



อัลกอริทึมสำหรับการจำแนกสภาพแนวปะการังโซนพื้นราบโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม THEOS :

กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติสิรินาถ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย

Algorithm for Classifying Reef Flat Condition Using THEOS Satellite Data :

A Case Study at Sirinart National Park, Phuket Province, Thailand

ศศิธร สุขวิวัฒน์พร

Sasithorn Sukwiwatthanaporn

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

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ อัลกอริทึมสำหรับการจำแนกสภาพแนวปะการังโซนพื้นราบโดยใช้
ข้อมูลดาวเทียม THEOS : กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติสิรินาถ
จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย
ผู้เขียน นางสาวศศิธร สุขวิวัฒน์พร
สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	คณะกรรมการสอบ
..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินวัชร สุรัสวดี) ประธานกรรมการ (ดร.ปรีสาร รักวาทีน)
..... กรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ ทองชุมนุม)
..... (ดร.हररररर ररररर) กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินวัชร สุรัสวดี)
..... (นายนิพนธ์ พงศ์สุวรรณ) กรรมการ (นายนิพนธ์ พงศ์สุวรรณ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและ
การจัดการสิ่งแวดล้อม

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	อัลกอริทึมสำหรับการจำแนกสภาพแนวปะการังโซนพื้นราบโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม THEOS : กรณีศึกษาอุทยานแห่งชาติสิรินาถ จังหวัดภูเก็ต ประเทศไทย
ผู้เขียน	นางสาวศศิธร สุขวิวัฒน์พร
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

สภาพของแนวปะการังส่งผลต่อความสมบูรณ์ของระบบนิเวศตามแนวชายฝั่ง การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมทำให้สามารถตรวจสอบสภาพและการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังครอบคลุมพื้นที่กว้างอย่างสม่ำเสมอ วิทยานิพนธ์นี้พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับใช้กับข้อมูลดาวเทียม THEOS เพื่อจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบโดยมีพื้นที่ศึกษา คือ อุทยานแห่งชาติสิรินาถ จังหวัดภูเก็ต เนื่องด้วยปัจจัยทางกายภาพบริเวณดังกล่าวมีปะการังมีชีวิตจำนวนน้อยมาก อัลกอริทึมนี้จำแนกพื้นที่ที่มีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มากกว่า 0.05 เป็นพื้นดิน และพื้นที่ที่มีค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นสีเขียวน้อยกว่า 0.015 เป็นน้ำลึก อัลกอริทึมนี้ไม่ได้จำแนกประเภทพื้นสำหรับพื้นดินและพื้นที่น้ำลึก พื้นที่น้ำตื้นถูกจำแนกออกเป็นปะการังตายและทรายใต้น้ำ โดยการใช้ Neural Network ที่มีการฝึกสอนโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม THEOS และข้อมูลภาคสนามที่ซ้อนทับกัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้มีการแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Sampling) เพื่อใช้ในการฝึกสอนอัลกอริทึมและตรวจสอบความถูกต้อง Depth-Invariant Bottom Index ของ 3 ช่วงคลื่นถูกใช้เป็นข้อมูลนำเข้า (Inputs) สำหรับ Neural Network เพื่อขจัดผลของความลึกน้ำ ผลการศึกษาพบว่า อัลกอริทึมนี้มีความถูกต้องสูง โดยมีความถูกต้องในการจำแนกประเภทโดยรวม 100% มี Producer's Accuracy และ User's Accuracy ของทั้งปะการังตายและทรายใต้น้ำ เท่ากับ 100% อัลกอริทึมนี้มีประโยชน์ในการตรวจสอบสภาพและการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังโซนพื้นราบ สามารถใช้กับพื้นที่อื่นและวิธีการนี้สามารถประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวัดบนดาวเทียมอื่น ๆ ที่คล้ายกัน

คำสำคัญ : อัลกอริทึม การจำแนกประเภท แนวปะการังโซนพื้นราบ ดาวเทียมธีออส

Thesis Title Algorithm for Classifying Reef Flat Condition Using THEOS Satellite :
A Case Study at Sirinart National Park, Phuket Province, Thailand

Author Miss Sasithorn Sukwiwatthanaporn

Major Program Technology and Environmental Management

Academic 2010

ABSTRACT

Coral reef condition affects the integrity of the ecosystem along the coast. The application of satellite data can monitor condition and dynamics of coral reef over wide area regularly. This thesis developed an algorithm for use with THEOS satellite data for classifying surface type for reef flat zone. The study area is the Sirinart National Park, Phuket Province, Thailand. Due to physical factors, the area has very few live corals. The algorithm classifies areas with reflectance in near infrared band above 0.05 as land and those with reflectance in green band below 0.015 as deep water. The algorithm does not classify surface type for land and deep water. Areas with shallow water are classified as dead coral and sand under water using a neural network trained using THEOS satellite data and overlapping ground observations. The data were divided into 2 sets using stratified random sampling for neural network training and accuracy evaluation. Depth-invariant bottom indices for 3 pairs of bands were used as inputs to the neural network such that the effect from water depth was eliminated. The results show the overall accuracy of 100%. Producer's accuracies and User's accuracies for dead coral and sand under water are all 100%. This algorithm is useful for monitoring the condition and dynamics of reef flat zone. It can be applied to other areas and to other similar satellite sensors.

Keywords : Algorithm, Reef Flat, Classification, THEOS

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชินวัชร สุรัสวดี ดร.हरรรษา จรรย์แสงและอาจารย์นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและร่วมที่ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พันธ์ ทองชุมนุม และดร.ปรีสาร รักวาทิน คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์และบุคลากรในสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่าน บุคลากรของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณหัวหน้าอุทยานแห่งชาติสิรินาถและบุคลากรของอุทยานแห่งชาติสิรินาถ ที่เอื้อเฟื้อที่พักและอำนวยความสะดวกในการสำรวจภาคสนาม

ขอขอบพระคุณมูลนิธิพระบรมราชานุสรณ์พระบาทสมเด็จพระปกเกล้าเจ้าอยู่หัว และสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี บัณฑิตวิทยาลัยและคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ได้มอบทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณสำนักเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมและกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่อนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธรีซิเชิงเลข 1:4,000 สำหรับการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบบูชาพระคุณอันสูงสุดแก่คุณพ่อและคุณแม่ผู้ให้การสนับสนุนและให้โอกาสในการศึกษามาโดยตลอด จนบรรลุผลสำเร็จดังที่หวัง

ศศิธร สุขวิวัฒนพร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(3)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(11)
รายการรูป	(12)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
2.1 แนวปะการัง	4
2.1.1 Ahermatypic Coral	4
2.1.2 Hermatypic Coral	4
2.2 การแบ่งเขตแนวปะการัง	5
2.2.1 โซนพื้นราบ (Reef Flat)	5
2.2.2 โซนสันหรือไหล่ของแนวปะการัง (Reef Edge หรือ Reef Crest)	6
2.2.3 โซนลาดชัน (Reef Slope)	6
2.3 ปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของแนวปะการัง	7
2.3.1 อุณหภูมิ	7
2.3.2 แสงสว่าง	7
	(6)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 ความเค็ม	7
2.3.4 ความขุ่นใสของน้ำและการตกตะกอนในน้ำทะเล	7
2.3.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ	8
2.3.6 ปริมาณอาหาร	8
2.4 การแพร่กระจายของแนวปะการัง	8
2.4.1 ฟังอ่าวไทย	10
2.4.2 ฟังอันดามัน	10
2.5 ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากร	10
2.6 ข้อมูลดาวเทียม THEOS	12
2.6.1 คุณสมบัติทางกายภาพ	12
2.6.2 ระบบการถ่ายภาพ	13
2.6.3 ผลกระทบของภาพถ่ายดาวเทียม	13
2.6.4 คุณสมบัติของช่วงคลื่น	13
2.7 วิธีการจำแนกสภาพแนวปะการัง	14
2.7.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)	14
2.7.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification)	15
2.7.2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะทางสั้นที่สุด (Minimum Distance)	15
2.7.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกล่องคู่ขนาน (Parallelepiped Classification)	15
2.7.2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบใกล้เคียงมากที่สุด (Maximum Likelihood)	15
2.7.2.4 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบแผนผังต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree)	15
2.7.2.5 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network)	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	17
3.1 บริเวณพื้นที่ศึกษา การสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม	18
3.1.1 พื้นที่ศึกษา และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล	18
3.1.2 การสำรวจภาคสนาม	20
3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม	21
3.2 ข้อมูลดาวเทียมเบื้องต้น	23
3.2.1 ข้อมูลดาวเทียม	23
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	24
3.3.1 ข้อมูลและแผนที่	24
3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	24
3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม	25
3.4 การเตรียมและปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น	25
3.4.1 การกันขอบเขตภาพถ่ายดาวเทียม (Image Masking)	25
3.4.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)	25
3.4.3 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction)	26
3.4.3.1 การแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (<i>Digital Number : DN</i>) เป็น ค่าการ สะท้อนพลังงานที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (<i>Radiance</i>)	26
3.4.3.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลของบรรยากาศ (<i>Removal of Scattering in the Atmosphere</i>)	26
3.4.3.3 การแปลงค่า <i>Radiance</i> เป็น ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุบนพื้นผิวโลก (<i>Reflectance</i>)	27
3.4.3.4 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ (<i>Removal of Scattering in the Water</i>)	27
3.5 การเตรียมข้อมูลสำหรับพัฒนาอัลกอริทึม	28
3.5.1 การซ้อกันทับกันของข้อมูลภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	28
3.5.2 การเลือกตำแหน่ง Pixel ที่มีการสำรวจภาคสนาม	29
3.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนาม	29
3.5.4 การแบ่งข้อมูล Pixel เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมและตรวจสอบความถูกต้อง	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 การออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึม	29
3.7 การตรวจสอบความถูกต้อง	32
3.7.1 ความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก (Producer's Accuracy/Omission error)	32
3.7.2 ความถูกต้องสำหรับผู้ใช้ (User's Accuracy/Commission error)	32
3.7.3 ความถูกต้องรวมของการจำแนก (Overall Accuracy)	33
บทที่ 4 ผลและบทวิจารณ์ผลการวิจัย	34
4.1 ผลการสำรวจภาคสนาม	34
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม	36
4.3 ผลการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น	36
4.3.1 ผลการปรับแก้เชิงเรขาคณิต	36
4.3.2 ผลการปรับแก้เชิงคลื่น	37
4.3.2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการแปลงค่า Digital Number เป็น Radiance	37
4.3.2.2 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลของบรรยากาศ	39
4.3.2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการแปลงค่า Radiance เป็น Reflectance	40
4.3.2.4 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวณน้ำ	41
4.4 ผลการเตรียมข้อมูลสำหรับอัลกอริทึม	44
4.4.1 ผลการซ้อบันทึกข้อมูลภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียม	44
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนาม	45
4.5 ผลของอัลกอริทึม	46
4.6 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง	47
บทที่ 5 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	49
5.1 สรุปผลการวิจัย	49
5.2 ข้อเสนอแนะ	49

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก ข้อมูลดาวเทียม THEOS	54
ภาคผนวก ข ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม	58
ประวัติผู้เขียน	61

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณลักษณะของดาวเทียม THEOS	12
2.2 ระบบตรวจวัดของดาวเทียม THEOS	13
2.3 คุณสมบัติแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม THEOS	14
3.1 คำจำกัดความของประเภทพื้นแนวปะการัง	22
3.2 คุณสมบัติของภาพถ่ายดาวเทียม THEOS หลายช่วงคลื่น	24
4.1 ตัวอย่างแบบฟอร์มการสำรวจภาคสนาม	35
4.2 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามจาก Line ที่ 1	38
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มและลดของในแต่ละช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม	39
4.4 ค่า Radiance เฉลี่ยในแต่ละช่วงคลื่นของน้ำทะเลลึก	39
4.5 ค่า Mean Solar Exoatmospheric Irradiances ของแต่ละช่วงคลื่น	40
4.6 ค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านน้ำของแต่ละคู่ช่วงคลื่น	41
4.7 ตัวอย่างจำนวนจุด GPS ที่มีตำแหน่งตรงกับ Pixel แตกต่างกัน	43
4.8 จำนวน Pixel ที่มีจุด GPS แตกต่างกัน	44
4.9 ตัวอย่างข้อมูล DIV ของ 3 คู่ช่วงคลื่น ณ ตำแหน่ง Pixel เดียวกัน	45
4.10 จำนวน Pixel ของแต่ละประเภทพื้นแนวปะการัง	45
4.11 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทพื้นแนวปะการัง โชนพื้นราบ และน้ำทะเลลึก	48

รายการรูป

รูปที่	หน้า
2.1 รูปร่างของปะการังแบบต่าง ๆ (สัญลักษณ์ สาธมนัสพันธุ์, 2549)	5
2.2 แผนที่แสดงเขตการแพร่กระจายแนวปะการังของประเทศไทย (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต, 2551)	9
3.1 ขั้นตอนการพัฒนาอัลกอริทึม	17
3.2 พื้นที่อาณาเขตบริเวณอุทยานแห่งชาติสิรินาถ (กรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า) และพื้นที่แนวปะการัง (พื้นที่สีเขียว) (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต, 2551)	19
3.3 ขอบเขตและ Line ในบริเวณพื้นที่ศึกษา	20
3.4 รูปแบบการลงเก็บข้อมูลในบริเวณพื้นที่ศึกษา	21
3.5 แนวขอบเขตการโคจรของดาวเทียม THEOS บันทึกภาพ ณ บริเวณพื้นที่ศึกษาวงโคจรหมายเลข # 131 (สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2551)	23
3.6 ภาพซ้อนทับกันระหว่างข้อมูลภาคสนามและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม	28
3.7 ค่า Threshold เท่ากับ 0.05 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้	30
3.8 ค่า Threshold เท่ากับ 0.015 ของช่วงคลื่นสีเขียว	30
3.9 อัลกอริทึมสำหรับจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบ	31
3.10 โครงสร้างการทำงานของอัลกอริทึม	32
4.1 เปอร์เซ็นต์ครอบคลุมพื้นที่ของทุกประเภทพื้นแนวปะการังจากการสำรวจภาคสนามทั้งหมด 496 จุด	36
4.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม THEOS	37
4.3 ด้านซ้ายก่อนการปรับแก้และด้านขวาหลังการปรับแก้อิทธิพลจากชั้นบรรยากาศ	39
4.4 ภาพ Reflectance ที่ตัดพื้นที่ไหล่พื้นน้ำและน้ำลึก	40
4.5 DIV ของช่วงคลื่นสีแดงและสีเขียว	41
4.6 DIV ของช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงิน	42
4.7 DIV ของช่วงคลื่นสีเขียวและสีน้ำเงิน	42
4.8 ตัวอย่าง DIV ของ 3 คู่ช่วงคลื่นของแต่ละประเภทพื้นแนวปะการัง	46

รายการรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 ผลการจำแนกสภาพพื้นแนวปะการัง โซนพื้นราบและเขตทะเลลึกบริเวณพื้นที่ศึกษา	47
ก1 ข้อมูลประกอบภาพถ่ายดาวเทียม	55-57
ข1 การสำรวจภาคสนาม	59-60

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

ANN	Artificial Neural Network
Bias	Absolute Calibration Bias
CPCe	Coral Point Count with Excel Extensions
DIV	Depth – Invariant Bottom Index
DN	Digital Number
Gain	Absolute Calibration Gain
GCP	Ground Control Point
GPS	Global Positioning System
RMS error	Root Mean Square Error

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

แนวปะการัง เป็นแหล่งที่มีปะการังหลากหลายชนิดอาศัยอยู่ร่วมกัน ทั้งยังมีความสำคัญและประโยชน์ต่อระบบนิเวศทางทะเล เช่น เป็นแหล่งที่อยู่อาศัย เป็นแหล่งอาหารเพื่อการเจริญเติบโต เป็นแหล่งเพาะพันธุ์วางไข่ รวมถึงเป็นแหล่งหลบภัยจากศัตรูของสัตว์น้ำ เป็นต้น จากความสมบูรณ์ของระบบนิเวศแนวปะการัง ทำให้มนุษย์เข้ามาใช้ประโยชน์จากแนวปะการังทั้งทางตรงและทางอ้อมจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น กิจกรรมการดำน้ำของนักท่องเที่ยวเพื่อชมความสวยงามและสมบูรณ์ตามธรรมชาติของแนวปะการัง การทำประมงชายฝั่ง การชูดแร่ในทะเล การขนถ่ายน้ำมัน การจอดเรือ รวมถึงผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวชายฝั่ง เช่น การก่อสร้างบริเวณชายหาด การก่อสร้างโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น จากกิจกรรมเหล่านี้หากไม่มีการจัดการที่ถูกต้อง จะก่อให้เกิดผลเสียต่อสมดุลของระบบนิเวศของแนวปะการังได้

จากการสำรวจพบว่า ปัจจุบันสภาพแนวปะการังเสื่อมโทรมหรือตายลงเป็นบริเวณกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรัพยากรปะการังบริเวณ โชนพื้นราบ (Reef Flat) (นลินี ทองแถม, 2553) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้พื้นที่ตามแนวชายฝั่งเกินขอบเขตและไม่เหมาะสม ทำให้สภาพแนวปะการังมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการสำรวจภาคสนามทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลสภาพแนวปะการัง เพื่อนำไปใช้ในการหาแนวทางในการจัดการอย่างถูกวิธี แต่ด้วยข้อจำกัดทางด้านระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการสำรวจภาคสนามที่สูง ทำให้มีการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาใช้ในการจัดการมากขึ้นเพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดเหล่านี้ ประกอบกับปัจจุบันเทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลมีความก้าวหน้าขึ้นมาก ทำให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่รวดเร็วและมองเห็นภาพกว้างจึงนำมาประยุกต์ใช้กับทรัพยากรธรรมชาติเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรในด้านต่าง ๆ มากมาย เช่น ป่าชายเลน ภูเขาทะเล รวมถึงการประยุกต์ใช้งานเพื่อประเมินสภาพและขอบเขตของแนวปะการัง ดังงานวิจัยที่มีการนำภาพถ่ายดาวเทียม Landsat (Palando, 2000) และภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS (Arce, 2005) มาใช้ในการประเมินสภาพและขอบเขตของแนวปะการัง แต่จากการเข้าถึงข้อมูลดาวเทียมทั้งสองที่มีค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานาน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS มาใช้ในการประเมินสภาพและขอบเขตของแนวปะการัง ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจ

ทรัพยากรดวงแรกของไทยที่สังเกตด้วยช่วงคลื่นใกล้เคียงกับดาวเทียม Landsat และ IKONOS รวมถึงการได้มาของข้อมูลที่รวดเร็วและค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงมากนัก จึงเป็นผลให้มีการพัฒนางานวิจัยนี้ขึ้นมา

1.2 วัตถุประสงค์

พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจสอบสภาพพื้นและขอบเขตของแนวปะการังโซนพื้นราบ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้จะพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับตรวจสอบสภาพพื้นและขอบเขตของแนวปะการังโซนพื้นราบ โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS เพื่อให้ทราบรายละเอียด ดังนี้

1. พื้นที่ ขอบเขตของการแพร่กระจายของแนวปะการังโซนพื้นราบ
2. เปอร์เซ็นต์ปกคลุมพื้นที่ของปะการังมีชีวิต ปะการังตาย พื้นทรายและสาหร่ายบนแนวปะการังโซนพื้นราบ

โดยอัลกอริทึมนี้จะใช้ Neural Network ในการฝึกสอน (Train) และทดสอบความถูกต้องจากข้อมูลการสำรวจภาคสนามบริเวณอุทยานแห่งชาติสิรินาถ หาดในยาง จังหวัดภูเก็ต

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาอัลกอริทึมจากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ที่ประเมินสภาพและขอบเขตของแนวปะการังโซนพื้นราบในระยะเวลาอันรวดเร็วและถูกต้อง ทำให้สามารถติดตามสภาพการเปลี่ยนแปลงและเฝ้าระวังความเสี่ยงของแนวปะการังบริเวณโซนพื้นราบ โดยเทคนิคดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทุกหน่วยงาน เพื่อวางแผนการจัดการและการอนุรักษ์แนวปะการังต่อไป

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ปะการัง (Coral) หมายถึง สัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกซีเลนเทอรตา (Coelenterata) ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ โครงหินปูนและเนื้อเยื่อของตัวปะการังที่เรียกว่า “โพลิบ (Polyp)” ซึ่งอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่า “โคโลนี”

แนวปะการัง (Coral Reefs) หมายถึง โครงสร้างหินปูนสะสมเป็นแนวพื้นที่กว้างใต้ทะเล ซึ่งเป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของปะการังหลากหลายชนิด

สภาพแนวปะการัง หมายถึง ความสมบูรณ์หรือเสียหายของแนวปะการัง ซึ่งคำนวณจากอัตราส่วนของปริมาณความหนาแน่นในการปกคลุมพื้นที่ (Percentage Cover) ของปะการังมีชีวิตกับปะการังตายในแนวปะการังแต่ละแห่ง

อัลกอริทึม (Algorithm) คือ การวิเคราะห์และแยกแยะปัญหาต่าง ๆ เพื่อกำหนดรูปแบบการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 แนวปะการัง

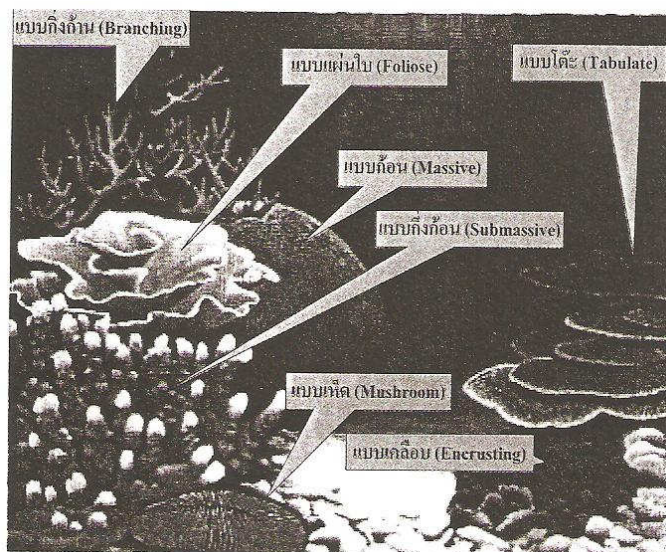
ปะการัง (Coral) เป็นสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในจำพวกซีเลนเทอรตา (Coelenterata) ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ 1. โครงหินปูนและ 2. เนื้อเยื่อของตัวปะการังที่เรียกว่า “โพลิบ (Polyp)” ซึ่งอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่า “โคโลนี” ยกเว้นปะการังบางชนิดที่มีเพียงโพลิบเดียว เช่น ปะการังดอกเห็ด (Mushroom Coral) ซึ่งแนวปะการังสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

2.1.1 Ahermatypic Coral

เป็นปะการังที่ไม่สามารถสร้างแนวปะการังได้ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตช้า สร้างหินปูนได้ช้า มักพบในบริเวณน้ำลึกและมีแสงสว่างน้อย

2.1.2 Hermatypic Coral

เป็นปะการังที่สามารถก่อตัวเป็นแนวปะการังได้ ปะการังพวกนี้มีสาหร่าย Zooxanthellae อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการัง จะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหารและเพิ่มจำนวนเซลล์ พร้อมทั้งช่วยเร่งอัตราการสร้างหินปูนของปะการังให้เร็วขึ้น (สถาบันวิจัยชีววิทยาและประมงทะเลภูเก็ต, 2538) ลักษณะของปะการังกลุ่มนี้มีหลายรูปแบบ เช่น แท่งทรงกระบอก (Columnar) กิ่งก้าน (Branching) แผ่นแบนเป็นแผ่นคล้ายโต๊ะ (Tabular) ทรงกลมเป็นก้อน (Massive) แผ่นเป็นแผ่นซ้อนกันคล้ายใบไม้ (Foliaceous) แผ่นเป็นชั้นบางเคลือบบนพื้นแข็ง (Encrusting) และอยู่โดดเดี่ยวเป็นอิสระ (Solitary หรือ Free Living) มีรูปร่างคล้ายเห็ดดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปร่างของปะการังแบบต่าง ๆ (สุวลักษณ์ สารมณีสพันธุ์, 2549)

2.2 การแบ่งเขตแนวปะการัง

แนวปะการังในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นแนวปะการังก่อตัวติดบริเวณชายฝั่งของแผ่นดินใหญ่หรือเกาะที่มีระดับน้ำค่อนข้างตื้น มักได้รับผลกระทบจากความขุ่นของน้ำที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ที่ดินบนบกและตะกอนที่ไหลลงสู่ทะเล ซึ่งเรียกแนวปะการังประเภทนี้ว่า “แนวปะการังบริเวณชายฝั่ง (Fringing Reefs)” ซึ่งตัวอ่อนของปะการังจะลงเกาะบนพื้นท้องทะเลที่แข็งตามความลาดชันของพื้นชายฝั่งและสามารถแบ่งแนวเขตหรือโซน (Zonation) ออกเป็น 3 โซน ดังนี้

2.2.1 โซนพื้นราบ (Reef Flat)

เป็นส่วนที่อยู่ด้านในติดชายฝั่ง มีความกว้างมากกว่าโซนอื่น มีความลาดเอียงน้อย แนวปะการังในเขตน้ำตื้นส่วนใหญ่โผล่พ้นน้ำ อาจนานครั้งละ 2-4 ชั่วโมง เมื่อน้ำลงเต็มที่ในช่วงน้ำเกิดและในบางแห่งเป็นแอ่งน้ำขัง (Tide Pool) ปะการังอยู่ในสภาพปริ่มน้ำ แนวปะการังอยู่ในสภาพไม่สมบูรณ์มากนัก เนื่องจากได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมนอกค่อนข้างมาก ปะการังจะต้องปรับตัวให้ทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง เช่น ทนแดดเผาในตอนกลางวันหรืออุณหภูมิน้ำที่ลดลงในตอนกลางคืน ทนต่อตะกอนที่ฟุ้งกระจายและตกลงมาปกคลุม เป็นต้น ปะการังที่สามารถปรับตัวอยู่ในบริเวณนี้ ได้แก่ ปะการังเขากวาง (*Acropora aspera*) ปะการังโหนด (*Porites lutea*) ปะการังรังผึ้ง (*Goniastrea pectinata*, *G. retiformis* และ *Coeloseris mayeri*) ปะการังช่องเหลี่ยม

(*Favites* spp.) ปะการังช่องเล็กแบบกิ่ง (*Montipora digitata*) และปะการังดอกกะหล่ำ (*Pocillopora damicornis*) ปะการังที่เป็นหัวส่วนบนมักจะตายเนื่องจากตะกอนปกคลุมและไหล่พื้นน้ำ ส่วนด้านล่างยังคงมีชีวิตทางวิชาการเรียกลักษณะปะการังเช่นนี้ว่า “Microatoll”

2.2.2 โชนสันหรือไหล่ของแนวปะการัง (Reef Edge หรือ Reef Crest)

เป็นส่วนที่ถัดออกมาจากโชนพื้นราบ เมื่อน้ำลงจะค่อนข้างตื้นหรือปริ่มน้ำได้รับแรงปะทะคลื่นลมมากกว่าโชนอื่น ปะการังที่พบบ่อยมักเป็นปะการังโขด (*Porites lutea*) ปะการังเป็นแผ่นคล้ายใบไม้และเคลือบพื้นเรียกว่า “ปะการังช่องเล็กแบบแผ่นปนเคลือบ (*Montipora crassituberculata*)” และมีปะการังกลุ่มเดียวกับเขากวางแต่กิ่งสั้นและแผ่นแบน เช่น ปะการังโต๊ะ (*Acropora hyacinthus* และ *A. digitifera*) หรือที่เป็นพุ่มกิ่งสั้นหรือหนา เช่น ปะการังเขากวางทรงพุ่ม (*Acropora humilis*)

2.2.3 โชนลาดชัน (Reef Slope)

เป็นส่วนนอกสุดที่ลาดชันลงสู่พื้นทะเลลึก ความลาดชันและความกว้างของโชนลาดชันแตกต่างกันตามแต่ละแห่ง จะสิ้นสุดที่ขอบนอกสุดที่เป็นพื้นทรายที่ระดับต่างกันไป บริเวณดังกล่าวจะมีจำนวนชนิดปะการังมากกว่าโชนอื่น ๆ เพราะสภาพแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอด กล่าวคือ อุณหภูมิและระดับความเค็มของน้ำทะเลค่อนข้างคงที่ รวมถึงผลกระทบจากคลื่นลมน้อยกว่าที่ตื้น ชนิดปะการังที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกกิ่งยาว เช่น ปะการังเขากวาง (*Acropora formosa* และ *A. florida*) ที่พื้นลึกลงไปข้างล่างมักพบปะการังประเภทหัว เช่น ปะการังดาวใหญ่ (*Diploastrea heliopora*) หากเป็นพื้นที่ระดับลึกมากก็มักจะพบปะการังที่เป็นแผ่นแผ่นแบน ซึ่งจะทำให้ได้รับแสงได้ดี เช่น ปะการังช่องเล็กแบบแผ่น (*Montipora aequituberculata*) และปะการังลายลูกฟูก (*Pachyseris speciosa*) เป็นต้น (हररररर ररररररररररर, 2542)

2.3 ปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของแนวปะการัง

ปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการเจริญเติบโตของปะการัง ประกอบด้วย

2.3.1 อุณหภูมิ

แนวปะการังส่วนใหญ่จะพบบริเวณเขตร้อน เนื่องจากอัตราการสะสมของแคลเซียมจะเกิดขึ้นได้ดีและเจริญเติบโตในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 16-36 องศาเซลเซียส แต่ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 25-27 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงพบปะการังมากในเขตร้อน

2.3.2 แสงสว่าง

เป็นปัจจัยรองจากอุณหภูมิ เนื่องจากการอยู่ร่วมกันระหว่างปะการังและสาหร่ายเซลล์เดียวที่ฝังตัวอยู่ในเนื้อเยื่อแกสโตรเดอรัล (Gastrodermal Tissue) จะทำหน้าที่สังเคราะห์แสงจึงจำเป็นต้องอาศัยแสงสว่างที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต

2.3.3 ความเค็ม

แนวปะการังส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีในระดับความเค็มค่อนข้างสูงและคงที่ โดยช่วงความเค็มที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 32-35 ส่วนในพันส่วน ดังนั้นเราจึงมักไม่พบปะการังตามบริเวณน้ำกร่อยหรือปากแม่น้ำ

2.3.4 ความขุ่นใสของน้ำและการตกตะกอนในน้ำทะเล

ความขุ่นของน้ำทำให้ลดอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายเซลล์เดียว ส่งผลให้การสะสมแคลเซียมคาร์บอเนตลดลง ปะการังจึงเจริญเติบโตได้ช้า ปะการังสามารถขจัดตะกอนออกจากตัวเองได้ขึ้นอยู่กับขนาดของโพลิบและพลังงานภายในตัวปะการัง ในการขจัดตะกอนของปะการังจะปล่อยเมือกมาปกคลุมตะกอนและดูดน้ำเข้าสู่ตัวเอง ทำให้ซีโนสาด (Coenosare) ขยายพองออก จากนั้นใช้หนวดเขี่ยตะกอนออกไปโดยใช้การหมุนเวียนของน้ำเป็นปัจจัยช่วย ฉะนั้นบริเวณน้ำขุ่นและปริมาณตะกอนสูงจะมีปะการังอยู่น้อยและเจริญเติบโตช้ากว่าบริเวณน้ำใสและมีปริมาณการตกตะกอนต่ำ

2.3.5 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

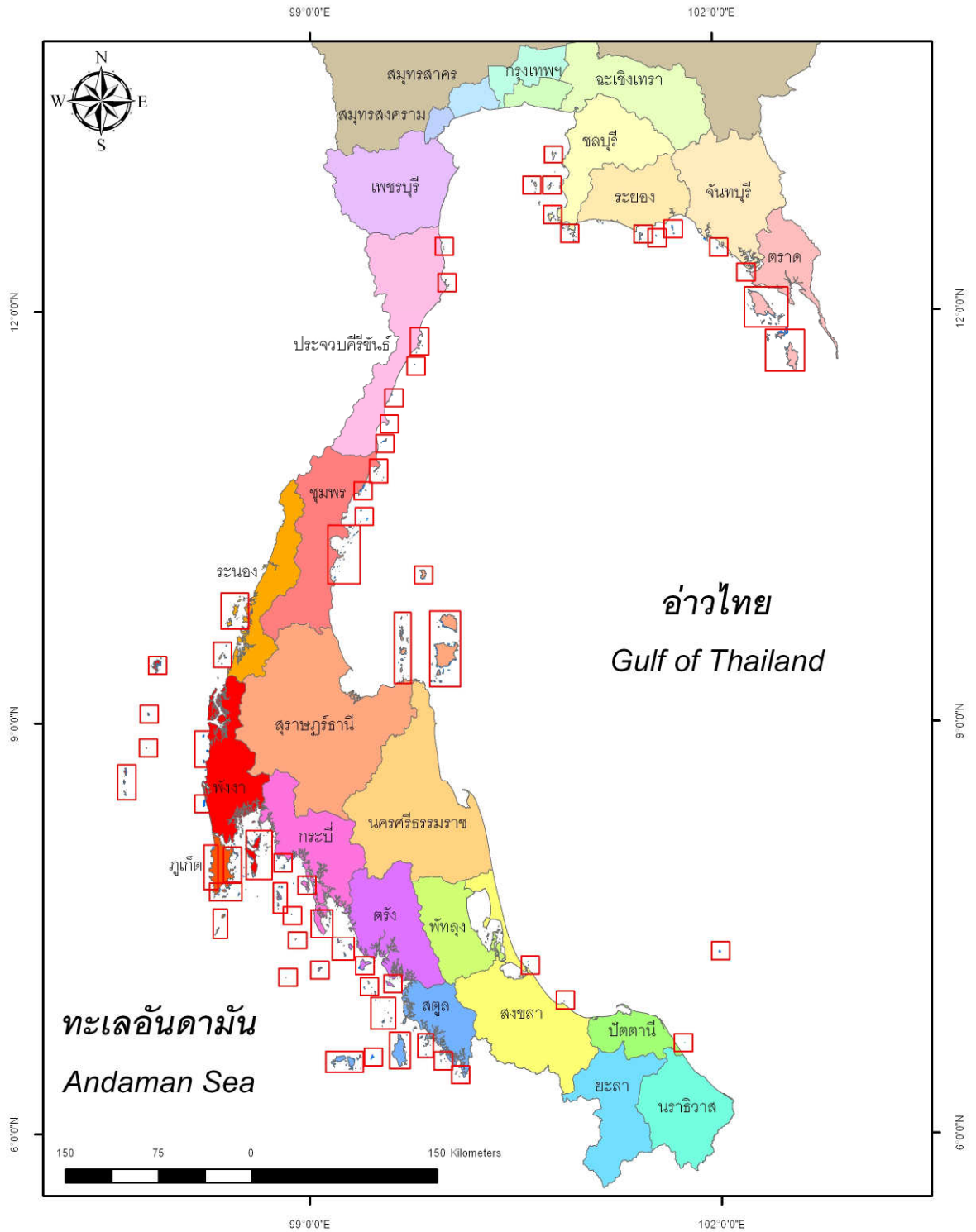
ปะการังหายใจโดยใช้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำทะเลและผลของการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายเซลล์เดียวในตัวปะการังเอง ซึ่งการใช้ออกซิเจนจะใช้วิธีการแลกเปลี่ยนแก๊สแบบธรรมดา (Diffusion) ไม่มีระบบหายใจพิเศษ ดังนั้นปะการังจึงต้องการปริมาณออกซิเจนในน้ำที่ค่อนข้างสูง

2.3.6 ปริมาณอาหาร

ปะการังเป็นสัตว์กินเนื้อขนาดเล็ก (Microcarnivores) ที่กินแพลงก์ตอนสัตว์เป็นอาหาร ดังนั้นจึงต้องอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีแพลงก์ตอนสัตว์อยู่ด้วย ซึ่งแพลงก์ตอนสัตว์ก็ต้องกินแพลงก์ตอนพืชอีกต่อหนึ่ง ฉะนั้นบริเวณที่ปะการังอยู่จึงมีผลผลิตเบื้องต้นที่ค่อนข้างสูง (High Primary Productivity) (สุวลักษณ์ สารมณีสพันธุ์, 2549)

2.4 การแพร่กระจายของแนวปะการัง

แนวปะการังในประเทศไทยมีพื้นที่รวมประมาณ 154 ตารางกิโลเมตร ไม่รวมแนวโขดหินที่มีปะการังขึ้นเล็กน้อยและกองหินใต้น้ำ สามารถแบ่งเขตการแพร่กระจายออกเป็น 2 เขตใหญ่ ๆ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงเขตการแพร่กระจายแนวปะการังของประเทศไทย (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต, 2551)

2.4.1 ฟุ้งอ่าวไทย

- แนวปะการังแถบอ่าวไทยตอนบน ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรีและตราด
 - แนวปะการังแถบอ่าวไทยตอนกลาง ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี
- นอกเขตจังหวัดสุราษฎร์ธานีลงไปทางใต้พบแนวปะการังน้อยลง มีแหล่งปะการังเพียงเล็กน้อยตามเกาะในเขตจังหวัดสงขลา นครศรีธรรมราชและปัตตานี รวมพื้นที่แนวปะการังทั่วฟุ้งอ่าวไทยประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร

2.4.2 ฟุ้งอันดามัน

แนวปะการังกระจายในแถบจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรังและสตูล รวมเป็นพื้นที่ประมาณ 78 ตารางกิโลเมตร เกาะภูเก็ตมีสภาพพื้นที่ชายฝั่งหลากหลายรูปแบบ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน ทั้งจากอิทธิพลของคลื่นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และปริมาณตะกอนบนพื้นทะเล รวมถึงมวลน้ำทะเลที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการพัฒนาของแนวปะการัง ทำให้แนวปะการังในแต่ละพื้นที่มีลักษณะโดดเด่นแตกต่างกัน (हररररर रररररररและคคคค, 2542)

2.5 ข้อมูลดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรและสภาพแวดล้อมของโลก มีลักษณะการโคจรที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous) ในแนวเหนือ-ใต้และโคจรผ่านแนวละติจูดหนึ่ง ๆ ที่เวลาท้องถิ่นเดียวกัน เป็นการผสมผสานระหว่างเทคโนโลยีการถ่ายภาพและโทรคมนาคม ที่อาศัยหลักการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing) โดยมีอุปกรณ์ถ่ายภาพที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียมที่ได้รับการออกแบบให้มีความสามารถถ่ายภาพและมีความหลากหลายในรายละเอียดของภาพได้อย่างเหมาะสม เพื่อประโยชน์ในการจำแนกประเภททรัพยากรที่สำคัญ ๆ เช่น สภาพและขอบเขตของแนวปะการัง เป็นต้น

ก่อนหน้านี้ได้มีการจำแนกชนิดและจัดทำแผนที่พื้นที่ท้องทะเลของปะการังในมหาสมุทรแอตแลนติก มหาสมุทรแปซิฟิกและมหาสมุทรอินเดีย (Hochberg et al., 2003) และยังมีงานวิจัยที่สามารถจำแนกและแสดงแนวปะการังบริเวณน้ำโปร่งใสที่ระดับความลึก 10-20 เมตร ด้วยการผสมกันระหว่างช่วงคลื่นสะท้อนแสงของดาวเทียม Landsat5 และ Landsat7 ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 30x30 เมตร เพื่อตรวจสอบและแยกแยะขอบเขตของสภาพแนวปะการังออกเป็น 4 กลุ่ม คือ ปะการังเด่น ทราบ สาหร่ายและสสาร พบว่า ดาวเทียม Landsat มีประสิทธิภาพสามารถตรวจสอบขอบเขตและสภาพของแนวปะการังที่ให้ความถูกต้องถึง 79% (Palando, 2000)

และได้มีการเปรียบเทียบดาวเทียม Hyperion ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับดาวเทียม Landsat กับดาวเทียม IKONOS ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 4x4 เมตร พบว่า ดาวเทียม Hyperion สามารถจำแนกทุกประเภทของแนวปะการังให้ความถูกต้องโดยรวม 75% แต่ดาวเทียม IKONOS สามารถจำแนกได้บางประเภทของแนวปะการังเท่านั้นและมีความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 84% (Arce, 2005) ซึ่งความถูกต้องของการประเมินสภาพพื้นที่ท้องทะเลขึ้นอยู่กับรายละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียม (Wongprayoon et al., 2006)

นอกเหนือจากความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมนั้น การปรับปรุงข้อมูลภาพยังเป็นเทคนิคที่สำคัญในการวิเคราะห์สภาพและขอบเขตของแนวปะการังได้อย่างชัดเจนขึ้น เช่น เทคนิคการปรับปรุงอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นและวิเคราะห์องค์ประกอบร่วมกับการใช้ระบบภูมิสารสนเทศในการแสดงแผนที่แนวปะการัง 1:25,000 จากดาวเทียม SPOT Panchromatic และดาวเทียม Landsat TM (Thomrongnavasawat, 1991) เทคนิคการเน้นภาพด้วยวิธี Histogram แบบ Linear Stretch การใช้อัตราส่วนช่วงคลื่นในภาพสีผสม ได้แก่ R G B 2 1 2/5 และ 1/4 1 3/4 และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component : PC) ของข้อมูล พบว่า แกน PC ที่ 1 2 และ 3 สามารถแสดงขอบเขตของแนวปะการังได้ถูกต้องถึง 59.09% (Jensiripukul, 2002) จากเทคนิคการปรับปรุงภาพถ่ายดาวเทียมข้างต้น สามารถทำให้มองเห็นสภาพแนวปะการังได้ชัดเจนขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความลึกน้ำก็ยังมีผลต่อค่าการสะท้อนแสงของสภาพแนวปะการัง ดังนั้นจึงได้มีการนำเทคนิคการแก้ไขค่าสะท้อนที่เกิดจากมวลน้ำ (Depth-Invariant Bottom Index : DIV) และผสมสีที่ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ของแนวปะการังขนาดเล็กให้ความถูกต้องโดยรวมของปะการัง ทราบและน้ำทะเลถึง 87% และสามารถจำแนกปะการังได้ถูกต้องถึง 95% (วัชรีย์ สมันเลาะห์, 2546) ต่อมาจึงมีการประยุกต์ใช้เทคนิคการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่ (Spatial Model) ร่วมกับเทคนิคการแก้ไขค่าสะท้อนที่เกิดจากมวลน้ำ เพื่อนำเสนอในรูปแบบแผนที่ปะการัง โดยสามารถจำแนกพื้นทรายและประชาคมสิ่งมีชีวิตหน้าดิน (Benthic Community) จากดาวเทียม Landsat 5 พบว่า แบบจำลองพื้นที่ DIV สามารถจำแนกประชาคมสิ่งมีชีวิตหน้าดิน ออกเป็น 2 ลักษณะกว้าง ๆ คือ ประชาคมที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า (Lower Dense Benthic Community) และประชาคมสัตว์หน้าดินที่มีความหนาแน่นมากกว่า (Higher Dense Benthic Community) ส่วนแนวปะการังไม่สามารถแสดงขอบเขตที่ชัดเจน เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านความขุ่นใสของน้ำ (จันทนาคุณูปการ, 2544)

จากคุณสมบัติเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียมดังกล่าวมาข้างต้น พบว่า ดาวเทียม THEOS ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวงแรกของไทย สามารถสังเกตช่วงคลื่นใกล้เคียงกับดาวเทียมข้างต้นและมีความละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 15x15 เมตร ดังนั้น

งานวิจัยนี้จึงมีความเหมาะสมที่จะพัฒนาอัลกอริทึมจากดาวเทียม THEOS เพื่อประเมินสภาพและขอบเขตของแนวปะการังโซนพื้นราบ

2.6 ข้อมูลดาวเทียม THEOS

ดาวเทียม THEOS เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศไทย ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง มีลักษณะการโคจรที่สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ (Sun Synchronous) การโคจรของดาวเทียมจะโคจรในแนวเหนือและใต้ของขั้วโลกโดยอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 830 กิโลเมตร

2.6.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

ประกอบด้วย ระบบบันทึกภาพของดาวเทียมที่มีลักษณะเดียวกับกล้อง (Optical System) ซึ่งใช้ “ซีซีดี” (Charge Coupled Devices : CCD) เป็นอุปกรณ์บันทึกภาพ ณ ระนาบรวมแสงของระบบ โดยจะทำการแปลงค่าการสะท้อนของพื้นโลกเก็บอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า ส่วนตัวเลนส์ของกล้องผลิตจากซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon Carbide) บนดาวเทียมจะมีแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการทำงานของดาวเทียม ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 คุณลักษณะของดาวเทียม THEOS

คุณลักษณะ	รายละเอียด
น้ำหนัก	750 กิโลกรัม
ขนาด (กว้างxลึกxสูง)	2.1x2.1x2.4 เมตร
วงโคจรแบบ	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์
โคจรสูงจากโลก	822 กิโลเมตร
อายุการใช้งาน	5 ปี
โคจรมาที่จุดเดิมทุก ๆ	26 วัน
การโคจรรอบโลก 1 รอบ	101.46 นาที
ระยะทางระหว่างวงโคจรแต่ละวง	105 กิโลเมตร
มุมเอียง	98.7 องศา
กำหนดขึ้นสู่วงโคจร	ตุลาคม 2550

2.6.2 ระบบการถ่ายภาพ

ประกอบด้วย กล้องถ่ายภาพขาวดำ (Panchromatic Camera) และกล้องถ่ายภาพสีหลายช่วงคลื่น (Multispectral Camera) รายละเอียดดังตารางที่ 2.2 โดยสามารถถ่ายภาพได้ทั้งหมด 4 ช่วงคลื่น สามารถปรับกล้องให้สามารถเอียง 30-50 องศา และถ่ายภาพซ้ำ ณ บริเวณเดิมทุก ๆ 2-5 วัน

ตารางที่ 2.2 ระบบตรวจวัดของดาวเทียม THEOS

อุปกรณ์บันทึกข้อมูล	รายละเอียดภาพ	ความกว้างแนวภาพ
Panchromatic	2 เมตร	22 กิโลเมตร
Multispectral	15 เมตร	90 กิโลเมตร

2.6.3 ผลกระทบของภาพถ่ายดาวเทียม

สามารถผลิตข้อมูลได้ทั้งภาพ ขาว-ดำและภาพสี ทั้งยังสามารถปรับความคมชัดของภาพด้วยวิธีการทำ Pan Sharpening และมีการประมวลผลภาพได้หลายระดับ ดังนี้

ระดับ 1A คือ ภาพที่ได้รับการแก้ไขความบิดเบือนและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของอุปกรณ์บันทึกภาพ เช่น ผลจากการถ่ายภาพแนวกว้าง ความโค้งและการหมุนของโลก ฯลฯ สามารถแก้ไขความบิดเบือนภายในของข้อมูลภาพโดยใช้ข้อมูลระยะ มุม พื้นผิวของบริเวณการฉาย (Projection) ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ใช้ที่ต้องการแก้ไขเรขาคณิตเอง

ระดับ 2A คือ ภาพระดับ 1A ที่มีการปรับแก้ไขเรขาคณิตจากตัวระบบแล้ว (ซีระ ลากิศชยางกูร, 2550)

2.6.4 คุณสมบัติของช่วงคลื่น

ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความยาวช่วงคลื่น ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ข้อมูลภาพตามคุณลักษณะการสะท้อนแสงของวัตถุในแต่ละช่วงคลื่นหรือที่เรียกว่า “ค่าคุณลักษณะลายเซ็นเชิงคลื่น (Spectral Characteristic)” ซึ่งมีคุณลักษณะที่แตกต่างในแต่ละช่วงคลื่นดังตารางที่ 2.3 (สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2552)

ตารางที่ 2.3 คุณสมบัติแต่ละช่วงคลื่นของดาวเทียม THEOS

ช่วงคลื่น (ไมโครเมตร)	คุณสมบัติ
สีน้ำเงิน (0.45-0.52)	ช่วงคลื่นนี้สามารถส่องผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำ (Water Penetration Band) ได้ 10-30 เมตร รวมทั้งสามารถจำแนกลักษณะของพืชพรรณ ดิน การไถที่ดินและตะกอนแขวนลอย
สีเขียว (0.53-0.60)	ใช้ในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของพืชพรรณได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีชื่อเรียกช่วงคลื่นนี้ว่า “Chlorophyll Absorption Band”
สีแดง (0.62-0.69)	ใช้ในการจำแนกขอบเขตของชนิดดินและใช้ในด้านธรณีวิทยา ได้รับอิทธิพลจากชั้นบรรยากาศน้อยกว่าชั้นอื่น ๆ
อินฟราเรดใกล้ (0.77-0.90)	ใช้ช่วงคลื่นนี้สำหรับวิเคราะห์พืชหรือตรวจสอบบริเวณที่เป็นพื้นดินหรือพืชไร่ และพื้นดินหรือแหล่งน้ำ เป็นต้น

2.7 วิธีการจำแนกสภาพแนวปะการัง

การจำแนกประเภทข้อมูล (Image Classification) เป็นการวิเคราะห์เชิงสถิติ เพื่อคัดแยกกลุ่มของจุดภาพ (Pixel) ที่มีคุณสมบัติทางแสงเหมือนกันหรือใกล้เคียงกันเป็นกลุ่มข้อมูลประเภท (Class) เดียวกันและคัดแยกกลุ่มข้อมูลที่มีคุณสมบัติทางแสงต่างกันให้ออกจากกัน วิธีที่นิยมใช้มี 2 วิธีการ (สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, 2552) ดังนี้

2.7.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)

เป็นการจำแนกข้อมูลเชิงภาพด้วยการจัดกลุ่มเชิงสถิติ (Statistical Grouping หรือ Clustering) ที่ใช้คุณสมบัติทางแสงของวัตถุที่สะท้อนมายังเครื่องตรวจจับระบบสำรวจระยะไกล

(Remote Sensor) ซึ่งผู้วิเคราะห์ไม่ทราบข้อมูลลักษณะทางภูมิประเทศและวัตถุที่พื้นผิวปกคลุมของพื้นที่นั้น การใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุมจะต้องกำหนดกลุ่มตัวอย่างไว้ล่วงหน้า

2.7.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลเชิงภาพที่ผู้วิเคราะห์ทราบถึงลักษณะทางภูมิประเทศและวัตถุที่พื้นผิวปกคลุมพื้นที่นั้น ทำให้สามารถกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทวัตถุ เรียกว่า “Training Area” เพื่อเป็นตัวแทนของค่าสถิติและนำค่าดังกล่าวไปวิเคราะห์เพื่อจำแนกพื้นที่ภาพทั้งหมด ผลลัพธ์จะได้จำนวนกลุ่มข้อมูลประเภทวัตถุที่กำหนดไว้ เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification) ที่นิยมใช้โดยทั่วไปมีอยู่หลายวิธี เช่น

2.7.2.1 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบระยะทางสั้นที่สุด (Minimum Distance)

การจำแนกประเภทข้อมูลวิธีนี้กระทำโดยการนำกลุ่มของ Pixel ในพื้นที่ตัวอย่างแต่ละประเภทวัตถุ (Training Class) ของแต่ละช่วงคลื่นมาหาค่าเฉลี่ยทางสถิติ เพื่อกำหนดตำแหน่งจุดศูนย์กลางกลุ่มข้อมูล (Class Center) จากนั้นทำการวิเคราะห์ทุก Pixel ว่าอยู่ใกล้กับศูนย์กลางกลุ่มข้อมูลประเภทใดมากที่สุด ก็จะรวม Pixel นั้นให้เป็นข้อมูลประเภทนั้น ๆ

2.7.2.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกล่องคู่ขนาน (Parallelepiped Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลวิธีนี้กระทำโดยการกำหนดช่วงความแปรปรวนของแต่ละประเภทข้อมูล จากค่าการสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุดและสูงสุดของ Pixel ภายใต้อินพุตข้อมูลตัวอย่างหลายช่วงคลื่น ข้อเสีย คือ Pixel ที่อยู่ระหว่างข้อมูล 2 ประเภทที่มีความแปรปรวนเหลื่อมล้ำกัน จะทำให้การจำแนกประเภทข้อมูลผิดพลาด วิธีแก้ คือ ปรับความแปรปรวนให้เล็กลง ข้อดี คือ ใช้เวลาในการประมวลผลน้อย

2.7.2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบใกล้เคียงมากที่สุด (Maximum Likelihood)

การจำแนกประเภทข้อมูลวิธีนี้กระทำโดยการพิจารณาค่าเฉลี่ย (Mean) และเมทริกซ์ความแปรปรวน (Covariance Matrix) ของแต่ละประเภทข้อมูลโดยตั้งสมมติฐานให้แต่ละประเภทข้อมูลนั้นมีการกระจายตัวแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็นสูงสุดของแต่ละ Pixel ว่าจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มประเภทข้อมูลใดที่เหมาะสมที่สุด

2.7.2.4 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบแผนผังต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree)

เป็นกระบวนการที่ใช้การแบ่งเมื่อถึงระดับที่กำหนดกระทำต่อเนื่องกันหลายขั้นตอน หรือเป็นหลาย ๆ ชั้นข้อมูล โดยแต่ละชั้นข้อมูลประกอบด้วยประเภทที่ถูกแยกออกมาโดยวิธีง่าย ๆ วิธีนี้ต้องใช้ควบคู่กันระหว่างผู้วิเคราะห์กับผลลัพธ์ที่ปรากฏ เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกแบบใดและวิธีการ

2.7.2.5. การจำแนกประเภทข้อมูลแบบนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network)

เป็นกระบวนการที่ประยุกต์ใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ เพื่อจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ การทำงานของ Neural Network เริ่มจากการนำข้อมูลนำเข้า (Input) มาเข้าสู่กระบวนการคิดและวิเคราะห์ผลให้ได้ค่า Weight และ Threshold ที่ต้องการ เพื่อสร้างสมการในการหาผลลัพธ์ (Output) ที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง (สมหญิง พรหมเจริญ, 2544) ดังแสดงตัวอย่างในสมการที่ (1)

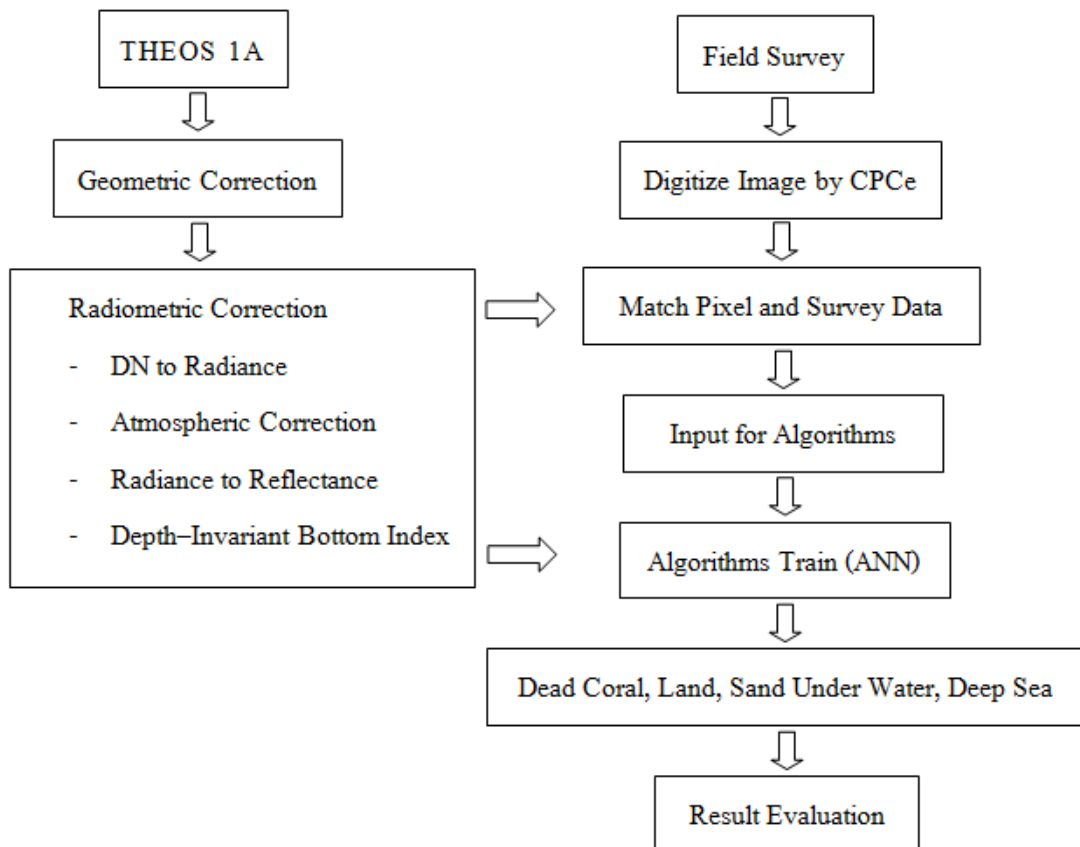
$$\text{if } (\text{sum}(\text{input} * \text{weight}) > \text{threshold}) \text{ then output} \quad (1)$$

ในปัจจุบันการจำแนกข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกลสามารถทำได้หลายวิธีดังที่กล่าวมาข้างต้น แต่ละวิธีจำเป็นต้องใช้จำนวนข้อมูลในการวิเคราะห์ที่มากและเป็นเชิงเส้นเท่านั้น รวมถึงกลุ่มตัวอย่างจะต้องไม่มีความซับซ้อน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้การจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Neural Network ที่มีคุณสมบัติสามารถแก้ปัญหาของกลุ่มของข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้นได้ดี รวมถึงกลุ่มของข้อมูลที่มีความซับซ้อนสูงอีกด้วย การทำงานจะขึ้นอยู่กับข้อมูลตัวอย่างโดยเลือกให้ครอบคลุมทุกกลุ่มข้อมูลและกำหนดพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมในการประเมินสภาพพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบจากภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ซึ่งการพัฒนาอัลกอริทึมจำเป็นจะต้องกล่าวถึงภาพรวม ขั้นตอนและวิธีการได้มาของการประเมินสภาพพื้นแนวปะการัง โดยเริ่มจากการได้มาซึ่งข้อมูล Input สำหรับพัฒนาอัลกอริทึม การซ้กันระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS 1A กับข้อมูลภาคสนาม ณ เวลาที่ใกล้เคียงกัน โดยวิเคราะห์จำแนกประเภทพื้นของแนวปะการัง เพื่อเป็นข้อมูล Input สำหรับ Train และตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมที่นั้นซึ่งได้แสดงขั้นตอนการพัฒนาอัลกอริทึมดังรูปที่ 3.1

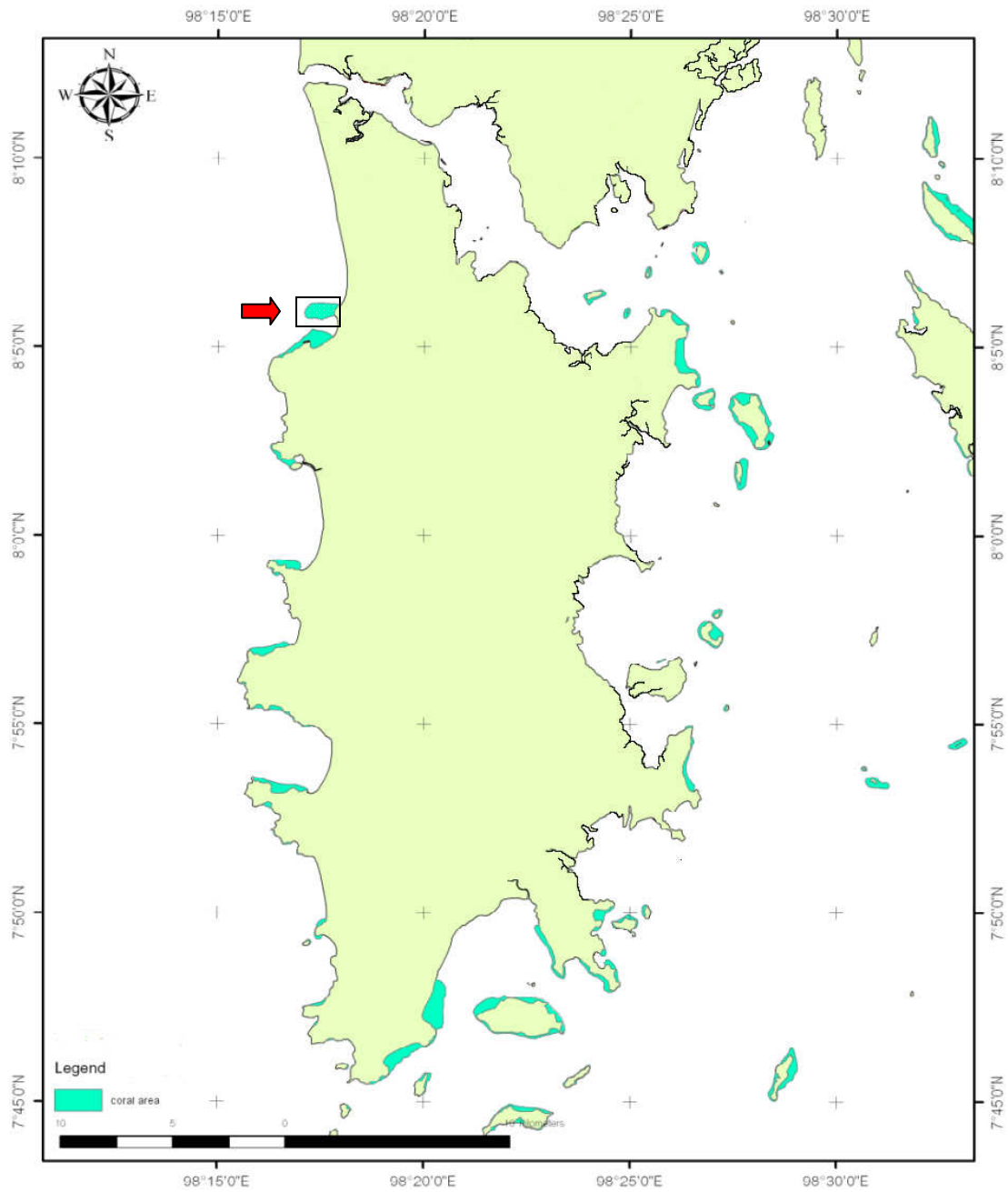


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาอัลกอริทึม

3.1 บริเวณพื้นที่ศึกษา การสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

3.1.1 พื้นที่ศึกษา และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

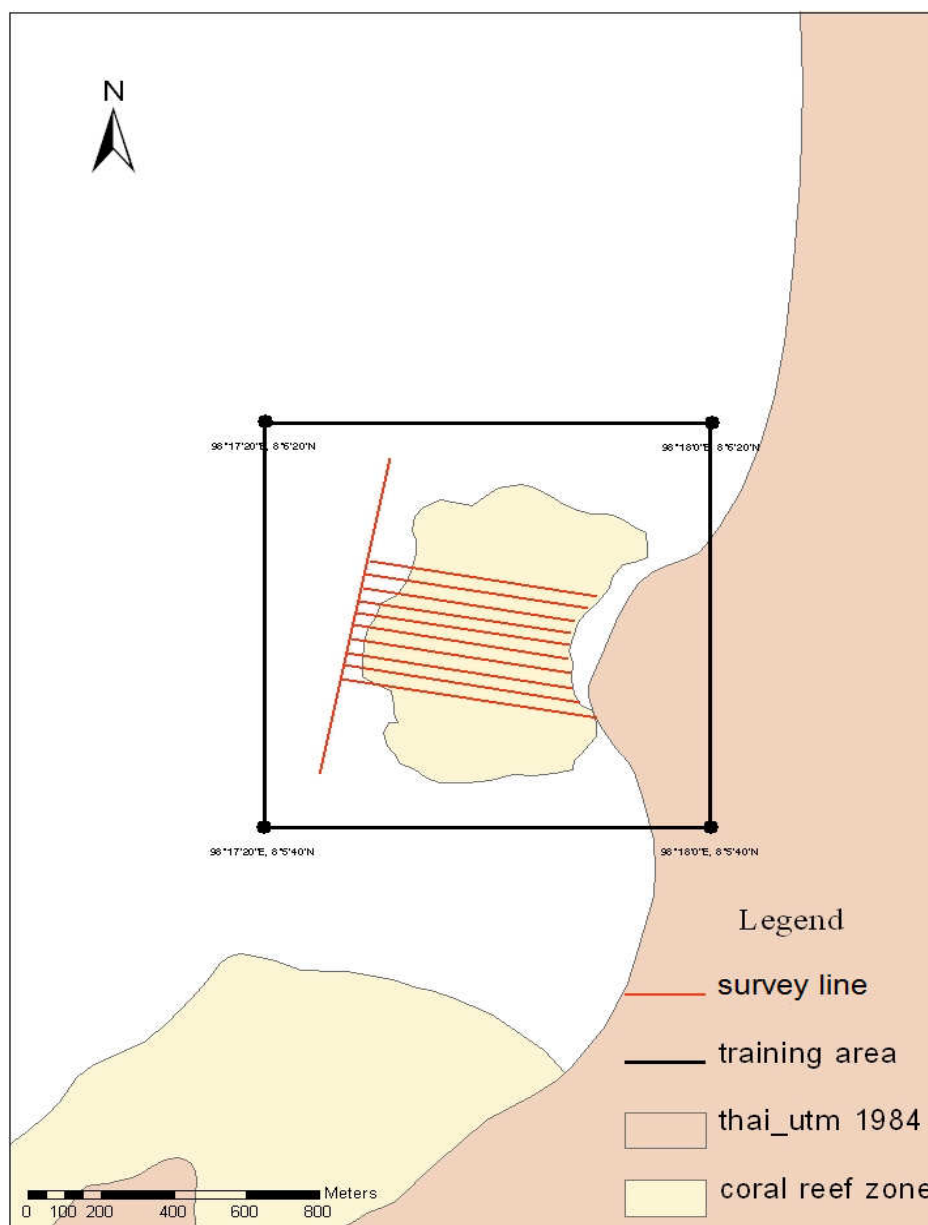
สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการสำรวจแนวปะการังโซนพื้นราบ (Reef Flat) ทางฝั่งตะวันตกตอนบนของเกาะภูเก็ต บริเวณอุทยานแห่งชาติสิรินาถดังรูปที่ 3.2 พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในเขต อำเภอถลาง จังหวัดภูเก็ต รวมพื้นที่บนบก 13,750 ไร่ และยังประกอบด้วยพื้นน้ำอีก 42,500 ไร่ รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 56,250 ไร่ พื้นที่บริเวณศึกษา คือ พื้นที่แนวปะการังโซนพื้นราบหน้าอุทยานแห่งชาติสิรินาถหาดในยาง โดยทั่วไปสภาพพื้นที่บริเวณนี้เป็นอ่าวกำบังคลื่นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แนวปะการังมีขนาดใหญ่ก่อตัวออกไปจากฝั่งเป็นพื้นที่กว้างประมาณ 1.2 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด (เส้นรุ้ง) ที่ 8 องศา 5 ลิปดา 40 พิลิปดา ถึง 8 องศา 6 ลิปดา 20 พิลิปดาเหนือ ลองจิจูด (เส้นแวง) ที่ 98 องศา 17 ลิปดา 20 พิลิปดา ถึง 98 องศา 18 ลิปดา 0 พิลิปดาตะวันออก ขนาดพื้นที่แนวปะการังประมาณ 1.01 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังค่อย ๆ ลาดถึงพื้นที่ระดับลึกสุดประมาณ 13 เมตร ปะการังโดยทั่วไปมีสัดส่วนครอบคลุมพื้นที่ของปะการังที่ยังมีชีวิตประมาณ 25–30% (ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง, 2543) ปะการังชนิดเด่นที่พบในบริเวณนี้ ได้แก่ *Porites* spp., *Favia* spp., *Favites* spp., *Pocillopora damicornis* และปะการังในครอบครัว (Family) *Mussidae* เป็นกลุ่มปะการังที่มีความทนทานต่อการหักพังได้ดีและก่อตัวเป็นแนวปะการังโซนพื้นราบที่กว้างใหญ่เหมาะสำหรับประเมินสภาพแนวปะการังโซนพื้นราบด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลในครั้งนี้ได้ดี



รูปที่ 3.2 พื้นที่อาณาเขตบริเวณอุทยานแห่งชาติสิรินาถ (กรอบสี่เหลี่ยมสีเขียว) และพื้นที่แนวปะการัง (พื้นที่สีเขียว) (สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน จังหวัดภูเก็ต, 2551)

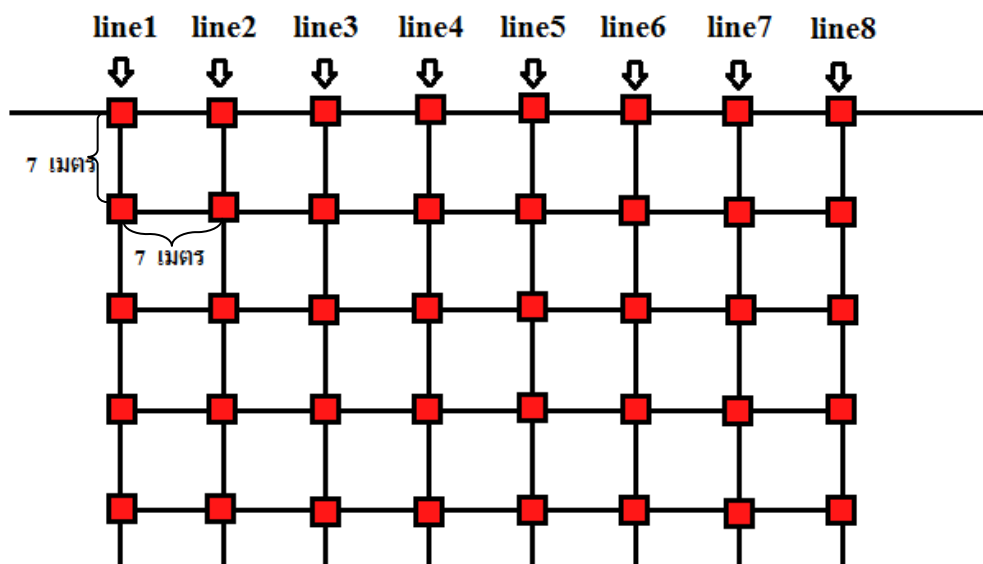
3.1.2 การสำรวจภาคสนาม

ดำเนินการสำรวจแนวปะการังด้วยการบันทึกข้อมูลปะการังร่วมกับการถ่ายภาพปะการังใน Quadrat ขนาด 1x1 เมตร โดยมีขอบเขตและแนวสำรวจ (Line) ในบริเวณพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 3.3 พร้อมทั้งใช้เครื่องรับสัญญาณ GPS (Global Positioning System) บันทึกจุด ณ ตำแหน่งที่มีการถ่ายภาพในพื้นที่ศึกษาทุกจุด



รูปที่ 3.3 ขอบเขตและ Line ในบริเวณพื้นที่ศึกษา

การสำรวจภาคสนามได้ออกแบบให้สัมพันธ์กับความละเอียดเชิงพื้นที่ของภาพถ่ายดาวเทียม THEOS (15x15 เมตร) โดยการวางเส้นตั้งฉากกับแนวชายฝั่งจำนวน 8 Lines มีความยาว Line ละ 523 เมตร แต่ละ Line ห่างกัน 7 เมตร จากนั้นวาง Quadrat ขนาด 1x1 เมตร บนพื้นแนวปะการังทุก ๆ 7 เมตร เพื่อถ่ายรูปในลักษณะที่ตั้งฉากกับพื้นแนวปะการัง พร้อมทั้งเก็บพิกัดจุด GPS ณ จุดกึ่งกลางของ Quadrat รวมทั้งสิ้น 496 จุด และแสดงรูปแบบการลงเก็บข้อมูลในบริเวณพื้นที่ศึกษาไว้ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งการสำรวจครั้งนี้ดำเนินการในช่วงเวลาเดียวกันหรือใกล้เคียงกับช่วงที่ดาวเทียมบันทึกภาพ



รูปที่ 3.4 รูปแบบการลงเก็บข้อมูลในบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

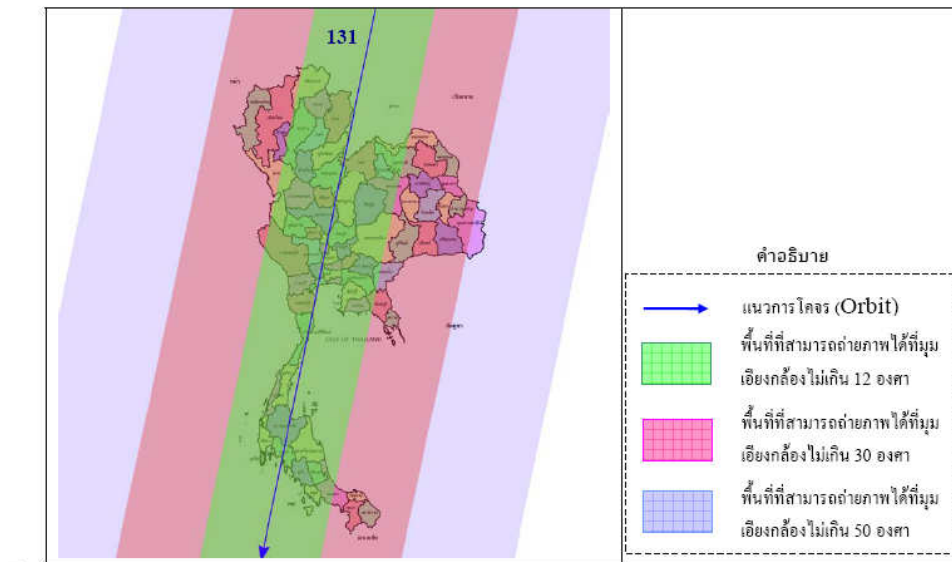
ทำการวิเคราะห์สิ่งที่พบเห็นจากรูปถ่ายปะการังใน Quadrat ขนาด 1x1 เมตร Line ละ 62 รูป จำนวน 8 Lines รวมทั้งสิ้น 496 รูป เริ่มจากการตัดรูปให้ครอบคลุมพื้นที่ภายใน Quadrat และกำหนดพื้นที่ของรูปถ่ายให้เท่ากับ 1x1 ตารางเมตร ด้วยโปรแกรม CPCe 3.6 (Coral Point Count with Excel Extensions) (Kohler, 2006) จากนั้นดิจิทัล (Digitize) พื้นแนวปะการังออกเป็น 5 ประเภท คือ ปะการังมีชีวิต (Live Coral) ปะการังตาย (Dead Coral) สาหร่ายขนาดใหญ่ (Macro Algae) ทราย (Sand) และอื่น ๆ (Other) ตามคำจำกัดความ ดังตารางที่ 3.1 พร้อมทั้งคำนวณพื้นที่แนวปะการังรวมแต่ละประเภท เพื่อระบุลักษณะเด่นของรูปถ่ายนั้นจากประเภทพื้นที่แนวปะการังรวมมากที่สุด

ตารางที่ 3.1 คำจำกัดความของประเภทพื้นแนวปะการัง

ชนิด	ลักษณะที่พบ
	ปะการังมีชีวิต
	ปะการังตาย
	สาหร่าย
	ทราย
	ปะการังตาย

3.2 ข้อมูลดาวเทียมเบื้องต้น

3.2.1 ข้อมูลดาวเทียม



รูปที่ 3.5 แนวขอบเขตการโคจรของดาวเทียม THEOS บันทึกภาพ ณ บริเวณพื้นที่ศึกษาวงโคจร หมายเลข # 131 (สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน), 2551)

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม THEOS 1A SCENE 402359 วงโคจรหมายเลข 131 บันทึกภาพวันที่ 27 มีนาคม 2553 เวลา 03:30:23.4 (สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2551) ซึ่งมีระดับน้ำประมาณ 1.2 เมตร และใกล้เคียงกับช่วงเวลาของการสำรวจภาคสนาม คือ ช่วงเดือนธันวาคม 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 ซึ่งห่างจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมประมาณ 2-3 เดือน โดยเลือกช่วงคลื่นสำหรับจำแนกสภาพแนวปะการัง คือ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน ช่วงคลื่นสีเขียวและช่วงคลื่นแดงดั่งตารางที่ 3.2 จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ช่วงคลื่นสีน้ำเงินเป็นช่วงคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นสามารถส่องผ่านบริเวณที่เป็นแหล่งน้ำ (Water Penetration Band) ได้ดีที่สุด ร่วมกับการใช้ช่วงคลื่นสีเขียวและสีแดงสะท้อนพื้นทรายและแนวปะการังได้ทั้งหมด เพื่อแยกวัตถุที่อยู่ใต้น้ำ (สรรคัใจ กลิ่นดาว, 2550)

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติของภาพถ่ายดาวเทียม THEOS หลายช่วงคลื่น

แบนด์ที่	ช่วงคลื่น	ช่วงความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียด Pixel (เมตร)
1	สีน้ำเงิน	0.45-0.52	15
2	สีเขียว	0.53-0.60	15
3	สีแดง	0.62-0.69	15
4	อินฟราเรดใกล้	0.77-0.90	15

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

3.3.1 ข้อมูลและแผนที่

- แผนที่ภาพถ่ายออร์โธรีซิเชิงเลข มาตรฐาน 1:4,000
- แผนที่แสดงทรัพยากรธรรมชาติ จังหวัดภูเก็ต
- แผนที่แนวปะการังในน่านน้ำไทย เล่มที่ 2 ทะเลอันดามัน แนวปะการังทางฝั่งตะวันตก

ตอนบนของเกาะภูเก็ต บริเวณด้านหน้าหาดในยาง

- ตารางข้อมูลน้ำขึ้น-น้ำลง ประจำปี 2552-2553 จากกรมอุทกศาสตร์
- คู่มือผู้ใช้ข้อมูลดาวเทียม THEOS
- ปฏิทินแนวขอบเขตที่ดาวเทียมสามารถบันทึกภาพได้รายเดือนของวงโคจรของดาวเทียม

THEOS ประจำปี พ.ศ.2553 (THEOS Accessible Corridor Calendar for 2010)

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

- คอมพิวเตอร์
- โปรแกรม CPCe (Coral Point Count with Excel Extensions)
- โปรแกรมวิเคราะห์ทางภูมิสารสนเทศ

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจภาคสนาม

- Quadrat ขนาด 1x1 เมตร
- เชือก
- เครื่องรับสัญญาณ GPS
- กล้องถ่ายรูป
- หมุดสำหรับยึดเชือก 8 เส้น
- แบบสำรวจภาคสนาม

3.4 การเตรียมและปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น

การเตรียมความพร้อมและการปรับปรุงข้อมูลที่มีความบกพร่องในคุณสมบัติต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องตรงตามความเป็นจริง เพื่อเตรียมพร้อมในการวิเคราะห์ต่อไป ประกอบด้วย

3.4.1 การกันขอบเขตภาพถ่ายดาวเทียม (Image Masking)

การเลือกเฉพาะขอบเขตพื้นที่ศึกษาเพื่อนำเข้าสู่โปรแกรมวิเคราะห์ทางภูมิสารสนเทศ เนื่องจากงานวิจัยนี้ศึกษาสภาพแนวปะการังโซนพื้นราบซึ่งเป็นพื้นที่ท้องทะเล จึงจำเป็นต้องกันขอบเขตของภาพถ่ายดาวเทียมให้ติดกับพื้นดิน เพื่อนำไปอ้างอิงกับจุดพิกัดของแผนที่ระบบพิกัดกริด UTM ได้ต่อไป

3.4.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

การแก้ไขตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียม เนื่องจากความผิดพลาดของวงโคจรและระบบบันทึกภาพโดยอาศัยจุดควบคุมในระบบพิกัดกริด UTM ของแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสิเชิงเลข (Ortho Image) มาตรฐาน 1:4,000 กระจายตามพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ที่เป็นพื้นดินติดกับสภาพแนวปะการังโซนพื้นราบ ส่งผลให้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องและสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลกมากที่สุด

3.4.3 การปรับแก้เชิงคลื่น (Radiometric Correction)

การแก้ไขความคลาดเคลื่อนของข้อมูลและสัญญาณคลื่นที่เกิดจากการบันทึกข้อมูลบนดาวเทียม หรืออาจเกิดการแพร่กระจาย หรือสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านสภาพบรรยากาศที่ปกคลุมด้วยหมอก (Haze) หรือควัน (Smoke) หรือจากมุมที่แสงอาทิตย์ตกกระทบ (Sun's Azimuth) และความยาวของระยะทางตามระดับความสูง (Elevation) ของอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน

3.4.3.1 การแปลงค่าข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital Number : DN) เป็น ค่าการสะท้อนพลังงานที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ (Radiance)

กระบวนการแปลงค่า Digital Number ที่ดาวเทียมบันทึกได้เป็นค่า Radiance ดังสมการที่ 2 ดังนี้

$$L_i = \frac{DN}{Gain} + Bias \quad (2)$$

L_i = ค่า Radiance ของ Pixel ในช่วงคลื่น i ($W/m^2/\mu m/sr$)

DN = ค่า Digital Number ตั้งแต่ 0-255

$Gain$ = ค่า Absolute Calibration Gain ในแต่ละช่วงคลื่น

$Bias$ = ค่า Absolute Calibration Bias ในแต่ละช่วงคลื่น

3.4.3.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลของบรรยากาศ (Removal of Scattering in the Atmosphere)

การลดหรือขจัดค่าการสะท้อนพลังงานจากเส้นทางอื่น ๆ (Path Radiance) ในชั้นบรรยากาศให้เหลือน้อยที่สุดโดยอาศัยวิธีการ Dark Object Subtraction (DOS) (Vanderstraete et al., 2004) คำนวณค่า Radiance เฉลี่ยของน้ำทะเลลึก (ควรมีความลึกมากกว่า 50 เมตร) หักออกจากค่า Radiance ของ Pixel ในแต่ละช่วงคลื่นดังสมการที่ 3

$$\text{Atmospherically Corrected Radiance} = L_i - L_{si} \quad (3)$$

L_i = ค่า Radiance ของ Pixel ในช่วงคลื่น i

L_{si} = ค่า Radiance เฉลี่ยของน้ำทะเลลึกในช่วงคลื่น i

3.4.3.3 การแปลงค่า Radiance เป็นค่าการสะท้อนแสงของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Reflectance)

กระบวนการแปลงค่า Radiance ให้เป็นค่า Reflectance ดังสมการที่ 4

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \times (\text{Atmospherically Corrected Radiance}) \times d^2}{E_{\text{sun}}_{\lambda} \times \sin \theta} \quad (4)$$

ρ_{λ} = Reflectance [0-1]

d = Earth-Sun Distance in Astronomical Unit หรือสามารถคำนวณได้จาก

สูตร $(1 - 0.01672 \times \text{Cos}((0.9856 \times (\text{DOY}-4)) \times \pi/180))$ DOY = Day of Years

θ = Sun Elevation Angle (degree)

E_{sun}_{λ} = Mean Solar Exoatmospheric Irradiances ($\text{W}/\text{m}^2/\mu\text{m}$)

ซึ่ง E_{sun}_{λ} สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$E_{\text{sun}}_{\lambda} = \frac{\int (\text{RSR}_{\lambda} \times \text{SolarIrradiance}) d\lambda}{\int \text{RSR}_{\lambda} d\lambda} \quad (5)$$

RSR = Relative Spectral Response of λ Bands

SolarIrradiance = Solar Irradiance of λ Bands

3.4.3.4 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมลพิษน้ำ (Removal of Scattering in the Water)

ความลึกของน้ำมีผลต่อสัญญาณที่สะท้อนจากวัตถุใต้น้ำ เพื่อกำจัดผลของความลึกน้ำที่โปร่งแสงสูง วิทยานิพนธ์นี้จึงเลือกใช้เฉพาะช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียวและสีแดง ในการหาค่า Depth-Invariant Bottom Index (DIV) ของ 3 คู่ช่วงคลื่น เพื่อเป็นข้อมูล Input ของ Neural Network โดยที่ DIV คำนวณจากสมการที่ 6 ดังนี้

$$\text{Depth - invariant bottom index} = \ln(L_i - L_{si}) - [(k_i / k_j) * \ln(L_i - L_{si})] \quad (6)$$

L_i = ค่า Radiance ของ Pixel ในช่วงคลื่น i

L_{si} = ค่า Radiance เฉลี่ยของน้ำทะเลลึกในช่วงคลื่น i

k_i / k_j = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ทะลุผ่านน้ำ

โดยค่า k_i / k_j หรือสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านน้ำ (Attenuation Coefficient) สามารถคำนวณจากสมการที่ 7 และ 8

$$k_i / k_j = a + \sqrt{a^2 + 1} \quad (7)$$

$$a = (\delta_{ii} - \delta_{ij}) / \delta_{ij} \quad (8)$$

k_i / k_j = ค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านน้ำ

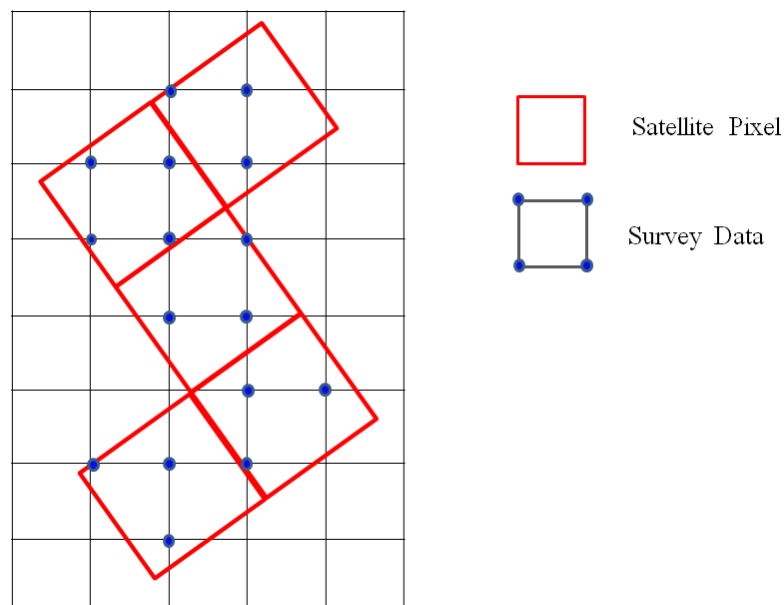
δ_{ij} = ค่า Covariance ระหว่างช่วงคลื่น i และ j

δ_{ii} = ค่า Variance ของช่วงคลื่น ii

3.5 การเตรียมข้อมูลสำหรับพัฒนาอัลกอริทึม

3.5.1 การซ้กันของข้อมูลภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

การระบุตำแหน่งตรงกันของจุด GPS ภาคสนามกับ Pixel ของภาพถ่ายดาวเทียมด้วยระบบพิกัดกริด UTM ตามหลักเกณฑ์ที่ว่า จุด GPS ที่ตกอยู่ใน Pixel ใดให้ถือว่ามิตำแหน่งตรงกับ Pixel ของภาพถ่ายดาวเทียมนั้นดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ภาพซ้กันระหว่างข้อมูลภาคสนามและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

3.5.2 การเลือกตำแหน่ง Pixel ที่มีการสำรวจภาคสนาม

กำหนดสิ่งที่ต้องการ Train ให้กับอัลกอริทึมด้วยการระบุจุด GPS ตั้งแต่ 4 จุดขึ้นไปที่มีตำแหน่งตรงกับ Pixel ของภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อระบุลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนามได้อย่างชัดเจน

3.5.3 การวิเคราะห์ลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนาม

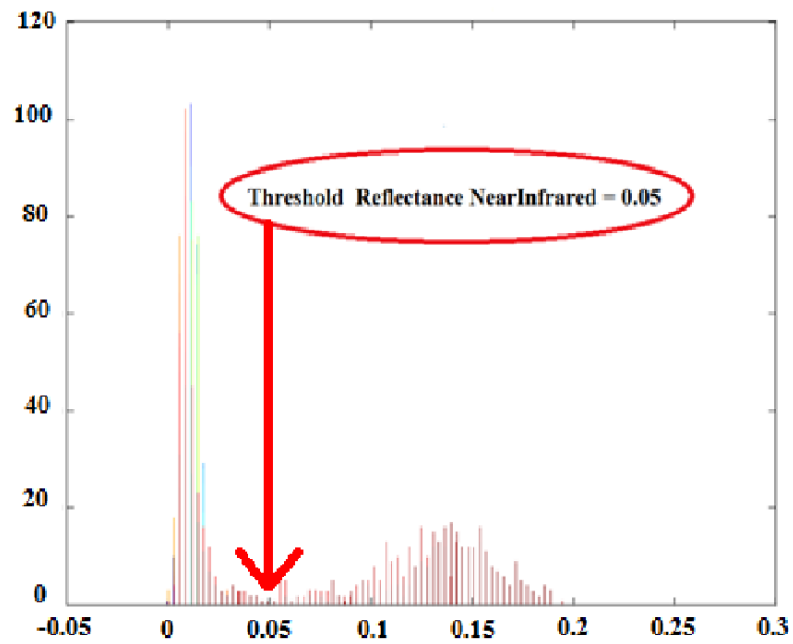
ระบุลักษณะเด่นของพื้นแนวปะการัง จากพื้นที่ปกคลุมรวมของทุกประเภทพื้นแนวปะการังจากข้อมูล GPS ตั้งแต่ 4 จุดขึ้นไปที่มีตำแหน่งตรงกับ Pixel ของภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งพื้นที่ปกคลุมรวมของประเภทพื้นแนวปะการังใดมากที่สุด แสดงว่าประเภทพื้นแนวปะการังนั้นเป็นลักษณะเด่นที่ปรากฏของ Pixel นั้น Pixel ที่ได้จากระบวนการนี้จะเป็นชุดข้อมูล Input ให้กับการ Train ของอัลกอริทึมต่อไป

3.5.4 การแบ่งข้อมูล Pixel เพื่อพัฒนาอัลกอริทึมและตรวจสอบความถูกต้อง

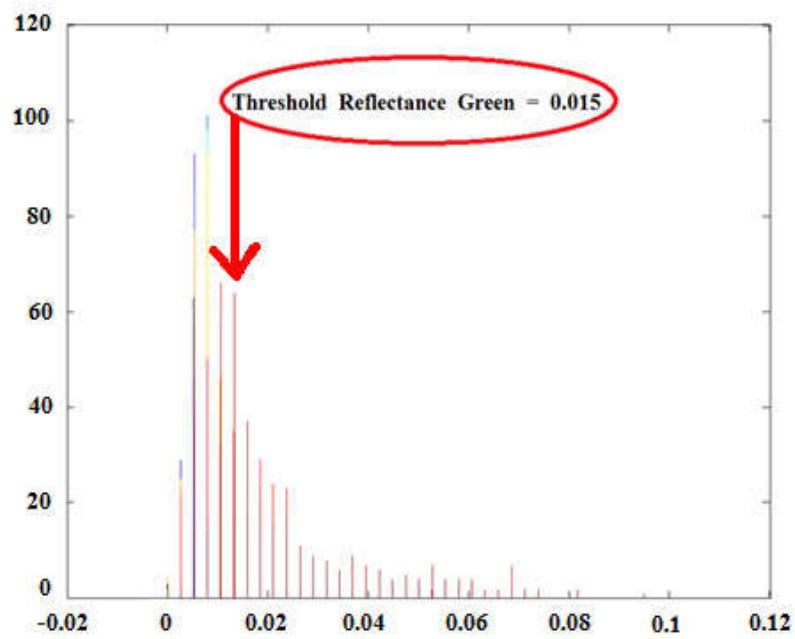
การกำหนด Pixel ให้กับอัลกอริทึมจะต้องแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สุ่มข้อมูล 70% จาก Pixel เพื่อใช้เป็นข้อมูล Input สำหรับพัฒนาอัลกอริทึมและส่วนที่เหลืออีก 30% จะใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม

3.6 การออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึม

อัลกอริทึมนี้ออกแบบโดยใช้ค่า Threshold เท่ากับ 0.05 และ 0.015 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นสีเขียว ในการตัดพื้นที่โผล่พื้นน้ำและน้ำลึกออกจากภาพดังรูปที่ 3.7 และ 3.8

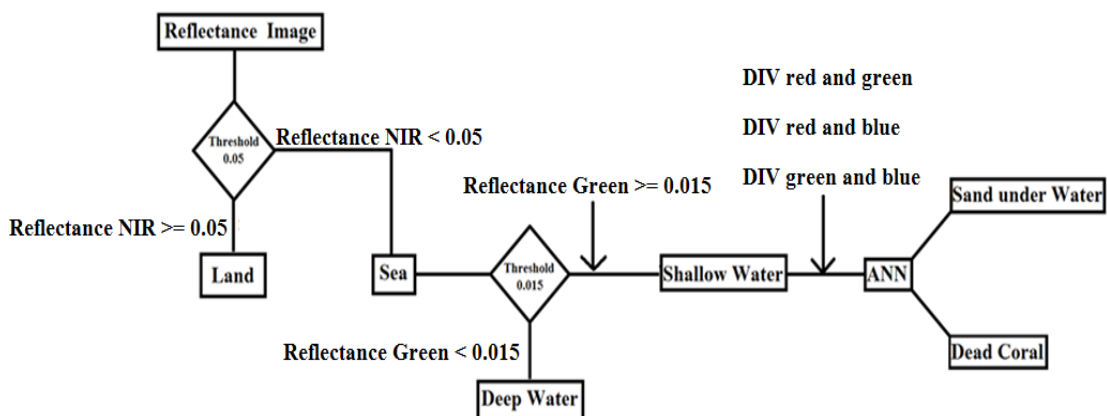


รูปที่ 3.7 ค่า Threshold เท่ากับ 0.05 ของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้



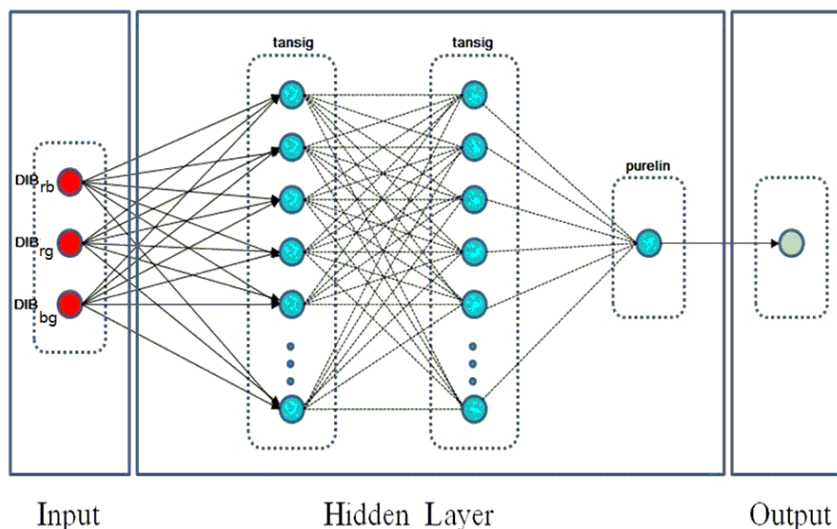
รูปที่ 3.8 ค่า Threshold เท่ากับ 0.015 ของช่วงคลื่นสีเขียว

จากนั้นนำข้อมูล Depth-Invariant Bottom Index 70% จากการสุ่มเฉพาะน้ำตื้นเข้าสู่กระบวนการพัฒนาอัลกอริทึมโดยใช้ Neural Network เพื่อจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบออกเป็น 2 ประเภท คือ ปะการังตายและทรายใต้น้ำดังรูปที่ 3.9 จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า



รูปที่ 3.9 อัลกอริทึมสำหรับจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบ

ช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ คือ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียวและสีแดง โดยข้อมูลนำเข้าสู่ Neural Network ประกอบด้วย ค่า Depth-Invariant Bottom Index ของ 3 คู่ช่วงคลื่น คือ สีน้ำเงิน-สีเขียว (DIV_{bg}) สีเขียว-สีแดง (DIV_{gr}) และสีน้ำเงิน-สีแดง (DIV_{br}) ซึ่ง Neural Network จะประกอบด้วย 2 ชั้น (Layer) ที่มีจำนวน Neurons สำหรับแต่ละ Layer นั้นเลือกใช้รูปแบบที่ให้ความถูกต้องสูงสุดโดย Transfer Functions ที่ใช้สำหรับ Neural Network นั้น ทั้งสองชั้นเป็น Tangential Sigmoid และ Output Layer มี Transfer Functions แบบ Linear ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างการทำงานของอัลกอริทึมดังรูปที่ 3.10 หลังจากนั้นนำข้อมูล 30% ที่เหลือมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม



รูปที่ 3.10 โครงสร้างการทำงานของอัลกอริทึม

3.7 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องของ Pixel ที่ได้จากการ Train อัลกอริทึมกับลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนาม ด้วยการสร้างตารางเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Matrix Error) เพื่อเปรียบเทียบผลการจำแนกทั้งถูกต้องและผิดพลาด โดยวัดผลการจำแนกทั้งสองประเภทจากสถิติความน่าจะเป็นและอัตราส่วนความผิดพลาดที่ยอมรับ ซึ่งประกอบด้วย

3.7.1 ความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก (Producer's Accuracy/Omission Error)

ความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกขาดหายไปหรือเกิดการตกหล่น ซึ่งคำนวณจากจำนวน Pixel ที่จำแนกเป็นลักษณะเด่นอื่น ๆ จากการ Train ของอัลกอริทึมหารด้วยจำนวน Pixel ลักษณะเด่นของข้อมูลภาคสนามทั้งหมด

3.7.2 ความถูกต้องสำหรับผู้ใช้ (User's Accuracy/Commission Error)

ความผิดพลาดจากการจำแนกที่เกินมา ซึ่งคำนวณจากจำนวน Pixel จากการ Train ของอัลกอริทึมที่ในความเป็นจริงเป็นลักษณะเด่นอื่น ๆ หารด้วยจำนวน Pixel ที่ระบุว่าเป็นลักษณะเด่นตามข้อมูลภาคสนามจริงทั้งหมด

3.7.3 ความถูกต้องรวมของการจำแนก (Overall Accuracy)

การประเมินความถูกต้องโดยรวมของ Pixel จากการ Train อัลกอริทึม ซึ่งคำนวณจากผลรวมของ Pixel ทุกลักษณะเด่นที่ตรงกับความจริงและการจำแนกหารด้วยจำนวน Pixel ทั้งหมดที่มีการระบุลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนาม

บทที่ 4

ผลและบทวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการศึกษา ประกอบด้วย ผลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น การเตรียมข้อมูลสำหรับพัฒนาอัลกอริทึม อัลกอริทึมและการตรวจสอบความถูกต้องจากการพัฒนาอัลกอริทึมของแนวปะการัง โซนพื้นราบจากภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ผลการสำรวจภาคสนาม

จากการสำรวจภาคสนาม ได้บันทึกเวลา สภาพแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพรูปร่างของปะการัง รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ พร้อมทั้งเก็บจุด GPS ณ ตำแหน่งที่มีการถ่ายรูปของแนวปะการัง เพื่อใช้ในการตรวจสอบความตรงกันของรูปถ่ายแนวปะการัง ณ ช่วงเวลาและตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งแสดงตัวอย่างแบบฟอร์มการสำรวจภาคสนามดังตารางที่ 4.1 ผลการบันทึกข้อมูลจากการสังเกตสภาพแวดล้อมทั่วไปในพื้นที่ศึกษาพบว่า ท้องฟ้าโปร่งใส มีเมฆน้อย แสงแดดจ้า สภาพแวดล้อมลักษณะนี้อาจเป็นผลจากการได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างปลายเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพดาวเทียม งานวิจัยนี้จึงดำเนินการสำรวจ ณ ช่วงเดือนธันวาคม 2552 ถึงเดือนมกราคม 2553 พบว่า แนวปะการังส่วนใหญ่อยู่ในสภาพเสื่อมโทรม ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินตามบริเวณแนวชายฝั่ง ก่อให้เกิดตะกอนปกคลุมบนแนวปะการัง โดยเฉพาะบริเวณหัว มักจะทับถมด้วยตะกอนทำให้ปะการังตายแต่ด้านข้างยังมีชีวิตอยู่ ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำขึ้น-น้ำลง ส่งผลให้แนวปะการังต้องปรับตัวอยู่ตลอดเวลา รูปแบบของปะการังที่สามารถปรับตัวอยู่ได้ที่พบส่วนมากจะเป็นแบบกิ่งก้าน (Branching) แบบก้อน (Massive) และแบบเคลือบ (Encrusting) รวมถึงสาหร่ายขนาดใหญ่จำนวนมาก

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างแบบฟอร์มการสำรวจภาคสนาม

Line 1 วันที่ 6 ธันวาคม 2552 เวลาเริ่มสำรวจภาคสนาม 06.43 น. จุดเริ่มต้น 0422079 0895250 สภาพอากาศ ท้องฟ้าโปร่งใส เมฆน้อย แสงแดดจ้า

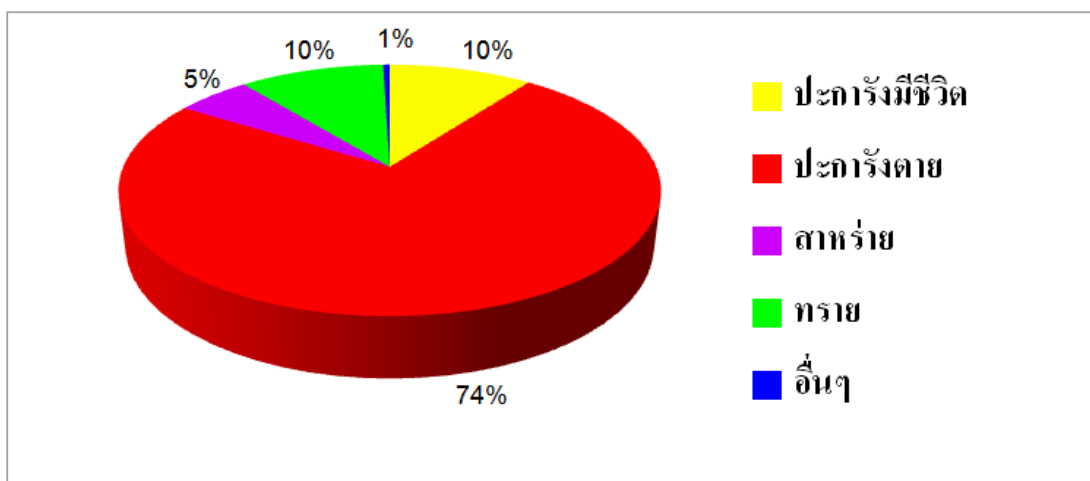
จุดที่	ภาพที่	เวลา	Mark	จำแนกประเภทของปะการัง									สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ			สิ่งไม่มีชีวิต		หมายเหตุ	
				ตาย			เป็น						หญ้า	สาหร่าย	อื่น ๆ	หิน	ทราย		
				DC	CO	BR	MA	PL	EN	FO	FL	SG							AL
37	1996	9:28:20	249	√		√	√							√					
38	2001	9:29:59	250	√			√							√					
39	2002	9:31:09	251	√		√	√							√					
40	2006	9:32:34	252	√		√	√							√					
41	2007	9:36:53	253	√			√							√					
42	2008	9:37:55	254	√			√							√					
43	2009	9:38:56	255	√		√	√							√					

หมายเหตุ : DC (Dead Coral) / CO (Columnar) / BR (Branching) / MA (Massive) / PL (Plate like) / EN (Encrusting) / FO (Foliaceous) / FL (Free living) /

SG (Sea Grass) / AL (Algae) / OT (Other) / RO (Rock) / SA (Sand)

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายแนวปะการังโดยใช้โปรแกรม CPCe 3.6 สามารถคำนวณประเภทพื้นแนวปะการังได้ดังตารางที่ 4.2 ซึ่งจากการสังเกตพบว่าพื้นที่ภายใน Quadrat รวมของแต่ละภาพไม่เท่ากับ 1 ตารางเมตร อันเนื่องมาจากความผิดพลาดของมุมกล้องที่ไม่ตั้งฉากกับแนวปะการังใน Quadrat รวมถึงความคลาดเคลื่อนจากการตัดภาพแนวปะการังใน Quadrat ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ปกคลุมรวมทั้ง 8 Lines สามารถแสดงเปอร์เซ็นต์ทุกประเภทพื้นแนวปะการังจากการสำรวจภาคสนามในบริเวณพื้นที่ศึกษาดังรูปที่ 4.1 พบว่ามีปะการังมีชีวิต 10% ปะการังตาย 74% สาหร่ายขนาดใหญ่ 5% ทวาย 10% และอื่น ๆ 1%



รูปที่ 4.1 เปอร์เซนต์ครอบคลุมพื้นที่ของทุกประเภทพื้นแนวปะการังจากการสำรวจภาคสนามทั้งหมด 496 จุด

4.3 ผลการประมวลภาพถ่ายดาวเทียมเบื้องต้น

4.3.1 ผลการปรับแก้เชิงเรขาคณิต

จากการนำภาพถ่ายออร์โธโธรีเชิงเลข 1:4,000 เพื่อกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ทั้งหมด 9 จุด ครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา สามารถคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งเฉลี่ย (Root Mean Square Error : RMS Error) 0.2821 หรือ 4.2 เมตร ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม THEOS

4.3.2 ผลการปรับแก้เชิงคลื่น

4.3.2.1 ตัวแปรที่ใช้ในการแปลง *Digital Number* เป็น *Radiance*

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมถูกจัดเก็บอยู่ในค่า *Digital Number* ซึ่งสามารถแปลงเป็นค่า *Radiance* ที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้ จากค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มและการชดเชยของแต่ละช่วงคลื่นดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนามจาก Line ที่ 1

Line	ลำดับที่	รูปถ่าย	จุดพิกัด GPS	พื้นที่ปกคลุม					พื้นที่รูปถ่าย ทั้งหมด (m ²)
				ปะการังมีชีวิต (m ²)	ปะการังตาย (m ²)	สาหร่าย (m ²)	ทราย (m ²)	อื่นๆ (m ²)	
1	37	1547	141	0.0952	0.6370	0.2504	0	0	0.9826
	38	1562	142	0.0873	0.6695	0.2239	0	0	0.9807
	39	1571	143	0.1176	0.6854	0.1569	0	0	0.9599
	40	3956	798	0.0913	0.7431	0.2243	0	0	1.0587
	41	3961	799	0.0351	0.7205	0.3014	0	0	1.0570
	42	3962	800	0.0782	0.7338	0.2657	0	0	1.0777
	43	3965	801	0.0378	0.9087	0.0861	0	0.0038	1.0326

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มและชดเชยของแต่ละช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม

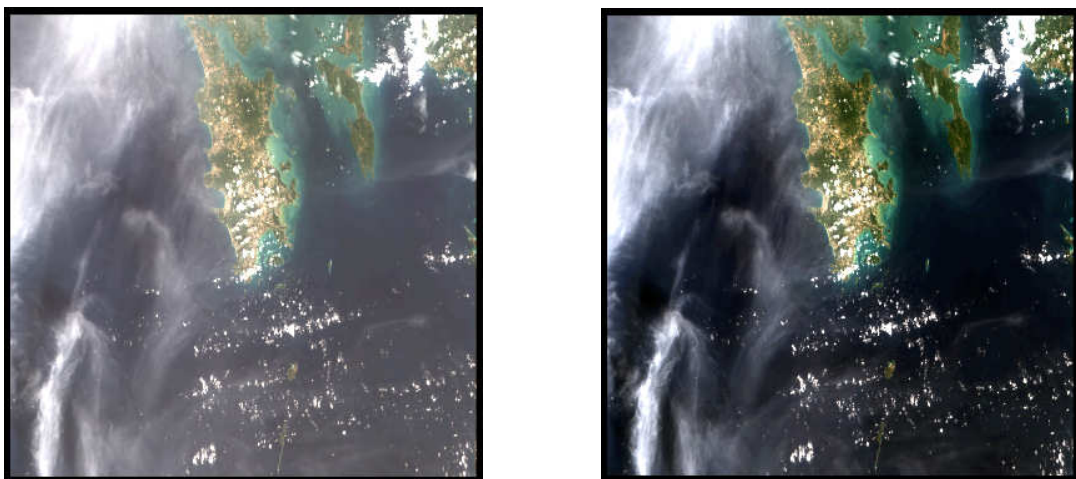
	สีน้ำเงิน	สีเขียว	สีแดง	อินฟราเรดใกล้
ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่ม	0.734264	0.750353	0.855095	0.118171
ค่าสัมประสิทธิ์การลด	0	0	0	0

4.3.2.2 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลบรรยากาศ

จากการคำนวณค่า Radiance เฉลี่ยของน้ำทะเลลึกของแต่ละช่วงคลื่น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 เพื่อใช้ในการปรับแก้พบว่า ภาพถ่ายดาวเทียมหลังการปรับแก้จะมีความชัดเจนมากขึ้น รวมถึงสามารถจัดเมฆและหมอกออกจากภาพถ่ายดาวเทียมได้ดังรูปที่ 4.3 ด้านซ้ายภาพถ่ายดาวเทียมก่อนการปรับแก้และด้านขวาภาพถ่ายดาวเทียมหลังการปรับแก้

ตารางที่ 4.4 ค่า Radiance เฉลี่ยในแต่ละช่วงคลื่นของน้ำทะเลลึก

	สีน้ำเงิน	สีเขียว	สีแดง	อินฟราเรดใกล้
ค่า Radiance เฉลี่ยของทะเลน้ำลึก (L_t)	20.2630	29.3523	43.5122	83.3135



รูปที่ 4.3 ด้านซ้ายก่อนการปรับแก้และด้านขวาหลังการปรับแก้อิทธิพลจากชั้นบรรยากาศ

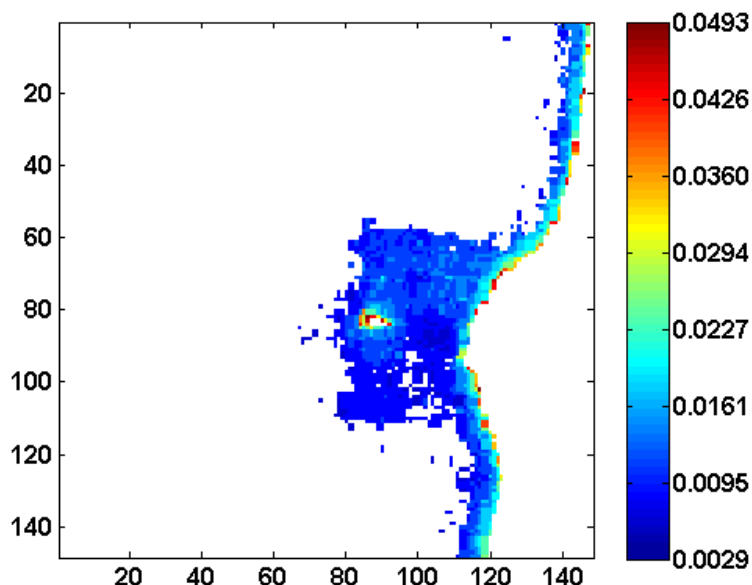
4.3.2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการแปลงค่า Radiance เป็น Reflectance

ในการแปลงค่า Radiance ที่อุปกรณ์ดาวเทียมบันทึกได้เป็นค่า Reflectance ต้องใช้ค่า Earth-Sun Distance, Sun Elevation และ E_{sun} ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS บันทึกภาพ ณ วันที่ 27 มีนาคม 2553 ซึ่งตรงกับวันที่ 86 ของปี สามารถคำนวณค่า Earth-Sun Distance หรือ d เท่ากับ 0.98676 ใน Astronomical Unit และมีค่า Sun Elevation เท่ากับ 58.909861 และใช้ค่า E_{sun} ของแต่ละช่วงคลื่น (ธีรสันต์ รัตนบำรุงและคณะ, 2554) ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ค่า Mean Solar Exoatmospheric Irradiances ของแต่ละช่วงคลื่น

	สีน้ำเงิน	สีเขียว	สีแดง	อินฟราเรดใกล้
E_{sun} ($W/m^2/\mu m$)	2005.8253	1848.6538	1566.4886	1064.7254

จากนั้นนำค่า Reflectance ข้างต้นตัดพื้นที่โผล่พื้นน้ำและน้ำลึกออกจากภาพ โดยใช้ค่า Threshold เท่ากับ 0.05 และ 0.015 ของช่วงคลื่น Near Infrared และ Green แสดงดังรูปที่ 4.4



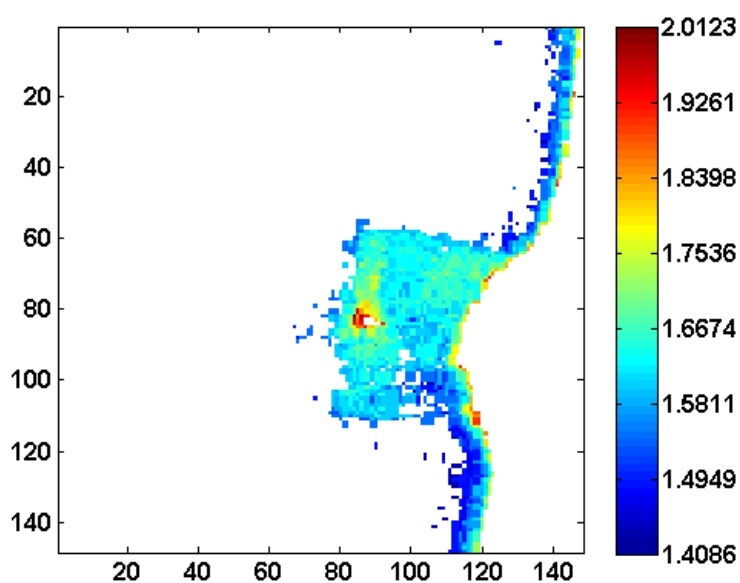
รูปที่ 4.4 ภาพ Reflectance ที่ตัดพื้นที่โผล่พื้นน้ำและน้ำลึก

4.3.2.4 ผลการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ

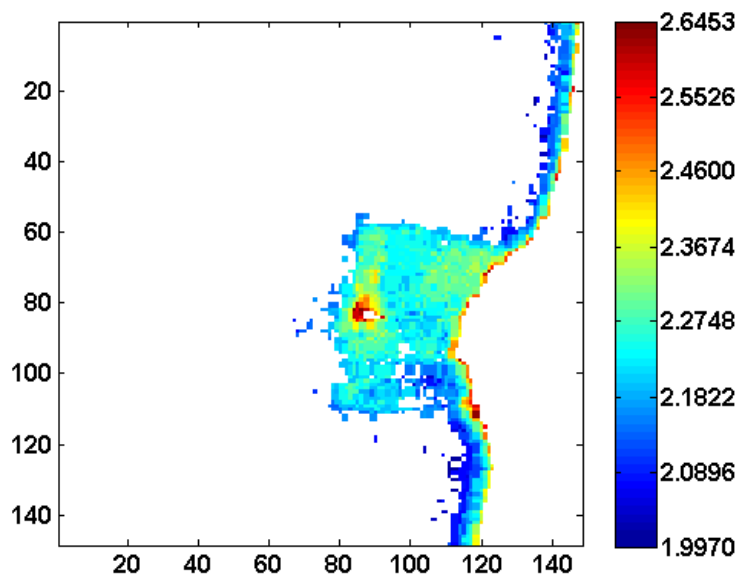
จากการคำนวณหาค่า k_i / k_j หรือค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านน้ำของแต่ละคู่ช่วงคลื่นดังตารางที่ 4.6 นำไปคำนวณค่า DIV ของ 3 คู่ช่วงคลื่นของทั้งภาพพบว่า สามารถมองเห็นขอบเขตและการกระจายตัวของวัตถุใต้น้ำแตกต่างกันอย่างชัดเจนดังรูปที่ 4.5–4.7

ตารางที่ 4.6 ค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านน้ำของแต่ละคู่ช่วงคลื่น

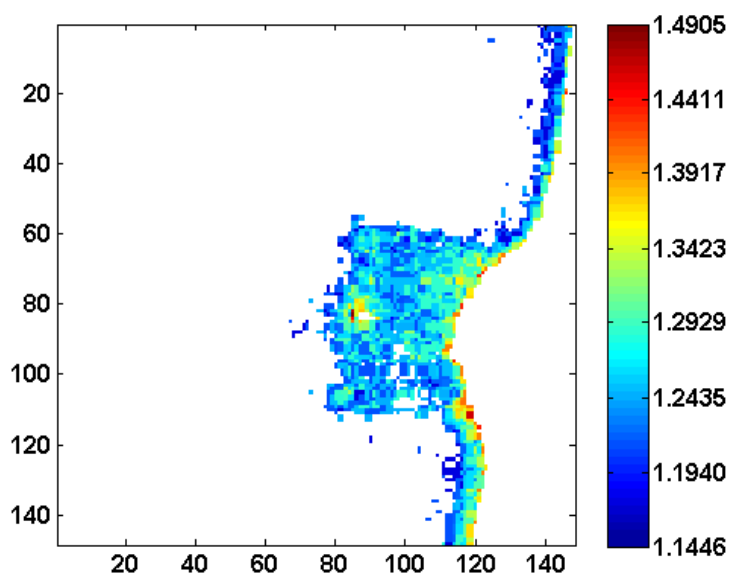
k_i / k_j	k_{red} / k_{green}	k_{red} / k_{blue}	k_{green} / k_{blue}
ค่าสัมประสิทธิ์การทะลุผ่านน้ำของแต่ละคู่ช่วงคลื่น	0.6351	0.2872	0.4010



รูปที่ 4.5 DIV ของช่วงคลื่นสีแดงและสีเขียว



รูปที่ 4.6 DIV ของช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงิน



รูปที่ 4.7 DIV ของช่วงคลื่นสีเหลืองและสีน้ำเงิน

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างจำนวนจุด GPS ที่มีตำแหน่งตรงกับ Pixel แตกต่างกัน

ID	START UTM X	END UTM X	STARTUTM Y	END UTM Y	PLOT SURVEY								Dominant	
													1	2
98	422556	422571	895222	895237	443	735	0	0	0	0	0	0	S	OT
99	422076	422091	895207	895222	596	0	0	0	0	0	0	0	DCR	LC
100	422091	422106	895207	895222	448	449	597	598	0	0	0	0	DCR	LC
101	422106	422121	895207	895222	450	451	599	600	0	0	0	0	DCR	LC
102	422121	422136	895207	895222	452	453	601	603	0	0	0	0	DCR	LC
103	422136	422151	895207	895222	454	455	604	605	0	0	0	0	DCR	LC
104	422151	422166	895207	895222	456	457	606	607	0	0	0	0	DCR	LC
105	422166	422181	895207	895222	458	459	608	610	0	0	0	0	DCR	-
106	422181	422196	895207	895222	460	461	611	0	0	0	0	0	DCR	-
107	422196	422211	895207	895222	464	465	613	614	615	0	0	0	DCR	LC

4.4 ผลการเตรียมข้อมูลสำหรับอัลกอริทึม

4.4.1 ผลการซ้อนทับข้อมูลภาคสนามกับภาพถ่ายดาวเทียม

จากการระบุจุด GPS ให้ตรงกับตำแหน่ง Pixel พบว่ามีจำนวนจุด GPS ตกอยู่ใน Pixel ที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงข้อมูลตัวอย่างจุด GPS ที่ตกอยู่ใน Pixel ที่แตกต่างกันดังตารางที่ 4.7 จากตารางข้างต้นสังเกตได้ว่า จำนวนจุด GPS ที่ตก ณ ตำแหน่งเดียวกับ Pixel มีตั้งแต่ 1-5 จุด และมีจำนวน Pixel ที่มีจุด GPS ตกอยู่ทั้งสิ้น 130 Pixels ซึ่งแสดงรายละเอียดข้อมูลจำนวน Pixel ที่มีจุด GPS ตกแตกต่างกันดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 จำนวน Pixel ที่มีจุด GPS ตกแตกต่างกัน

จุด GPS ที่ซ้อนทับกับ Pixel	Pixel
1	1
2	5
3	20
4	95
5	9
รวม	130

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้เฉพาะ Pixel ที่มีจุด GPS ตั้งแต่ 4 จุดขึ้นไปซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 104 Pixels และเชื่อมโยงข้อมูล DIV ของ 3 คู่ช่วงคลื่นด้วยค่า ID ซึ่งแสดงรายละเอียดตัวอย่างข้อมูล DIV ของ 3 คู่ช่วงคลื่น ณ ตำแหน่ง Pixel เดียวกันดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างข้อมูล DIV ของ 3 คู่ช่วงคลื่น ณ ตำแหน่ง Pixel เดียวกัน

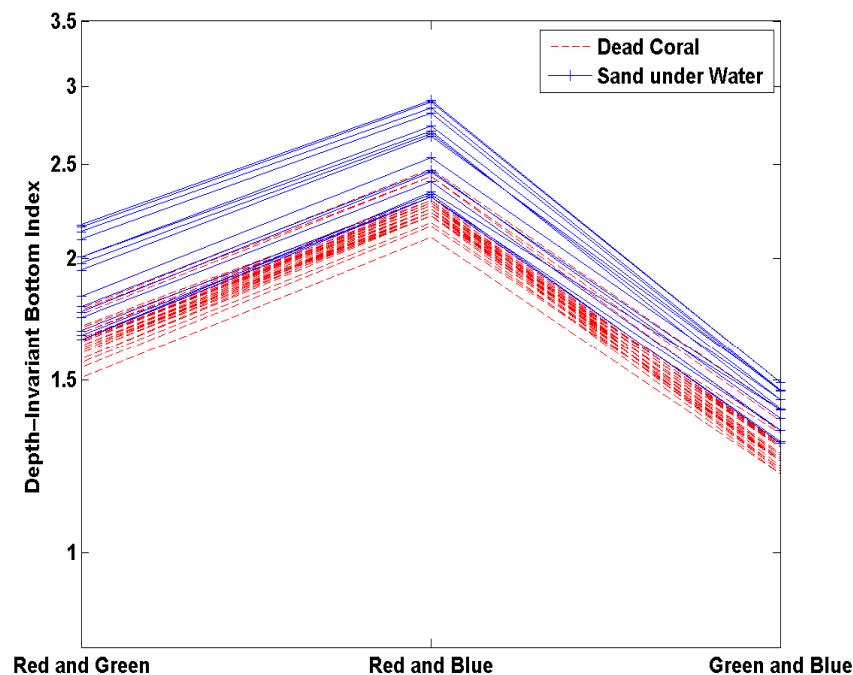
ID	DIV สีแดงและสีเขียว	DIV สีแดงและสีน้ำเงิน	DIV สีเขียวและสีน้ำเงิน
98	1.3323	2.6451	2.2249
99	1.0595	2.3941	2.2644
100	1.1080	2.4426	2.2644
101	1.0595	2.3806	2.2456
102	1.1080	2.4291	2.2456
103	1.1080	2.4291	2.2456
104	1.1080	2.4291	2.2456
105	1.0844	2.3941	2.2252
106	1.1104	2.3941	2.1843
107	1.0844	2.3941	2.2252

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะเด่นของ Pixel จากข้อมูลภาคสนาม

จากการวิเคราะห์จำนวน Pixel ที่มีตำแหน่งตรงกับจุด GPS ตั้งแต่ 4 จุดขึ้นไป พบว่าสามารถประเมินพื้นที่ปกคลุมประเภทพื้นแนวปะการัง เพื่อระบุลักษณะเด่นของ Pixel ได้ 2 ประเภท คือ ปะการังตาย 95 Pixels และทรายใต้น้ำ 9 Pixels สามารถแสดงลักษณะเด่นของ Pixel แต่ละประเภทดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 จำนวน Pixel ของแต่ละประเภทพื้นแนวปะการัง

ประเภทพื้นแนวปะการัง	จำนวน Pixel
ปะการังตาย	95
ทรายใต้น้ำ	9

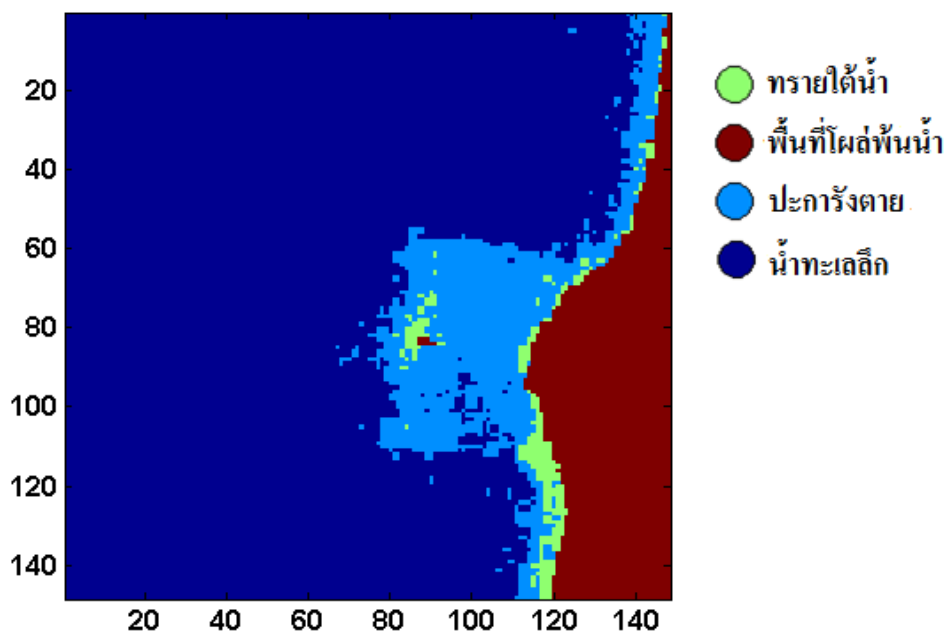


รูปที่ 4.8 ตัวอย่าง DIV ของ 3 ช่วงคลื่นของแต่ละประเภทพื้นแนวปะการัง

จากรูปที่ 4.8 ได้แสดงตัวอย่าง DIV ของ 3 ช่วงคลื่น สำหรับ 2 ประเภทพื้นแนวปะการัง คือ ปะการังตายและทรายใต้น้ำ โดยเศษซากของปะการังตายจะมีลักษณะของสัญญาณคล้ายกับ ทรายใต้น้ำจึงจัดให้อยู่ประเภทเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ของ DIV ของ 3 ช่วงคลื่นนั้น แตกต่างกันไปสำหรับทุกประเภทพื้นแนวปะการัง สามารถนำไปใช้ในการจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังได้

4.5 ผลของอัลกอริทึม

Neural Network นี้ประกอบด้วย 2 Layers ที่มีจำนวน Neurons ในแต่ละ Layer แตกต่างกันและเลือกใช้รูปแบบที่ให้ความถูกต้องสูงสุดพบว่า รูปแบบที่ดีที่สุดคือ จำนวน Neurons ของทั้งสอง Layers เป็น 8 และ 8 ตามลำดับ Transfer Functions ที่ใช้สำหรับ Neural Network นี้คือ Tangential Sigmoid และใช้ Transfer Functions สำหรับ Output Layer เป็น Linear ซึ่งแสดงผลของอัลกอริทึมนี้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการจำแนกสภาพพื้นแนวปะการัง โซนพื้นราบและเขตทะเลลึกบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากผลการจำแนกสภาพพื้นแนวปะการัง โซนพื้นราบและเขตทะเลลึกบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 4.9 พบว่า มีพื้นที่ปกคลุมของปะการังตาย ทรายใต้น้ำ น้ำทะเลลึก และพื้นที่ไหลพื้นน้ำ เท่ากับ 0.5316 0.0839 3.6830 และ 0.6297 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ปกคลุมพื้นที่เท่ากับ 10.7880 1.7027 74.7306 และ 12.7785% ตามลำดับเช่นกัน สามารถสังเกตขอบเขตและการกระจายตัวของทุกประเภทพื้นแนวปะการังได้อย่างชัดเจน

4.6 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง

ผลการประเมินความถูกต้องพบว่า อัลกอริทึมนี้มีความถูกต้องสูง โดยมีความถูกต้องในการจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโดยรวม 100% มี Producer's Accuracy และ User's Accuracy ของทั้งปะการังตายและทรายใต้น้ำเท่ากับ 100% ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบและน้ำทะเลลึก

ค่าจริง	ค่าที่ประเมินได้		User's Accuracy
	ปะการังตาย	ทรายใต้น้ำ	
ปะการังตาย	29	-	100
ทรายใต้น้ำ	-	6	100
รวม	29	6	
Producer's Accuracy	100	100	100

บทที่ 5

บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาอัลกอริทึมสำหรับใช้กับข้อมูลดาวเทียม THEOS เพื่อจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบโดยใช้ Neural Network ที่ทำการ Train โดยใช้ข้อมูลสำรวจภาคสนามและข้อมูลดาวเทียม THEOS ที่ซ้อนทับกัน ผลการประเมินจะใช้ข้อมูลคนละชุดกับที่ใช้ในการ Train พบว่า อัลกอริทึมนี้มีความถูกต้องสูง คือ มีความถูกต้องโดยรวมสูงถึง 100% โดยสามารถจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบออกเป็น 2 ประเภท คือ ปะการังตายและทรายใต้น้ำ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 0.5316 และ 0.0839 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ปกคลุมพื้นที่เท่ากับ 10.7880 และ 1.7027 ตามลำดับ แต่ไม่สามารถจำแนกปะการังมีชีวิตและสาหร่ายขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากปัจจัยทางด้านกายภาพของแนวปะการังด้านบนที่ทับถมด้วยตะกอน ส่งผลให้การประเมินภาคสนามพบพื้นที่ปกคลุมของปะการังมีชีวิตและสาหร่ายขนาดใหญ่มีเพียง 10% และ 5% เท่านั้น รวมถึงลักษณะพื้นที่ที่พบปะการังมีชีวิตและสาหร่ายขนาดใหญ่ค่อนข้างกระจายตัว จนไม่สามารถแสดงลักษณะเด่นของ Pixel นั้น ๆ ได้อย่างชัดเจน ดังนั้นจึงไม่สามารถแยกแยะทั้งสองประเภทออกจากพื้นแนวปะการังประเภทอื่น ๆ ได้ อัลกอริทึมนี้ได้แสดงขอบเขตการกระจายตัวของแนวปะการัง ทำให้สามารถประเมินสภาพพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวัดจากดาวเทียมที่มีช่วงคลื่นความถี่ใกล้เคียงกัน รวมถึงยังสามารถนำไปใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของสภาพแนวปะการังในพื้นที่อื่น ๆ ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. อัลกอริทึมนี้ใช้สำหรับจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังโซนพื้นราบที่มีความโปร่งแสงของน้ำสูง
2. การจำแนกประเภทพื้นแนวปะการังมีชีวิต (Live Coral) ควรมีพื้นที่ของปะการังมีชีวิตปกคลุมมากกว่า 50% ของแต่ละจุดภาพดาวเทียมนั้น ๆ

3. เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ปกคลุมของปะการังมีชีวิตเพียง 10% ของพื้นที่ภาคสนามทั้งหมดและไม่สามารถจำแนกออกจากพื้นแนวปะการังประเภทอื่น ๆ ได้ หากพื้นที่อื่นมีแนวปะการังมีชีวิตปกคลุมพื้นที่หนาแน่นเป็นบริเวณกว้างและใช้เครื่องมือวัดดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงคลื่นและเชิงพื้นที่สูงกว่านี้ อาจทำให้สามารถจำแนกพื้นปะการังมีชีวิตได้ แต่เนื่องจากความเหมาะสมทางด้านราคาและการเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายของดาวเทียม THEOS งานวิจัยนี้มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการหาขอบเขตของพื้นแนวปะการังได้ดีและประเมินสภาพพื้นแนวปะการังได้ละเอียดระดับหนึ่งเท่านั้น

4. ในขั้นตอนการซ้อนทับระหว่างข้อมูลภาคสนามกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ควรใช้เครื่อง GPS ที่มีความถูกต้องและแม่นยำสูง ทำให้สามารถระบุข้อมูลภาคสนามได้อย่างถูกต้องและเกิดความผิดพลาดเชิงตำแหน่งน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- จันทนา คุณูปการ. (2544). "การพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่แสดงทรัพยากรปะการังและประมง
ทรัพยากรปะการังบริเวณชายฝั่งทะเลอันดามัน," มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธีรสันต์ รัตนบำรุง, ชินวัชร สุรัสวดี, และ วิจารย์ มีผล, "การประเมินสังคมพืชป่าชายเลนโดยใช้
THEOS : กรณีศึกษาพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง." การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์
วิศวกรรมและการจัดการสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 3, ณ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย, 50-51.
- ธีระ ลาภิชชยางกูล. (2550). "ชื่อสดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของไทย (THEOS Natural
Resources Satellite of Thailand)." วารสารพระจอมเกล้าลาดกระบัง, 3(15), 11-16.
- นลินี ทองแถม. (2553). "การฟื้นฟูปะการังและปัจจัยที่ควรพิจารณา." สถาบันวิจัยและพัฒนา
ทรัพยากรทางทะเล ชายฝั่งทะเล และป่าชายเลน,
- วัชรีย์ สมั่นและห้. (2546). "การวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซทในการตรวจหาและติดตาม
การเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังขนาดเล็ก," จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ศักดิ์อนันต์ ปลาทอง. (2543). "แผนแม่บทการจัดการอุทยานแห่งชาติสิรินาถ จังหวัดภูเก็ต ปี 2545-
2549", กรมป่าไม้, อุทยานแห่งชาติทางทะเล, ภูเก็ต.
- สถาบันวิจัยชีววิทยาและประมงทะเลภูเก็ต. (2538). คู่มือสัตว์และพืชทะเลในแนวปะการัง หมู่เกาะ
สุรินทร์และสิมิลัน สถาบันวิจัยจุฬาภรณ์และกองเรือภาค 3 กองเรือยุทธการ.
- สมหญิง พรหมเจริญ. (2544). "การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีพีชชีนิวโรลเน็ตเวิร์ค,"
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สรรค์ใจ กลิ่นดาว. (2550). การสำรวจระยะไกล : การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น, โอ เอส
พรีนติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). (2551). "แนวขอบเขตที่ดาวเทียม
สามารถบันทึกภาพได้รายเดือนของวงโคจรของดาวเทียมธีออสประจำปี 2553 (THEOS
Accessible Corridor Calendar for 2010)." กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). (2552). "คู่มือผู้ใช้ดาวเทียม
THEOS." กรุงเทพฯ.



- สำนักงานเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุวลักษณ์ สาธมนัสพันธ์. (2549). "คู่มือสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม." ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- หรรษา จรรย์แสงและคณะ. (2542). "แผนที่แนวปะการังในน่านน้ำไทย เล่มที่ 2 ทะเลอันดามัน", โครงการจัดการทรัพยากรปะการัง กรมประมง พ.ศ. 2542, กรุงเทพฯ.
- Arce, J. A. (2005). "Remote Sensing of Benthic Habitats in Southwestern Puerto Rico," University of Puerto Rico Mayaguez, Puerto Rico.
- Hochberg, E., M. J. A., Andrefouet, S.,. (2003). "Spectral reflectance of coral reef bottom-types worldwide and implications for coral reef remote sensing." *Remote Sensing of Environmental*, 85(2), 159-173.
- Jensiripukul, S. (2002). "Remote Sensing Techniques for Shallow Water Coral Reefs Survey and Classification, Koh Kradao, Trad Province.," Mahidol University, Bangkok, Thailand.
- Kohler, K. E. a. S. 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.
- Palando, D. (2000). "Coral Reef Change Detection Using Landsat 5 and 7 : Case Study Using Carysfort Reef in the Florida Key ", University of South Florida, Tampa, Florida.
- Thomrongnavasawat, T. (1991). "Remote Sensing Studies on Coral Reef Component Distribution at Samui Reefs, Surat Thani Province," Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
- Vanderstraete, T., Goossens, R., and Ghabour, K. T.,. "Coral Reef Habitas Mapping in The Red Sea (HURGHADA, EGYPT) Based On Remote Sensing." *EARSEL eProceeding*, 191-207.
- Wongprayoon, S., C.A.O.V. and Joseph J.H. Leach. "Assessing the Thematic Accuracy for Coral Reef Classification." 7 th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences, Lisbon Portugal.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลดาวเทียม THEOS

ข้อมูลประกอบภาพถ่ายดาวเทียม

THEOS-1 DIMAP product data-sheet

	Type	THEOS1 SCENE level 1A	
	Layer	SCENE T1 M 2010/03/27 03:30:23.4 0260-0334 0	
	Format	DIMAP	
	Raster	GEOTIFF	

General Information

Map Name	SCENE T1 M 2010/03/27 03:30:23.4 0260-0334 0
Geometric Processing Level	SYSTEM
Radiometric Processing Level	SYSTEM

Image dimensions

Number of pixels per line	6000
Number of lines	6000
Number of spectral bands	4

Dataset framing

Corner	Longitude (DEG)	Latitude (DEG)	Line	Pixel
#1	E97°55' 47"	N08°15' 46"	1	1
#2	E98°51' 32"	N08°07' 29"	1	6000
#3	E97°48' 01"	N07°31' 54"	6000	1
#4	E98°41' 34"	N07°23' 38"	6000	6000
Center	E98°18' 37"	N07°48' 48"	3000	3000

Dataset sources

SCENE T1 M 2010/03/27 03:30:23.4 0260-0334 0	
Id	SCENE T1 M 2010/03/27 03:30:23.4 0260-0334 0
K - J	0260-0334
Line shift	0
Date	2010-03-27
Time	03:30:23.498591
Instrument	TOP2
Sensor	MS
Satellite incidence angle	27.038886
Satellite azimuth angle	15.949263
Viewing angle along track	23.669221
Viewing angle across track	-1.437804
Sun azimuth	99.644985
Sun elevation	58.809861

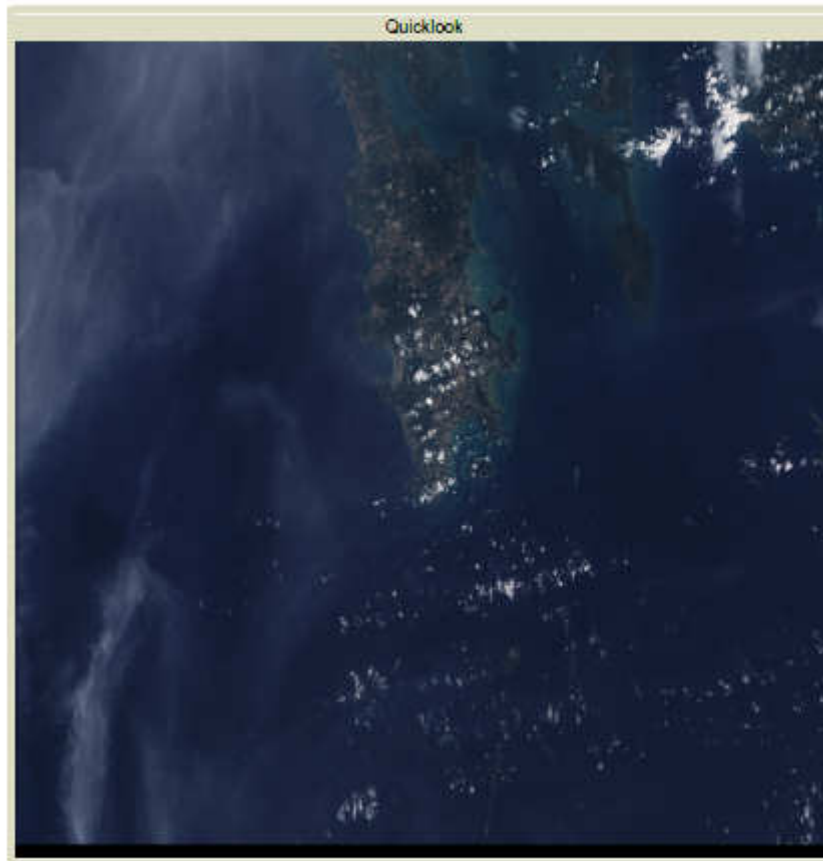
THEOS-1 DIMAP product data-sheet

Dataset Strip / Calibration																	
Data strip id	TS1_2010086_08114_005_MS																
Filename	5																
Revolution number	08114																
Calibration type	NOMINAL																
Calibration filename	THEOS_1_20100309_000000_20100311_000000.CPF																
BAND DESCRIPTION	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Band 1</td> </tr> <tr> <td>Gain number : 2</td> </tr> <tr> <td>Physical Gain : 7.3426400000000003e-01</td> </tr> <tr> <td>Physical Bias : 0.0000000000000000e+00</td> </tr> <tr> <td>Band 2</td> </tr> <tr> <td>Gain number : 2</td> </tr> <tr> <td>Physical Gain : 7.5035399999999997e-01</td> </tr> <tr> <td>Physical Bias : 0.0000000000000000e+00</td> </tr> <tr> <td>Band 3</td> </tr> <tr> <td>Gain number : 2</td> </tr> <tr> <td>Physical Gain : 8.5509599999999997e-01</td> </tr> <tr> <td>Physical Bias : 0.0000000000000000e+00</td> </tr> <tr> <td>Band 4</td> </tr> <tr> <td>Gain number : 3</td> </tr> <tr> <td>Physical Gain : 1.1817100000000000e+00</td> </tr> <tr> <td>Physical Bias : 0.0000000000000000e+00</td> </tr> </tbody> </table>	Band 1	Gain number : 2	Physical Gain : 7.3426400000000003e-01	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00	Band 2	Gain number : 2	Physical Gain : 7.5035399999999997e-01	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00	Band 3	Gain number : 2	Physical Gain : 8.5509599999999997e-01	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00	Band 4	Gain number : 3	Physical Gain : 1.1817100000000000e+00	Physical Bias : 0.0000000000000000e+00
Band 1																	
Gain number : 2																	
Physical Gain : 7.3426400000000003e-01																	
Physical Bias : 0.0000000000000000e+00																	
Band 2																	
Gain number : 2																	
Physical Gain : 7.5035399999999997e-01																	
Physical Bias : 0.0000000000000000e+00																	
Band 3																	
Gain number : 2																	
Physical Gain : 8.5509599999999997e-01																	
Physical Bias : 0.0000000000000000e+00																	
Band 4																	
Gain number : 3																	
Physical Gain : 1.1817100000000000e+00																	
Physical Bias : 0.0000000000000000e+00																	

Coordinate Reference System	
Horizontal Coordinate System	
Geocoding tables identification	EPSG(5.2)
Horizontal Coordinate System type	GEOGRAPHIC
Horizontal coordinate system identification name	WGS 84
Geographic Coordinate System	

Production	
Production Date	2010-04-23 02:32:38.000000
Job identification	TH_CAT_100423020737138_1
Product type identification	THEOS1 SCENE
Dataset Producer Identification	GISTDA
Producer link	http://www.gistda.or.th

THEOS-1 DIMAP product data-sheet



รูปที่ ก1 ข้อมูลประกอบภาพถ่ายดาวเทียม

ภาคผนวก ข
ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม





รูปที่ ข1 การสำรวจภาคสนาม

