาะลิบงเป็นพื้นที่ตัวอย่างในการศึกษา และใช้เทคโนโลยีทั้ง UAV และ Remote Sensing เข้าช่วยเพื่อที่จะทำให้สามารถศึกษาการกักเก็บคาร์บอนได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ประเมินความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของหญ้าทะเล (แบ่งเป็นส่วนเหนือพื้นดิน และส่วนใต้ดิน) ของหญ้าทะเลแต่ละชนิดที่พบในพื้นที่เกาะลิบง จ.ตรัง
2. สร้างข้อมูลพื้นฐานเพื่อการเทียบค่ากับข้อมูลการประเมินที่ได้จากการสำรวจด้วย UVA (โครงการย่อยที่ 2) และ Remote Sensing (โครงการย่อยที่ 3)

ผลการวิจัย (สั้นๆ ที่บ่งชี้ประเด็นข้อค้นพบ กระบวนการ ผลผลิต และการเรียนรู้)

การสะสมของคาร์บอนทั้งหมดในตะกอนดินทั้งในรูปแบบอินทรีย์และอนินทรีย์คาร์บอน ในบริเวณเกาะลิบงพบว่ามีค่า 27.39 ± 42.23 MgC/ha โดยเป็นคาร์บอนอินทรีย์จำนวน 31.19 ± 27.25 MgC/ha และเป็นอนินทรีย์คาร์บอนจำนวน 13.86 ± 14.98 MgC/ha เมื่อคำนวณทั้งพื้นที่แล้วปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมในตะกอนดินเกาะลิบงมีค่าเท่ากับ $23,382.99 \pm 45.81$ MgC โดยในสถานศึกษาส่วนใหญ่ตะกอนดินชั้นบน (0 – 15 ซม.) อินทรีย์สารมีการสะสมในตะกอนดินมากที่สุด คือ หญ้าทะเล และในตะกอนดินชั้นที่ลึกลงไป (16 – 60 ซม.) อินทรีย์สารมีการสะสมในตะกอนดินมากที่สุด คือ พีชพรรณบนแผ่นดิน ส่วนอินทรีย์สารแขวนลอยบริเวณชายฝั่ง มีการสะสมในตะกอนดินใกล้เคียงกันในทุกช่วงของความลึกของชั้นดิน และอินทรีย์สารจากพรรณไม้ชายเลน อินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำที่มีการสะสมในตะกอนดินที่ลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามตะกอนดินในบางสถานีนี้นักกลับมีการสะสมของอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลในปริมาณน้อยมาก (5 % - 9 %) แม้ว่าตัวอย่างตะกอนดินที่นำมาวิเคราะห์นั้นจะถูกเก็บในแนวหญ้าทะเลก็ตาม ผลที่เกิดขึ้นนี้อาจเนื่องมาจากสถานีดังกล่าวอยู่บริเวณใกล้ร่องน้ำที่มีการพัดพาเอาใบหญ้าทะเล และอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลลอยไปสู่ภายนอก ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่าแหล่งหญ้าทะเลจึงเป็นทั้งแหล่งสะสมคาร์บอนและส่งผ่านคาร์บอนไปสะสมบริเวณใกล้เคียงที่สำคัญ ส่วนอินทรีย์แขวนลอยจากแม่น้ำที่มีการสะสมในตะกอนดินเพียง 2 % - 6 % ตลอดแนวความลึกของชั้นดินในทุกสถานีนี้อาจบางสถานีนี้อาจการศึกษาจะอยู่ใกล้ปากแม่น้ำก็ตาม ซึ่งผลที่ได้นี้อาจเกิดจากทิศทางของน้ำจืด (Mix - haline) ที่ไหลจากปากแม่น้ำมาสู่บริเวณดังกล่าวมีปริมาณน้อย ต่างจากน้ำเค็มแบบ Eu - haline กระจายตัวโดยรอบบริเวณเกาะลิบง ดังนั้นเพื่อเพิ่มเติมผลการศึกษาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับกระแสน้ำ และและปริมาณน้ำจืดที่ไหลมาจากบริเวณปากแม่น้ำตรงเพิ่มเติมในอนาคต

ในการจำแนกพื้นที่หญ้าทะเลจากภาพถ่าย RGB นั้นให้ความแม่นยำในการจัดจำแนกพื้นที่หญ้าทะเล (Classification) ได้น้อยกว่าภาพถ่ายหลายช่วงคลื่น แต่ภาพถ่าย RGB สามารถนำมาใช้จัดจำแนกภาพได้ดีแม้ว่า ในภาพถ่ายที่ได้นั้นหญ้าทะเลจะอยู่ในบริเวณแอ่งน้ำหรือถูกปกคลุมด้วยน้ำตื้นๆ (1 - 2 เมตร) ต่างจากการจัดจำแนกภาพของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นที่ไม่เหมาะสมในการภาพถ่ายในขณะที่หญ้าทะเลจมน้ำ เนื่องจาก NRI เป็นช่วงคลื่นที่ถูกดูดซับด้วยน้ำได้ง่าย อีกทั้งบางจุดในพื้นที่หญ้าทะเลก็ยังมีแอ่งน้ำ (tidal pool) ที่อาจส่งผลให้ค่าการสะท้อนของ NRI เกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้นต้องมีการศึกษาเพื่อการพัฒนาดัชนีที่จะใช้ในการแก้ไขผลกระทบของน้ำของภาพถ่ายหลายช่วงคลื่นต่อไปในอนาคต

ส่วนจากการศึกษาการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2A ในการประเมินขอบเขตแหล่งหญ้าทะเลนั้นเหมาะสมสำหรับแหล่งหญ้าทะเลที่อยู่ในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง โดยควรเลือกช่วงเวลาในการสำรวจภาคสนามในช่วงระยะเวลาหรือฤดูกาลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้การประเมินผลมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในด้านการพัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจาก

การศึกษาครั้งนี้มีค่าความแม่นยำค่อนข้างสูง แต่อย่างไรก็ตามในพัฒนาแบบจำลองต่อไปในอนาคตควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างในแต่ละชนิดของหญ้าทะเล ทำการทดสอบโดยแยกตามชนิดของหญ้าทะเล และอาจพัฒนาแบบจำลองการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลบนสมมุติฐานว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในรูปแบบต่างๆที่ไม่เชิงเส้นตรงเพิ่มเติม และก่อนนำแบบจำลองไปใช้งานจริง หรือนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่นๆ ควรทำการทดสอบแบบจำลองก่อนใช้งานจริง โดยทดสอบกับช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อดูประสิทธิภาพของแบบจำลองในการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล

คำสำคัญ (Keywords)

(TH) หญ้าทะเล คาร์บอน การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ อากาศยานไร้คนขับ การสำรวจระยะไกล

(EN) seagrass, carbon, climate change, UAV, remote sensing

เป้าหมายของผลผลิต (Output) และตัวชี้วัด

ผลผลิตเชิงองค์ความรู้

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติที่อยู่ในฐาน ISI 2 บทความ

1.1 Stankovic, M., Tantipisanuh, N., Rattanachot, E. and Prathep, A. 2018. Model based approach for estimating biomass and organic carbon in tropical seagrass ecosystems. Marine Ecology Progress Series, 596. DOI: 10.3354/meps12597

โดยวารสาร Marine Ecology Progress Series จัดอยู่ใน quartile 1 และมีค่าวัดความถี่ของการอ้างอิง: 2.292 (พ.ศ. 2560)

1.2 Stankovic, M., Tuntiprapas, P. and Prathep, A. 2019. Twenty years changed of seagrass and sources of carbon storage at Libong island ซึ่งในขณะนี้บทความอยู่ในขั้นตอนการเขียนเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสาร Biology letters ซึ่งเป็นวารสารที่จัดอยู่ใน quartile 1 และมีค่าวัดความถี่ของการอ้างอิง: 3.345 (พ.ศ. 2560)

1.3 Koedsin W. 2019. Mapping seagrass coverage and above ground biomass using sentinel 2 ซึ่งในขณะนี้บทความอยู่ในขั้นตอนการเขียนเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสาร International journal of remote sensing ซึ่งเป็นวารสารที่จัดอยู่ใน quartile 1 และมีค่าวัดความถี่ของการอ้างอิง: 1.724 (พ.ศ. 2560)

2. การนำเสนอผลงานในที่ประชุมระดับชาติ / นานาชาติ 2 เรื่อง

2.1 นำเสนอผลงานแบบบรรยาย เรื่อง Carbon storage in seagrass ecosystem along the Andaman coast of Thailand ในงานประชุม World Seagrass Conference ระหว่างวันที่ 12 – 14 มิถุนายน พ.ศ. 2561 ณ มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ ประเทศสิงคโปร์

2.2 เตรียมนำเสนอผลงานแบบบรรยาย เรื่อง Modeling suitable habitats for seagrass restoration in tropical ecosystems ในงานประชุม The International Society for Ecological Modelling Global Conference ระหว่างวันที่ 1 – 5 ตุลาคม พ.ศ. 2562 ณ Salzburg Congress Centre ประเทศออสเตรีย

ผลผลิตเชิงผลิตภัณฑ์ / นวัตกรรม

1. การถ่ายทอดเทคโนโลยี 1 ครั้ง

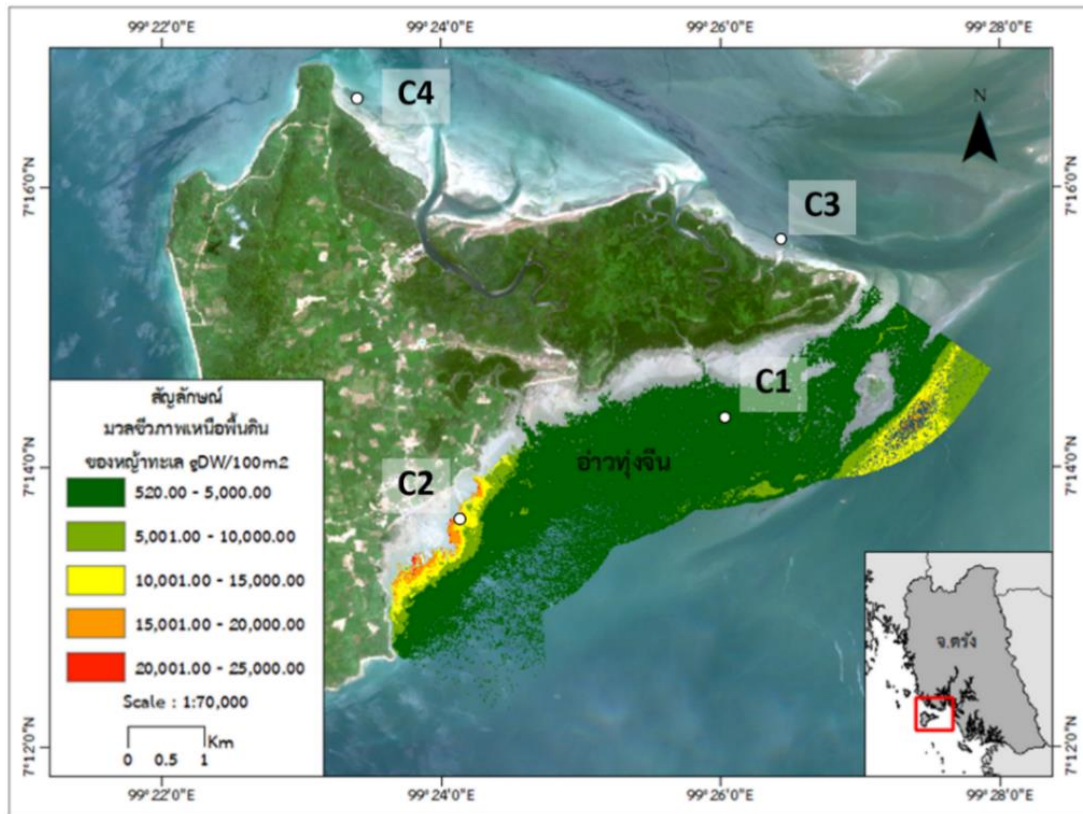
ร่วมจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ Seagrass Biology Workshop: Mapping and analysis of drone imagery International ณ มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ ประเทศสิงคโปร์ ระหว่างวันที่ 15 – 17 มิถุนายน พ.ศ. 2561

2. ข้อเสนอเชิงนโยบาย 1 เรื่อง

การกำหนดพื้นที่อนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ในเชิงท่องเที่ยวของชุมชน

แม้ว่าจากโครงการวิจัยนี้ บริเวณ C3 และ C4 (ภาพที่ 1) ยังไม่มีการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต แต่แนวหญ้าทะเลบริเวณ C3 เป็นบริเวณที่มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์รวม (%) และความหนาแน่นของคาร์บอนอินทรีย์ (g/cm^3) สูงที่สุด โดยอินทรีย์สารส่วนใหญ่ที่สะสมในตะกอนดินแนวหญ้าทะเลบริเวณ C3 นั้นเป็นอินทรีย์จากป่าชายเลน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแนวหญ้าทะเลบริเวณ C3 เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญของเกาะลันเตา

และจากการศึกษามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล พบว่าแนวหญ้าทะเลบริเวณ C2 (ภาพที่ 18) เป็นแนวหญ้าทะเลที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลสูงที่สุด และเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่มีการกักเก็บอินทรีย์สารจากหญ้าทะเลสูงที่สุด นอกจากนี้แนวหญ้าทะเลบริเวณ C2 นั้นมีการเข้าไปใช้ประโยชน์ในเชิงการท่องเที่ยวอย่างมาก โดยการนำชมพะยูนด้วยเรือ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อแนวหญ้าทะเลและไปรบกวนการหากินของพะยูน



ภาพที่ 18 แสดงพื้นที่ศึกษาคุณสมบัติของตะกอนดินในแนวห้วยน้ำทะเล และปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของห้วยน้ำทะเลบริเวณเกาะลิบง จังหวัดตรัง

ดังนั้น ในอนาคตหากมีการกำหนดพื้นที่เพื่ออนุรักษ์แหล่งน้ำทะเลของเกาะลิบงอย่างเป็นทางการ อาจให้การพิจารณาพื้นที่ดังกล่าวเป็นอันดับต้นๆ หรือหากมีดำเนินกิจกรรมใดๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อห้วยน้ำทะเลบริเวณดังกล่าวควรมีการป้องกันผลกระทบ หรือหลีกเลี่ยงการดำเนินกิจกรรมที่ส่งผลเสียต่อพื้นที่เหล่านี้

จากการหารือและแลกเปลี่ยนความรู้จากโครงการวิจัยนี้กับนายชัยพฤกษ์ วีระวงศ์ หัวหน้าเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหมู่เกาะลิบง จ.ตรัง และองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ในวันที่ 3 เมษายน พ.ศ. 2562 ในเบื้องต้นได้เสนอให้พื้นที่ห้วยน้ำทะเลบริเวณหน้าเขาบาตูปูเต๊ะ (C2) เป็นพื้นที่ในการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) และบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด (เอสซีจี) ก็ให้ความสนใจในการศึกษาปริมาณคาร์บอนในพื้นที่เกาะลิบง ส่งเสริมการเพิ่มพื้นที่แหล่งน้ำทะเลของเกาะลิบง โดยมีเป้าหมายเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย และกำหนดเป็นพื้นที่อนุรักษ์น้ำทะเลต่อไปในอนาคตเช่นกัน

วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2562 มีการประชุมระหว่างหัวหน้าเขตห้ามล่าสัตว์ป่าหมู่เกาะลิบง ผู้อำนวยการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดตรัง หัวหน้าอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม ตัวแทนมูลนิธิอันดามัน กรรมการผู้จัดการบริษัทประชารัฐรักสามัคคี ผู้นำชุมชน ตัวแทนชาวประมงพื้นบ้าน ตัวแทนผู้นำชมพะยูนด้วยเรือ และกลุ่มพิทักษ์ดุหยง (พะยูน) เพื่อหารือกำหนดแนวทางการท่องเที่ยวชมพะยูนด้วยเรือที่ไม่รบกวนพะยูนมากเกินไป จนอาจเป็นอันตราย หรือเป็นเหตุให้พะยูนย้ายถิ่นฐานหนีได้ โดยสรุปแนวทางแก้ปัญหา ดังนี้

1. เรือท่องเที่ยวชมพะยูนจะต้องขึ้นทะเบียนทุกลำ
2. จะมีการวางพylonกำหนดพื้นที่ในการนำเรือเข้าชมพะยูน และพื้นที่อนุรักษ์หญ้า เช่น บริเวณ C1 C2 C3 และปากหลาม ซึ่งเป็นบริเวณที่พบพะยูนเป็นจำนวนมาก
3. เรือท่องเที่ยวจะต้องดับเครื่องยนต์ และจอดเรือลอยลำนอกแนวพylonเท่านั้น
4. ห้ามนำเครื่องมือประมงผิดกฎหมาย และเครื่องมือที่เป็นอันตรายต่อพะยูนเข้าไปในเขตพื้นที่อนุรักษ์
5. กำหนดเขตอุทยานบริเวณหน้าแหลมจุโหย-คลองบิหลัง (C3) เนื้อที่ประมาณ 20 กว่าไร่
6. ประชาสัมพันธ์ให้นักท่องเที่ยวหันมาสนใจการชมพะยูนจากจุดชมวิวบนเขาบาตูปูเต๊ะหรือหอชมพะยูนมากยิ่งขึ้น เพื่อลดการนำชมพะยูนโดยเรือ

และวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2562 ได้มีการวางพylon โดยเจ้าหน้าที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าหมู่เกาะลิบง เจ้าหน้าที่สำนักงานบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทางทะเล ที่ 10 จ. ตรัง เจ้าหน้าที่ศูนย์ป้องกันและปราบปรามประมงทะเลเขต 3 จ. กระบี่ ผู้นำชุมชน และชาวประมงพื้นบ้าน เพื่อแสดงแนวเขตแหล่งอนุรักษ์หญ้าทะเลและแนวเขตคุ้มครองไม่ให้เรื่อนำเที่ยวเข้าชมพะยูนใกล้เกินไปบริเวณพื้นที่หน้าเขาบาตูปูเต๊ะ ถึงหอชมพะยูน (C2)

จากเป้าหมายของผลผลิตและตัวชี้วัดที่แสดงข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่าการศึกษาในครั้งนี้นอกจากจะได้องค์ความรู้เรื่องของบทบาทความสามารถของหญ้าทะเลต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะภูมิอากาศของโลกแล้ว ยังได้องค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีในการศึกษาทรัพยากรหญ้าทะเล การทำแผนที่ และมีการสื่อสารนำเอาองค์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในการจัดการ และวางแผนการใช้ประโยชน์ในพื้นที่อย่างยั่งยืนต่อไป

ผลงานวิจัยตีพิมพ์