



การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในการประเมินสถานภาพ
แหล่งหญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวปากลอก จังหวัดภูเก็ต

**Application of WorldView-2 Imagery for the Status Assessment of Seagrass Beds:
A Case Study of Paklok Bay, Phuket Province**

วิศรุทธิ์ อินทรเรือง

Wissarut Intararuang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Technology and Environmental Management**

Prince of Songkla University

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในการประเมินสถานภาพ
แหล่งหญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวปากลอก จังหวัดภูเก็ต

Application of WorldView-2 Imagery for the Status Assessment of Seagrass Beds:

A Case Study of Paklok Bay, Phuket Province

วิศรุทธิ์ อินทรเรือง

Wissarut Intararuang

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Technology and Environmental Management**

Prince of Songkla University

2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในการประเมินสถานภาพแหล่งหญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต
ผู้เขียน	นายวิศรุทธิ์ อินทรเรือง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ดร.วีระพงศ์ เกิดสิน)

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ ทองชุมนุม)

.....กรรมการ
(ดร.วีระพงศ์ เกิดสิน)

.....กรรมการ
(ดร.รวิ รัตนาคม)

.....กรรมการ
(ดร.ชนิดา สุวรรณประสิทธิ์)

.....กรรมการ
(ดร.สุรีย์ สดภูมินทร์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มี
ส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ดร.วิระพงศ์ เกิดสิน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายวิศรุทธิ์ อินทรเรือง)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายวิศรุทธิ์ อินทรเรือง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในการประเมินสถานภาพแหล่งหญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต
ผู้เขียน	นายวิศรุต อินทรเรือง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในการประเมินสถานภาพแหล่งหญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต โดยประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับเทคนิคการสำรวจระยะไกล ซึ่งการสำรวจภาคสนามใช้วิธีการสำรวจแบบเส้นตรง (Line Transect Method) ร่วมกับการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ถูกใช้ในการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะทางสั้นที่สุด (Minimum Distance to Mean) และการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม และร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) สูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 90.67 75.00 และ 73.74 ตามลำดับ และใช้วิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบเป็นขั้นตอน 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

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับเทคนิคการสำรวจระยะไกล โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง สามารถใช้ในการจำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าขั้นตอนและวิธีการในการศึกษานี้จะสามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ได้

คำสำคัญ: หญ้าทะเล มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การสำรวจระยะไกล อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต

Thesis Title	Application of WorldView-2 Imagery for the Status Assessment of Seagrass Beds: A Case Study of Paklok Bay, Phuket Province
Author	Mr. Wissarut Intararuang
Major Program	Technology and Environmental Management
Academic	2014

ABSTRACT

This study aim to use the WorldView-2 imagery for the status assessment of seagrass beds: a case study of Paklok Bay, Phuket Province. The field survey (i.e., line transect and spot checked) and WorldView-2 imagery were used to classify the boundary, species cover and percent cover of seagrass. The Minimum Distance to Mean Classification (MDC) and Maximum Likelihood Classification (MLC) techniques were used for classification. The results showed that the boundary, species cover and percent cover by MLC possess the highest overall accuracy as 90.67%, 75.00% and 73.47% respectively. The Stepwise Multiple Linear Regression was used to model the Above-Ground Biomass. The Band 3 (Green), Band 4 (Yellow) and Band 7 (Near-IR1) were selected to use in the model by R^2 , adjusted R^2 and RMSE are 0.461, 0.423 and 10.38 gDW/m² respectively.

The study showed that the remote sensing technique by used the high spatial resolution satellite imagery (i.e., WorldView-2) can be used to classify the boundary, species cover and percent cover of seagrass at Phuket Province, Thailand with high accuracy. We hope that the methodology presented in this study can be used as a guideline for study in other area or can be used for seagrass management.

Keywords: Seagrass, Above-Ground Biomass, Remote Sensing, Paklok Bay, Phuket

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณดร.วีระพงศ์ เกิดสิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ ปรับปรุง และแก้ไขจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ ทองชุมนุม ประธานกรรมการสอบ ดร.รวิ รัตน์าคม ดร.ชนิดา สุวรรณประสิทธิ์ และ ดร.สุรีย์ สดภูมินทร์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์จนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน ที่อนุเคราะห์เจ้าหน้าที่และเครื่องมือเพื่อใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณศุภะสิทธิ์ บุญเพียรผล นักวิชาการประมง ศูนย์วิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งทะเลอันดามัน สำหรับคำปรึกษาและการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ทุกคน สำหรับความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนการวิจัย กองทุนวิจัยคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต สำหรับทุนสนับสนุนการศึกษาตลอดระยะเวลาทำการศึกษาวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต ทุกคน สำหรับความช่วยเหลือในการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติ พี่น้อง คณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ข้าพเจ้า รวมถึงบรรดามิตรสหายที่คอยเป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ได้ทำการศึกษาจนข้าพเจ้าสามารถสำเร็จการศึกษาลุล่วงไปด้วยดี

วิศรุทธิ์ อินทรเรือง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(5)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการรูป	(12)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	5
2.1 หน้าที่ทะเล	5
2.2 ชนิดและลักษณะของหน้าที่ทะเล	6
2.3 การแพร่กระจายของแหล่งหน้าที่ทะเล	10
2.3.1 ฟังทะเลอ่าวไทย	10
2.3.2 ฟังทะเลอันดามัน	11
2.4 มวลชีวภาพของพืช	13
2.5 การรังวัดหาค่าพิกัดด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก	14
2.5.1 การหาค่าพิกัดแบบจุดเดี่ยว (Single Point Positioning)	14
2.5.2 การหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์ (Relative Positioning)	14
2.6 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ	15
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	19
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	20
3.1.1 ข้อมูลและแผนที่	20
3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	20
3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม	20
3.2 พื้นที่ศึกษา	21
3.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2	23
3.4 การสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม	24
3.4.1 การสำรวจภาคสนาม	24
3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม	27
3.5 การปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น	29
3.5.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)	29
3.5.2 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction)	30
3.5.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis)	32
3.5.4 การกันขอบเขตภาพเฉพาะพื้นที่ศึกษา (Image Masking)	33
3.6 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	35
3.6.1 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบควบคุม (Supervised Classification)	35
3.7 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	36
3.8 การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	37
3.9 การตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	39
บทที่ 4 ผลและบทวิจารณ์ผลการวิจัย	40
4.1 ผลการสำรวจภาคสนาม	40
4.2 ผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.1 ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล	41
4.2.2 ผลการจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล	48
4.2.3 ผลการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล	56
4.2.4 ผลการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	66
บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการวิจัย	70
5.1.1 การจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล	70
5.1.2 การจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล	71
5.1.3 การจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล	71
5.1.4 การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	72
5.2 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	75
ภาคผนวก	79
ภาคผนวก ก การสำรวจภาคสนาม	80
ภาคผนวก ก1 การจัดทำหมุดหลักฐาน	81
ภาคผนวก ก2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม	83
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม	85
ภาคผนวก ข1 การวิเคราะห์ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล	86
ภาคผนวก ข2 การวิเคราะห์ห้มวลชีวภาพของหญ้าทะเล	98
ภาคผนวก ค การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2	103
ภาคผนวก ง ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2	116
ประวัติผู้เขียน	118

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ลักษณะของหญ้าทะเลแต่ละชนิดและชื่อท้องถิ่น	7
3.1 คุณลักษณะภาพถ่ายดาวเทียมดาวเทียม WorldView-2	23
3.2 การตรวจสอบการปรับแก้เชิงเรขาคณิต ของภาพถ่ายจากดาวเทียม WorldView-2 โดย อาศัยจุดควบคุมของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีเชิงเลข จังหวัดภูเก็ต มาตรฐาน 1:4,000 ของ กรมแผนที่ดิน	30
4.1 จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบการจำแนกขอบเขตของ หญ้าทะเล	41
4.2 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกขอบเขตของหญ้า ทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน	43
4.3 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่น ที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด	44
4.4 จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบการจำแนกชนิดการ แพร่กระจายของหญ้าทะเล	49
4.5 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกชนิดการแพร่กระจาย ของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน	50
4.6 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกชนิดการแพร่กระจายของหญ้าทะเล โดยการ ผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด	51
4.7 จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบการจำแนกร้อยละการปก คลุมของหญ้าทะเล	56
4.8 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกร้อยละการปกคลุม ของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน	58
4.9 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยการ ผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด	59

รายการรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าทะเล	6
2.2 หญ้าทะเลที่พบในประเทศไทย	9
2.3 แผนที่การแพร่กระจายของหญ้าทะเลในน่านน้ำไทย	12
3.1 ภาพรวมขั้นตอนของการศึกษา	19
3.2 พื้นที่ศึกษาอ่าวป่าคลอก ตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต บันทึกภาพโดยดาวเทียม WorldView-2 เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2556	22
3.3 ขั้นตอนการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม	24
3.4 ก) ตัวอย่างการสำรวจแบบเส้นตรง (Line Transect Method) ข) ตัวอย่างการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method)	26
3.5 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง	27
3.6 ก.หญ้าทะเล ข.ทราย และ ค.สาหร่าย	28
3.7 ก.ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) ข.เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน)	29
3.8 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่ผ่านการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก	33
3.9 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่กันขอบเขตเฉพาะพื้นที่ศึกษา	34
3.10 ขั้นตอนการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	38
4.1 แผนที่ขอบเขตของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2	47
ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก กรณีที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด	
4.2 แผนที่ชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2	54
ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก กรณีที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด	

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3	แผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ด้วย ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก กรณีที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด
4.4	ลักษณะค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่ได้จากข้อมูลภาคสนามของร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ร้อยละ 26-50, ร้อยละ 51-75 และร้อยละ 76-100) ของภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2
4.5	Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง
4.6	แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 จากการประมาณค่าโดยสมการที่ 5 ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

CPCe	Coral Point Count with Excel Extensions
DGPS	Pseudorange-based Differential GPS
DN	Digital Number
DW	Dry Weight
GPS	Global Positioning System
MDC	Minimum Distance Classification
MLC	Maximum Likelihood Classification
PCA	Principal Component Analysis
RMSE	Root Mean Square Error
RTK	Real Time Kinematic Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS 84	World Geodetic System 1984

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

หญ้าทะเลเป็นพืชดอก มีลักษณะคล้ายกับหญ้าที่พบขึ้นอยู่บนบกแต่ได้ปรับตัว และมีวิวัฒนาการจากการเป็นพืชบกลงไปอยู่ในทะเลอย่างสมบูรณ์ หญ้าทะเลพบขึ้นตามแนวชายฝั่งทะเล ตั้งแต่บริเวณเขตร้อนไปจนถึงเขตอบอุ่น ปัจจุบันพบหญ้าทะเลทั่วโลกทั้งหมด 12 สกุล 60 ชนิด สำหรับประเทศไทยพบหญ้าทะเลทั้งหมด 7 สกุล 12 ชนิด นอกจากนี้ระบบนิเวศหญ้าทะเลยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตนานาชนิดแล้ว ลักษณะโครงสร้างที่ซับซ้อนของหญ้าทะเลยังมีความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งวางไข่ แหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน และแหล่งหลบภัย ทำให้มีสัตว์ทะเลนานาชนิดเข้ามาอาศัยอยู่ รวมถึงสัตว์น้ำที่มีค่าทางเศรษฐกิจ เช่น กุ้ง ปู ปลา และสัตว์ทะเลใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ พะยูน และเต่าทะเล นอกจากนี้โครงสร้างของหญ้าทะเลยังช่วยชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำที่พัดเข้าสู่ฝั่ง ช่วยลดอัตราการพังทลายและการกัดเซาะของชายฝั่งทะเล และมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นอีกด้วย (กาญจนภานันท์ ลีวมนอนต์, และคณะ, 2534)

ประเทศไทยพบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลที่สำคัญทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน ได้แก่ อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี เกาะตะลิ่ง จังหวัดตรัง เกาะศรีบอยาและเกาะปู จังหวัดกระบี่ เกาะพระทองและพื้นที่ใกล้เคียง จังหวัดพังงา และบ้านป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต เป็นต้น จากข้อมูลการสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงสถานภาพแหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 พบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ของหญ้าทะเลประมาณ 189.86 ตารางกิโลเมตร โดยทางฝั่งทะเลอันดามันมีพื้นที่ 137.76 ตารางกิโลเมตร และฝั่งทะเลอ่าวไทยมีพื้นที่ 52.10 ตารางกิโลเมตร จะเห็นได้ว่าพื้นที่หญ้าทะเลส่วนใหญ่ของประเทศไทยอยู่ทางฝั่งทะเลอันดามัน (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2557)

จากการสำรวจพบว่า ปัจจุบันแหล่งหญ้าทะเลมีสภาพเสื่อมโทรมหรือตายลงเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติและเกิดจากการกระทำโดยมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้แหล่งหญ้าทะเลมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากร

ทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2557) ดังนั้น การสำรวจภาคสนามเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลสภาพ แหล่งหญ้าทะเลอย่างรวดเร็ว เพื่อนำไปใช้หาแนวทางในการจัดการอย่างถูกวิธีจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ซึ่งในการสำรวจภาคสนามอาจต้องใช้แรงงานและบุคลากรในการสำรวจซึ่งต้องใช้เวลาในการ ดำเนินการ รวมทั้งต้องการทักษะความเชี่ยวชาญของบุคลากรที่ทำการสำรวจ ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการสำรวจภาคสนามที่สูง ทำให้มีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนครั้งในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของ แหล่งหญ้าทะเล อย่างไรก็ตามปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) มีการ พัฒนาไปอย่างรวดเร็วและสามารถลดข้อจำกัดของวิธีการสำรวจภาคสนามได้ ทำให้มีการ ประยุกต์ใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเข้ามาช่วยในการจัดการ ติดตามการเปลี่ยนแปลงของ ทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ป่าไม้ ป่าชายเลน แนวปะการัง รวมถึงการประยุกต์ใช้ งานเพื่อประเมินสภาพและขอบเขตของแหล่งหญ้าทะเล ดังงานวิจัยของ Roelfsema, *et al.* (2009) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนามจัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุม ของหญ้าทะเลบริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM โดยจุดมุ่งหมายของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาวิธีการทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล จากการศึกษาพบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 75.00 และ Phimm, *et al.* (2008) ทำการ ประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนาม ทำการศึกษาชนิดการปกคลุม ร้อยละ การปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของแหล่งหญ้าในเขตน้ำตื้น (≤ 3 เมตร) บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยเปรียบเทียบระหว่าง Multi-spectral satellite (Landsat 5 TM และ QuickBird-2) และ Airborne hyper-spectral (CASI-2) จากการศึกษาได้จัดทำ แผนที่ชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ แหล่งหญ้า มีความถูกต้องโดยรวมมากกว่าร้อยละ 80.00 แต่ไม่ทุกภาพถ่ายดาวเทียม ในขณะที่ Pasqualini, *et al.* (2005) ได้รายงานผลการทำแผนที่หญ้าทะเลชนิด *Posidonia oceanica* และบริเวณ ที่เป็นพื้นทราย บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 มีค่าความถูกต้อง โดยรวมเท่ากับร้อยละ 90.00 และ Yang and Yang (2009) ทำการศึกษากำหนดขอบเขตหญ้าทะเล บริเวณอ่าว Xincun ในจังหวัด Hainan ประเทศจีน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 มีค่าความ ถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.00 ในขณะที่ประเทศไทยยังมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจ ระยะไกลในการศึกษาเกี่ยวกับหญ้าทะเลอยู่น้อยมาก เช่น ภัทรารุช พุสังข์ (2548) ทำการศึกษากำหนด แหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM มีค่าความถูกต้อง โดยรวมเท่ากับร้อยละ 69.07 ในขณะที่ จตุพร พันธุ์ทอง (2554) ทำการศึกษากำหนด แหล่งหญ้าทะเลในบริเวณเดียวกัน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และภาพถ่ายดาวเทียม ALOS สามารถกำหนดหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* และหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia*

มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 65.74 และ 72.41 ตามลำดับ ถึงแม้ว่างานวิจัยที่กล่าวถึงจะมีความคล้ายคลึงกันในแต่ละประเทศอยู่พอสมควร แต่เนื่องด้วยระบบนิเวศภูเขาไฟของประเทศไทยมีความแตกต่างจากต่างประเทศอย่างชัดเจน เช่น ความลึก ความใสของน้ำทะเล ลักษณะการแพร่กระจาย และการปกคลุมของภูเขาไฟ จึงอาจจะทำให้ผลการจำแนกและวิธีการที่เหมาะสมอาจมีความแตกต่างกัน

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทดสอบการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกลเพื่อจำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของภูเขาไฟ จากภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ซึ่งมีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (High Spatial Resolution Satellite) โดยมีพื้นที่ทำการศึกษา คือ แหล่งภูเขาไฟบริเวณ อ่าวป่าคลอก ตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) จำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม และร้อยละการปกคลุมของภูเขาไฟบริเวณ อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต โดยใช้การสำรวจระยะไกล
- 2) ประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของภูเขาไฟบริเวณ อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต โดยใช้การสำรวจระยะไกล

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1) งานวิจัยนี้ทำการศึกษาแหล่งภูเขาไฟบริเวณอ่าวป่าคลอก ตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต
- 2) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง คือ ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2556
- 3) ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเลือกช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนธันวาคม ถึง เดือนเมษายน) ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) สามารถประยุกต์วิธีการศึกษาเพื่อใช้จำแนกแหล่งหญ้าทะเล และการสะสมมวลชีวภาพของแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะทางระบบนิเวศที่ใกล้เคียงกันได้
- 2) สามารถนำความรู้ทางเทคนิคการสำรวจระยะไกลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของแหล่งหญ้าทะเล เพื่อวางแผนการจัดการอนุรักษ์และฟื้นฟูแหล่งหญ้าทะเลในอนาคต

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1) การสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) คือ เป็นวิทยาศาสตร์ ศิลปะและเทคโนโลยี ที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกข้อมูลด้วยเครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ (Sensor) เช่น กล้องถ่ายรูป (Camera) หรือเครื่องกวาดภาพหลายช่วงคลื่น (Multispectral Scanner) ที่ถูกติดตั้งบนยานพาหนะหรือยานสำรวจ (Platform) เช่น เครื่องบิน หรือ ดาวเทียม หลังจากนั้นข้อมูลที่ถูกบันทึกจะถูกนำมาแปลตีความ จำแนก และวิเคราะห์ เพื่อให้เข้าใจถึงวัตถุและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวของการสะท้อนแสงหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (สุรเชษฐ์ สีแดง, 2551)

2) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพืช (Above-ground biomass) คือ น้ำหนักหรือมวลทั้งหมดของต้นไม้ต้นหนึ่งหรือหลายต้นในพื้นที่ที่กำหนด ซึ่งนิยมนำออกมาในรูปของน้ำหนักแห้ง (Dry weight) ทั้งหมดของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ก้าน และใบ ทั้งนี้ไม่รวมถึงรากและตอที่เหลืออยู่หลังจากตัดต้นไม้แล้ว โดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อดัน หรือต่อหน่วยพื้นที่ (Edward and Grubb, 1997)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

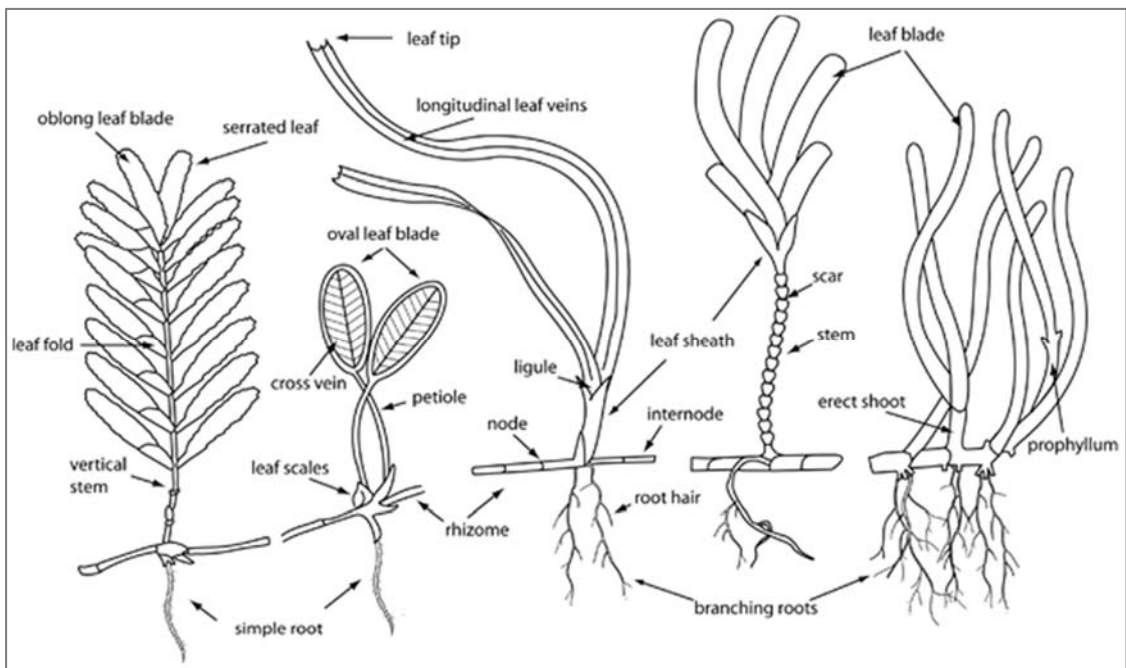
2.1 หน้ำทะเล

หน้ำทะเลเป็นพืชดอก มีลักษณะคล้ายกับหน้ำที่พบขึ้นอยู่บนบกแต่ได้ปรับตัว และมีวิวัฒนาการจากการเป็นพืชบกลงไปอยู่ในทะเลอย่างสมบูรณ์ โดยหน้ำทะเลพบขึ้นตามแนวชายฝั่งทะเล ตั้งแต่บริเวณเขตร้อน ไปจนถึงเขตอบอุ่น ปัจจุบันพบหน้ำทะเลทั่วโลกทั้งหมด 12 สกุล 60 ชนิด สำหรับประเทศไทยพบหน้ำทะเลทั้งหมด 7 สกุล 12 ชนิด นอกจากนี้ระบบนิเวศหน้ำทะเลยังเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตนานาชนิดแล้ว ลักษณะ โครงสร้างที่ซับซ้อนของหน้ำทะเลยังมีความเหมาะสมเอื้อต่อการเป็นแหล่งวางไข่ แหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน และแหล่งหลบภัย ทำให้มีสัตว์ทะเลนานาชนิดเข้ามาอาศัยอยู่ รวมถึงสัตว์น้ำที่มีค่าทางเศรษฐกิจ เช่น กุ้ง ปลา และสัตว์ทะเลใกล้สูญพันธุ์ ได้แก่ พะยูน และเต่าทะเล นอกจากนี้ โครงสร้างของหน้ำทะเลยังช่วยชะลอความรุนแรงของกระแสน้ำที่พัดเข้าสู่ฝั่ง ช่วยลดอัตราการพังทลายและการกัดเซาะของชายฝั่งทะเลได้และยังมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพน้ำให้ดีขึ้นอีกด้วย (กาญจนภรณ์ ลีวมโนมนต์, และคณะ, 2534)

ลักษณะ โครงสร้างของหน้ำทะเลคล้ายคลึงกับหน้ำบก มีลำต้นใต้ดินฝังอยู่ในดินทอดยาวเป็นปล้อง ๆ เรียกว่า ไรโซม (Rhizome) ซึ่งจะเป็ตัวชูก้านใบที่จมอยู่ในน้ำ มีข้อต่อ (Node) แบ่งส่วนของลำต้นใต้ดินออกเป็นช่วง ๆ บางชนิดมีการแตกก้าน (Stalk) มากมายจนดูเหมือนที่ใบส่วนของรากเป็นส่วนที่เจริญงอกออกจากส่วนของลำต้นใต้ดิน และข้อต่อเหมือนกับพืชใบเลี้ยงเดี่ยวทั่วไป ลักษณะของรากจะแตกต่างกันตามชนิด เช่น หน้ำทะเลสกุล *Syringodium*, *Cymodocea* และ *Halodule* จะมีส่วนของรากที่แตกแขนงออกไปและมีรากฝอย (Root hair) แต่ในสกุล *Enhalus* จะไม่มีรากฝอย มีเหง้าขนาดใหญ่แข็งแรง มีปล้องสั้น มีรากแข็งแรง (รูปที่ 2.1)

ประเทศไทยพบแหล่งหน้ำทะเลที่สำคัญทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน โดยพบในหลายพื้นที่ ได้แก่ แหล่งน้ำกร่อยหรือปากแม่น้ำที่ติดป่าชายเลน ชายฝั่งน้ำตื้นที่มีพื้นทรายหรือทรายปนโคลน และที่ลึกลงกับแนวปะการัง ปัจจุบันแหล่งหน้ำทะเลในหลายพื้นที่ถูกทำลาย

เป็นจำนวนมาก เนื่องจากสาเหตุหลายประการ ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง การถมทะเล การสร้างท่าเทียบเรือ การทำประมงโดยเครื่องมือประมงทำลายล้าง และการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือชุมชนบริเวณชายฝั่งทะเล เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้นอกจากจะทำให้แหล่งหญ้าทะเลเสื่อมโทรมแล้วยังส่งผลต่อความหลากหลายและความสมบูรณ์ของสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งทะเลอีกด้วย (สุวลักษณ์ สาธมนัสพันธุ์, 2546)



รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าทะเล (Di Carlo and McKenzie, 2011)

2.2 ชนิดและลักษณะของหญ้าทะเล

ประเทศไทยพบหญ้าทะเลทั้งหมด 7 สกุล 12 ชนิด ได้แก่ หญ้ากุษ่ายทะเล (*Halodule uninervis*) หญ้ากุษ่ายเข็ม (*Halodule pinifolia*) หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หญ้าต้นหอมทะเล (*Syringodium isoetifolium*) หญ้าตะกานน้ำเค็ม (*Ruppia maritima*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าเงาใส (*Halophila decipiens*) หญ้าเงาเล็ก

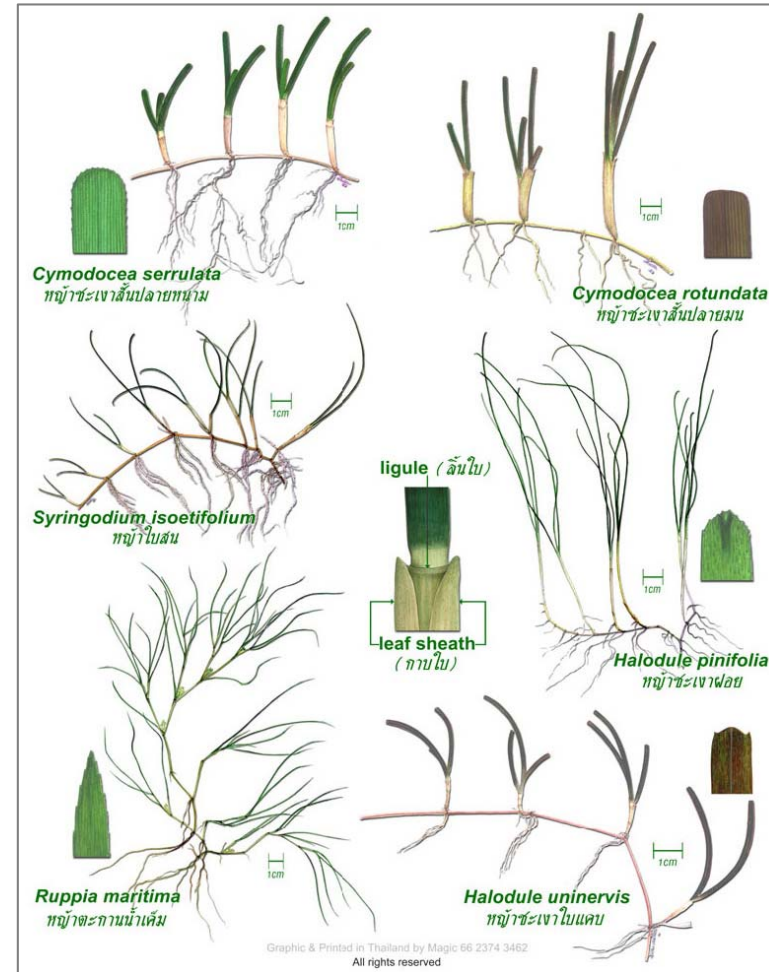
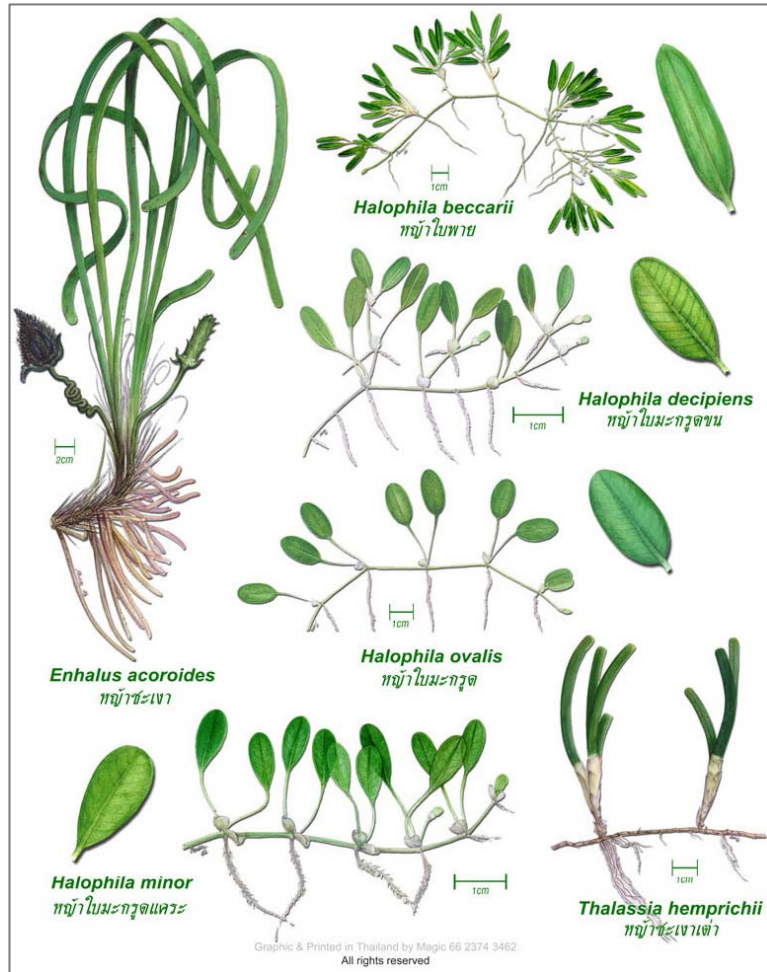
(*Halophila minor*) และหญ้าเงาแกระ (*Halophila beccarii*) (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทะเลชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2549) รายละเอียดของลักษณะหญ้าทะเลแต่ละชนิดรวมทั้งชื่อท้องถิ่นที่มีการใช้ในพื้นที่ย่างกุ้ง แสดงดังตารางที่ 2.1 และ รูปที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของหญ้าทะเลแต่ละชนิดและชื่อท้องถิ่น (กาญจนภรณ์ ลีวมโนมนต์, และคณะ, 2534)

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อท้องถิ่น	ลักษณะ
1	<i>Enhalus acoroides</i>	หญ้างอ หญ้าคาทะเล หญ้าชะเงาใบยาว หญ้าชะเงา	หญ้าทะเลชนิดนี้มีขนาดใหญ่ที่สุด ลำต้นสูงถึง 1 เมตร หรือสูงกว่า ต้นตั้งตรง ขึ้นเป็นกอจากเหง้าที่ขนาดใหญ่และฝังลึก โดยมีรากแข็งแรงยึดแน่น แต่ละต้นมี 2-5 ใบ ใบมีลักษณะแบนยาว กว้างประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ปลายใบมน ขอบใบหนาเรียบ ไม่มีคลื่นใบ
2	<i>Thalassia hemprichii</i>	หญ้าเต่า หญ้าชะเงาเต่า	ลำต้นตั้งตรงมีความสูงประมาณ 4-24 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบ 2-6 ใบ ใบมีลักษณะแบนโค้งงอ ปลายใบมนกลมมีรอยหยักคล้ายฟันเลื่อยเล็ก ๆ ขอบใบเรียบ ส่วนล่างเป็นกาบใบบางใส มีราก 2-4 เส้น เหง้ามีรอยแผลเป็น เมื่อใบเน่าจะยังเหลือกาบใบซ้อนกันหลายชั้น
3	<i>Halophila ovalis</i>	หญ้าเงา หญ้าอำพัน หญ้าใบมะกรูด	ลำต้นมีความสูงประมาณ 2-6 เซนติเมตร ทรงข้อมีใบ 1 คู่ ตัวใบรีรูปไข่ ปลายใบมนกลม ขอบใบเรียบ มีเส้นขวางใบ 12-19 คู่ ใบอ่อนมีลักษณะบางใส เปราะหักง่าย มีราก 1 เส้นตรงข้อ
4	<i>Halophila minor</i>	หญ้าเงารูปไข่ หญ้าเงาใบเล็ก หญ้าใบมะกรูดแกระ	เป็นหญ้าทะเลที่มีขนาดเล็กที่สุดมีความสูงประมาณ 0.9-2 เซนติเมตร ต้นพอมบางและเปราะ ทรงข้อมีใบ 1 คู่ ปลายใบมน ขอบเรียบ มีเส้นขวางใบ 6-8 คู่ มีราก 1 เส้นตรงข้อ
5	<i>Halophila decipiens</i>	หญ้าเงาใส หญ้าใบมะกรูดขน	ลำต้นมีความสูงประมาณ 1.5-3 เซนติเมตร ทรงข้อมีใบ 1 คู่หรืออาจมี 3 ใบ ตัวใบรียาว ผิวใบมีขนทั้งด้านบนและด้านล่าง มีเส้นขวางใบ 6-8 คู่ ขอบใบมีรอยหยักเล็ก ๆ มีราก 1 เส้นตรงข้อ

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของหญ้าทะเลแต่ละชนิดและชื่อท้องถิ่น (กาญจนภานันท์ ลีวโนมนต์, และคณะ, 2534) (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อท้องถิ่น	ลักษณะ
6	<i>Halophila beccarii</i>	หญ้าแคะ หญ้าเงาแคะ หญ้าใบพาย	ลำต้นมีความสูงประมาณ 4-8 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบเป็นกระจุก 4-8 ใบ ตัวใบรียาว ขอบใบเรียบ มีเส้นใบตามยาว 3 เส้นแต่ไม่มีเส้น ขวางใบ มีราก 1 เส้นตรงข้อ
7	<i>Syringodium isoetifolium</i>	หญ้าใบสน ต้นหอมทะเล	ลำต้นตั้งตรงมีความสูงประมาณ 7-24 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบ 1-3 ใบ ตัวใบกลมยาวอวบน้ำ เปราะหักง่าย ปลายใบแหลม โคนใบแคบ มีราก 1-6 เส้นอาจแตกแขนงได้
8	<i>Halodule uninervis</i>	กุยช่ายทะเล หญ้าชะเงาใบแคบ	ลำต้นตั้งตรงมีความสูงประมาณ 7-15 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบ 2-5 ใบ ปลายใบมีรอยหยัก 3 หยัก เส้นกลางใบเห็นได้ชัดเจน โคนใบแคบ มีราก 2-11 เส้น
9	<i>Halodule pinifolia</i>	หญ้าผมนาง กุยช่ายเข็ม หญ้าชะเงาฝอย	ลำต้นตั้งตรงมีความสูงประมาณ 5-24 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบ 1-4 ใบ ลักษณะผอมยาว โคนใบแผ่เป็นกาบหุ้มลำต้น ปลายใบมีรอยหยักแหลม ขอบใบเรียบ มีราก 2-5 เส้น
10	<i>Cymodocea serrulata</i>	หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย หญ้าชะเงาสั้นปลายหนาม	ลำต้นตั้งตรงมีความสูงประมาณ 10-30 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบ 2-5 ใบ ตัวใบโค้งงอ ปลายใบมนมีรอยหยักเป็นฟันเลื่อยเล็ก ๆ ขอบใบตอนล่างเรียบ มีราก 1-3 เส้นแตกแขนงได้
11	<i>Cymodocea rotundata</i>	หญ้าชะเงาใบมน หญ้าชะเงาสั้นปลายมน	ลำต้นตั้งตรงมีความสูงประมาณ 10-25 เซนติเมตร ต้นประกอบด้วยใบ 2-5 ใบ ตัวใบตรงหรือโค้งเล็กน้อย ปลายใบมนกลม ขอบใบเรียบ กาบใบไม่หลุดร่วงยังคงหือหุ้มลำต้นอยู่ มีราก 1-3 เส้น
12	<i>Ruppia maritima</i>	หญ้าตะกานน้ำเค็ม	ลำต้นมีความสูงประมาณ 5-15 เซนติเมตร ต้นสืบคลานไปตามพื้น แตกแขนงได้มาก แต่ละแขนงประกอบด้วยใบจำนวนมาก ใบแคบยาว ปลายแหลม ขอบใบมีรอยหยักเหมือนฟันเลื่อย มีราก 1 เส้นตรงข้อ



รูปที่ 2.2 หญ้าทะเลที่พบในประเทศไทย (UNEP, 2547)

2.3 การแพร่กระจายของแหล่งหญ้าทะเล

ประเทศไทยพบแหล่งหญ้าทะเลที่สำคัญทั้งฝั่งทะเลอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามันหลายพื้นที่ ได้แก่ อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร เกาะศรีบอยา และเกาะปู จังหวัดกระบี่ เกาะตะลิ่ง จังหวัดตรัง เกาะพระทองและพื้นที่ใกล้เคียง จังหวัดพังงา และอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต เป็นต้น

ประเทศไทยพบหญ้าทะเลทั้งหมด 12 ชนิด (ตารางที่ 2.1) ตามชายฝั่งทะเลในพื้นที่ 17 จังหวัด (รูปที่ 2.3) พบทางฝั่งทะเลอ่าวไทย 11 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ตรัง ชุมพร พัทลุง สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส และพบทางฝั่งทะเลอันดามัน 6 จังหวัด ได้แก่ ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล

จากข้อมูลการสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีพื้นที่หญ้าทะเลประมาณ 189.86 ตารางกิโลเมตร โดยทางฝั่งทะเลอันดามันมีพื้นที่ 137.76 ตารางกิโลเมตร และฝั่งทะเลอ่าวไทยมีพื้นที่ 52.10 ตารางกิโลเมตร (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2557)

2.3.1 ฝั่งทะเลอ่าวไทย

1) อ่าวไทยฝั่งตะวันออก

มีพื้นที่หญ้าทะเลรวม 19.13 ตารางกิโลเมตร พบหญ้าทะเลทั้งหมด 9 ชนิด โดยพบหญ้ากุยช่ายเข็ม หญ้าใบมะกรูด หญ้าเงาใส และหญ้าคาทะเล เป็นหญ้าทะเลชนิดเด่น แหล่งหญ้าทะเลที่เป็นแหล่งใหญ่และมีความสำคัญในพื้นที่ ได้แก่ ปากแม่น้ำพังราด และอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี อ่าวมะขามป้อม และหมู่เกาะมัน จังหวัดระยอง มีพื้นที่หญ้าทะเล 10.25 และ 0.53 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยภาพรวมแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก มีสถานภาพค่อนข้างคงที่ในระดับสมบูรณ์ปานกลางถึงสมบูรณ์ดี

2) อ่าวไทยตอนบน

มีรายงานเพียงพื้นที่เดียวในอดีต คือ บริเวณปากคลองบางกร้าน้อย และปากคลองบางกรายใหญ่ จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่หญ้าทะเลประมาณ 0.016 ตารางกิโลเมตร โดยพบหญ้าตะกานน้ำเค็มเพียงชนิดเดียว และที่แตกต่างกับแหล่งหญ้าทะเลแห่งอื่น ๆ คือ ไม่ใช่แหล่งหญ้าที่พบในพื้นที่ธรรมชาติ แต่พบในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวเปลี่ยนเป็นส่วนหนึ่งของอุทยานสิ่งแวดล้อมนานาชาติสิรินธร

3) อ่าวไทยตอนกลาง

มีพื้นที่หญ้าทะเลรวม 30.40 ตารางกิโลเมตร พบหญ้าทะเลทั้งหมด 10 ชนิด โดยพบหญ้าคาทะเล หญ้าใบมะกรูด และหญ้าเงาแคะ เป็นหญ้าทะเลชนิดเด่น แหล่งหญ้าทะเลที่เป็นแหล่งใหญ่และมีความสำคัญในพื้นที่นี้ ได้แก่ อ่าวทุ่งคา-สวี จังหวัดชุมพร อ่าวบ้านดอน เกาะสมุย และเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่หญ้าทะเล 10.64, 9.92, 3.68 และ 3.04 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยภาพรวมแหล่งหญ้าทะเลในเขตนี้มีสถานภาพค่อนข้างคงที่ในระดับสมบูรณ์ปานกลางถึงสมบูรณ์ดี ยกเว้นบางพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากตะกอนที่เกิดการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง เช่น เกาะสมุย และเกาะพะงัน ซึ่งในระยะยาวอาจส่งผลกระทบต่อสถานภาพแหล่งหญ้าทะเลในพื้นที่ดังกล่าว จึงควรได้รับการติดตามอย่างสม่ำเสมอต่อไป

4) อ่าวไทยตอนล่าง

มีพื้นที่หญ้าทะเลรวม 2.60 ตารางกิโลเมตร พบหญ้าทะเลทั้งหมด 9 ชนิด โดยพบหญ้ากุยช่ายทะเล หญ้าใบมะกรูด หญ้าเงาใส และหญ้าคาทะเล เป็นหญ้าทะเลชนิดเด่น แหล่งหญ้าทะเลแหล่งใหญ่และมีความสำคัญบริเวณนี้ ได้แก่ อ่าวปัตตานี จังหวัดปัตตานี และเกาะท่าไร่ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่หญ้าทะเล 1.10 และ 0.12 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยภาพรวมหญ้าทะเลมีสถานภาพเสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมตามสภาพธรรมชาติ

2.3.2 ฝั่งทะเลอันดามัน

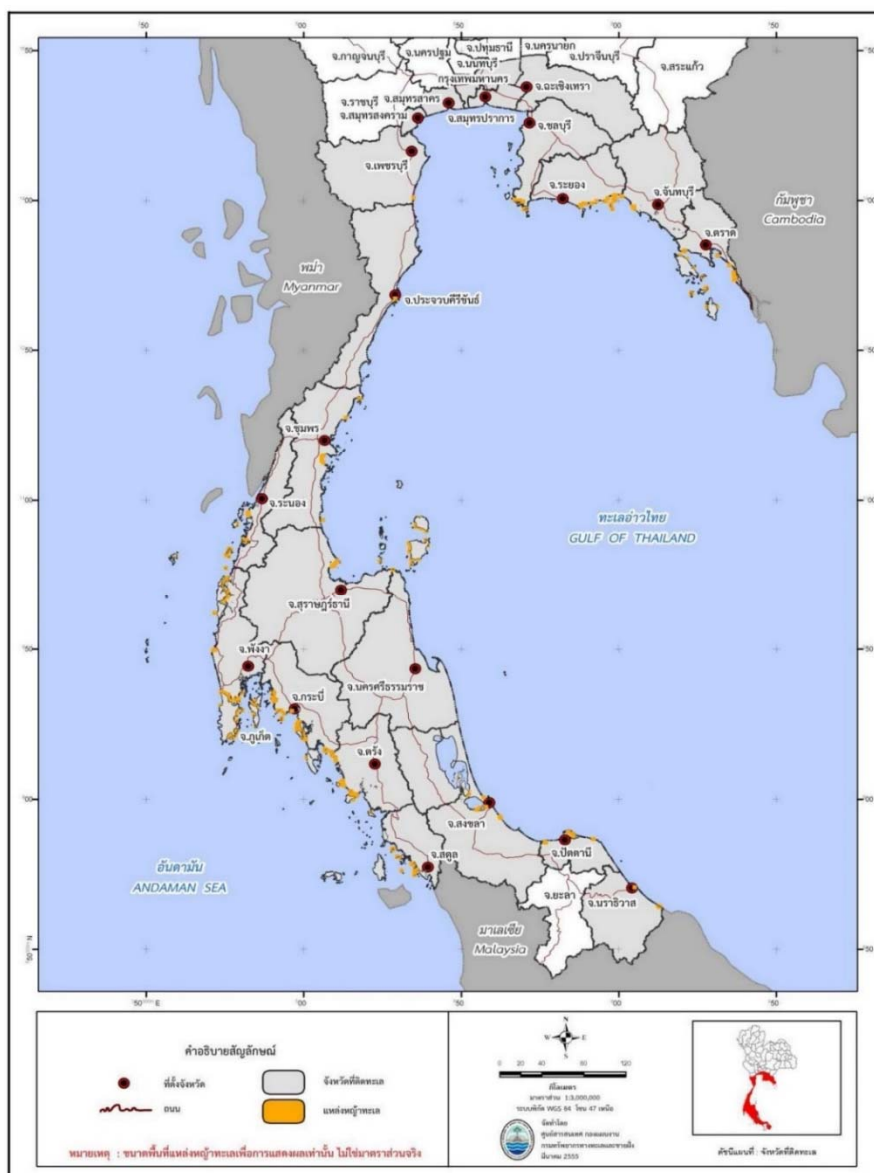
1) ทะเลอันดามันตอนบน

มีพื้นที่หญ้าทะเลรวม 55.82 ตารางกิโลเมตร พบหญ้าทะเลทั้งหมด 11 ชนิด โดยพบหญ้าคาทะเล หญ้าใบมะกรูด และหญ้าชะเงาใบพินเลื่อย เป็นหญ้าทะเลชนิดเด่น แหล่งหญ้าทะเลที่เป็นแหล่งใหญ่และมีความสำคัญบริเวณนี้ ได้แก่ อ่าวบางเบน จังหวัดระนอง หาดทุ่งนางดำ และเกาะพระทอง จังหวัดพังงา และอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต มีพื้นที่หญ้าทะเล 2.03, 27.60 และ 3.05 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยภาพรวมแหล่งหญ้าทะเลมีสถานภาพคงที่ระดับสมบูรณ์ปานกลางถึงสมบูรณ์ดี เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งหญ้าทะเล สัตว์น้ำเศรษฐกิจ และสัตว์ทะเลหายาก ได้แก่ พะยูน เต่าทะเล และโลมา ยกเว้นในบางพื้นที่ เช่น บริเวณเกาะภูเก็ต มีการพัฒนาชายฝั่งซึ่งส่งผลกระทบต่อแหล่งหญ้าทะเลจากการสะสมของตะกอน รวมทั้งปัญหาน้ำทิ้งจากแหล่งชุมชน

2) ทะเลอันดามันตอนล่าง

มีพื้นที่หญ้าทะเลรวม 81.94 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งอื่น ๆ พบหญ้าทะเลทั้งหมด 11 ชนิด โดยพบหญ้าใบมะกรูด

ห้วยคทาทะเล และห้วยชะเงาใบพินเลื้อย เป็นห้วยทะเลชนิดเด่น พื้นที่ห้วยทะเลส่วนใหญ่พบบริเวณ จังหวัดกระบี่ และจังหวัดตรัง แหล่งห้วยทะเลที่เป็นแหล่งใหญ่ และมีความสำคัญบริเวณนี้ ได้แก่ เกาะศรีบอยาและพื้นที่ใกล้เคียง จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่ห้วยทะเล 25.50 ตารางกิโลเมตร เกาะตะลิ่ง และเกาะมุก จังหวัดตรัง มีพื้นที่ห้วยทะเล 19.52 และ 13.04 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยภาพรวม แหล่งห้วยทะเลมีสถานภาพคงที่ระดับสมบูรณ์ดี เป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งห้วยทะเล สัตว์น้ำเศรษฐกิจ และสัตว์ทะเลหายาก ได้แก่ พะยูน เต่าทะเล และโลมา



รูปที่ 2.3 แผนที่การแพร่กระจายของห้วยทะเลในน่านน้ำไทย (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

2.4 มวลชีวภาพของพืช

Demoll (1972) กล่าวว่า มวลชีวภาพ หมายถึง ปริมาณของสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใด ๆ มวลชีวภาพอาจวัดได้ในรูปแบบของน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง น้ำหนักอินทรีย์สารที่ไม่รวมถึงน้ำหนักขี้เถ้า (Ash-free dry weight) น้ำหนักคาร์บอนแคลอรี หรือหน่วยอื่น ๆ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์สำหรับวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบ โดยอาจมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ หรือหาในรูปพลังงานซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลแคลอรี ในขณะที่เดียวกัน พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ (2538) ได้ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่าเป็นน้ำหนักของพืชที่วัดได้ออกมาเป็นน้ำหนักแห้ง หรือน้ำหนักแห้งของพืชที่ปราศจากขี้เถ้า อาจเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อต้น หรือต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งหมายถึงมวลชีวภาพของพืชทั้งกลุ่ม ทั้งหมู่ไม้ หรือสังคมพืช ซึ่งสอดคล้องกับ Ovington (1962) ที่ให้ความหมายไว้ว่า มวลของสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏอยู่ในระบบนิเวศต่อหน่วยพื้นที่ ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใด ๆ มวลของสิ่งมีชีวิตนี้ประกอบด้วยมวลของพืชสีเขียวที่สร้างขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยรวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศ ซึ่งมวลชีวภาพอาจหาได้ในรูปของน้ำหนักสด (Fresh weight) น้ำหนักแห้ง (Dry weight) น้ำหนักปราศจากขี้เถ้า (Ash-free dry weight) หรือน้ำหนักคาร์บอน (Carbon weight) ซึ่งมีหน่วยเป็น แคลอรี (Odum, 1963) แต่โดยทั่วไปนิยมหาออกมาในรูปแบบของน้ำหนักแห้งซึ่งมีหน่วยเป็นตันต่อเฮกแตร์ (Ogawa, *et al.*, 1965) นอกจากนี้ยังมีผู้ให้ความหมายแตกต่างกันออกไปอีกหลายท่าน ได้แก่

Brown (1997) ให้ความหมายของมวลชีวภาพไว้ว่า มวลชีวภาพ คือ ปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนที่มีชีวิตทั้งหมดในพืชสังเคราะห์ขึ้น โดยกระบวนการสังเคราะห์แสงที่เปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์มาเป็นพลังงานเคมีที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์โดยนำธาตุอาหารมาจากดินและอากาศมาใช้ ซึ่งสารอินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นมวลชีวภาพซึ่งวัดออกมาเป็นน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่

จากคำนิยามและความหมายข้างต้น สามารถสรุปความหมายได้ว่า มวลชีวภาพของพืช หมายถึง ปริมาณของสารอินทรีย์ในส่วนสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่พืชสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของสถานการณ์ใด ๆ ที่สามารถวัดออกมาได้ในรูปของน้ำหนักสด (Fresh weight) น้ำหนักแห้ง (Dry weight) น้ำหนักปราศจากขี้เถ้า (Ash-free dry weight) หรือน้ำหนักคาร์บอน (Carbon weight) โดยมีหน่วยเป็นน้ำหนักต่อหน่วยของพืช เช่น ต่อต้น หรือต่อหน่วยพื้นที่ (สุรเชษฐ์ สีแดง, 2551)

2.5 การรังวัดค่าพิกัดด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงหลักการและวิธีการรังวัดด้วยจีพีเอสแบบต่าง ๆ ซึ่งในที่นี้จะแบ่งเทคนิคการรังวัดค่าพิกัดด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.5.1 การหาค่าพิกัดแบบจุดเดี่ยว (Single Point Positioning)

วิธีนี้เป็นการใช้เครื่องรับสัญญาณเพียง 1 เครื่อง ไปวางตรงจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด โดยทั่วไปจะใช้ข้อมูลชุดโคเรนจ์มาประมวลผลเพื่อหาค่าพิกัดแบบทันที ซึ่งข้อมูลชุดโคเรนจ์เป็นข้อมูลพื้นฐานที่รับได้กับเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสทุกชนิด ดังนั้น จึงนิยมใช้เครื่องรับสัญญาณแบบมือถือ (Handheld Receiver) มาหาค่าพิกัดในลักษณะนี้เนื่องจากมีราคาถูก ส่วนค่าความถูกต้องที่ได้รับจากวิธีการนี้จะอยู่ระหว่าง 10-20 เมตร

2.5.2 การหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์ (Relative Positioning)

วิธีนี้จะเป็นการใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งจะวางอยู่ที่จุดที่ทราบค่าพิกัดแล้ว ได้แก่ หมุดหลักฐานกรมที่ดิน หรือหมุดหลักฐานกรมแผนที่ทหาร เป็นต้น ส่วนเครื่องรับอีกเครื่องจะถูกนำไปวางตรงจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด ผลที่ได้จากการทำงานในลักษณะนี้ คือ ตำแหน่งเปรียบเทียบของจุดหนึ่งเทียบกับอีกจุดหนึ่งหรือเป็นเส้นฐานที่มีทิศทางระหว่างจุดที่นำเครื่องรับทั้งสองไปวาง วิธีการนี้สามารถใช้ได้กับข้อมูลชุดโคเรนจ์และข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาประมวลผลเพื่อหาค่าพิกัด ในกรณีที่ใช้ข้อมูลชุดโคเรนจ์ในการหาค่าพิกัด โดยทั่วไปเรียกรูปแบบนี้ว่า Pseudorange-based Differential GPS (DGPS) ค่าความถูกต้องที่ได้รับจากวิธีนี้อยู่ระหว่าง 0.5-5 เมตร และกรณีที่ใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งในการหาค่าพิกัดค่าความถูกต้องที่ได้รับจะอยู่ระหว่าง 1-5 เซนติเมตร ซึ่งการใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งมาคำนวณหาค่าพิกัดนั้นจะใช้ได้กับเครื่องรับสัญญาณแบบรังวัดเท่านั้น กรรมวิธีการรังวัดในสนามของเทคนิคการหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์โดยใช้ข้อมูลเฟสของคลื่นส่งที่ใช้กันในปัจจุบันสามารถแบ่งเป็นวิธีต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) วิธีการรังวัดแบบสถิต (Static survey)

วิธีการนี้ต้องใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องที่หนึ่งจะถูกวางไว้บนหมุดที่ทราบค่าพิกัดแล้วหรือสถานีฐาน ส่วนเครื่องรับที่สองจะถูกนำไปวางรับสัญญาณตามจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัดหรือสถานีจร วิธีนี้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่สถานีฐานและสถานีจรจะต้องรับข้อมูลจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและช่วงเวลาเดียวกัน อย่างน้อย 4 ดวง และ

ต้องตั้งอยู่กับที่เป็นระยะเวลาหนึ่ง ๆ โดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 1-2 ชั่วโมง วิธีการนี้เป็นวิธีที่ให้ค่าความถูกต้องสูงที่สุด โดยเริ่มตั้งแต่ 5 มิลลิเมตร-2.5 เซนติเมตร (สำหรับเส้นทางที่ยาวไม่เกิน 20 กิโลเมตร)

2) วิธีการรังวัดแบบจลน์ในทันที (Real time kinematic survey)

วิธีการนี้มักถูกเรียกโดยย่อว่า RTK ซึ่งหลักการทำงานของวิธีการรังวัดหาค่าพิกัดแบบสัมพัทธ์ด้วยวิธีการทำงานแบบจลน์ในทันทีนั้นคล้ายคลึงกับวิธีการแบบสถิต คือ ต้องใช้เครื่องรับสัญญาณอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องที่หนึ่งถูกวางไว้บนหมุดที่ทราบค่าพิกัดแล้ว ส่วนเครื่องรับเครื่องที่สองถูกนำไปวางรับสัญญาณตามจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด แต่กรณีของวิธีการหาค่าพิกัดแบบจลน์ในทันทีนั้นสามารถเคลื่อนย้ายเครื่องรับสัญญาณเครื่องที่สองได้เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์สื่อสารระหว่างเครื่องรับทั้งสอง ซึ่งอาจเป็นเครื่องรับและส่งคลื่นวิทยุ หรือโทรศัพท์มือถือ การหาค่าพิกัดของตำแหน่งจุดต่าง ๆ ด้วยวิธีนี้ เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมที่สถานีฐานและสถานีจรต้องรับข้อมูลจากดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและช่วงเวลาเดียวกันอย่างน้อย 5 ดวง และเครื่องรับสัญญาณที่ใช้จะต้องเป็นเครื่องรับสัญญาณแบบสองความถี่เท่านั้น วิธีการนี้สามารถให้ค่าความถูกต้องในระดับ 1-5 เซนติเมตร (สำหรับเส้นทางที่ยาวไม่เกิน 15 กิโลเมตร) (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน, 2552)

2.6 การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) มีวัตถุประสงค์ในการพยากรณ์หรือทำนายตัวแปรที่ต้องการศึกษา ด้วยการสร้างสมการพยากรณ์ โดยมีตัวแปรเกณฑ์ (Y) ที่เป็นตัวแปรต่อเนื่องเพียง 1 ตัว และตัวแปรพยากรณ์ (X) หลายตัวแปร (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2554) ซึ่งเป็นข้อมูลในสเกลการวัดระดับมาตราส่วน (Ratio Scale) หรือระดับช่วง (Interval Scale) หรือถ้าบางตัวแปรเป็นข้อมูลในระดับนามบัญญัติ (Nominal Scale) หรือเรียงลำดับ (Ordinal Scales) ต้องปรับให้เป็นตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ก่อนทำการวิเคราะห์ จากหลักการของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่กล่าวมาแล้วว่าใช้ตัวแปรพยากรณ์หลายตัวในการทำนายตัวแปรเกณฑ์ตัวเดียว ทำให้ตัวแปรพยากรณ์บางตัวที่ไม่มีส่วนในการอธิบายการผันแปรต่อตัวแปรเกณฑ์ที่ไม่มีความสำคัญต่อสมการพยากรณ์ ดังนั้น วิธีการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์จึงมีความจำเป็น เพื่อให้ได้สมการพยากรณ์ที่ดีที่สุด ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้การเลือกตัวแปร โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression)

การเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน เป็นการผสมผสานระหว่างวิธีการคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์ทั้งแบบก้าวหน้าและแบบถอยหลังเข้าด้วยกัน ในขั้นแรกจะเลือกตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับตัวแปรตามสูงที่สุดเข้าสมการก่อน จากนั้นก็จะทดสอบตัวแปรที่ไม่ได้อยู่ในสมการว่ามีตัวแปรใดบ้างมีสิทธิ์เข้ามาอยู่ในการสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบก้าวหน้า (Forward Selection) และขณะเดียวกันก็จะทดสอบตัวแปรที่อยู่ในสมการด้วยว่า ตัวแปรพยากรณ์ที่อยู่ในสมการตัวใดมีโอกาสที่จะถูกขจัดออกจากสมการด้วยวิธีการคัดเลือกแบบถอยหลัง (Backward Selection) โดยจะกระทำการคัดเลือกผสมทั้งสองวิธีนี้ในทุกขั้นตอนจนกระทั่งไม่มีตัวแปรใดที่ถูกคัดออกจากสมการ และไม่มีตัวแปรใดที่จะถูกนำเข้ามาสมการกระบวนการก็จะยุติและได้สมการถดถอยที่มีสัมประสิทธิ์การพยากรณ์สูงสุด (ประยูรศรี บุตรแสนคม, 2555)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหญ้าทะเลกันอย่างแพร่หลายมากขึ้น 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 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 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 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 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 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.00

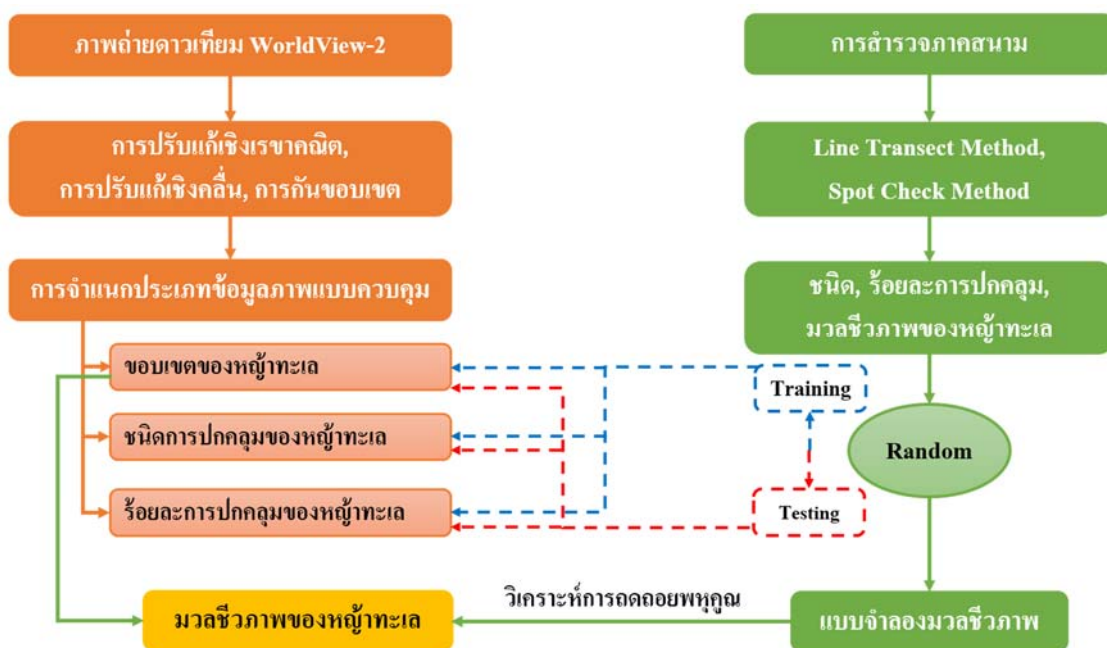
นอกจากการศึกษาหาขอบเขตของแหล่งหญ้าทะเลแล้ว ยังได้มีการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกลทำการศึกษาการจัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุม แผนที่ร้อยละการปกคลุม และแผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ดังเช่นการศึกษาของ Phinn, *et al.* (2008) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนาม ทำการศึกษาชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม 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 ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของแหล่งหญ้า มีความถูกต้องโดยรวมมากกว่าร้อยละ 80.00 แต่ไม่ทุกภาพถ่ายดาวเทียม ในขณะเดียวกัน Roelfsema, *et al.* (2009) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนามจัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเลบริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM โดยจุดมุ่งหมายของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาวิธีการทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยทำการแบ่งระดับการปกคลุมหญ้าทะเลออกเป็น 5 ระดับ (ร้อยละ 0, ร้อยละ 1-25, ร้อยละ 25-50, ร้อยละ 50-75 และร้อยละ 75-100) จากการศึกษาพบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 75.00

การนำเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ในการศึกษาหญ้าทะเลในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก มีเพียงการศึกษาของ ภัทรารุช พุสิงห์ (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 พันธุ์ทอง (2554) ทำการศึกษาการประยุกต์เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่งในการจำแนกหญ้าทะเล กรณีศึกษาอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) เปรียบเทียบผลการจำแนกหญ้าทะเลด้วยเทคนิคการรับรู้จากระยะไกล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และภาพถ่ายดาวเทียม ALOS 2) เปรียบเทียบผลของการจำแนกหญ้าทะเลตามฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม THEOS ผลการศึกษาพบว่า 1) การจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด และเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากัน โดยการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม THEOS มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดคือร้อยละ 75.00 ส่วนการจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องสูงสุด โดยการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม THEOS มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดคือร้อยละ 89.47 2) ผลการเปรียบเทียบการจำแนกตามฤดูกาลที่แตกต่างกัน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS พบว่า หญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* ในฤดูแล้งมีพื้นที่เท่ากับ 2.30 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 34.86 และในฤดูฝนมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเป็น 2.87 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 43.65 ส่วนปริมาณหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* ในฤดูแล้งมีพื้นที่เท่ากับ 2.41 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 36.60 และในฤดูฝนมีพื้นที่ลดลงเหลือ 1.89 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 28.71

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้มุ่งเน้นเพื่อทดสอบความสามารถการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนาม ร่วมกับการสำรวจระยะไกล เพื่อจำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม การศึกษาครั้งนี้ จำเป็นจะต้องกล่าวถึงภาพรวม ขั้นตอน และวิธีการต่าง ๆ โดยเริ่มจากการได้มาซึ่งข้อมูลภาคสนาม การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามเพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการศึกษาการซ้อนทับกันระหว่างข้อมูลภาคสนามและภาพถ่ายดาวเทียม ณ เวลาใกล้เคียงกัน เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับจำแนกและตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ภาพรวมขั้นตอนของการศึกษา

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.1.1 ข้อมูลและแผนที่

- 1) แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีโธกราฟิกเชิงเลข มาตรฐาน 1:4,000 จังหวัดภูเก็ต
- 2) แผนที่แหล่งหญ้าทะเลในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2549
- 3) มาตรฐานน้ำ น่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา อ่าวไทย ทะเลอันดามัน ประจำปี

พ.ศ. 2556-พ.ศ. 2557

- 4) ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

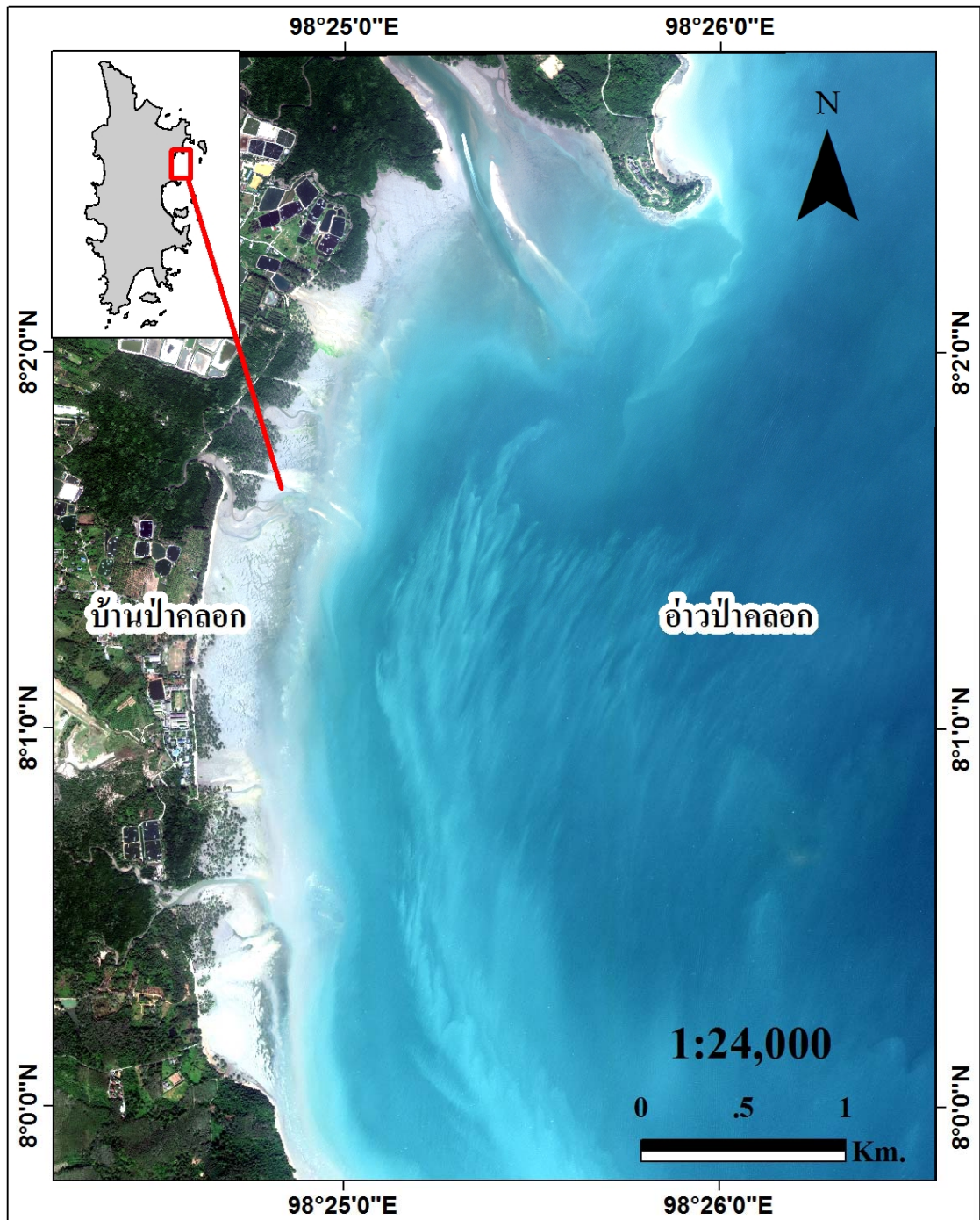
- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง
- 2) โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- 3) โปรแกรม R stat 3.1.2
- 4) โปรแกรม Coral Point Count with Excel Extensions 4.0 (CPCe 4.0)
- 5) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลความละเอียด 2 ตำแหน่ง
- 6) ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)

3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม

- 1) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมจีพีเอสแบบพกพา
- 2) เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบรับวัด รุ่น TOPCON HiPer SR
- 3) เทปวัดระยะทาง 50 เมตร
- 4) Photo Quadrat 0.5×0.5 เมตร
- 5) Quadrat 0.5×0.5 เมตร
- 6) กล้องถ่ายรูป
- 7) แบบบันทึกข้อมูลการสำรวจหญ้าทะเล

3.2 พื้นที่ศึกษา

อ่าวป่าคลอก มีลักษณะเป็นอ่าวเปิดตั้งอยู่ระหว่างคลองบางโรงถึงแหลมยามู ตำบลป่าคลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต (รูปที่ 3.2) มีตำแหน่งที่ตั้งประมาณ ละติจูดที่ 7 องศา 59 ลิปดา ถึง 8 องศา 3 ลิปดาเหนือ ลองจิจูดที่ 98 องศา 24 ลิปดา ถึง 98 องศา 27 ลิปดาตะวันออก นับเป็นแหล่งหญ้าทะเลที่มีความอุดมสมบูรณ์แหล่งหนึ่งของประเทศไทย พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลตั้งแต่ระยะ 200-700 เมตร จากชายฝั่ง ในลักษณะขนานกับชายฝั่งตั้งแต่ปากคลองบางโรงถึงแหลมยามู มีพื้นที่หญ้าทะเลประมาณ 2.4 ตารางกิโลเมตร พบหญ้าทะเลทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ หญ้ากุยช่ายทะเล (*Halodule uninervis*) หญ้าเงาแคะระ (*Halophila beccarii*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) และหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) นอกจากนี้แหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวป่าคลอกยังเป็นแหล่งประมงพื้นบ้านที่สำคัญ (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2557)



รูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาอ่าวปากลอก ตำบลปากลอก อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต บันทึกภาพโดยดาวเทียม WorldView-2 เมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2556

3.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

ดาวเทียม WorldView-2 เป็นดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (High Spatial Resolution Satellite) มีลักษณะการโคจรที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous) บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2556 เวลา 10.24 น. ซึ่งมีระดับน้ำทะเลสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.5 เมตร (กรมอุทกศาสตร์, 2556)

ดาวเทียม WorldView-2 สามารถบันทึกข้อมูลได้ 2 ระบบ คือ ระบบบันทึกข้อมูลแบบช่วงคลื่นเดี่ยว (Panchromatic: ภาพขาว-ดำ) และระบบบันทึกข้อมูลแบบภาพสีเชิงคลื่น (Multispectral) (รายละเอียดดังตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 คุณลักษณะภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 (DigitalGlobe, 2012)

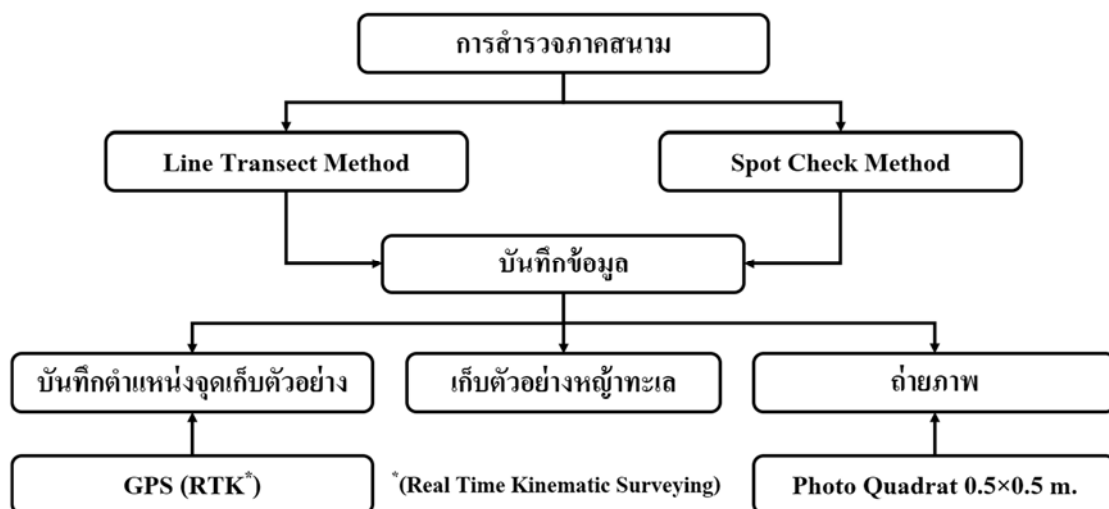
คุณลักษณะภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2		
ระบบบันทึกข้อมูล	ภาพขาว-ดำ (Panchromatic)	
	ภาพสีเชิงคลื่น (Multispectral)	
รายละเอียดภาพ	ภาพขาว-ดำ:	0.46 เมตร
	ภาพสีเชิงคลื่น:	1.84 เมตร
ความยาวคลื่น	Black and White:	450-800 นาโนเมตร
	Band 1: Coastal:	400-450 นาโนเมตร
	Band 2: Blue:	450-510 นาโนเมตร
	Band 3: Green:	510-580 นาโนเมตร
	Band 4: Yellow:	585-625 นาโนเมตร
	Band 5: Red:	630-690 นาโนเมตร
	Band 6: Red Edge:	705-745 นาโนเมตร
	Band 7: Near-IR1:	770-895 นาโนเมตร
Band 8: Near-IR2:	860-1040 นาโนเมตร	
ความกว้างของภาพ	16.4 กิโลเมตร	

3.4 การสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

ในการสำรวจข้อมูลภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามแบ่งการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน ดังต่อไปนี้

3.4.1 การสำรวจภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนามทำการสำรวจภายใต้วิธีการตามคู่มือ Survey Manual for Tropical Marine Resource (English, *et al.*, 1997) โดยใช้การสำรวจแบบเส้นตรง (Line Transect Method) ร่วมกับการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method) ดำเนินการสำรวจหญ้าทะเลด้วยการบันทึกข้อมูลหญ้าทะเล เก็บตัวอย่างหญ้าทะเลเพื่อใช้ในการจำแนกชนิดและหามวลชีวภาพ และถ่ายภาพหญ้าทะเลด้วย Photo Quadrat ขนาด 0.5×0.5 เมตร พร้อมทั้งบันทึกจุด ณ ตำแหน่งที่มีการเก็บข้อมูล โดยใช้เทคนิคการรังวัดแบบจลน์ในทันที (ภาคผนวก ก2) ซึ่งได้แสดงขั้นตอนของการศึกษาดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

1) การจัดทำหมุดหลักฐาน (Control Point)

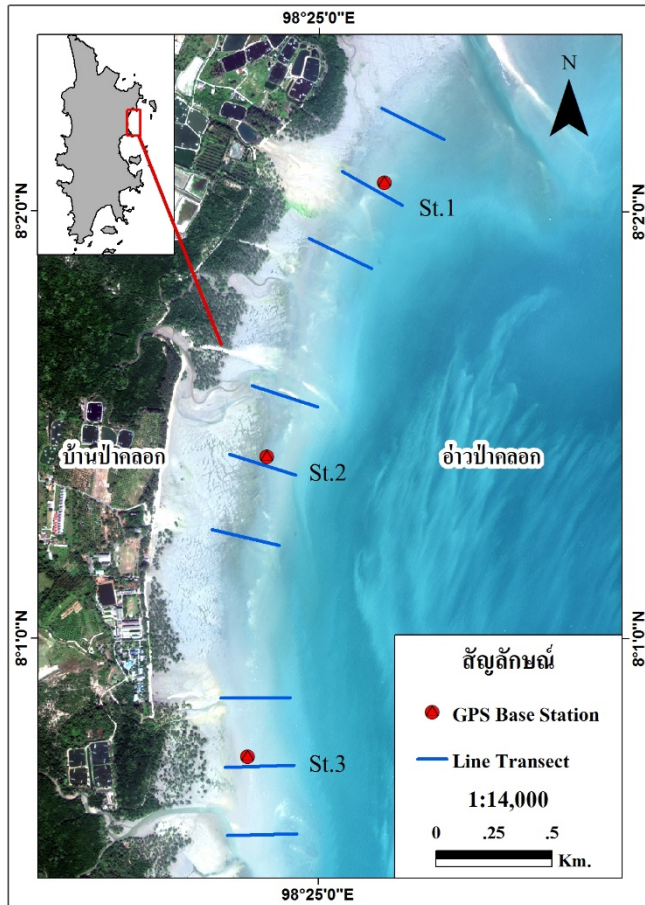
ในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำหมุดหลักฐานชั่วคราวขึ้นเพื่อใช้เป็นหมุดอ้างอิงในการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยใช้วิธีการรังวัดแบบสถิต (Static Survey) โดยจัดทำขึ้นทั้งหมด 3 จุด (รูปที่ 3.4) เพื่อใช้เป็นหมุดอ้างอิงในการรังวัดแบบจลน์ในทันที โดยการรังวัดแบบสถิตใช้หมุดดาวเทียมของกรมที่ดิน ซึ่งตั้งอยู่บริเวณหน้าสำนักงานเทศบาลตำบลป่าคอกเป็นหมุดอ้างอิงในการรังวัด แสดงดังภาคผนวก ก1

2) การสำรวจแบบเส้นตรง (Line Transect Method)

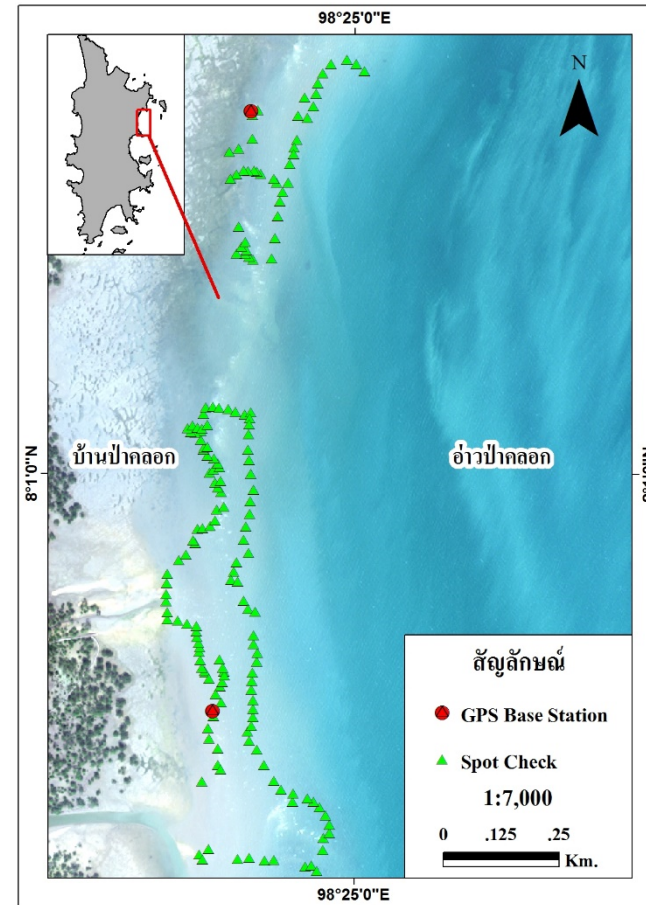
ทำการวาง Line Transect ทั้งหมด 3 จุด จุดละ 3 Line (รูปที่ 3.4) เพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลในพื้นที่ศึกษา โดยวางเส้นเทปในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง โดยจุดแรกเริ่มจากบริเวณที่เริ่มพบหญ้าทะเลใกล้ฝั่งลากเส้นแนวครอบคลุมไปถึงบริเวณแนวนอกสุดที่พบหญ้าทะเล บันทึกข้อมูลหญ้าทะเลทุก ๆ 20 เมตร ได้แก่ ชนิดของหญ้าทะเล ถ่ายภาพหญ้าทะเลด้วย Photo Quadrat ขนาด 0.5×0.5 เมตร และเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลเพื่อใช้ในการหามวลชีวภาพทุก ๆ 40 เมตร โดยเก็บตัวอย่างหญ้าทะเลทั้ง Quadrat ที่ถ่ายภาพในข้างต้น (รูปที่ 3.5) พร้อมทั้งใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบรังวัดรุ่น TOPCON HiPer SR บันทึกจุด ณ ตำแหน่งที่มีการเก็บข้อมูล โดยใช้เทคนิคการรังวัดแบบจลน์ในทันที ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งทางราบในระดับเซนติเมตร (ธีรทัต เจริญกาลัญญา และ เฉลิมชนม์ สติระพจน์, 2553) ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่ได้มีค่าน้อยกว่าขนาดจุดภาพ (Pixel) ของภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาทำให้มั่นใจถึงตำแหน่งพิกัดที่ได้จากการสำรวจภาคสนามว่าตรงกับจุดภาพที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนจากพื้นที่จริง

3) การสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method)

การสำรวจด้วยวิธีการสุ่มสำรวจเป็นจุด เป็นการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาที่อยู่นอกแนว Line Transect เพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมในพื้นที่ศึกษามากยิ่งขึ้น (รูปที่ 3.4) ทำการบันทึกข้อมูลหญ้าทะเล ได้แก่ ชนิดของหญ้าทะเล และถ่ายภาพหญ้าทะเลด้วย Photo Quadrat ขนาด 0.5×0.5 เมตร พร้อมทั้งใช้เครื่องรับสัญญาณดาวเทียมแบบรังวัดรุ่น TOPCON HiPer SR บันทึกจุด ณ ตำแหน่งที่มีการเก็บข้อมูล โดยใช้เทคนิคการรังวัดแบบจลน์ในทันที เช่นเดียวกับการสำรวจแบบเส้นตรง

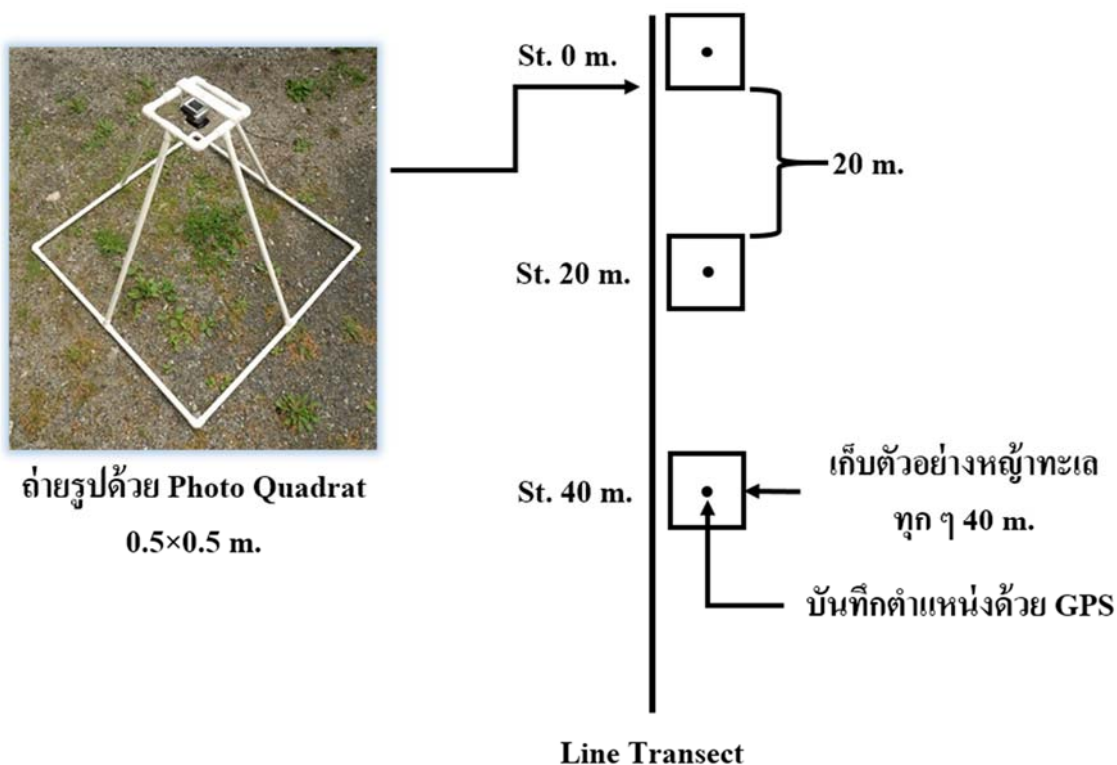


ก) การสำรวจแบบเส้นตรง



ข) การสุ่มสำรวจเป็นจุด

รูปที่ 3.4 ก) ตัวอย่างการสำรวจแบบเส้นตรง (Line Transect Method) ข) ตัวอย่างการสุ่มสำรวจเป็นจุด (Spot Check Method)



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

1) การจำแนกชนิดหญ้าทะเล

นำตัวอย่างหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามทำการจำแนกชนิดของหญ้าทะเลตามคู่มือ Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand (Lewmanomont and Ogawa, 1995)

จากการสำรวจภาคสนามพบหญ้าทะเลทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ หญ้ากุษ่ายทะเล (*Halodule uninervis*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) และหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) ซึ่งหญ้าทะเลชนิดเด่น ที่พบในพื้นที่ศึกษา คือ 1) หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) 2) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) และ 3) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*)

2) การวิเคราะห์หรือยลการปกคลุมของหญ้าทะเล

ทำการวิเคราะห์หรือยลการปกคลุมของหญ้าทะเลจากรูปถ่ายด้วยโปรแกรม Coral Point Count with Excel Extensions 4.0 (CPCe) (Kohler and Gill, 2006; สุขายวรชนะนันท์, และคณะ, 2555) ซึ่งในการศึกษาคั้งนี้ใช้การวิเคราะห์หรือยลการปกคลุมโดยวิธีการสุ่มจุด (Point) แบบกำหนดจุดแน่นอน (Fixed Point) เริ่มจากตัดรูปไปให้ครอบคลุมพื้นที่ภายใน Quadrat และกำหนดพื้นที่ของรูปถ่ายให้เท่ากับ 0.5×0.5 เมตร แล้วกำหนดจุดให้เท่ากับ 100 จุด จากนั้นทำการวิเคราะห์สัดส่วนการปกคลุมออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) หญ้าทะเล 2) ทราาย และ 3) สาหร่าย (รูปที่ 3.6) ผลการวิเคราะห์หรือยลการปกคลุมของหญ้าทะเล แสดงดังภาคผนวก ข1



ก) หญ้าทะเล

ข) ทราาย

ค) สาหร่าย

รูปที่ 3.6 ก) หญ้าทะเล ข) ทราาย และ ค) สาหร่าย

3) การวิเคราะห์ห่มวลชีวภาพของหญ้าทะเล

การวิเคราะห์ห่มวลชีวภาพของหญ้าทะเลใช้วิธีการหามวลชีวภาพโดยการใช้น้ำหนักแห้งของหญ้าทะเล (English, *et al.*, 1997) โดยนำหญ้าทะเลมาล้างให้สะอาด จากนั้นทำการแยกหญ้าทะเลออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) และ 2) เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน) (รูปที่ 3.7) โดยนำทั้งสองส่วนไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำมาชั่งด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิทัลความละเอียด 2 ตำแหน่ง เพื่อนำไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งต่อหน่วยพื้นที่ (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร: gDW/m^2) ผลการวิเคราะห์ห่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล แสดงดังภาคผนวก ข2



ก) ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน)



ข) เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน)

รูปที่ 3.7 ก) ส่วนใบและลำต้น (ส่วนเหนือพื้นดิน) ข) เหง้าและราก (ส่วนใต้พื้นดิน)

3.5 การปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น

การนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ต้องมีการเตรียมความพร้อมและการปรับปรุงข้อมูลที่มีความบกพร่องในคุณสมบัติต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องตามความเป็นจริง เพื่อนำภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.5.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต เป็นการบิดเบือนของตำแหน่งในภาพอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของการโคจร ลักษณะของการวางตัวของดาวเทียมขณะทำการบันทึกตรวจวัดข้อมูล การหมุนรอบตัวเองของโลก การโค้งตัวของเปลือกโลก การคลาดเคลื่อนของตัวเครื่องตรวจวัดบางชนิดของดาวเทียม ความกว้างของมุมมองของอุปกรณ์ตรวจวัดเก็บข้อมูลในดาวเทียม ความผันแปรของเพดานบิน ความเร็วของดาวเทียม และลักษณะเฉพาะตัวของพื้นที่ทำการตรวจวัด

ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่ใช้ในการศึกษาได้รับการปรับแก้เชิงเรขาคณิตจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) แล้วทางผู้วิจัยได้ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งโดยอาศัยจุดควบคุมของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธโธกราฟิก

จังหวัดภูเก็ต มาตรฐาน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระจายตามพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ที่เป็นพื้นดินติดกับบริเวณที่ทำการศึกษาดังตารางที่ 3.2 โดยมีค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) เท่ากับ 0.4611 เมตร และกำหนดมาตรฐานพิกัด UTM-47N Projection, Datum WGS 84 และกำหนดขนาดจุดภาพใหม่เป็น 2×2 เมตร

ตารางที่ 3.2 การตรวจสอบการปรับแก้เชิงเรขาคณิต ของภาพถ่ายจากดาวเทียม WorldView-2 โดยอาศัยจุดควบคุมของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีซิเชิงเลข จังหวัดภูเก็ต มาตรฐาน 1:4,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน

Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMSE
16387.00	22515.00	194.00	1755.00	193.1300	1755.1600	-0.8700	0.1600	0.8900
17236.00	21967.00	616.00	1480.50	615.9500	1480.5000	-0.0500	0.0000	0.0500
16983.25	19499.25	490.75	246.75	490.6300	246.8100	-0.1200	0.0600	0.1400
16542.50	21614.25	270.25	1304.50	270.7100	1304.6100	0.4600	0.1100	0.4700
16634.25	20759.00	316.25	877.13	316.5500	876.8800	0.3000	-0.2500	0.3900
16289.50	24341.75	144.00	2668.86	144.2900	2668.7800	0.2900	-0.0800	0.3100
Total RMS Error								0.4611

3.5.2 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction)

เป็นการปรับแก้ความผิดพลาดที่เกิดจากอุปกรณ์กวาดรับภาพ การรับแสงและอิทธิพลของบรรยากาศ ได้แก่ มุมของดวงอาทิตย์ หมอก คว้น และเมฆ เป็นต้น จากนั้นภาพถ่ายดาวเทียมจะถูกทำการแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number: DN) ให้เป็นการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Spectral Radiance) และแปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) ตามลำดับ ซึ่งค่าการสะท้อนที่ได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-1 มีขั้นตอนดังนี้

1) การแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number: DN) เป็นค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Spectral Radiance)

การแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลขเป็นค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ โดยนำค่า K_{Band} และ $\Delta\lambda_{\text{Band}}$ ที่ได้จากข้อมูล Metadata ของภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการแทนค่าลงในสมการที่ 1 ซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้ (Updike and Comp, 2010)

$$L_{\lambda} = \frac{K_{\text{Band}} \times q_{\text{Pixel,Band}}}{\Delta\lambda_{\text{Band}}} \quad 1$$

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

2) การแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Spectral Radiance) เป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance)

การแปลงค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่นที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ เป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง โดยนำค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (L_{λ}) ที่ได้จากสมการที่ 1 และค่ามุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก ($\text{COS}\theta_s$) ค่าระยะห่างจากดวงอาทิตย์ถึงโลก (d) และค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (ESUN_{λ}) แทนค่าลงในสมการที่ 2 ซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้ (Updike and Comp, 2010)

$$\rho_{\lambda} = \frac{L_{\lambda} \times d^2 \times \pi}{\text{ESUN}_{\lambda} \times \text{COS}\theta_s} \quad 2$$

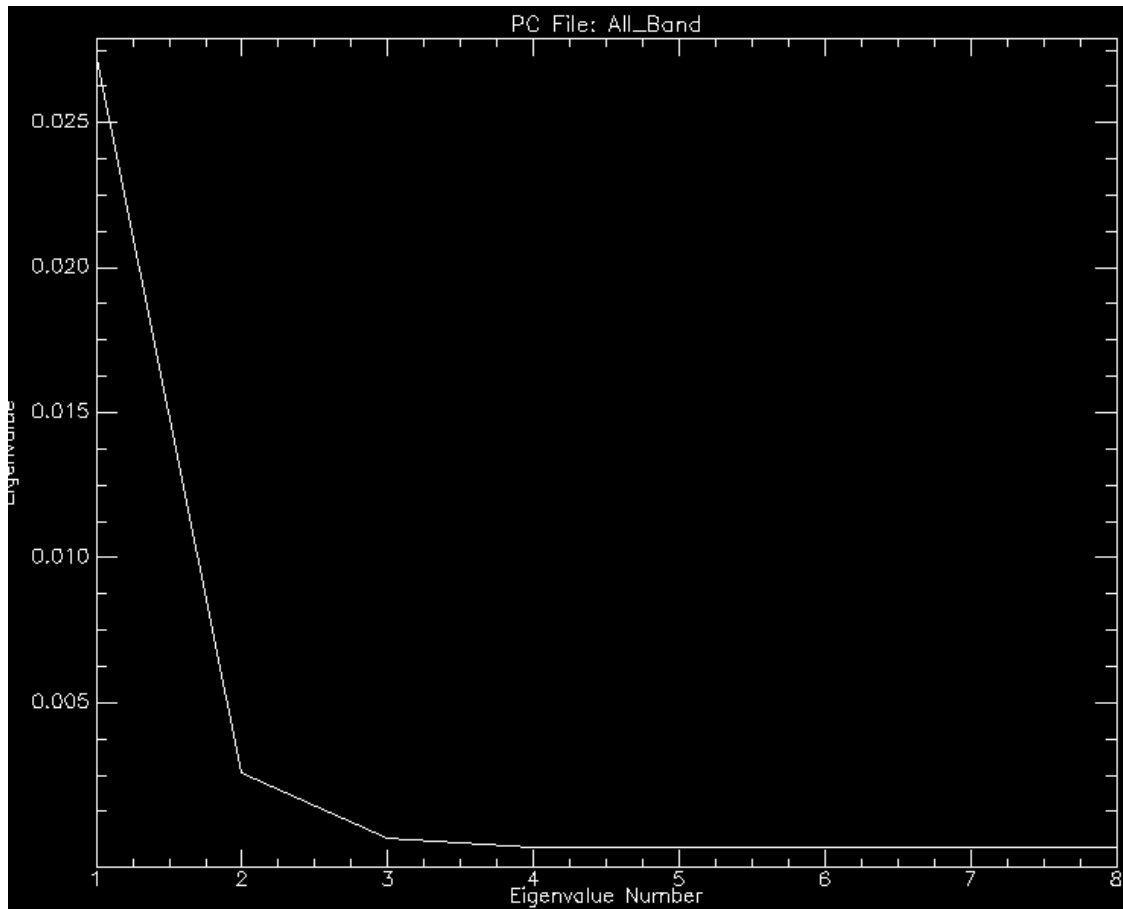
- เมื่อ ρ_{λ} = ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Spectral Radiance) ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$)
- L_{λ} = ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (Spectral Radiance) ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{sr}^{-1}\cdot\mu\text{m}^{-1}$)
- d = ค่าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์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

3.5.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis)

โดยปกติภาพถ่ายดาวเทียมแบนด์ที่อยู่ใกล้กัน มักจะมีสหสัมพันธ์กัน (Correlation) ซึ่งอาจเป็นสหสัมพันธ์ในทางบวกหรือทางลบ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมหนึ่งซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพืชพรรณ ค่าความสว่างของภาพถ่ายดาวเทียมนี้ในย่านคลื่นแสง โดยเฉพาะแสงสีแดงและรังสีอินฟราเรดจะแสดงสหสัมพันธ์ในทางลบ ทั้งนี้ เพราะลักษณะการสะท้อนแสงของพืชพรรณจะไม่สะท้อนแสงสีแดงแต่สะท้อนรังสีอินฟราเรดใกล้สูงมาก ส่วนในย่านคลื่นแสงด้วยกัน มีลักษณะการสะท้อนแสงใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าความสว่างจึงแสดงสหสัมพันธ์ในทางบวก การที่ค่าความสว่างของแบนด์ต่าง ๆ ในชุดข้อมูลของภาพถ่ายดาวเทียมมีสหสัมพันธ์ในทางบวก ย่อมหมายถึงมีความซ้ำซ้อนของข้อมูล (Redundancy) เกิดขึ้นในชุดข้อมูลภาพ หรืออีกนัยหนึ่ง ค่าความสว่างจะซ้ำซ้อนกันระหว่างภาพถ่ายดาวเทียม 2 แบนด์ ที่มีสหสัมพันธ์กัน

ดังนั้น การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเพื่อลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม มีประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีหลายแบนด์ การแปลงข้อมูลดิบของภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก จะได้ภาพใหม่ที่มีองค์ประกอบที่สำคัญ (Principal Component Images) ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่าภาพจากข้อมูลดิบ (สรรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2550)

เมื่อนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่แปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงแล้ว มาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก ซึ่งจากรูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นว่าตั้งแต่องค์ประกอบที่ 4 ค่า Eigenvalue มีค่าต่ำและเริ่มมีค่าคงที่ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ องค์ประกอบที่สำคัญเพียง 3 องค์ประกอบโดยมีการตั้งชื่อแต่ละองค์ประกอบเป็น PCA1, PCA2 และ PCA3 เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกข้อมูลต่อไป



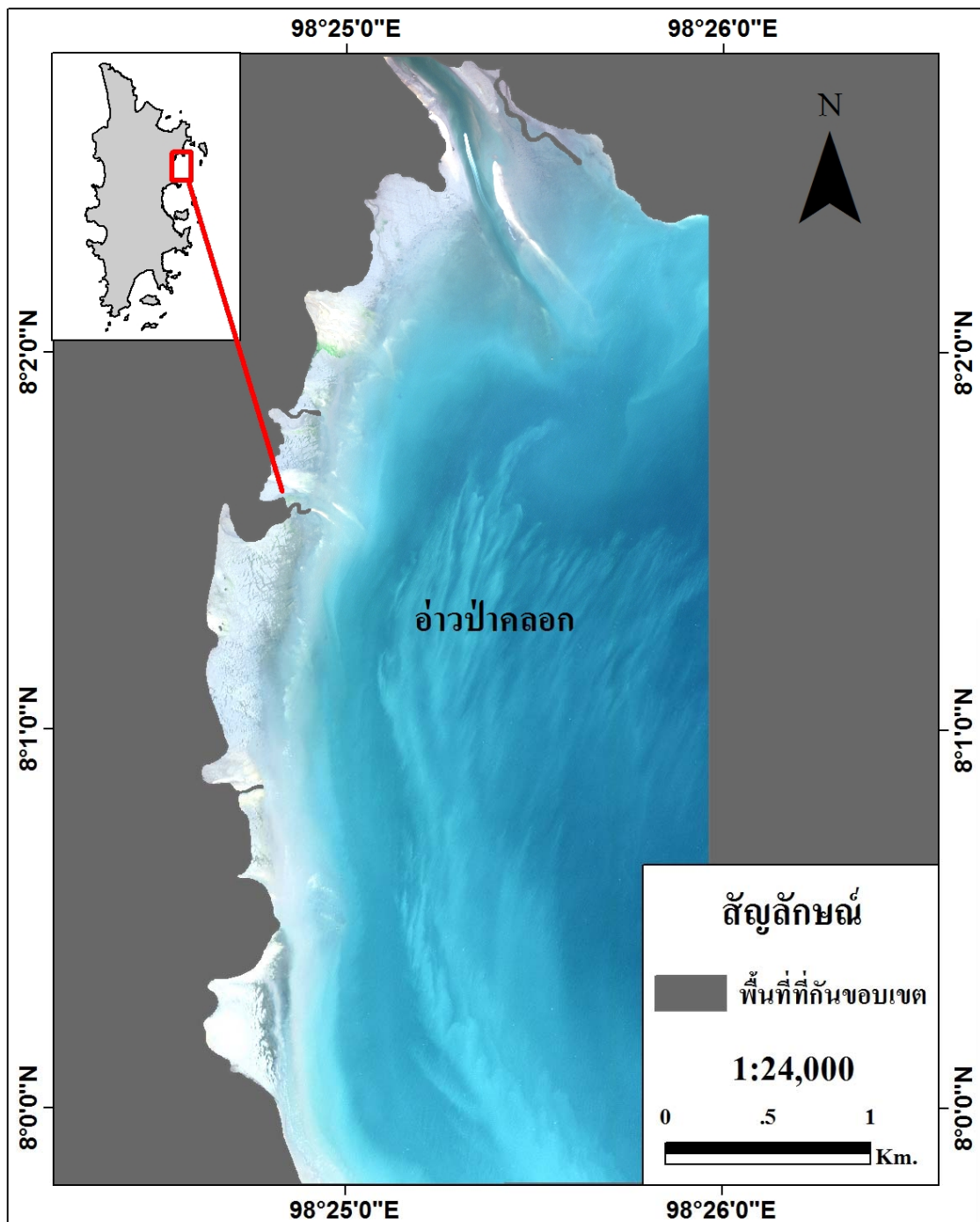
รูปที่ 3.8 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่ผ่านการวิเคราะห์หองค์ประกอบหลัก

3.5.4 การกันขอบเขตภาพถ่ายดาวเทียม (Image Masking)

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่ใช้ในการศึกษานี้มีข้อมูลทั้งสิ่งปกคลุมดินที่อยู่บนฝั่งและบริเวณน้ำทะเลลึก (รูปที่ 3.2) ดังนั้น เพื่อลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ข้อมูลก่อนที่จะนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ไปทำการวิเคราะห์ข้อมูลจึงจำเป็นต้องทำการกันขอบเขตเฉพาะบริเวณที่ทำการศึกษาก่อน โดยทำการกันข้อมูลสิ่งปกคลุมดินที่อยู่บนฝั่ง และบริเวณน้ำทะเลลึกออกจากการประมวลผลข้อมูล

จากรายงานของ ชัยมงคล เข้มอุรา และ สาธิตา เผ่ากันทะ (2550) พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลตั้งแต่ระยะ 200-1,300 เมตร จากชายฝั่งซึ่งเป็นรายงานที่พบการแพร่กระจายของหญ้าทะเลห่างจากชายฝั่งมากที่สุดภายในบริเวณอ่าวป่าคลอก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ข้อมูลข้างต้นเป็นข้อมูลอ้างอิงเบื้องต้น เพื่อทำการกันขอบเขตบริเวณน้ำทะเลลึก ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่า

การกันครอบคลุมพื้นที่หญ้าทะเลและรวมทั้งบางส่วนของน้ำทะเลลึก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกที่จะสร้างแนวกันชนห่างจากชายฝั่งเป็นระยะทาง 2,000 เมตร ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่กันขอบเขตเฉพาะพื้นที่ศึกษา

3.6 การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

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

3.6.1 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 ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้วิธีดังนี้

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) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC)

การจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาค่าเวกเตอร์เฉลี่ย (Mean Vector) และค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ของข้อมูลแต่ละประเภทโดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของแต่ละจุดภาพ ว่าถูกจำแนกในประเภทข้อมูลใด โดยทั่วไปแล้ววิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุดและต้องใช้เวลาในการคำนวณมากซึ่งสามารถสรุปข้อดีและข้อเสียได้ดังนี้

ข้อดี คือ มีความน่าเชื่อถือเพราะใช้ทฤษฎีความน่าจะเป็น ถ้ามีข้อมูลภาคสนามมากจะทำให้ได้ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ให้ค่าประมาณเวกเตอร์เฉลี่ยของกลุ่มข้อมูลที่ดี ทำให้ผลการจำแนกประเภทนี้ (จัดกลุ่มข้อมูล) เหมาะสมกับข้อมูลภาพที่มีการแจกแจงแบบโค้งปกติ

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

3.7 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

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

1) ค่าความถูกต้องรวม (Overall Accuracy)

ค่าความถูกต้องรวมจะเป็นตัวบอกระสิทธิภาพโดยรวมของผลการจำแนกว่ามีความถูกต้องมากเพียงใด โดยนิยามจากอัตราส่วนของจำนวนพื้นที่ทดสอบที่จำแนกข้อมูลออกมาได้ถูกต้อง (คือ ผลรวมตามแนวทแยงของตาราง) ต่อพื้นที่ทดสอบทั้งหมดของทุกกลุ่มตัวอย่างรวมกัน

2) ค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy)

ค่าความถูกต้องของผู้ผลิตเป็นตัวบอกถึงความน่าจะเป็นที่พื้นที่ทดสอบหนึ่งที่ถูกจำแนกออกมา จะเป็นตัวแทนที่แท้จริงของกลุ่มที่มันถูกจำแนกโดยระบบที่ใช้ ซึ่งคำนวณจาก “อัตราส่วน” ของจำนวนข้อมูลที่ถูกจัดเข้ากลุ่มที่ถูกต้องต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มจากข้อมูลอ้างอิง ถือเป็น การดูความถูกต้องในการทำงานของระบบที่ใช้จำแนก

3) ค่าความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy)

ค่าความถูกต้องของผู้ใช้เป็นตัวบอกถึงความน่าจะเป็นที่พื้นที่ทดสอบหนึ่ง จะได้รับการจำแนกเข้ากลุ่มที่ถูกต้อง โดยระบบที่ใช้ ซึ่งคำนวณจาก “อัตราส่วน” ของจำนวนข้อมูลที่ได้รับการจำแนกเข้ากลุ่มที่ถูกต้องต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดของแต่ละกลุ่มที่ได้รับจากเครื่อง (ทั้งถูกและผิด) ถือเป็น การดูความถูกต้องของผลิตภัณฑ์ (Product) ที่ได้

3.8 การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

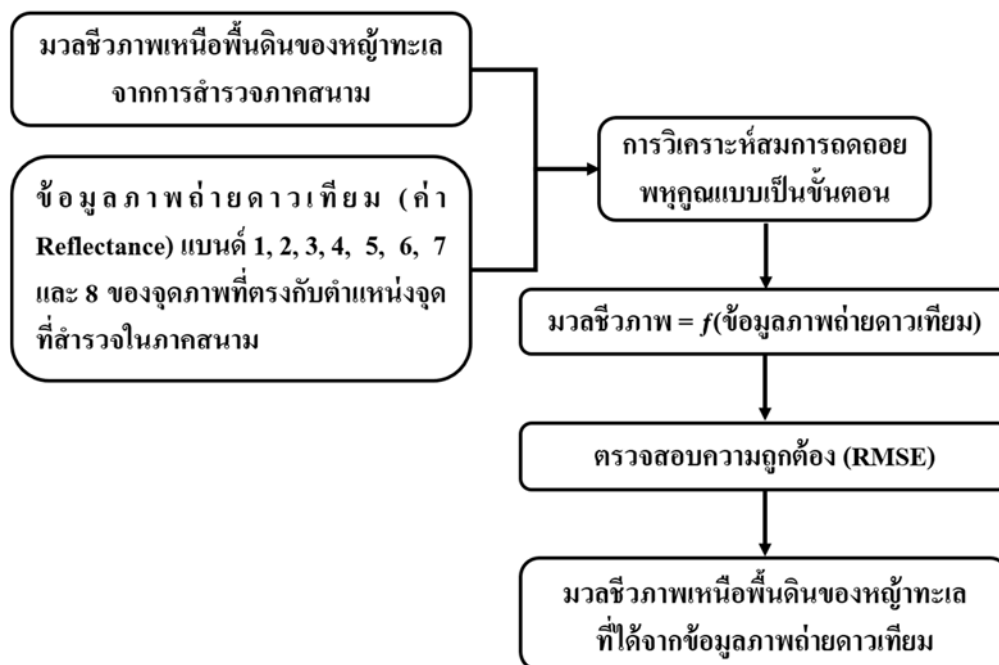
เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงช่วงคลื่นต่าง ๆ ได้แก่ Band 1, Band 2, Band 3 ถึง Band 8 ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 โดยใช้จุดภาพ (Pixel) บริเวณเดียวกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก ใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจในการเลือกตัวแปรอิสระที่เหมาะสมในการสร้างสมการ โดยเลือกใช้วิธีการเลือกตัวแปรโดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) ซึ่งมีรูปแบบสมการดังสมการที่ 3

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_8X_8$$

3

- เมื่อ Y = ค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล
 ที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม
- a = ค่าที่เส้นสมการถดถอยตัดแกน y (y -intercept)
- $b_1, b_2, b_3, \dots, b_8$ = สัมประสิทธิ์ของการถดถอย (Coefficient of Regression)
- $X_1, X_2, X_3, \dots, X_8$ = ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Band 1, Band 2, Band 3
 ถึง Band 8 ที่แปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลก
 ที่แท้จริง

การศึกษานี้พิจารณาเลือกสมการจากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2) และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ (Adjusted Coefficient of Determination) ที่มีค่าสูงที่สุด (มีค่าเข้าใกล้ 1 มากที่สุด) เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

3.9 การตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การตรวจสอบความถูกต้องของการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ค่ารากที่สองของค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error: RMSE) ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

$$RMSE = \sqrt{\sum \frac{(Observe - Predict)^2}{n}} \quad 4$$

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

บทที่ 4

ผลและบทวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษาประกอบด้วย ผลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ผลการจำแนก และผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกขอบเขต ชนิดการแพร่กระจาย ร้อยละการปกคลุม และการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการสำรวจภาคสนาม

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ทำการสำรวจภาคสนาม ในระหว่างวันที่ 15-18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม เนื่องจากเป็นช่วงที่น้ำทะเลลดต่ำสุด มีระดับน้ำทะเลสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.0 เมตร (กรมอุทกศาสตร์, 2557) ซึ่งมีระดับน้ำทะเลต่างกันประมาณ 0.5 เมตร กับวันที่บันทึกภาพถ่ายดาวเทียมเมื่อวันที่ 27 ธันวาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งมีระดับน้ำทะเลสูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 1.5 เมตร (กรมอุทกศาสตร์, 2556) การเก็บข้อมูลภาคสนามได้ทำการบันทึกเวลา สภาพทั่วไปของแหล่งหญ้าทะเล ตำแหน่งที่มีการเก็บข้อมูล บันทึกชนิดของหญ้าทะเล ถ่ายภาพหญ้าทะเล และเก็บตัวอย่างหญ้าทะเล เพื่อใช้ในการจำแนกชนิดและหามวลชีวภาพของหญ้าทะเล โดยทำการสำรวจภาคสนามทั้งหมด 268 จุด แบ่งออกเป็น 1) หญ้าทะเล 218 จุด 2) ทราบ 50 จุด จากการสำรวจพบว่า หญ้าทะเลมีความสมบูรณ์ปานกลางถึงสมบูรณ์ดี มีร่องรอยเสียหายจากการคราดหอยและการกัดเซาะจากคลื่น โดยพบหญ้าทะเลทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ หญ้ากุ่มชายทะเล (*Halodule uninervis*) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) หญ้าชะเงาใบมน (*Cymodocea rotundata*) หญ้าชะเงาใบฟันเลื่อย (*Cymodocea serrulata*) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) และหญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจของสถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน (สถาบันวิจัยและพัฒนา

ทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2557) ในบริเวณพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ของชาวประมงพื้นบ้าน

4.2 ผลการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การศึกษาในครั้งนี้ใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะทางสั้นที่สุด (Minimum Distance Classification: MDC) และการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่แปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis: PCA) เป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูล

4.2.1 ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล

นำข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ 1) หญ้าทะเล 2) ทราบ และ 3) บริเวณน้ำลึก (โดยข้อมูล ทราบ และบริเวณน้ำลึก เลือกจุดตัวอย่างเพิ่มเติมจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยการตีความด้วยสายตา) มาใช้ในการจำแนกข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล

ประเภทข้อมูล	ข้อมูลตัวอย่าง	ข้อมูลตรวจสอบ
หญ้าทะเล	120	80
ทราบ	70	50
บริเวณน้ำลึก	30	20
รวม	220	150

1) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 86.00 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.75 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR2) ในขณะที่ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 90.67 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.84 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge), Band 7 (Near-IR1) และ Band 8 (Near-IR2) ทั้งนี้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 4.2

2) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 85.33 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.74 ในขณะที่ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 88.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.79 ทั้งนี้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน

การผสมช่วงคลื่น	การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด		การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด	
	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
1368	85.33	0.74	88.00	0.79
13468	86.00	0.75	88.67	0.80
135678	83.33	0.71	90.67	0.84
PCA123	85.33	0.74	88.00	0.79

หมายเหตุ 1, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge), Band 7 (Near-IR1) และ Band 8 (Near-IR2) ตามลำดับ และ PCA123 คือ PCA1, PCA2 และ PCA3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด

ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม

1) การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด โดยการผสมช่วงคลื่น Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR2)

Class	หญ้าทะเล	ทราย	บริเวณน้ำลึก	Total	User's Accuracy (%)
หญ้าทะเล	76	16	0	92	82.61
ทราย	5	33	0	38	86.84
บริเวณน้ำลึก	0	0	20	20	100.00
Total	81	49	20	150	
Producer's Accuracy (%)	93.83	67.35	100.00		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 86.00 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.75

2) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด โดยการผสมช่วงคลื่น Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge), Band 7 (Near-IR1) และ Band 8 (Near-IR2)

Class	หญ้าทะเล	ทราย	บริเวณน้ำลึก	Total	User's Accuracy (%)
หญ้าทะเล	78	11	0	89	87.64
ทราย	3	38	0	41	92.68
บริเวณน้ำลึก	0	0	20	20	100.00
Total	81	49	20	150	
Producer's Accuracy (%)	96.30	77.50	100.00		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 90.67 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.84

ตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงสุด (ต่อ)

ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

1) การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด

Class	หญ้าทะเล	ทราย	บริเวณน้ำลึก	Total	User's Accuracy (%)
หญ้าทะเล	75	16	0	91	82.48
ทราย	6	33	0	39	84.62
บริเวณน้ำลึก	0	0	20	20	100.00
Total	81	49	20	150	
Producer's Accuracy (%)	92.59	67.35	100.00		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 85.33 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.74

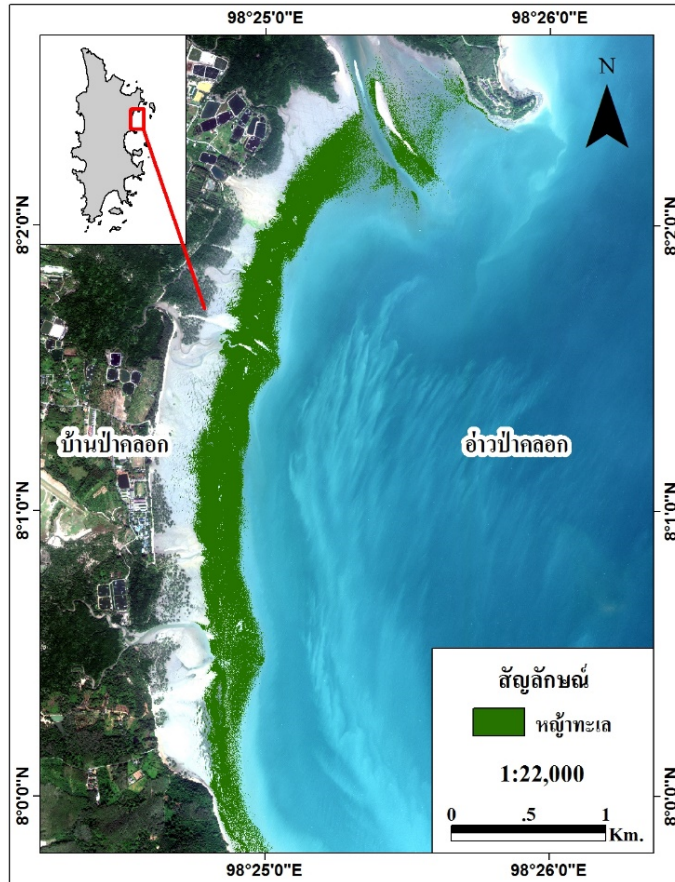
2) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

Class	หญ้าทะเล	ทราย	บริเวณน้ำลึก	Total	User's Accuracy (%)
หญ้าทะเล	76	13	0	89	85.39
ทราย	5	36	0	41	87.80
บริเวณน้ำลึก	0	0	20	20	100.00
Total	81	49	20	150	
Producer's Accuracy (%)	93.83	73.47	100.00		

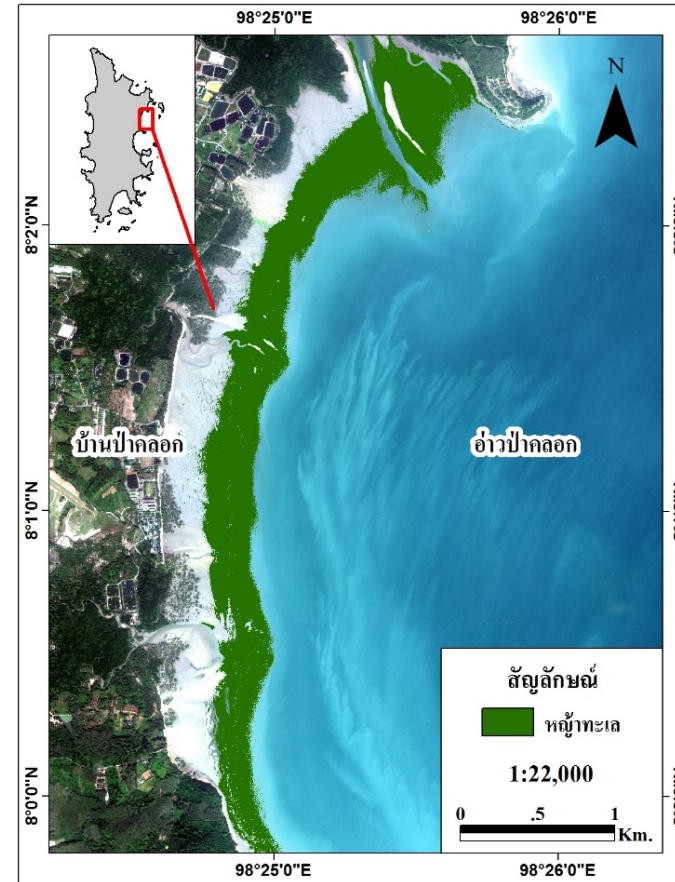
ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 88.00 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.79

หากพิจารณาตารางที่ 4.3 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้ นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่า การจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 90.67 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.84 โดยมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ดังนี้ 1) การจำแนกข้อมูลบริเวณน้ำลึก มีค่าความถูกต้องเท่ากับ ร้อยละ 100.00 2) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเล มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 96.30 และ 3) การจำแนกข้อมูลทราย มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 77.50 ในขณะที่มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ ดังนี้ 1) การจำแนกข้อมูลบริเวณน้ำลึก มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 100.00 2) การจำแนกข้อมูล ทราย มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 92.68 และ 3) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเล มีค่าความถูกต้องเท่ากับ ร้อยละ 87.64

ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 พบว่า บริเวณอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต มีพื้นที่หญ้าทะเลเท่ากับ 1.50 ตารางกิโลเมตร



ก



ข

รูปที่ 4.1 แผนที่ขอบเขตของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก กรณีที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับการศึกษาของ Pasqualini, *et al.* (2005) ได้รายงานผลการทำแผนที่หญ้าทะเลชนิด *Posidonia oceanica* และบริเวณที่เป็นพื้นทราย บริเวณทะเลเมดิเตอร์เรเนียน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 90.00 ในขณะที่ Yang and Yang (2009) ทำการจำแนกขอบเขตหญ้าทะเล บริเวณอ่าว Xincun ในจังหวัด Hainan ประเทศจีน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 80.00 และ Urbanski, *et al.* (2009) ทำการศึกษาการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 โดยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ เพื่อจัดทำแผนที่หญ้าทะเลบริเวณหาดทรายในเขตน้ำตื้นของทะเล Southern Baltic สามารถแบ่งการจำแนกออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ 1) หญ้าทะเล 2) แนวหิน และ 3) พื้นที่ว่าง มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 83.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในงานวิจัยนี้สามารถจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล ได้อย่างถูกต้องในเกณฑ์ที่สูงเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในประเทศไทยของ ภัทรารุช พุสิงห์ (2548) ซึ่งทำการศึกษาการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM มีค่าความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมเพียงร้อยละ 69.07 จากข้อสังเกตประเด็นความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ต่ำกว่าภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ อาจเป็นข้อสังเกตว่าความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมมีผลต่อการจำแนกข้อมูลขอบเขตของหญ้าทะเล

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกในงานวิจัยนี้จะมีค่าสูง อย่างไรก็ตามหากพิจารณาตารางที่ 4.3 อย่างละเอียดจะพบว่าผลการจำแนกข้อมูลทรายยังมีการปะปนไปเป็นหญ้าทะเลอยู่เล็กน้อย ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับพื้นที่จริง กล่าวคือ หญ้าทะเลบางบริเวณมีร้อยละการปกคลุมที่ต่ำ และมีพื้นที่หญ้าทะเลขนาดเล็กกว่าจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม (<2×2 เมตร) ทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกทรายออกจากหญ้าทะเลได้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในกรณีดังกล่าว

4.2.2 ผลการจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล

การจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล จะทำการจำแนกเฉพาะหญ้าทะเลชนิดเด่นที่พบในพื้นที่ศึกษาเท่านั้น ได้แก่ 1) หญ้าคาทะเล (*Enhalus acoroides*) 2) หญ้าใบมะกรูด (*Halophila ovalis*) และ 3) หญ้าชะเงาเต่า (*Thalassia hemprichii*) โดยจะทำการเลือกจุดที่ได้จากข้อมูลการสำรวจภาคสนามที่มีการปะปนกันระหว่างหญ้าทะเลแต่ละชนิด (Mixed species seagrass beds) ในแต่ละจุดน้อย จำนวน 132 จุด จากทั้งหมด 218 จุด โดยข้อมูลที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบการจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล

ประเภทข้อมูล	ข้อมูลตัวอย่าง	ข้อมูลตรวจสอบ
<i>Enhalus acoroides</i>	30	20
<i>Halophila ovalis</i>	29	17
<i>Thalassia hemprichii</i>	21	15
รวม	80	52

1) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 67.30 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.49 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR2) ในขณะที่ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 75.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.61 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR62) ทั้งนี้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 4.5

2) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 57.70 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.34 ในขณะที่ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 61.54 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.41 ทั้งนี้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกชนิดการปกคลุมของน้ำทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน

การผสมช่วงคลื่น	การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด		การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด	
	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
12368	67.30	0.49	71.15	0.56
13468	59.62	0.37	75.00	0.61
135678	61.53	0.40	73.10	0.59
PCA123	57.70	0.34	61.54	0.41

หมายเหตุ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 คือ Band 1 (Coastal), Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge), Band 7 (Near-IR1) และ Band 8 (Near-IR2) ตามลำดับ และ PCA123 คือ PCA1, PCA2 และ PCA3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกชนิดการแพร่กระจายของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด

ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม

1) การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด โดยการผสมช่วงคลื่น Band 1 (Coastal), Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR2)

Class	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Halophila ovalis</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	Total	User's Accuracy (%)
<i>Enhalus acoroides</i>	19	5	8	32	59.38
<i>Halophila ovalis</i>	0	9	0	9	100.00
<i>Thalassia hemprichii</i>	1	3	7	11	63.64
Total	20	17	15	52	
Producer's Accuracy (%)	95.00	52.94	46.67		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 67.30 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.49

2) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด โดยการผสมช่วงคลื่น Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR62)

Class	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Halophila ovalis</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	Total	User's Accuracy (%)
<i>Enhalus acoroides</i>	19	5	6	30	63.33
<i>Halophila ovalis</i>	0	11	0	11	100.00
<i>Thalassia hemprichii</i>	1	1	9	11	81.82
Total	20	17	15	52	
Producer's Accuracy (%)	95.00	64.71	60.00		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 75.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.61

ตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกชนิดการแพร่กระจายของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด (ต่อ)

ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

1) การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด

Class	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Halophila ovalis</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	Total	User's Accuracy (%)
<i>Enhalus acoroides</i>	19	3	12	34	55.88
<i>Halophila ovalis</i>	0	8	0	8	100.00
<i>Thalassia hemprichii</i>	1	6	3	10	30.00
Total	20	17	15	52	
Producer's Accuracy (%)	95.00	47.06	20.00		

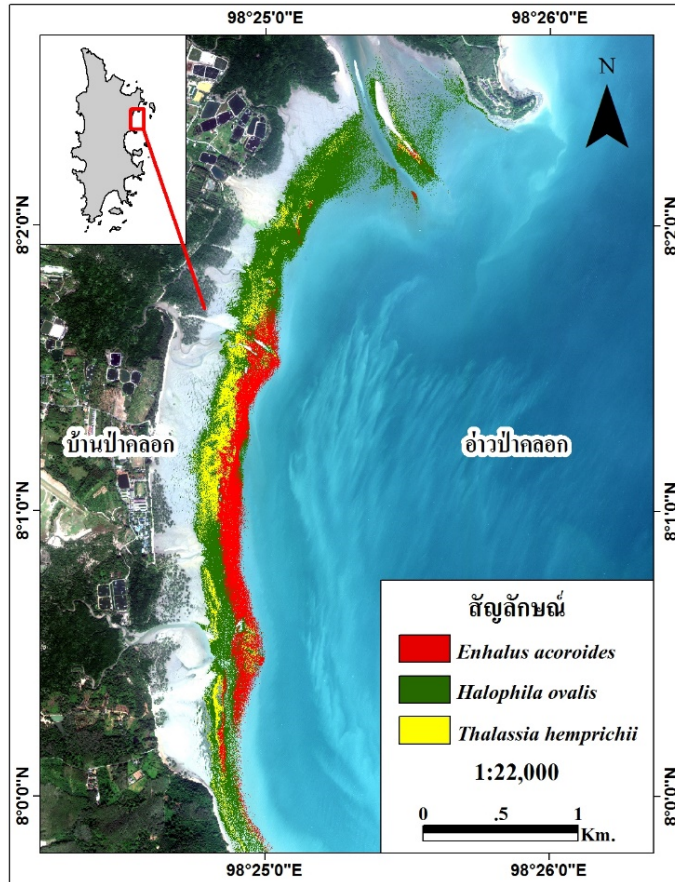
ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 57.70 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.34

2) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

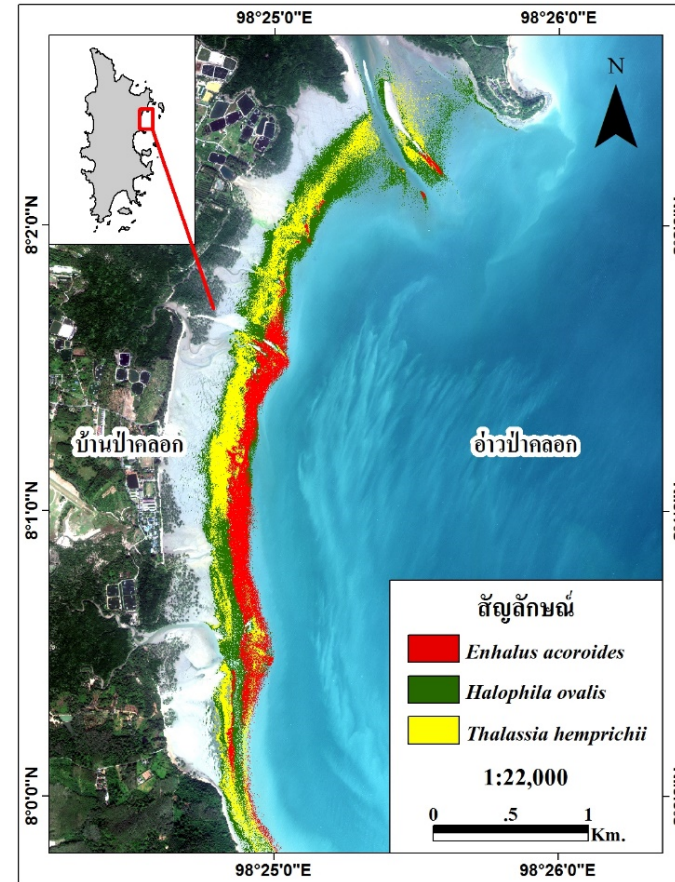
Class	<i>Enhalus acoroides</i>	<i>Halophila ovalis</i>	<i>Thalassia hemprichii</i>	Total	User's Accuracy (%)
<i>Enhalus acoroides</i>	17	5	6	28	60.71
<i>Halophila ovalis</i>	2	6	0	8	75.00
<i>Thalassia hemprichii</i>	1	6	9	16	56.25
Total	20	17	15	52	
Producer's Accuracy (%)	85.00	32.29	60.00		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 61.54 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.41

หากพิจารณาตารางที่ 4.6 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่า การจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 75.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.61 โดยมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ดังนี้ 1) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 95.00 2) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 64.71 และ 3) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลชนิด *Thalassia hemprichii* มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 60.00 ในขณะที่มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ ดังนี้ 1) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 100.00 2) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลชนิด *Thalassia hemprichii* มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 81.82 และ 3) การจำแนกข้อมูลหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 63.33



ก



ข

รูปที่ 4.2 แผนที่ชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก กรณีที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับการศึกษาของ Phinn, *et al.* (2008) ซึ่งทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนาม จัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเลในเขตน้ำตื้น (≤ 3 เมตร) บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่าง Multi-spectral satellite (QuickBird-2) และ Airborne hyper-spectral (CASI-2) จากการศึกษาได้จัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 22.69 และ 28.11 ตามลำดับ ในขณะที่ Lyons, *et al.* (2011) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 จัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี ค.ศ. 2004 กับปี ค.ศ. 2007 บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 62.00 และ 80.00 ตามลำดับ และ Roelfsema, *et al.* (2014) ได้ทำการจัดทำแผนที่ชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (IKONOS, QuickBird-2 และ WorldView-2) หลายช่วงเวลา โดยวิธี Semi-automated object based image analysis มีค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 77.00

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษากการจำแนกชนิดการแพร่กระจายของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในประเทศไทยของ ภัทรารุช พุสิงห์ (2548) ทำการศึกษากการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลบริเวณอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM ซึ่งเทคนิคที่ให้ผลการจำแนกโดยรวมถูกต้องที่สุด คือ การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 62.54 ในขณะที่ จตุพร พันธุ์ทอง (2554) ทำการศึกษากการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลในบริเวณเดียวกัน โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS และภาพถ่ายดาวเทียม ALOS สามารถจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* และหญ้าทะเลชนิด *Halodule pinifolia* ได้ มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 65.74 และ 72.41 ตามลำดับ

ในขณะที่งานวิจัยนี้มีค่าความถูกต้องที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ทั้งที่ในพื้นที่ศึกษาที่มีความหลากหลายของชนิดหญ้าทะเลที่สูง และหญ้าทะเลมีลักษณะการขึ้นปะปนกัน (Mixed species seagrass beds) ทำให้เป็นการยากในการศึกษา อย่างไรก็ตามในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกันมีชนิด ลักษณะการแพร่กระจาย และร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล รวมถึงความใสและความลึกของน้ำทะเล ที่แตกต่างกัน อาจส่งผลให้การจำแนกมีความแตกต่างกัน

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกในงานวิจัยนี้จะมีค่าสูง หากพิจารณาตารางที่ 4.6 อย่างละเอียดจะพบว่า การจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* และ *Thalassia hemprichii* ยังมีการปะปนไปเป็นหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับพื้นที่จริง กล่าวคือ ในพื้นที่ศึกษามีหญ้าทะเลขึ้นปะปนกัน (Mixed species seagrass beds) หลายชนิด

ในบริเวณเดียวกันทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกหญ้าทะเลทั้ง 3 ชนิด ออกจากกันได้ ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจต้องใช้วิธีการอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการจำแนกด้วย

4.2.3 ผลการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล

การจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล แบ่งระดับการปกคลุมออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้ 1) สมบูรณ์น้อย หมายถึง มีการปกคลุมของหญ้าทะเลน้อยกว่าร้อยละ 25 2) สมบูรณ์ปานกลาง หมายถึง มีการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 26-50 3) สมบูรณ์ดี หมายถึง มีการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 51-75 และ 4) สมบูรณ์มาก หมายถึง มีการปกคลุมของหญ้าทะเลมากกว่าร้อยละ 75 (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน, 2557) โดยข้อมูลที่ได้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกและข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบ แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 จำนวนข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล

ประเภทข้อมูล	ข้อมูลตัวอย่าง	ข้อมูลตรวจสอบ
0-25%	50	30
26-50%	34	20
51-75%	35	21
76-100%	43	28
รวม	162	99

1) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 52.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.36 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 5 (Red) และ Band 6 (Red Edge) ในขณะที่ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 73.74 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.64 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 5 (Red),

Band 6 (Red Edge) และ Band 7 (Near-IR1) ทั้งนี้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 4.8

2) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบหลัก

จากการศึกษาพบว่า ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 44.44 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.28 ในขณะที่ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเลโดยอาศัยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 66.67 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.54 ทั้งนี้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละรูปแบบการผสมช่วงคลื่นแสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปา ของการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ต่าง ๆ กัน

การผสมช่วงคลื่น	การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด		การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด	
	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา	ค่าความถูกต้องโดยรวม (%)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
12356	51.52	0.36	68.69	0.57
13567	47.47	0.31	73.74	0.64
123567	47.47	0.31	72.73	0.63
PCA123	44.44	0.28	66.67	0.54

หมายเหตุ 1, 2, 3, 5, 6 และ 7 คือ Band 1 (Coastal), Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge) และ Band 7 (Near-IR1) ตามลำดับ และ PCA123 คือ PCA1, PCA2 และ PCA3 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงสุด

ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม

1) การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด โดยการผสมช่วงคลื่น Band 1 (Coastal), Band 2 (Blue), Band 3 (Green), Band 5 (Red) และ Band 6 (Red Edge)

Class	0-25%	26-50%	51-75%	76-100%	Total	User's Accuracy (%)
0-25%	29	3	1	2	35	82.86
26-50%	0	16	15	14	45	35.56
51-75%	0	0	3	9	12	25.00
76-100%	1	1	2	3	7	42.86
Total	30	20	21	28	99	
Producer's Accuracy (%)	96.67	80.00	14.29	10.71		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 52.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.36

2) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด โดยการผสมช่วงคลื่น Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge) และ Band 7 (Near-IR1)

Class	0-25%	26-50%	51-75%	76-100%	Total	User's Accuracy (%)
0-25%	30	2	0	0	32	93.75
26-50%	0	14	7	2	23	60.87
51-75%	0	1	4	1	6	66.67
76-100%	0	3	10	25	38	65.79
Total	30	20	21	28	99	
Producer's Accuracy (%)	100.00	70.00	19.05	89.29		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 73.74 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.64

ตารางที่ 4.9 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการทดลองสูงที่สุด (ต่อ)

ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

1) การจำแนกแบบระยะทางที่สั้นที่สุด

Class	0-25%	26-50%	51-75%	76-100%	Total	User's Accuracy (%)
0-25%	23	2	0	0	25	92.00
26-50%	0	16	15	15	46	34.78
51-75%	7	2	4	12	25	16.00
76-100%	0	0	2	1	3	33.33
Total	30	20	21	28	99	
Producer's Accuracy (%)	76.67	80.00	19.05	3.57		

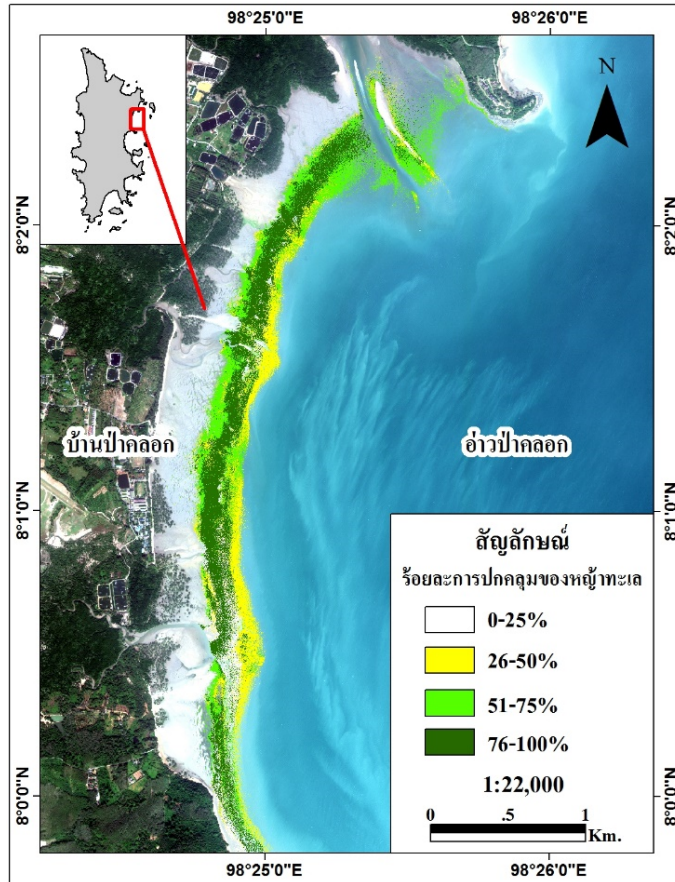
ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 44.44 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.28

2) การจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด

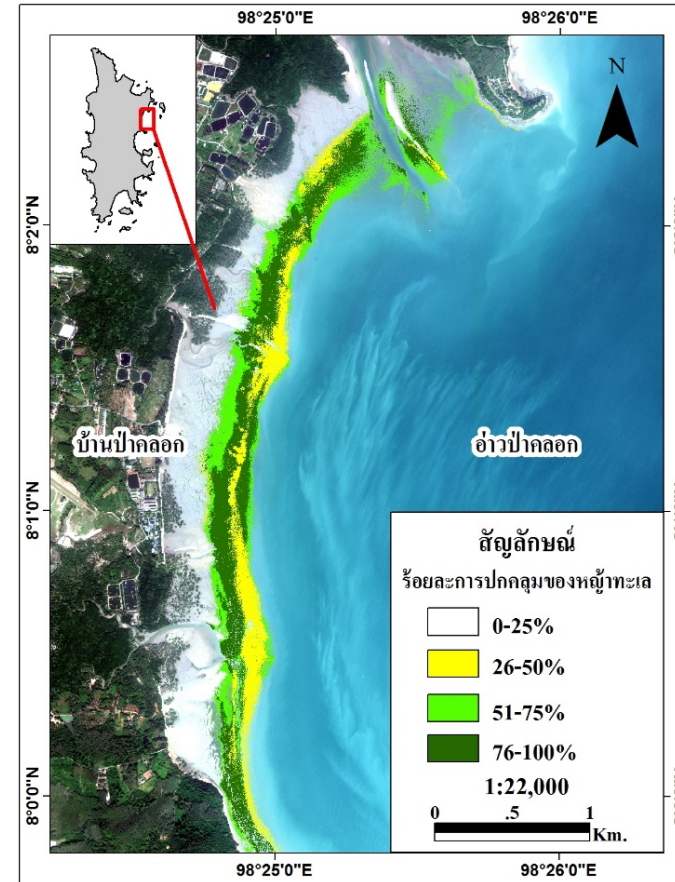
Class	0-25%	26-50%	51-75%	76-100%	Total	User's Accuracy (%)
0-25%	27	2	0	0	29	93.10
26-50%	0	9	7	1	17	52.94
51-75%	0	1	3	0	4	75.00
76-100%	3	8	11	27	49	55.10
Total	30	20	21	28	99	
Producer's Accuracy (%)	90.00	45.00	14.29	96.43		

ค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 66.67 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.54

หากพิจารณาตารางที่ 4.9 การประเมินความถูกต้องของการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่า การจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 73.74 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.64 โดยมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิต ดังนี้ 1) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 0-25 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 100.00 2) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 76-100 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 89.29 3) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 26-50 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 70.00 และ 4) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 51-75 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 19.05 ในขณะที่มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ ดังนี้ 1) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 0-25 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 93.75 2) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 51-75 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 66.67 3) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 76-100 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 65.79 และ 4) การจำแนกข้อมูลการปกคลุมของหญ้าทะเลร้อยละ 26-50 มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 60.87



ก



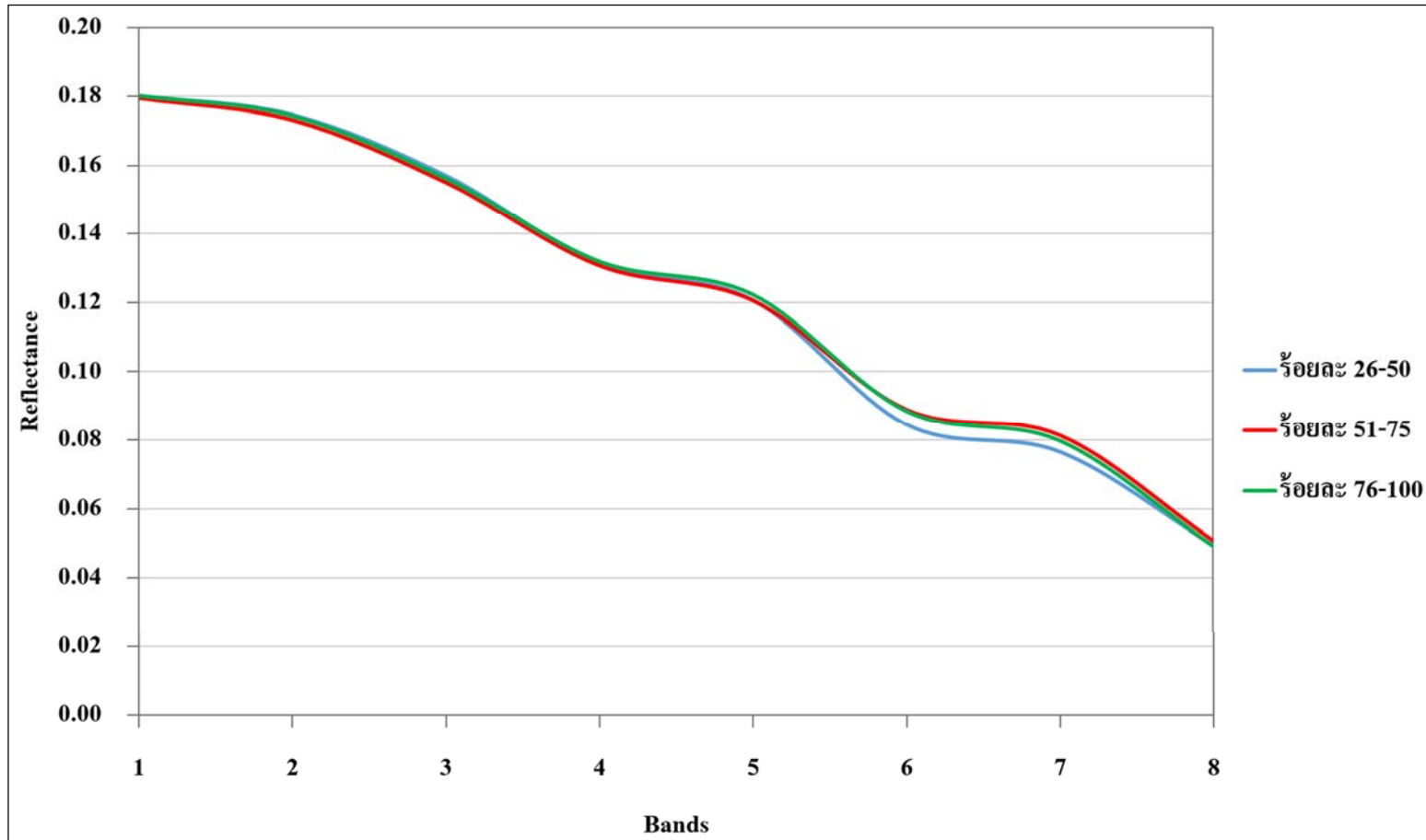
ข

รูปที่ 4.3 แผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเลจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ก) ผลการจำแนกโดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม ข) ผลการจำแนกโดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก กรณีที่ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุด

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับการศึกษาของ Phinn, *et al.* (2008) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนาม จัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล ซึ่งแบ่งระดับการปกคลุมเป็น 4 ระดับ (ร้อยละ 1-10, ร้อยละ 10-40, ร้อยละ 40-70, และร้อยละ 70-100) ในเขตน้ำตื้น (≤ 3 เมตร) บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยเปรียบเทียบกันระหว่าง Multi-spectral satellite (Landsat 5 TM และ QuickBird-2) และ Airborne hyper-spectral (CASI-2) จากการศึกษาได้จัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 35.89, 30.86 และ 45.64 ตามลำดับ ในขณะที่ Lyons, *et al.* (2011) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QuickBird-2 จัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล ซึ่งแบ่งระดับการปกคลุมเป็น 4 ระดับ (ร้อยละ 1-10, ร้อยละ 10-40, ร้อยละ 40-70 และร้อยละ 70-100) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี ค.ศ. 2004 กับปี ค.ศ. 2007 บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 59.00 และ 62.00 ตามลำดับ และ Roelfsema, *et al.* (2014) ทำการจัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมหลายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (IKONOS, QuickBird-2 และ WorldView-2) หลายช่วงเวลา ซึ่งแบ่งระดับการปกคลุมเป็น 4 ระดับ (ร้อยละ 1-10, ร้อยละ 10-40, ร้อยละ 40-70 และร้อยละ 70-100) โดยวิธี Semi-automated object based image analysis มีค่าความถูกต้องโดยรวมเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 52.00 ซึ่งมีค่าความถูกต้องโดยรวมน้อยกว่าผลลัพธ์จากการศึกษารุ่นนี้ ในขณะที่ Roelfsema, *et al.* (2009) ทำการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับการสำรวจภาคสนามจัดทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM โดยจุดมุ่งหมายของงานวิจัยในครั้งนี้เพื่อพัฒนาวิธีการทำแผนที่ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล ซึ่งแบ่งระดับการปกคลุมเป็น 5 ระดับ (ร้อยละ 0, ร้อยละ 1-25, ร้อยละ 25-50, ร้อยละ 50-75 และร้อยละ 75-100) จากการศึกษาพบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 75.00

ในขณะที่งานวิจัยนี้มีค่าความถูกต้องที่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา อย่างไรก็ตามในแต่ละพื้นที่ที่แตกต่างกันมีชนิด และลักษณะการขึ้นปะปนกันของหญ้าทะเล (Mixed species seagrass beds) ที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าร้อยละการปกคลุมของแต่ละจุดเก็บข้อมูลจะมีค่าเท่ากัน แต่ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงนั้นจะแตกต่างกันตามลักษณะของชนิดหญ้าทะเลที่ขึ้นปะปนกันในแต่ละจุด ดังนั้น ทำให้การจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเลในแต่ละพื้นที่ที่มีลักษณะการแพร่กระจายของชนิดหญ้าทะเลที่แตกต่างกันอาจส่งผลให้การจำแนกมีความแตกต่างกัน

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกในงานวิจัยนี้จะมีค่าสูง หากพิจารณาตารางที่ 4.9 อย่างละเอียดจะพบว่า การจำแนกข้อมูลร้อยละ 51-75 ยังมีการปะปนไปเป็นร้อยละ 26-50 และร้อยละ 76-100 เนื่องจากค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของทั้ง 3 ชุดข้อมูลข้างต้นนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก (แสดงดังรูปที่ 4.4) ทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกข้อมูลของทั้ง 3 ชุดข้อมูลข้างต้นออกจากกันได้ ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจต้องใช้วิธีการอื่น ๆ หรือข้อมูลที่นอกเหนือจากค่าการสะท้อนที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วยในการจำแนกด้วย



รูปที่ 4.4 ลักษณะค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่ได้จากข้อมูลภาคสนามของร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ร้อยละ 26-50, ร้อยละ 51-75 และ ร้อยละ 76-100) ของภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

4.2.4 ผลการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

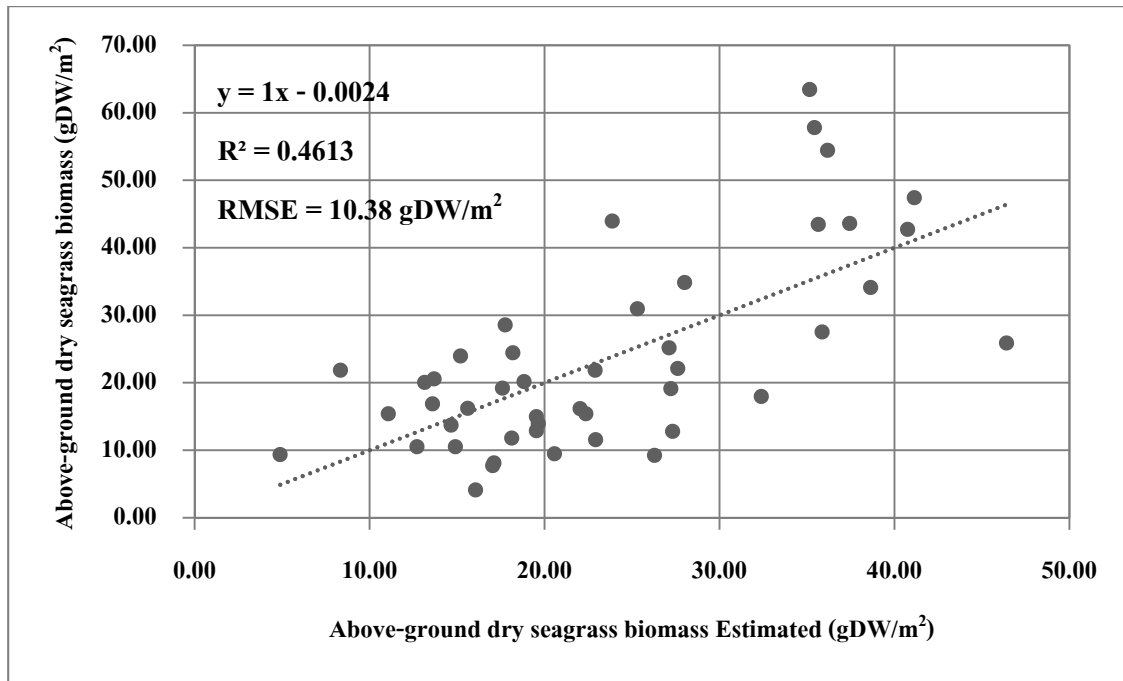
เมื่อนำมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม มาหาความสัมพันธ์กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยเลือกใช้วิธีการเลือกตัวแปร โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน ผลการศึกษาพบว่า มีตัวแปรอิสระเพียง 3 ตัว คือ ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง ช่วงคลื่น Band 3 (Green), Band 4 (Yellow) และ Band 7 (Near-IR1) ที่ถูกคัดเลือกเข้าไปใช้ในการสร้างสมการ ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ สูงที่สุด เท่ากับ 0.461 และ 0.423 ตามลำดับ (ดังแสดงในภาคผนวก ก) สมการพยากรณ์เขียนได้ดังสมการที่ 5

$$Y = (-52.94) + (-2013.75 \times (B3)) + (3440.11 \times (B4)) + (-732.51 \times (B7)) \quad 5$$

เมื่อ	Y	= ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล (gDW/m^2)
	B3, B4, B7	= ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม WorldView-2 Band 3 (Green), Band 4 (Yellow) และ Band 7 (Near-IR1) ที่แปลงเป็นค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง

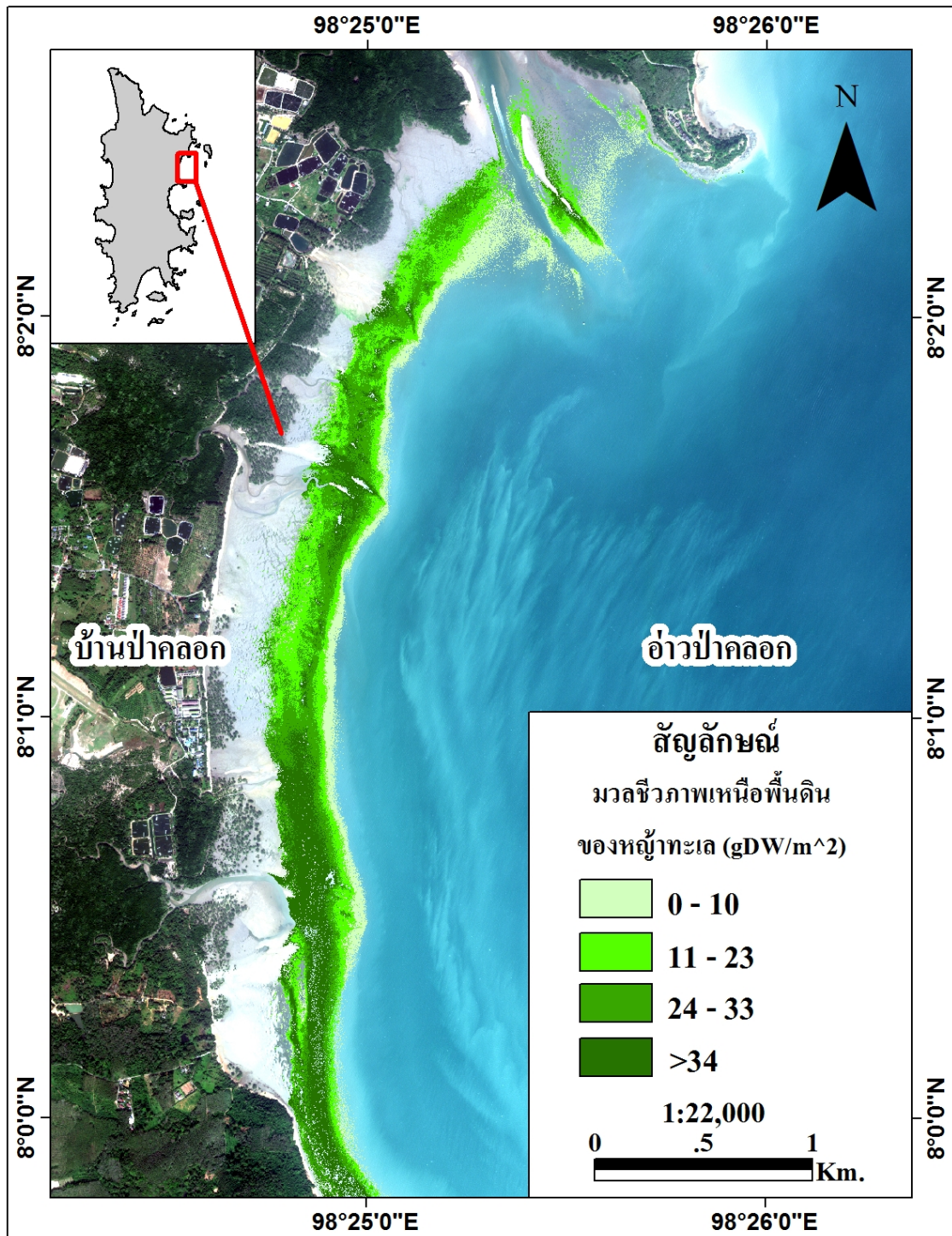
เมื่อนำสมการที่ 5 มาประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์พบว่า ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ $10.38 \text{ gDW}/\text{m}^2$

เมื่อนำค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาพล็อตกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 (ตารางภาคผนวกที่ ค2) แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 Scatter Plot และสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม กับค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในรูปแบบความสัมพันธ์แบบเส้นตรง

เมื่อนำสมการที่ 5 มาประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ด้วยแบบจำลองพบว่า บริเวณอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 8.37 ตันน้ำหนักรวมแห้ง แสดงผลดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แผนที่มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 จากการประมาณค่าโดยสมการที่ 5 ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ เท่ากับ 0.461 และ 0.423 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 มีความสัมพันธ์ระหว่างกันค่อนข้างต่ำ เมื่อนำสมการที่ 5 มาประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์พบว่า ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 10.38 gDW/m^2 ซึ่งมีค่าที่ค่อนข้างสูง แสดงว่าปริมาณมวลชีวภาพที่ประมาณค่าได้นั้นมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง

จากการศึกษาเปรียบเทียบผลลัพธ์การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 กับการศึกษาของ Phinn, *et al.* (2008) ทำการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ในเขตน้ำตื้น (≤ 3 เมตร) บริเวณอ่าว Moreton ประเทศออสเตรเลีย โดยศึกษาเปรียบเทียบกันระหว่าง Multi-spectral satellite (QuickBird-2) และ Airborne hyper-spectral (CASI-2) ใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงเส้น (Regression Analysis) ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.346 และ 0.501 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับผลลัพธ์จากการศึกษาครั้งนี้ ในขณะที่ Roelfsema, *et al.* (2014) ทำการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง (IKONOS, QuickBird-2 และ WorldView-2) หลายช่วงเวลา โดยวิธี Semi-automated object based image analysis ใช้แบบจำลองความสัมพันธ์เชิงเส้น ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยใช้มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลชนิด *Zostera muelleri* และ *Halodule uninervis* ซึ่งเป็นหญ้าทะเลชนิดเด่นในพื้นที่ศึกษากับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0.81 และ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 15.71 gDW/m^2 ซึ่งมีค่าความถูกต้องสูงกว่าการศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่าชนิดของหญ้าทะเล ลักษณะการแพร่กระจาย ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล ความใสและความลึกของน้ำทะเล อาจส่งผลกระทบต่อการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

บทที่ 5

บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการทดสอบความสามารถการประยุกต์ใช้การสำรวจจากสแนมร่วมกับเทคนิคการสำรวจระยะไกล เพื่อจำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง มีรายละเอียดดังนี้

5.1.1 การจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล

ผลการศึกษาการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่า การจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 90.67 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.84 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge), Band 7 (Near-IR1) และ Band 8 (Near-IR2)

ผลการจำแนกขอบเขตของหญ้าทะเล จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 พบว่า บริเวณอ่าวป่าคอก จังหวัดภูเก็ต มีพื้นที่หญ้าทะเลเท่ากับ 1.50 ตารางกิโลเมตร

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกในงานวิจัยนี้จะมีค่าสูง อย่างไรก็ตามพบว่า ผลการจำแนกข้อมูลทรายยังมีการปะปนไปเป็นหญ้าทะเลอยู่เล็กน้อย ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับพื้นที่จริง กล่าวคือ หญ้าทะเลบางบริเวณมีร้อยละการปกคลุมที่ต่ำ และมีพื้นที่หญ้าทะเลขนาดเล็กกว่าจุดภาพของภาพถ่ายดาวเทียม (2×2 เมตร) ทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกทรายออกจากหญ้าทะเลได้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในกรณีดังกล่าว

5.1.2 การจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล

ผลการศึกษาการจำแนกชนิดการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่าการจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 75.00 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.61 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 4 (Yellow), Band 6 (Red Edge) และ Band 8 (Near-IR2)

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกในงานวิจัยนี้มีค่าสูง แต่ยังพบว่าการจำแนกหญ้าทะเลชนิด *Halophila ovalis* และ *Thalassia hemprichii* ยังมีการปะปนไปเป็นหญ้าทะเลชนิด *Enhalus acoroides* ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับพื้นที่จริง กล่าวคือ ในพื้นที่ศึกษามีหญ้าทะเลขึ้นปะปนกัน (Mixed species seagrass beds) หลายชนิดในบริเวณเดียวกันทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกหญ้าทะเลทั้ง 3 ชนิด ออกจากกันได้ ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจต้องใช้วิธีการอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการจำแนกด้วย

5.1.3 การจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล

ผลการศึกษาการจำแนกร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล โดยใช้ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของภาพถ่ายดาวเทียมเป็นช่วงคลื่นที่ใช้นำเข้าเพื่อจำแนกข้อมูลพบว่าการจำแนกด้วยเทคนิคการจำแนกแบบวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด มีค่าความถูกต้องโดยรวมสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 73.74 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.64 โดยการผสมช่วงคลื่นที่ให้ผลการจำแนกสูงที่สุด คือ Band 1 (Coastal), Band 3 (Green), Band 5 (Red), Band 6 (Red Edge) และ Band 7 (Near-IR1)

ถึงแม้ว่าความถูกต้องโดยรวมในการจำแนกในงานวิจัยนี้มีค่าสูง แต่ยังพบว่าการจำแนกข้อมูลร้อยละ 51-75 ยังมีการปะปนไปเป็นร้อยละ 26-50 และร้อยละ 76-100 เนื่องจากค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของทั้ง 3 ชุดข้อมูลข้างต้นนั้น มีค่าใกล้เคียงกันมากทำให้เป็นการยากที่จะจำแนกข้อมูลของทั้ง 3 ชุดข้อมูลข้างต้นออกจากกันได้ ซึ่งในงานวิจัยต่อไปอาจต้องใช้วิธีการอื่น ๆ หรือข้อมูลที่นอกเหนือจากค่าการสะท้อนที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วยในการจำแนกด้วย

5.1.4 การประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ผลการศึกษการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ และค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแบบปรับแก้ เท่ากับ 0.461 และ 0.423 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ค่อนข้างต่ำ เมื่อนำสมการที่ 5 มาประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ผลการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์พบว่า ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 10.38 gDW/m^2 ซึ่งมีค่าที่ค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล กับค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริงของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 มีความความสัมพันธ์ระหว่างกันค่อนข้างต่ำ เนื่องจากปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าทะเลขึ้นอยู่กับ ชนิด ลักษณะการแพร่กระจาย และร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล ซึ่งในงานวิจัยในอนาคตอาจต้องใช้วิธีการอื่น ๆ เข้ามาช่วยในการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล

ผลการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ด้วยแบบจำลองพบว่า บริเวณอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลเท่ากับ 8.37 ตันน้ำหนักแห้ง

จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับเทคนิคการสำรวจระยะไกล โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง สามารถใช้ในการจำแนกขอบเขต ชนิดการปกคลุม ร้อยละการปกคลุม และประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดหวังว่าขั้นตอนและวิธีการในการศึกษานี้จะสามารถเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากผลที่ได้รับจากการศึกษการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 ในการประเมินสถานภาพแหล่งหญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ตในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะสำหรับใช้เป็นแนวทางศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคต ดังต่อไปนี้

1) วิธีการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เหมาะสำหรับแหล่งหญาทะเลที่อยู่ในเขตน้ำขึ้น-น้ำลง ถ้าหากจะนำไปใช้ในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีลักษณะของพื้นที่ที่แตกต่างกัน ต้องมีการปรับวิธีการศึกษาให้เหมาะกับพื้นที่นั้น ๆ หากจะนำไปใช้กับพื้นที่อื่นควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน หากนำไปใช้กับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

2) การเลือกช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ควรเป็นช่วงระยะเวลาหรือฤดูกาลที่ใกล้เคียงกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และเหมาะสมกับพื้นที่แต่ละพื้นที่ เนื่องจากในบางฤดูกาลหญาทะเลจะมีปริมาณการปกคลุมที่ต่ำ และบางฤดูกาลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกได้โดนบดบังโดยเมฆ

3) การเลือกชนิดของภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาควรเลือกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมบางประเภท เช่น ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดเชิงพื้นที่สูง ได้แก่ ภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 และภาพถ่ายดาวเทียม GeoEye-2 ซึ่งเป็นภาพถ่ายดาวเทียมที่มีราคาสูง

4) เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมที่นำมาใช้ในการศึกษาทำการบันทึกภาพในช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุด ทำให้ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ต้องทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ (Water Column Correction Techniques) ซึ่งต่างกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ ด้วยการทำ Depth-invariant bottom index

5) การพัฒนาแบบจำลองควรทำการทดสอบโดยแยกตามชนิดของหญาทะเลเพื่อเป็นการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญาทะเลมีความถูกต้อง และควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมในแต่ละชนิดของหญาทะเล

6) การนำแบบจำลองไปใช้งานจริง ควรทำการทดสอบแบบจำลองก่อนใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ควรทดสอบกับช่วงเวลาที่แตกต่างกันเพื่อดูประสิทธิภาพของแบบจำลองในการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญาทะเล

7) แบบจำลองการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญาทะเลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสำหรับใช้ในพื้นที่อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ตเท่านั้น หากนำไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ควรพิจารณาเลือกพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน หากนำไปใช้กับพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมากอาจก่อให้เกิดความผิดพลาดได้

8) แบบจำลองการประมาณค่าการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลถูกพัฒนาขึ้นบนสมมุติฐานว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลในรูปแบบเชิงเส้นตรง ดังนั้นหากในอนาคตต้องการนำกรอบแนวคิดของการศึกษาครั้งนี้ไปทำการศึกษาเพิ่มเติม อาจพิจารณาเลือกใช้ความสัมพันธ์ในรูปแบบไม่เชิงเส้นตรงเพิ่มเติม

อ้างอิง

- กาญจนภานันท์ ลีวมนอนนต์, สุจินต์ ดีแท้ และวิทยา ศรีมโนภาน. (2534). รายงานการวิจัยเรื่อง *อนุกรมวิธาน และนิเวศวิทยาของหอยน้ำทะเลในประเทศไทย*, เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2554). *สถานภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง พ.ศ. 2550-2554*, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556). *คัมภีร์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของไทย*, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุทกศาสตร์. (2556). *มาตรฐานน้ำ น่านน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา-อ่าวไทย-ทะเลอันดามัน พ.ศ. 2556*, กรมอุทกศาสตร์, กองทัพเรือ, กรุงเทพมหานคร.
- กรมอุทกศาสตร์. (2557). *มาตรฐานน้ำ น่านน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา-อ่าวไทย-ทะเลอันดามัน พ.ศ. 2557*, กรมอุทกศาสตร์, กองทัพเรือ, กรุงเทพมหานคร.
- จตุพร พันธุ์ทอง. (2554). “การประยุกต์เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากหลายแหล่งในการจำแนกหอยน้ำทะเล กรณีศึกษา: อ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี.” วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีภูมิศาสตร์, คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ธีรทัต เจริญกัลป์ญญา และ เฉลิมชนม์ สติระพจน์. (2553). “การประเมินค่าความถูกต้องจากการรังวัดด้วยดาวเทียมจีพีเอสแบบจลน์ในพื้นที่โดยอาศัยระบบเครือข่ายสถานีฐานจีพีเอสระบบแรกในประเทศไทย: ผลการทดลองเบื้องต้น.” *วิศวกรรมสาร มก*, 22(70), 45-56.
- ทรงศักดิ์ ภูลีอ่อน. (2554). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย*, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ประยูรศรี บุตรแสนคม. (2555). “การคัดเลือกตัวแปรพยากรณ์เข้าในสมการถดถอยพหุคูณ.” *วารสารการวัดผลการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 17(1), 43-60.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฬุ. (2538). *ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้*, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

อ้างอิง (ต่อ)

- ภัทรารุช พุติงห์. (2548). “ศึกษาเทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อการจำแนกแหล่งหญ้าทะเลอ่าวคู้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเทคโนโลยีและการบริหารสิ่งแวดล้อม, คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2549). *หญ้าทะเลในน่านน้ำไทย*, บริษัท ลิ้มมาร์ค แอ็ดเวอร์ไทซ์ จำกัด, กุเก็ท.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน. (2557). *รายงานการสำรวจและประเมินสถานภาพและศักยภาพทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง: ปะการังและหญ้าทะเลปี 2557*, โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพมหานคร.
- ชัยมงคล เข้มอุรา และ สาธิตา เผ่ากันทะ. (2550). การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของระบบนิเวศวิทยาแหล่งหญ้าทะเลอ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน.
- สุชาย วรชนะนันท์, พงศ์ธีระ บัวเพ็ชร, สราวุธ ศิริวงศ์ และ ภาสินี วรชนะนันท์. (2555). *คู่มือฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการติดตามและเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรธรรมชาติทางทะเลและชายฝั่ง*, เอกสารการฝึกอบรมวิธีมาตรฐานในการติดตามการเปลี่ยนแปลงสถานภาพสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในแนวปะการัง, อุทยานสิรินาถ จังหวัดภูเก็ต: วันที่ 8-11 พฤษภาคม พ.ศ. 2555.
- สุรเชษฐ์ สีแดง. (2551). “การประมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าชายเลน บริเวณเกาะลันตาจังหวัดกระบี่ ด้วยเทคนิคการรับรู้ระยะไกล.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์), สาขาวิชาการจัดการป่าไม้, ภาควิชาการจัดการป่าไม้, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุวลักษณ์ สาธมนัสพันธุ์. (2546). *การจัดการหญ้าทะเล, คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพมหานคร.*
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน. (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศศาสตร์*, อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพมหานคร.
- สรศักดิ์ กลิ่นดาว. (2550). *การสำรวจจากระยะไกล: การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น*, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพมหานคร.

อ้างอิง (ต่อ)

- Brown, S. (1997). *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests*, In FAO Forest Report, Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.
- Demoll, R. (1972). "Betrachtungen uber produktions berechnungen." *Hydrobiol.* 18, 460-463.
- Di Carlo, G. and McKenzie, L.J. (2011). *Seagrass training manual for resource managers*, Conservation International, U.S.A.
- DigitalGlobe. (2012). "WorldView-2 DATA SHEET." (Online) Available on http://satimagIng corp.s3.Amzaonaws.amazonaws.com/site/pdf/WorldView-2_datasheet.pdf. (10 March 2014).
- Edwards, P.J. and Grubb, P.J. (1977). "Studies of mineral cycling in a Montane rain forest in New Guinea: The distribution of organic matter in the vegetation and soil." *Journal of Ecology*, 65, 43-69.
- English, S., Wilkinson, C. and Baker, V. (1997). *Survey Manual for Tropical Marine Resource (2 Edition)*, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australian.
- Kohler, K.E. and Shaun, M.G. (2006). "Coral Point Count with Excel Extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology." *Computer and Geosciences*, 32(9), 1259-1269.
- Lewmanomont, K. and Ogawa, H. (1995). *Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand*, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Integrated Promotion Technology Co.Ltd, Bangkok.
- Lyons, M., Phinn, S. and Roelfsema, C. (2011). "Integrating Quickbird Multi-Spectral Satellite and Field Data: Mapping Bathymetry, Seagrass Cover, Seagrass Species and Change in Moreton Bay, Australia in 2004 and 2007." *Remote Sens*, 3, 42-64.
- Odum, E.P. (1963). *Fundamental of Ecology*, Halt Reinhart & Winston Inc., New York.
- Ogawa, H., Yoda, K. and Kira, T. (1965). "Comparative Ecological Study on Three Main Types of Forest Vegetation in Thailand in Structure and Floristic Composition: Nature and Life in South-East Asia." *Fauna and Flora Research Society*, 4.
- Ovington, J.D. (1962). "Quantitative Ecology and the Woody Ecosystem Concept." *Adv Ecol Res*, 1, 103-192.

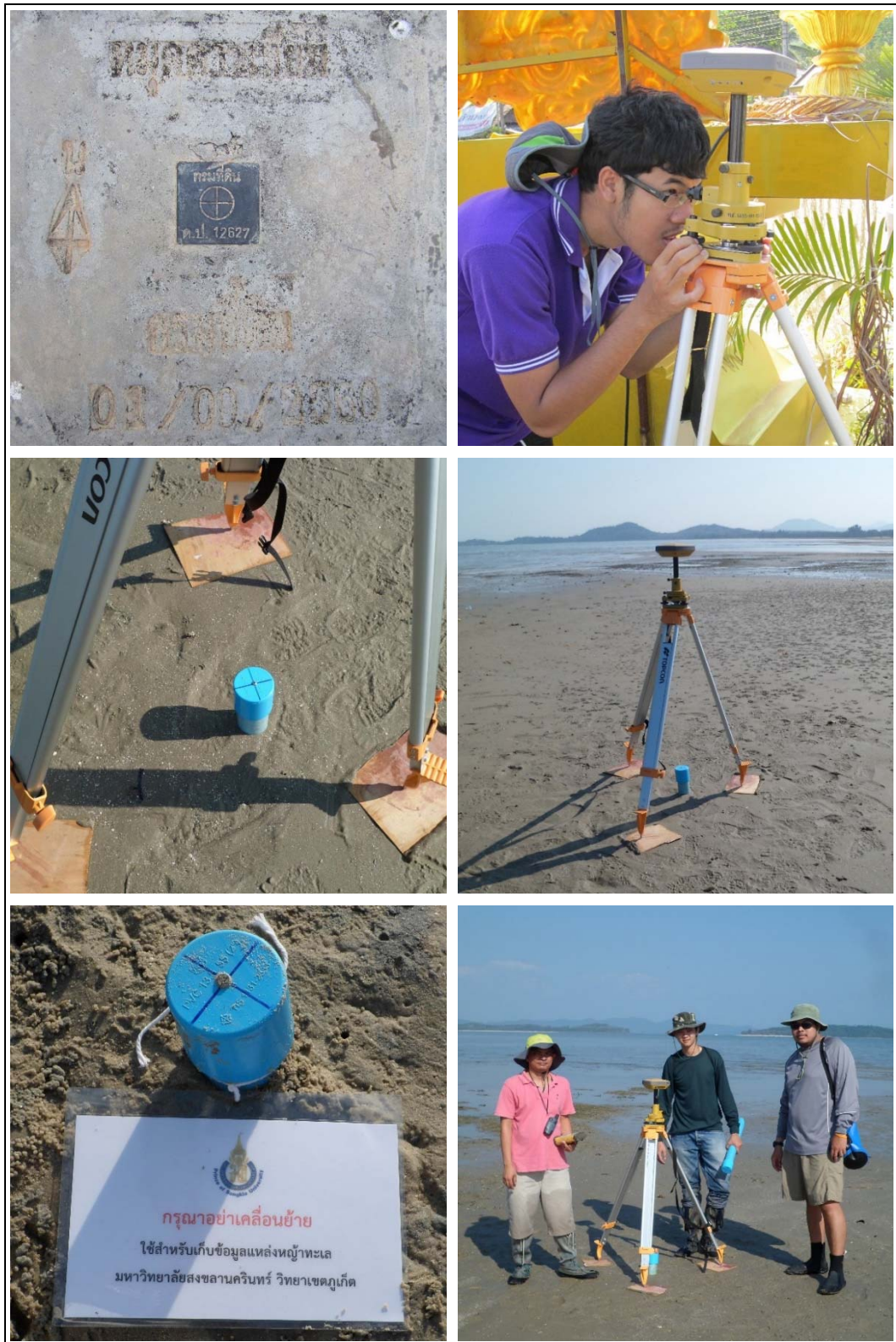
อ้างอิง (ต่อ)

- 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.
- 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.
- Roelfsema, C., Lyons, M., Kovacs, M., Maxwell, P., Saunders, m., Villarreal, J. and Phinn, S. (2014). "Multi-temporal mapping of seagrass cover, species and biomass: A semi-automated object based image analysis approach." *Remote Sens Environ*, 150, 172-187.
- UNEP. (2547). ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เล่มที่ 3 ห้วยาทะเล, UNEP GEF Project on Reversing Environmental Degradation Trends in the South China Sea Gulf of Thailand, ชาโดว์ กราฟฟิกส์, กรุงเทพมหานคร.
- 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.
- 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.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การสำรวจภาคสนาม

ภาคผนวก ก1
การจัดทำมุดหลักฐาน



รูปภาพผนวกที่ ก1 การจัดทำหมุดหลักฐาน

ภาคผนวก ก2
การเก็บข้อมูลภาคสนาม



รูปภาพผนวกที่ ก2 การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม

ภาคผนวก ข1

การวิเคราะห์ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล

MAJOR CATEGORY (% of transect)	MEAN	STD. DEV.	STD. ERROR
11 CORAL (C)	0.00	0.00	#DIV/0!
12 GORGONANS (G)	0.00	0.00	#DIV/0!
13 SPONGES (S)	0.00	0.00	#DIV/0!
14 ZONANTHS (Z)	0.00	0.00	#DIV/0!
15 MACROALGAE (MA)	52.00	52.00	#DIV/0!
16 OTHER LIVE (OL)	0.00	0.00	#DIV/0!
17 DEAD CORAL WITH ALGAE (DCA)	0.00	0.00	#DIV/0!
18 CORALLINE ALGAE (CA)	0.00	0.00	#DIV/0!
19 DISEASED CORALS (DC)	0.00	0.00	#DIV/0!
20 SAND, PAVEMENT, RUBBLE (SPR)	48.00	48.00	#DIV/0!
21 UNKNOWN (LI)	0.00	0.00	#DIV/0!
22 TAPE, WAND, SHADOW (TWS)	0.00	0.00	#DIV/0!
23 Sum (excluding tape+shadow+wand)	100.00		

SUBCATEGORIES (% of transect)	MEAN	STD. DEV.	STD. ERROR
26 CORAL (C)			
27 Acropora cervicornis (AC)	0.00	0.00	#DIV/0!

รูปภาคผนวกที่ ข1 การวิเคราะห์ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเลด้วยโปรแกรม CPCe 4.0

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
1	435625.5815	887060.3488	Ea	23
2	435487.5489	885763.5138	Ea	23
3	435743.2574	887055.5833	Ea	42
4	435725.3193	887070.1672	Ea	36
5	435704.2799	887079.3821	Ea	52
6	435670.9074	887070.2938	Ea	49
7	435652.4089	887050.7787	Ea	42
8	435641.3641	887029.1689	Ea	58
9	435637.8006	887006.1573	Ea	47
10	435613.1516	886998.0194	Ea	34
11	435632.0243	886978.9403	Ea	44
12	435619.8971	886954.4467	Ea	32
13	435599.1057	886959.1052	Ea	30
14	435596.8935	886907.0165	Ea	40
15	435589.4931	886875.7546	Ea	53
16	435582.0213	886854.2815	Ea	39
17	435577.4221	886814.5055	Ea	39
18	435565.6294	886793.8075	Ea	43
19	435559.9749	886774.1008	Ea	44
20	435555.4446	886742.5889	Ea	35
21	435548.9650	886694.8784	Ea	40
22	435542.2117	886650.4827	Ea	56
23	435463.7235	886319.5668	Ea	38

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*, **Sand:** ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
24	435484.2556	886314.0154	Ea	37
25	435497.4324	886319.0703	Ea	46
26	435494.9304	886306.1069	Ea	58
27	435493.7884	886293.4186	Ea	43
28	435492.5883	886271.4234	Ea	56
29	435491.2112	886238.6610	Ea	46
30	435493.3184	886215.6753	Ea	59
31	435497.8282	886186.1856	Ea	60
32	435502.9965	886151.5257	Ea	51
33	435496.2225	886127.3410	Ea	41
34	435494.3858	886100.0552	Ea	51
35	435487.1301	886072.2225	Ea	62
36	435481.8924	886044.0029	Ea	50
37	435492.1688	886015.5979	Ea	44
38	435506.6102	885888.9016	Ea	40
39	435639.7366	885329.5693	Ea	31
40	435654.1582	885400.5483	Ea	18
41	435589.1201	885496.0497	Ea	21
42	435563.0873	885504.1919	Ea	32
43	435547.4010	885523.5816	Ea	29
44	435526.0468	885558.0224	Ea	54
45	435510.8785	885590.9087	Ea	40
46	435494.2477	885609.8755	Ea	28

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*, **Sand:** ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
47	435490.2232	885630.2082	Ea	26
48	435499.0624	885642.5207	Ea	41
49	435502.0442	885660.8756	Ea	49
50	435502.0136	885679.4030	Ea	41
51	435502.3323	885698.0061	Ea	44
52	435499.0147	885719.8600	Ea	52
53	435500.0831	885739.4974	Ea	46
54	435501.3689	885756.9735	Ea	60
55	435509.9043	885780.8784	Ea	49
56	436032.2435	888444.9857	Ho	70
57	436052.1870	888442.4915	Ho	85
58	436071.6584	888438.6873	Ho	72
59	436091.5231	888434.0571	Ho	82
60	436111.2278	888430.1715	Ho	83
61	435940.5910	888271.9020	Ho	91
62	435980.1109	888262.6260	Ho	76
63	435999.5683	888257.9470	Ho	78
64	435820.0747	888202.0564	Ho	63
65	435838.5739	888194.9147	Ho	68
66	435856.8005	888186.7185	Ho	54
67	435875.3627	888178.9099	Ho	53
68	435893.7510	888171.3969	Ho	63
69	435912.0783	888162.4482	Ho	76

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*, **Th:** *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*, **Sand:** ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
70	435930.6129	888154.7445	Ho	61
71	435948.8914	888146.6258	Ho	73
72	435966.6400	888139.1711	Ho	78
73	435511.1855	887099.7015	Ho	58
74	435568.0883	887080.6229	Ho	57
75	435605.7301	887067.0433	Ho	62
76	435316.9465	885989.9254	Ho	68
77	435336.5323	885991.9112	Ho	35
78	435356.5824	885993.9416	Ho	64
79	435376.9157	885994.9279	Ho	75
80	435396.4007	885995.6748	Ho	67
81	435318.5962	885757.1975	Ho	59
82	435338.5932	885757.5825	Ho	69
83	435459.4634	885761.0486	Ho	10
84	435377.9958	885475.7992	Ho	29
85	435496.0436	885487.0746	Ho	49
86	435387.3799	885811.1434	Ho	93
87	435385.0633	885821.0530	Ho	95
88	435380.6489	885834.3275	Ho	89
89	435342.4608	885999.8535	Ho	90
90	435357.6612	886011.7409	Ho	94
91	435378.0400	886036.4411	Ho	89
92	435372.7759	886042.6389	Ho	86

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*, Sand: ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
93	435381.8171	886067.9703	Ho	83
94	435423.7892	886109.0854	Ho	95
95	435426.3823	886156.9534	Ho	87
96	435396.8579	886243.6388	Ho	93
97	435389.8155	886260.1896	Ho	83
98	435389.1182	886278.6216	Ho	82
99	435371.4041	886290.9501	Ho	83
100	435391.8043	886283.6076	Ho	89
101	435460.3391	885975.7434	Ho	65
102	435454.3294	885957.1757	Ho	91
103	435468.3996	885954.2872	Ho	93
104	435433.3396	885692.8317	Ho	82
105	435425.8808	885558.5002	Ho	85
106	435406.6215	885475.2239	Ho	96
107	435468.4814	885355.8266	Ho	76
108	435527.2326	885352.1553	Ho	81
109	435920.8861	888275.8693	Th	50
110	435553.1093	886814.0371	Th	72
111	435546.6340	886822.4769	Th	86
112	435518.2619	886833.7111	Th	47
113	435504.0394	886840.1633	Th	71
114	435490.9332	886839.6868	Th	89
115	435481.7600	886840.0963	Th	98

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*,

Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*, Sand: ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
116	435453.6957	886822.6923	Th	81
117	435501.4626	886648.6601	Th	94
118	435493.2707	886654.0859	Th	93
119	435484.9457	886660.0953	Th	90
120	435488.0292	886668.7197	Th	80
121	435466.8949	886661.5719	Th	87
122	435477.6019	886675.3779	Th	100
123	435485.0991	886685.9929	Th	98
124	435471.6023	886719.2174	Th	98
125	435468.5311	886752.3702	Th	83
126	435451.6018	886880.6698	Th	80
127	435501.0649	886908.6777	Th	94
128	435433.5978	886147.0610	Th	86
129	435420.2770	886167.5474	Th	85
130	435432.5085	886170.8678	Th	70
131	435408.9825	886188.7776	Th	82
132	435417.2272	886196.1993	Th	93
133	435429.6256	886200.3494	Th	84
134	435426.1661	886208.7407	Th	95
135	435418.1830	886219.5365	Th	93
136	435395.5388	886238.0307	Th	98
137	435403.0888	886244.6541	Th	94
138	435368.6685	886276.8055	Th	95

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*, **Sand:** ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
139	435361.2135	886284.2492	Th	91
140	435382.2107	886286.2301	Th	77
141	435403.2723	886292.0897	Th	73
142	435400.4722	886330.0516	Th	91
143	435407.3762	885614.9678	Th	84
144	435391.2763	885522.8986	Th	46
145	435510.8659	886837.7430	Cr	65
146	435466.8519	886832.4517	Cr	90
147	435471.7146	886887.9917	Cr	75
148	435591.2635	886890.7996	Hu	37
149	436130.9953	888426.1206	Ho,Th	74
150	435960.1259	888267.3297	Ho,Th	77
151	436057.9028	888243.0087	Ho,Th	72
152	436077.4579	888238.1157	Ho,Th	71
153	436096.8299	888233.4014	Ho,Th	60
154	436116.2817	888228.3551	Ho,Th	72
155	435434.4576	887124.2823	Ho,Th	41
156	435453.4141	887118.2256	Ho,Th	58
157	435472.1100	887111.5459	Ho,Th	56
158	435492.2716	887106.0818	Ho,Th	48
159	435370.0113	886954.5980	Ho,Th	42
160	435398.3418	886943.3573	Ho,Th	29
161	435416.6652	886935.5188	Ho,Th	53

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*, Sand: ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
162	435435.3935	886928.9764	Ho,Th	71
163	435453.8454	886920.4862	Ho,Th	73
164	435472.8027	886914.4075	Ho,Th	46
165	435547.0741	886885.0885	Ho,Th	41
166	435326.9533	886782.5540	Ho,Th	41
167	435365.9886	886774.3737	Ho,Th	33
168	435384.8524	886770.1484	Ho,Th	56
169	435358.6847	885757.6579	Ho,Th	75
170	435379.7781	885758.8473	Ho,Th	81
171	435398.5721	885474.8732	Ho,Th	71
172	435418.3893	885477.0159	Ho,Th	72
173	435438.2989	885478.4202	Ho,Th	83
174	435457.6141	885480.9941	Ho,Th	72
175	435477.9058	885483.8124	Ho,Th	48
176	435403.6565	886225.7434	Ho,Th	89
177	435395.2037	886315.5606	Ho,Th	77
178	435407.4393	885743.5568	Ho,Th	87
179	436038.5563	888248.1181	Ho,Cr	84
180	435509.9972	886899.1495	Ho,Cr	60
181	435528.8997	886892.3701	Ho,Cr	62
182	435424.4650	886760.6682	Ho,Cr	57
183	435482.8457	886748.5424	Ho,Cr	58
184	435439.7372	885759.3187	Ho,Cr	66

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*,

Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*, Sand: ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
185	435391.5106	885768.2047	Ho,Cr	86
186	435431.0723	885727.8202	Ho,Cr	69
187	435439.9874	885751.3552	Ho,Cr	54
188	435421.3205	885710.9325	Ho,Cr	84
189	435417.0295	885663.0424	Ho,Cr	84
190	435405.3694	885637.5781	Ho,Cr	78
191	435627.1681	885340.7580	Ho,Cr	40
192	435429.6712	885784.9493	Ho,Cr	80
193	435437.4064	885767.4570	Ho,Cr	75
194	435378.1452	886275.2450	Th,Cr	85
195	435418.1227	885756.6983	Ea,Ho	63
196	436019.4140	888252.7856	Ho,Th,Cr	36
197	435530.4691	887092.2813	Ho,Th,Cr	53
198	435549.0241	887086.4297	Ho,Th,Cr	33
199	435491.6657	886906.3374	Ho,Th,Cr	48
200	435404.5787	886766.1296	Ho,Th,Cr	31
201	435444.4509	886757.4252	Ho,Th,Cr	58
202	435462.9639	886752.7540	Ho,Th,Cr	78
203	435502.7898	886744.6279	Ho,Th,Cr	65
204	435397.6814	885760.1813	Ho,Th,Cr	87
205	435385.5727	885801.6800	Ho,Th,Cr	90
206	435399.5072	885757.3478	Ho,Th,Cs	70
207	436150.4610	888422.0279	Ho,Th,Ea	57

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*,

Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*, Sand: ทราย

ตารางภาคผนวกที่ ข1 ร้อยละการปกคลุมของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	ร้อยละการปกคลุม
	ตะวันออก	เหนือ		
208	436170.1291	888417.3343	Ho,Th,Ea	69
209	436191.1960	888411.5446	Ho,Th,Ea	70
210	436209.3973	888406.1433	Ho,Th,Ea	63
211	436227.9281	888401.0496	Ho,Th,Ea	59
212	435388.1845	885784.4444	Ho,Ea,Cr	95
213	435393.1652	886069.2327	Ho,Ea,Cr	84

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr**: *Cymodocea rotundata*, **Cs**: *Cymodocea serrulata*, **Ea**: *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho**: *Halophila ovalis*, **Hu**: *Halodule uninervis*, **Sand**: ทราย

ภาคผนวก ข2
การวิเคราะห์มวลชีวภาพของหญ้าทะเล



รูปภาคผนวกที่ ข2 การวิเคราะห์หมวดชีวภาพของหญ้าทะเล

ตารางภาคผนวกที่ ข2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	น้ำหนักแห้ง (gDW/0.25m ²)
	ตะวันออก	เหนือ		
1	435637.8006	887006.1573	Ea	6.29
2	435487.5489	885763.5138	Ea	7.74
3	435625.5815	887060.3488	Ea	8.71
4	435577.4221	886814.5055	Ea	10.86
5	435743.2574	887055.5833	Ea	10.99
6	435670.9074	887070.2938	Ea	13.61
7	435596.8935	886907.0165	Ea	63.41
8	435377.9958	885475.7992	Ho	1.03
9	435511.1855	887099.7015	Ho	1.93
10	435318.5962	885757.1975	Ho	2.31
11	435856.8005	888186.7185	Ho	2.37
12	435509.9972	886899.1495	Ho	2.63
13	435930.6129	888154.7445	Ho	2.89
14	435396.4007	885995.6748	Ho	2.95
15	435356.5824	885993.9416	Ho	3.20
16	435893.7510	888171.3969	Ho	3.22
17	435820.0747	888202.0564	Ho	3.43
18	436038.5563	888248.1181	Ho	3.49
19	435316.9465	885989.9254	Ho	3.74
20	435999.5683	888257.9470	Ho	3.85
21	436032.2435	888444.9857	Ho	4.78
22	436111.2278	888430.1715	Ho	5.04
23	435966.6400	888139.1711	Ho	5.46

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ข2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	น้ำหนักแห้ง (gDW/0.25m ²)
	ตะวันออก	เหนือ		
24	436071.6584	888438.6873	Ho	5.53
25	435591.2635	886890.7996	Hu	3.42
26	435920.8861	888275.8693	Th	6.88
27	435468.5311	886752.3702	Th	11.85
28	435553.1093	886814.0371	Th	15.86
29	435439.7372	885759.3187	Ho,Cr	3.42
30	436150.4610	888422.0279	Ho,Ea	4.26
31	435472.1100	887111.5459	Ho,Th	2.03
32	435435.3935	886928.9764	Ho,Th	2.34
33	435496.0436	885487.0746	Ho,Th	2.63
34	436077.4579	888238.1157	Ho,Th	3.85
35	435960.1259	888267.3297	Ho,Th	4.04
36	435358.6847	885757.6579	Ho,Th	4.05
37	435434.4576	887124.2823	Ho,Th	4.22
38	435398.3418	886943.3573	Ho,Th	4.49
39	435418.3893	885477.0159	Ho,Th	4.80
40	436227.9281	888401.0496	Ho,Th	5.01
41	435457.6141	885480.9941	Ho,Th	5.14
42	436116.2817	888228.3551	Ho,Th	5.46
43	435399.5072	885757.3478	Ho,Th	5.99
44	435547.0741	886885.0885	Ho,Th	6.11
45	435384.8524	886770.1484	Ho,Th	7.14
46	435453.6957	886822.6923	Th,Cr	6.47

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ข2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	น้ำหนักแห้ง (gDW/0.25m ²)
	ตะวันออก	เหนือ		
47	435510.8659	886837.7430	Th,Cr	8.53
48	435466.8519	886832.4517	Th,Cr	10.68
49	435471.7146	886887.9917	Th,Cr	10.90
50	435490.9332	886839.6868	Th,Cr	14.45
51	435424.4650	886760.6682	Th,Cr,Ho	3.02
52	435462.9639	886752.7540	Th,Cr,Ho	3.50
53	435549.0241	887086.4297	Th,Cr,Ho	4.19
54	435502.7898	886744.6279	Th,Cr,Ho	6.90
55	435472.8027	886914.4075	Th,Cr,Ho	15.24
56	436191.1960	888411.5446	Th,Ea,Ho	6.19

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*,
Th: *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*

ภาคผนวก ค
การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล
จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

ตารางภาคผนวกที่ ๑1 ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของหญ้าทะเล (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง							
	ตะวันออก	เหนือ			Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
1	435637.8006	887006.1573	Ea	25.16	0.1814	0.1774	0.1569	0.1336	0.1257	0.0939	0.0868	0.0510
2	435487.5489	885763.5138	Ea	30.96	0.1801	0.1732	0.1542	0.1273	0.1164	0.0765	0.0671	0.0443
3	435625.5815	887060.3488	Ea	34.84	0.1796	0.1755	0.1575	0.1304	0.1189	0.0796	0.0689	0.0435
4	435577.4221	886814.5055	Ea	43.44	0.1814	0.1783	0.1615	0.1379	0.1297	0.0929	0.0827	0.0485
5	435743.2574	887055.5833	Ea	43.96	0.1792	0.1727	0.1536	0.1270	0.1160	0.0809	0.0693	0.0456
6	435670.9074	887070.2938	Ea	54.44	0.1814	0.1750	0.1585	0.1357	0.1267	0.0912	0.0799	0.0489
7	435377.9958	885475.7992	Ho	4.12	0.1739	0.1666	0.1486	0.1264	0.1169	0.0970	0.0909	0.0535
8	435511.1855	887099.7015	Ho	7.72	0.1783	0.1690	0.1496	0.1258	0.1174	0.0915	0.0840	0.0494
9	435318.5962	885757.1975	Ho	9.24	0.1792	0.1736	0.1536	0.1280	0.1169	0.0813	0.0707	0.0468
10	435856.8005	888186.7185	Ho	9.48	0.1783	0.1704	0.1536	0.1323	0.1228	0.1042	0.0987	0.0586
11	435509.9972	886899.1495	Ho	10.52	0.1761	0.1680	0.1490	0.1286	0.1194	0.1049	0.1047	0.0607
12	435930.6129	888154.7445	Ho	11.56	0.1814	0.1722	0.1536	0.1280	0.1164	0.0837	0.0753	0.0489
13	435396.4007	885995.6748	Ho	11.80	0.1792	0.1713	0.1532	0.1255	0.1150	0.0820	0.0712	0.0468

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ๑1 ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของหญ้าทะเล (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง							
	ตะวันออก	เหนือ			Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
14	435356.5824	885993.9416	Ho	12.80	0.1801	0.1746	0.1589	0.1317	0.1233	0.0823	0.0721	0.0468
15	435893.7510	888171.3969	Ho	12.88	0.1792	0.1699	0.1519	0.1270	0.1174	0.0885	0.0799	0.0506
16	435820.0747	888202.0564	Ho	13.72	0.1810	0.1722	0.1579	0.1420	0.1311	0.1271	0.1405	0.0903
17	436038.5563	888248.1181	Ho	13.96	0.1805	0.1755	0.1552	0.1276	0.1164	0.0809	0.0735	0.0489
18	435316.9465	885989.9254	Ho	14.96	0.1770	0.1704	0.1493	0.1245	0.1125	0.0837	0.0753	0.0473
19	435999.5683	888257.9470	Ho	15.40	0.1810	0.1741	0.1556	0.1292	0.1204	0.0844	0.0762	0.0498
20	436032.2435	888444.9857	Ho	19.12	0.1845	0.1764	0.1569	0.1351	0.1287	0.0990	0.0937	0.0594
21	436111.2278	888430.1715	Ho	20.16	0.1801	0.1741	0.1536	0.1276	0.1184	0.0868	0.0790	0.0514
22	435966.6400	888139.1711	Ho	21.84	0.1801	0.1732	0.1572	0.1298	0.1189	0.0806	0.0739	0.0477
23	436071.6584	888438.6873	Ho	22.12	0.1827	0.1774	0.1556	0.1326	0.1243	0.0929	0.0850	0.0548
24	435472.1100	887111.5459	Ho,Th	8.12	0.1756	0.1671	0.1486	0.1276	0.1169	0.0987	0.0951	0.0552
25	435435.3935	886928.9764	Ho,Th	9.36	0.1805	0.1764	0.1556	0.1205	0.1047	0.0673	0.0592	0.0418
26	435496.0436	885487.0746	Ho,Th	10.52	0.1792	0.1699	0.1496	0.1245	0.1140	0.0885	0.0808	0.0489

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ๑1 ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของหญ้าทะเล (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง							
	ตะวันออก	เหนือ			Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
27	436077.4579	888238.1157	Ho,Th	15.40	0.1796	0.1732	0.1529	0.1224	0.1106	0.0738	0.0671	0.0464
28	435960.1259	888267.3297	Ho,Th	16.16	0.1805	0.1741	0.1539	0.1286	0.1194	0.0868	0.0785	0.0519
29	435358.6847	885757.6579	Ho,Th	16.20	0.1765	0.1690	0.1473	0.1214	0.1091	0.0803	0.0716	0.0464
30	435434.4576	887124.2823	Ho,Th	16.88	0.1832	0.1741	0.1602	0.1454	0.1345	0.1301	0.1516	0.1100
31	435398.3418	886943.3573	Ho,Th	17.96	0.1801	0.1741	0.1569	0.1326	0.1243	0.0837	0.0749	0.0464
32	435418.3893	885477.0159	Ho,Th	19.20	0.1770	0.1662	0.1490	0.1264	0.1160	0.0980	0.0877	0.0510
33	436227.9281	888401.0496	Ho,Th	20.04	0.1765	0.1662	0.1457	0.1183	0.1037	0.0724	0.0648	0.0464
34	435457.6141	885480.9941	Ho,Th	20.56	0.1770	0.1699	0.1490	0.1242	0.1130	0.0909	0.0827	0.0481
35	436116.2817	888228.3551	Ho,Th	21.84	0.1796	0.1713	0.1486	0.1183	0.1042	0.0710	0.0634	0.0456
36	435399.5072	885757.3478	Ho,Th	23.96	0.1756	0.1662	0.1463	0.1208	0.1096	0.0830	0.0721	0.0456
37	435547.0741	886885.0885	Ho,Th	24.44	0.1748	0.1652	0.1480	0.1252	0.1155	0.0926	0.0840	0.0506
38	435384.8524	886770.1484	Ho,Th	28.56	0.1783	0.1694	0.1493	0.1233	0.1125	0.0823	0.0721	0.0460
39	435920.8861	888275.8693	Th	27.52	0.1832	0.1774	0.1585	0.1364	0.1262	0.0915	0.0836	0.0535
40	435468.5311	886752.3702	Th	47.40	0.1850	0.1797	0.1648	0.1469	0.1409	0.1127	0.1084	0.0623

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ๑1 ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง (Reflectance) และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ของหญ้าทะเล (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง							
	ตะวันออก	เหนือ			Band 1	Band 2	Band 3	Band 4	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8
41	435553.1093	886814.0371	Th	63.44	0.1801	0.1736	0.1575	0.1401	0.1341	0.1076	0.1047	0.0611
42	435453.6957	886822.6923	Th,Cr	25.88	0.1823	0.1797	0.1645	0.1457	0.1399	0.1052	0.0964	0.0556
43	435510.8659	886837.7430	Th,Cr	34.12	0.1819	0.1769	0.1592	0.1423	0.1380	0.1086	0.1056	0.0627
44	435466.8519	886832.4517	Th,Cr	42.72	0.1827	0.1792	0.1631	0.1413	0.1355	0.0973	0.0873	0.0519
45	435471.7146	886887.9917	Th,Cr	43.60	0.1827	0.1783	0.1631	0.1460	0.1424	0.1151	0.1139	0.0648
46	435490.9332	886839.6868	Th,Cr	57.80	0.1819	0.1769	0.1595	0.1389	0.1326	0.1011	0.0932	0.0544

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*, **Th:** *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*

```

R
R File Edit View Misc Packages Windows Help
[Icons]

R version 3.1.2 (2014-10-31) -- "Pumpkin Helmet"
Copyright (C) 2014 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

> setwd("D:/Master_degree/SG_Result/Seagrass Biomass/Biomass_Model")
> read.table("Train.txt",header=TRUE,as.is=TRUE) -> m
> lm(data=m,SG~B1+B2+B3+B4+B5+B6+B7+B8) -> mod
> summary(mod)

Call:
lm(formula = SG ~ B1 + B2 + B3 + B4 + B5 + B6 + B7 + B8, data = m)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-20.634  -5.856  -1.761   5.452  27.998

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -125.7      214.7  -0.586  0.5616
B1             673.3     1959.2   0.344  0.7330
B2            -315.9     1684.5  -0.188  0.8523
B3           -2536.0     1969.2  -1.288  0.2058
B4             5289.6     2713.1   1.950  0.0588 .
B5            -1095.0     1591.5  -0.688  0.4957
B6            -363.2     1518.7  -0.239  0.8123
B7            -321.8     1411.5  -0.228  0.8209
B8            -446.8       980.9  -0.455  0.6514
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.47 on 37 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4705,    Adjusted R-squared:  0.356
F-statistic:  4.11 on 8 and 37 DF,  p-value: 0.001386

```

รูปภาคผนวกที่ ค การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression)

```

R
R File Edit View Misc Packages Windows Help
[Icons]
> lm(data=m, SG~B1+B3+B4+B5+B6+B7+B8) -> mod
> summary(mod)

Call:
lm(formula = SG ~ B1 + B3 + B4 + B5 + B6 + B7 + B8, data = m)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-20.884  -6.029  -1.887   5.415  28.136

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -118.4      208.4   -0.568  0.5732
B1              442.8      1505.9    0.294  0.7703
B3             -2692.5     1761.1   -1.529  0.1346
B4              5307.2     2676.9    1.983  0.0547 .
B5             -1110.9     1568.9   -0.708  0.4832
B6              -303.4     1465.9   -0.207  0.8371
B7              -377.7     1362.0   -0.277  0.7830
B8             -398.6       934.5   -0.426  0.6722
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.32 on 38 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.47,    Adjusted R-squared:  0.3724
F-statistic: 4.814 on 7 and 38 DF,  p-value: 0.0005934

> lm(data=m, SG~B1+B3+B4+B5+B7+B8) -> mod
> summary(mod)

Call:
lm(formula = SG ~ B1 + B3 + B4 + B5 + B7 + B8, data = m)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-21.166  -5.857  -1.408   5.729  28.649

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -129.7      198.6   -0.653  0.5177
B1              418.4      1482.8    0.282  0.7793
B3             -2531.4     1560.2   -1.622  0.1128
B4              5192.2     2586.2    2.008  0.0516 .
B5             -1168.4     1525.0   -0.766  0.4482
B7              -631.1       589.9   -1.070  0.2913
B8             -275.9       713.7   -0.387  0.7012
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.18 on 39 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4694,    Adjusted R-squared:  0.3878
F-statistic: 5.751 on 6 and 39 DF,  p-value: 0.0002326

```

รูปภาคผนวกที่ ค การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) (ต่อ)

```

R
R File Edit View Misc Packages Windows Help
[Icons]

> lm(data=m, SG~B3+B4+B5+B7+B8) -> mod
> summary(mod)

Call:
lm(formula = SG ~ B3 + B4 + B5 + B7 + B8, data = m)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-21.628  -5.658  -1.476   5.592  28.464

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -79.26     85.78  -0.924  0.3611
B3            -2346.10    1398.95  -1.677  0.1013
B4              5061.43    2514.87   2.013  0.0509 .
B5            -1057.48    1456.42  -0.726  0.4720
B7              -691.14     543.80  -1.271  0.2111
B8             -183.19     626.20  -0.293  0.7714
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 11.05 on 40 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4683,    Adjusted R-squared:  0.4019
F-statistic: 7.047 on 5 and 40 DF,  p-value: 8.328e-05

> lm(data=m, SG~B3+B4+B5+B7) -> mod
> summary(mod)

Call:
lm(formula = SG ~ B3 + B4 + B5 + B7, data = m)

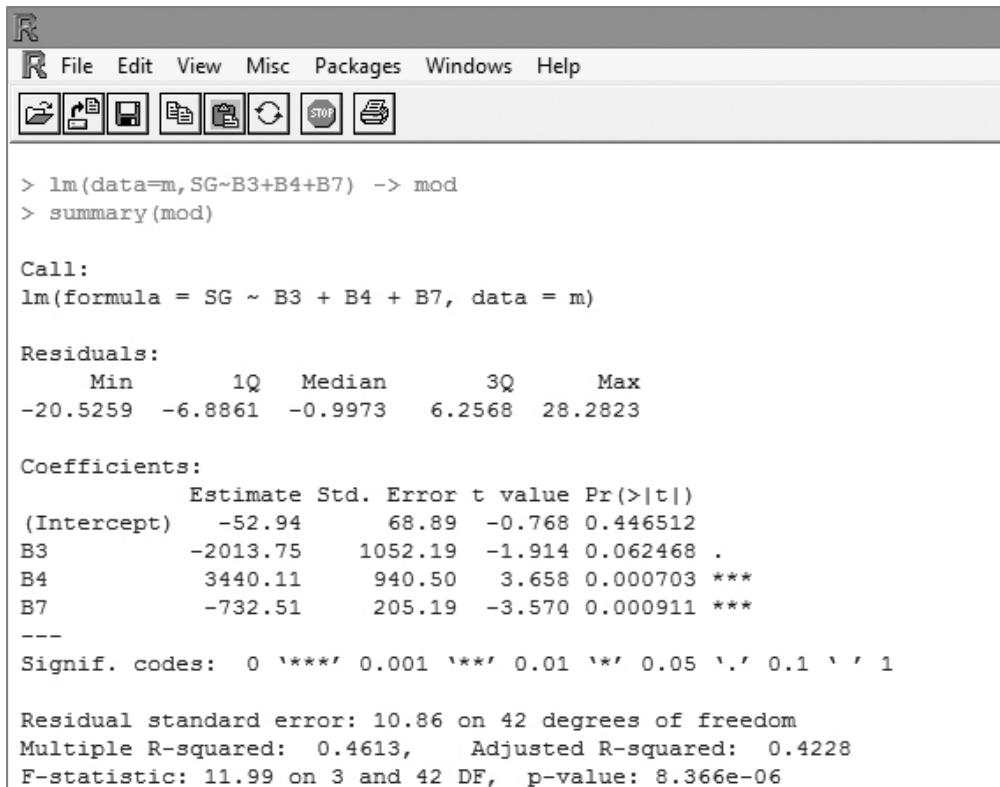
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-21.347  -5.900  -1.087   5.725  28.488

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -65.99     72.00  -0.917  0.36475
B3            -2500.04    1281.69  -1.951  0.05796 .
B4              4977.30    2470.35   2.015  0.05051 .
B5            -861.81    1279.25  -0.674  0.50429
B7             -831.45     253.43  -3.281  0.00212 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.93 on 41 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4672,    Adjusted R-squared:  0.4152
F-statistic: 8.988 on 4 and 41 DF,  p-value: 2.624e-05

```

รูปภาคผนวกที่ ค การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) (ต่อ)



```

R
R File Edit View Misc Packages Windows Help
[Icons]

> lm(data=m, SG~B3+B4+B7) -> mod
> summary(mod)

Call:
lm(formula = SG ~ B3 + B4 + B7, data = m)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-20.5259  -6.8861  -0.9973   6.2568  28.2823

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)   -52.94      68.89  -0.768  0.446512
B3            -2013.75    1052.19  -1.914  0.062468 .
B4             3440.11     940.50   3.658  0.000703 ***
B7             -732.51     205.19  -3.570  0.000911 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 10.86 on 42 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.4613,    Adjusted R-squared:  0.4228
F-statistic: 11.99 on 3 and 42 DF,  p-value: 8.366e-06

```

รูปภาคผนวกที่ ค การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยวิธีเพิ่มตัวแปรอิสระแบบขั้นตอน (Stepwise Regression) (ต่อ)

ตารางภาคผนวกที่ ค2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง			มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ หญ้าทะเลที่ได้จากการ ประมาณค่า (gDW/m ²)
	ตะวันออก	เหนือ			Band 3	Band 4	Band 7	
1	435637.8006	887006.1573	Ea	25.16	0.1569	0.1336	0.0868	27.12
2	435487.5489	885763.5138	Ea	30.96	0.1542	0.1273	0.0671	25.31
3	435625.5815	887060.3488	Ea	34.84	0.1575	0.1304	0.0689	28.01
4	435577.4221	886814.5055	Ea	43.44	0.1615	0.1379	0.0827	35.65
5	435743.2574	887055.5833	Ea	43.96	0.1536	0.1270	0.0693	23.88
6	435670.9074	887070.2938	Ea	54.44	0.1585	0.1357	0.0799	36.18
7	435377.9958	885475.7992	Ho	4.12	0.1486	0.1264	0.0909	16.06
8	435511.1855	887099.7015	Ho	7.72	0.1496	0.1258	0.0840	17.04
9	435318.5962	885757.1975	Ho	9.24	0.1536	0.1280	0.0707	26.29
10	435856.8005	888186.7185	Ho	9.48	0.1536	0.1323	0.0987	20.58
11	435509.9972	886899.1495	Ho	10.52	0.1490	0.1286	0.1047	12.72
12	435930.6129	888154.7445	Ho	11.56	0.1536	0.1280	0.0753	22.92

คำอธิบายชื่อย่อ Cr: *Cymodocea rotundata*, Cs: *Cymodocea serrulata*, Ea: *Enhalus acoroides*, Th: *Thalassia hemprichii*, Ho: *Halophila ovalis*, Hu: *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ค2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง			มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ หญ้าทะเลที่ได้จากการ ประมาณค่า (gDW/m ²)
	ตะวันออก	เหนือ			Band 3	Band 4	Band 7	
13	435396.4007	885995.6748	Ho	11.80	0.1532	0.1255	0.0712	18.13
14	435356.5824	885993.9416	Ho	12.80	0.1589	0.1317	0.0721	27.32
15	435893.7510	888171.3969	Ho	12.88	0.1519	0.1270	0.0799	19.54
16	435820.0747	888202.0564	Ho	13.72	0.1579	0.1420	0.1405	14.67
17	436038.5563	888248.1181	Ho	13.96	0.1552	0.1276	0.0735	19.64
18	435316.9465	885989.9254	Ho	14.96	0.1493	0.1245	0.0753	19.54
19	435999.5683	888257.9470	Ho	15.40	0.1556	0.1292	0.0762	22.37
20	436032.2435	888444.9857	Ho	19.12	0.1569	0.1351	0.0937	27.23
21	436111.2278	888430.1715	Ho	20.16	0.1536	0.1276	0.0790	18.84
22	435966.6400	888139.1711	Ho	21.84	0.1572	0.1298	0.0739	22.89
23	436071.6584	888438.6873	Ho	22.12	0.1556	0.1326	0.0850	27.62
24	435472.1100	887111.5459	Ho,Th	8.12	0.1486	0.1276	0.0951	17.11

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*, **Th:** *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ค2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง			มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ หญ้าทะเลที่ได้จากการ ประมาณค่า (gDW/m ²)
	ตะวันออก	เหนือ			Band 3	Band 4	Band 7	
25	435435.3935	886928.9764	Ho,Th	9.36	0.1556	0.1205	0.0592	4.89
26	435496.0436	885487.0746	Ho,Th	10.52	0.1496	0.1245	0.0808	14.91
27	436077.4579	888238.1157	Ho,Th	15.40	0.1529	0.1224	0.0671	11.08
28	435960.1259	888267.3297	Ho,Th	16.16	0.1539	0.1286	0.0785	22.04
29	435358.6847	885757.6579	Ho,Th	16.20	0.1473	0.1214	0.0716	15.62
30	435434.4576	887124.2823	Ho,Th	16.88	0.1602	0.1454	0.1516	13.60
31	435398.3418	886943.3573	Ho,Th	17.96	0.1569	0.1326	0.0749	32.40
32	435418.3893	885477.0159	Ho,Th	19.20	0.1490	0.1264	0.0877	17.60
33	436227.9281	888401.0496	Ho,Th	20.04	0.1457	0.1183	0.0648	13.15
34	435457.6141	885480.9941	Ho,Th	20.56	0.1490	0.1242	0.0827	13.69
35	436116.2817	888228.3551	Ho,Th	21.84	0.1486	0.1183	0.0634	8.34
36	435399.5072	885757.3478	Ho,Th	23.96	0.1463	0.1208	0.0721	15.20

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*, **Th:** *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*

ตารางภาคผนวกที่ ค2 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเลที่ได้จากการประมาณค่าจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2 (ต่อ)

ลำดับที่	ตำแหน่ง (UTM)		ชนิดหญ้าทะเล	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของหญ้าทะเล ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (gDW/m ²)	ค่าพลังงานที่สะท้อนจากผิวโลกที่แท้จริง			มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ หญ้าทะเลที่ได้จากการ ประมาณค่า (gDW/m ²)
	ตะวันออก	เหนือ			Band 3	Band 4	Band 7	
37	435547.0741	886885.0885	Ho,Th	24.44	0.1480	0.1252	0.0840	18.20
38	435384.8524	886770.1484	Ho,Th	28.56	0.1493	0.1233	0.0721	17.76
39	435920.8861	888275.8693	Th	27.52	0.1585	0.1364	0.0836	35.87
40	435468.5311	886752.3702	Th	47.40	0.1648	0.1469	0.1084	41.14
41	435553.1093	886814.0371	Th	63.44	0.1575	0.1401	0.1047	35.16
42	435453.6957	886822.6923	Th,Cr	25.88	0.1645	0.1457	0.0964	46.41
43	435510.8659	886837.7430	Th,Cr	34.12	0.1592	0.1423	0.1056	38.65
44	435466.8519	886832.4517	Th,Cr	42.72	0.1631	0.1413	0.0873	40.76
45	435471.7146	886887.9917	Th,Cr	43.60	0.1631	0.1460	0.1139	37.44
46	435490.9332	886839.6868	Th,Cr	57.80	0.1595	0.1389	0.0932	35.43

คำอธิบายชื่อย่อ **Cr:** *Cymodocea rotundata*, **Cs:** *Cymodocea serrulata*, **Ea:** *Enhalus acoroides*, **Th:** *Thalassia hemprichii*, **Ho:** *Halophila ovalis*, **Hu:** *Halodule uninervis*

ภาคผนวก ง
ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

=====

Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)
120 The Government Complex Commemorating His Majesty The King's 80th Birthday Anniversary,
5th December, B.E.2550(2007)
Ratthaprasasanabhakti Building 6th and 7th Floor,
Chaeng Wattana Road, Lak Si, Bangkok 10210, THAILAND
Tel. +66 (0) 2141-4564-66, +66 (0) 2141-4569 Fax. +66 (0) 2143-9593
E-mail : info@userservice.gistda.or.th Website : <http://www.gistda.or.th>

=====

Product Order Metadata
Worldview Data Order Form : WV2-0017
Product ID : 57-0019
Creation Date : 26Feb014
Customer Project Name: Phuket
Sensor Type : Satellite
Sensor Name : Worldview-2
Media: CD
Product Media Format : CD
File Format : GeoTIFF
Scene ID : 053428454010_01_P001
Acquisition Date/Time: 27Dec2013

=====



รูปภาคผนวกที่ ๓ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม WorldView-2

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นายวิศรุทธิ์ อินทรเรือง		
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5630220007		
วุฒิการศึกษา			
	วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการ จัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2550

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

วิศรุทธิ์ อินทรเรือง, วีระพงศ์ เกิดสิน, ศุภะสิทธิ์ บุญเพียรผล และ ชนิตา สุวรรณประสิทธิ์. (2557). “การประยุกต์ใช้การสำรวจภาคสนามร่วมกับการสำรวจระยะไกลเพื่อสร้างแผนที่ขอบเขตและการแพร่กระจายของ หญ้าทะเล กรณีศึกษา อ่าวป่าคลอก จังหวัดภูเก็ต.” การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเลครั้งที่ 4, ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา: 10-12 มิถุนายน พ.ศ. 2557.

ชยณัฐ บัวทองแก้ว, วิศรุทธิ์ อินทรเรือง, ปกรณ์ ดิษฐกิจ และ สุธีระ ทองขาว. (2556). “การศึกษาสภาวะอุทกภัยในพื้นที่เทศบาลนครนครศรีธรรมราช ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS.” การประชุมวิชาการวิศวกรรมแหล่งน้ำ แห่งชาติ ครั้งที่ 5, โรงแรมเลอ เมอริเดียน เชียงราย รีสอร์ท เชียงราย: 5-6 กันยายน พ.ศ. 2556.