



การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง : กรณีศึกษา
เกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่

The Application of Remote Sensing for Coral Reef Classification :
A Case Study of Kradan Island, Trang Province and Ngai Island
Krabi Province

ทิฆัมพร ทิพย์รองพล

Tikumporn Tiprongpol

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต 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

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง : กรณีศึกษา
เกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่

The Application of Remote Sensing for Coral Reef Classification :
A Case Study of Kradan Island, Trang Province and Ngai Island
Krabi Province

ทิฆัมพร ทิพย์รองพล

Tikumporn Tiprongpol

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต 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

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง : กรณีศึกษา
เกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะโพง จังหวัดกระบี่

ผู้เขียน นางสาวที่ซ่มพร ทิพย์รองพล

สาขาวิชา เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สิริวรรณ รวมแก้ว)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต แสงประดิษฐ์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....กรรมการ

(ดร.สิริวรรณ รวมแก้ว)

.....

(ดร.รวี รัตนาคม)

.....กรรมการ

(ดร.รวี รัตนาคม)

.....กรรมการ

(ดร.วีรพันธ์ สงสม)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีและการ
จัดการสิ่งแวดล้อม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถกิง วงศ์ศิริโชติ)

รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ดร.สิริวรรณ รอมแก้ว)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....

(ดร.รวี รัตนาคม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ.....

(นางสาวทิมพร ทิพย์รองพล)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวทิชัมพร ทิพย์รองพล)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง: กรณีศึกษา เกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะโหล่ง จังหวัดกระบี่
ผู้เขียน	นางสาวทิมมพร ทิพย์รองพล
สาขาวิชา	เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2565

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการรับรู้จากระยะไกลในการจำแนกแนวปะการังบริเวณเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะโหล่ง จังหวัดกระบี่ ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ปี พ.ศ. 2561 ถูกนำมาประมวลผลภาพเบื้องต้นด้วยการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี ความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ และความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ แนวปะการังจำแนกโดยด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพ 3 วิธี ประกอบด้วย วิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC) การจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด (MDC) และการจำแนกแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (MHC) เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังจากการรับรู้จากระยะไกล โดยแบ่งประเภทแนวปะการังออกเป็น 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิตรูปปะการังไม่มีชีวิตรูปทราย และน้ำทะเล ข้อมูลภาพจากการจำแนกถูกตรวจสอบความถูกต้องด้วยจุดควบคุมภาคพื้นดินจากการสำรวจภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่า วิธีการจำแนกข้อมูลทั้ง 3 วิธี สามารถจำแนกองค์ประกอบและขอบเขตของแนวปะการัง โดยเกาะกระดานความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของวิธี MLC MDC และ MHC มีค่าเท่ากับร้อยละ 72.7 (0.64) 63.64 (0.51) และ 72.73 (0.64) ตามลำดับ สำหรับความถูกต้องของผลการจำแนกแนวปะการังเกาะโหล่ง พบว่า วิธี MLC MDC และ MHC มีค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาร้อยละ 65.22 (0.55) 52.17 (0.38) และ 65.22 (0.55) ตามลำดับ ดังนั้น วิธี MLC และ MHC ให้ความถูกต้องสูงสุดสำหรับการจำแนกแนวปะการัง

คำสำคัญ: แนวปะการัง, ดาวเทียม Landsat 8 OLI, การรับรู้จากระยะไกล, วิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด, วิธีการจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด, วิธีการจำแนกแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส

Thesis Title The Application of Remote Sensing for Coral Reef Classification:
A Case Study of Kradan Island, Trang Province and Ngai Island
Krabi Province

Author Miss Tikumporn Tiprongpol

Major Program Technology and Environmental Management

Academic 2022

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effectiveness of remote sensing techniques for coral reef classifications at Kradan Island, Trang province and Ngai Island, Krabi province. The Landsat 8 OLI image of 2018 was preprocessed with radiometric correction, atmospheric correction, and water column correction. Coral reefs were classified using three classification methods included Maximum Likelihood Classification (MLC), Minimum Distance Classification (MDC) and Mahalanobis Distance Classification (MHC) to compare the accuracy of coral reefs classification from remote sensing. Coral reefs were divided into four classes including live coral, dead coral, sand, and sea. The classified images were validated with ground control points obtained from field survey. The results showed that three classification methods could be able to classify the components and the extent of coral reefs. In kradan island, the overall accuracy and kappa coefficients of the MLC, MDC and MHC were 72.73% (0.64), 63.64% (0.51), and 72.73% (0.64), respectively. For the accuracy of coral reef classifies in Ngai Island was found that the MLC, MDC and MHC method have the overall accuracy and kappa coefficients were 65.22% (0.55), 52.17% (0.38), and 65.22% (0.55), respectively. Thus, the MLC and MHD were the most accurate for coral reefs classification.

Keywords: Coral Reef, Landsat 8 OLI, Remote Sensing, Maximum Likelihood Classification, Minimum Distance Classification, Mahalanobis Distance Classification

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสนับสนุนและช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.สิริวรรณ รวมแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.รวี รัตนาคม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความรู้ ข้อเสนอแนะ และคำปรึกษาในการดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนกระทั่งดำเนินการสำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิต แสงประดิษฐ์ ประธานกรรมการสอบ และ ดร.วีรพันธ์ สงสม กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ กรุณาให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนทุนวิจัยและในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตศึกษาที่คอยให้คำแนะนำ และติดต่อประสานงานต่าง ๆ ตลอดการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณหัวหน้าศูนย์ปฏิบัติการอุทยานแห่งชาติทางทะเลที่ 3 จังหวัดตรัง ที่อนุเคราะห์เจ้าหน้าที่ในการช่วยลงเก็บข้อมูลภาคสนาม รวมถึงเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่คอยสนับสนุนและให้ความช่วยเหลือในเรื่องของการเก็บข้อมูลปะการังสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.दनัย ทิพย์มณี และ ดร.เอนก ศรีสุวรรณ ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับแก้ข้อมูลเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณนายกิตติธัช นาคฤทธิ์ นางสาวนลพรรณ คำคงแสง และนายณัฐพล สมจริง ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และ พี่น้อง ทุกคนในคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ที่คอยให้กำลังใจ คำแนะนำ และการช่วยเหลือระหว่างการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง ตลอดจนบุคคลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้กำลังใจและสนับสนุนผู้วิจัยในด้านต่าง ๆ จนส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	(5)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการสมการ	(12)
รายการรูป	(13)
สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ	(15)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	3
1.3.2 ขอบเขตเชิงเนื้อหา	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	7
2.1 แนวปะการัง (Coral Reef)	7
2.1.1 รูปแบบของแนวปะการัง	8
2.1.2 ลักษณะแนวปะการังของไทย	9
2.1.3 การแบ่งเขตในแนวปะการัง	10
2.1.4 ประเภทของปะการัง	11
2.1.5 ความสำคัญของแนวปะการัง	12
2.1.6 ปัจจัยที่ส่งผลก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของแนวปะการัง	13
2.1.7 เทคนิคการสำรวจแนวปะการัง	15
2.2 เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.1 ความหมายของการรับรู้จากระยะไกล	16
2.2.2 องค์ประกอบและกระบวนการของการรับรู้จากระยะไกล	17
2.2.3 การสำรวจปะการังด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล	18
2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)	20
2.3.1 วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ	20
2.4 คุณลักษณะของดาวเทียม Landsat 8 OLI	26
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	32
3.1 พื้นที่ศึกษา	32
3.1.1 เกาะกระดาน	32
3.1.2 เกาะไหง	35
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	38
3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)	38
3.2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)	38
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์	39
3.3.1 ซอฟต์แวร์	39
3.3.2 ฮาร์ดแวร์	39
3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม	39
3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย	40
3.4.1 การสำรวจภาคสนาม	42
3.4.2 การประมวลผลข้อมูลภาพเบื้องต้น (Preprocessing)	44
3.4.3 การจำแนกแนวปะการัง (Coral Reef Classification)	49
3.4.4 การประมวลผลภายหลังการจำแนก (Post Processing)	49
3.4.5 การประเมินความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง (Classification Accuracy Assessment)	49
3.4.6 การเปรียบเทียบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง	53
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	54

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.1 ผลการจำแนกข้อมูลแนวปะการัง	54
4.1.1 ผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน	55
4.1.2 ผลการจำแนกข้อมูลแนวปะการัง เกาะไหง	57
4.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง	59
4.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน	59
4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะไหง	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	68
5.1 สรุปผลการวิจัย	68
5.2 ปัญหา	70
5.3 ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	72
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก	79
ภาคผนวก ข	98
ประวัติผู้เขียน	99

รายการตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียม Landsat 8	27
ตารางที่ 3.1 จำนวนจุดตัวอย่างและจุดทดสอบ	43
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดเชิงคลื่นของดาวเทียม Landsat 8 OLI	45
ตารางที่ 3.3 ระดับจำแนกระดับความถูกต้องของค่าสัมประสิทธิ์แคปปา	52
ตารางที่ 4.1 เนื้อที่และร้อยละของแนวปะการัง เกาะกระดาน	56
ตารางที่ 4.2 เนื้อที่และร้อยละของแนวปะการัง เกาะโพง	58
ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด	60
ตารางที่ 4.4 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด	61
ตารางที่ 4.5 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส	62
ตารางที่ 4.6 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะโพง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด	64
ตารางที่ 4.7 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะโพง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด	65
ตารางที่ 4.8 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะโพง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส	66
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน	79
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะโพง	89

รายการสมการ

	หน้า
สมการที่ 2.1 ระยะทางแบบยูคลิเดียน (Euclidean Distance)	21
สมการที่ 2.2 Bayesian Probability	23
สมการที่ 2.3 ค่าระยะห่างมาฮาลานอบิส	24
สมการที่ 3.1 ค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (TOA Planetary Reflectance) ที่ยังไม่มีการถูกปรับแก้ด้วยมุมของดวงอาทิตย์	47
สมการที่ 3.2 ค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (TOA Planetary Reflectance) ที่มีการปรับแก้ด้วยมุมของดวงอาทิตย์	47
สมการที่ 3.3 ค่าการสะท้อนของจุดภาพ	48
สมการที่ 3.4 ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)	50
สมการที่ 3.5 ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy หรือ Omission Error)	51
สมการที่ 3.6 ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy หรือ Commission Error)	51
สมการที่ 3.7 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)	51
สมการที่ 3.8 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละประเภท (Conditional Kappa Coefficient)	52

รายการรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่	4
รูปที่ 2.1 ระบบนิเวศแนวปะการัง	8
รูปที่ 2.2 รูปแบบของแนวปะการัง	9
รูปที่ 2.3 การแบ่งเขตในแนวปะการัง	11
รูปที่ 2.4 ประเภทของปะการัง	12
รูปที่ 2.5 การสำรวจแบบ Manta Tow Survey	15
รูปที่ 2.6 การสำรวจแบบ Line Intercept Transect (LIT)	16
รูปที่ 2.7 ผังการทำงานพื้นฐานของการรับรู้จากระยะไกล	17
รูปที่ 2.8 แสงในน้ำทะเลในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน	18
รูปที่ 2.9 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกลในการสำรวจแนวปะการัง	19
รูปที่ 2.10 การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะทางต่ำสุด (Minimum Distance to Means)	21
รูปที่ 2.11 เส้นระดับความน่าจะเป็น ในความหมายของความน่าจะเป็นมากที่สุด	22
รูปที่ 2.12 การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)	23
รูปที่ 2.13 การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance)	25
รูปที่ 2.14 ดาวเทียม Landsat 8	26
รูปที่ 3.1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศเกาะกระดาน จังหวัดตรัง	33
รูปที่ 3.2 แผนที่แนวปะการังเกาะกระดาน จังหวัดตรัง สำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2554	34
รูปที่ 3.3 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศเกาะไหง จังหวัดกระบี่	36
รูปที่ 3.4 แผนที่แนวปะการังเกาะไหง จังหวัดกระบี่ สำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2554	37
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	41
รูปที่ 3.6 การสำรวจภาคสนามเพื่อสำรวจประเภทแนวปะการัง	42
รูปที่ 3.7 ตำแหน่งจุดสำรวจข้อมูลภาคสนาม	43
รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ครอบคลุมพื้นที่เกาะกระดานและเกาะไหง	44
รูปที่ 3.9 ช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI บริเวณเกาะกระดานและเกาะไหง	46
รูปที่ 3.10 ตารางเมตริกซ์ความผิดพลาด (Error Matrix) ของการจำแนกข้อมูล	50

รายการรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.1 ผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน	56
รูปที่ 4.2 การจำแนกแนวปะการัง เกาะไหง	58
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาในแต่ละประเภท แนวปะการัง เกาะกระดาน	63
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาในแต่ละประเภท แนวปะการัง เกาะไหง	67
รูปภาคผนวก 1 การสำรวจภาคสนาม	98

สัญลักษณ์คำย่อและตัวย่อ

DN	Digital Number
FLAASH	The Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes
GIS	Geographic Information System
GNSS	Global Navigation Satellite System
MLC	Maximum Likelihood Classification
MDC	Minimum Distance Classification
MHC	Mahalanobis Distance Classification
OLI	Operational Land Image
RS	Remote Sensing

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่ซับซ้อน (Sudara et al., 1994) และเป็นหนึ่งในทรัพยากรพื้นฐานของโลกที่มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงที่สุดในทะเล (Nurlidiasari, 2004) เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของพืชและสัตว์ทะเลนานาชนิด เป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อน แหล่งหลบภัย แหล่งหาอาหาร แหล่งวางไข่ และแหล่งผสมพันธุ์ของสัตว์น้ำ (ศรีวุฒิเจนศิริพิกุล, 2545) ความอุดมสมบูรณ์ของแนวปะการังส่งผลให้มีการใช้ประโยชน์จากแนวปะการังเพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านการประมง การท่องเที่ยว ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างมากทางเศรษฐกิจทั้งในปัจจุบันและอนาคต (Sudara et al., 1994)

แนวปะการังในประเทศไทยมีแนวโน้มเสื่อมโทรมมากขึ้น ทั้งสาเหตุที่เกิดจากปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น การเกิดพายุในทะเล ความแรงของคลื่นหรือกระแสน้ำ การเกิดปะการังฟอกขาว (Coral Bleaching) การไหลพังน้ำของปะการังในช่วงเวลาที่น้ำลงต่ำมาก การไหลของน้ำจืดลงสู่ทะเล และจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำประมง การทิ้งสมอเรือในแนวปะการัง การดำน้ำ การเหยียบย่ำและการเก็บสิ่งมีชีวิตในแนวปะการัง รวมทั้งการพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลเพื่อเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ก็ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศแนวปะการังด้วย การเสื่อมโทรมของแนวปะการังด้วยสาเหตุต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นกับแนวปะการังในบริเวณอื่น ๆ ของโลกเช่นกัน (Brown, 1997) ในช่วงปี พ.ศ. 2554-2558 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งได้มีการสำรวจแนวปะการังเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังบริเวณทะเลอันดามันและอ่าวไทย พบว่าแนวปะการังในประเทศไทย มีพื้นที่รวมประมาณ 148,955 ไร่ ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยมีพื้นที่แนวปะการัง 75,590 ไร่ โดยสถานภาพของแนวปะการังในอ่าวไทยอยู่ในระดับเสียหายมากร้อยละ 46.7 สำหรับชายฝั่งทะเลอันดามันมีพื้นที่แนวปะการัง 73,365 ไร่ สถานภาพของแนวปะการังอยู่ในระดับเสียหายมากร้อยละ 50 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2559) ดังนั้นการสำรวจและติดตามแนวปะการังในระยะยาวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตาม การสำรวจและติดตามสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของแนว

ปะการังยังทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดทั้งในด้านของเทคนิค งบประมาณ และระยะเวลาในการสำรวจที่ยาวนาน เนื่องจากพื้นที่ที่มีบริเวณกว้าง รวมถึงต้องอาศัยผู้มีความรู้ความชำนาญในการวิเคราะห์ข้อมูล (ศรีวุฒิ เจนศิริพิกุล, 2545)

เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นการสำรวจโดยอาศัยเครื่องมือวัดที่ไม่มีการสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการตรวจวัดโดยตรง อาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นสื่อในการได้มาซึ่งข้อมูล ถูกบันทึก และผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพหรือรูปแบบเชิงเลข หลังจากนั้นข้อมูลจะถูกนำมาจำแนก และวิเคราะห์ เพื่อให้เข้าใจถึงวัตถุและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ (สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล, ม.ป.ป.) การนำเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลจึงสามารถนำมาใช้ในการสำรวจและทำแผนที่แนวปะการัง เพื่อติดตามและปรับปรุงพื้นที่แนวปะการัง เนื่องจากเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลให้ข้อมูลที่เป็ปัจจุบัน ครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง และมีช่วงคลื่นที่สามารถทะลุผ่านน้ำได้ ทำให้ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย และจำนวนคนในการทำงาน (Contreras-Silva et al., 2012) หลายงานวิจัยที่ผ่านมาการสำรวจระยะไกลได้รับความนิยมในการติดตามและทำแผนที่แนวปะการังเนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็ว และประหยัดงบประมาณค่าใช้จ่าย โดย มาฆมาศ สุทธาชีพ (2548) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM และ Landsat 7 ETM+ ทำการจำแนกประเภทแนวปะการังบริเวณเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) สามารถจำแนกองค์ประกอบของแนวปะการังได้ 4 ชนิด ได้แก่ ปะการังมีชีวิตร่องค์ประกอบอื่นในแนวปะการัง พื้นทรายในแนวปะการังและหาดทรายโดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 60-67 Nurlidiasari (2004) ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง QUICKBIRD จำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด โดยเปรียบเทียบระหว่างก่อนและหลังการปรับแก้ข้อมูลชั้นน้ำ พบว่าค่าความถูกต้องที่ได้มีค่าเป็นร้อยละ 67 และ 89 ตามลำดับ Azhar (2019) ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI เปรียบเทียบเทคนิคการจำแนกประเภทปะการังระหว่างวิธีการจำแนกแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance) และ การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่าวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุดมีความถูกต้องมากกว่าวิธีการจำแนกแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส

เกาะกระดาน ตั้งอยู่ในอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม เป็นเกาะที่สวยงามที่สุดของทะเลตรัง มีน้ำใส สามารถมองเห็นแนวปะการังน้ำตื้น และปลาสวยงามนานาชนิด มีชายหาดที่ขาวสวยจนได้รับการจัดอันดับให้เป็นชายหาดที่ดีที่สุดในโลกในปี พ.ศ. 2566 โดย World Beach Guide ของประเทศอังกฤษ (กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, 2566) และเป็นสถานที่จัดพิธีวิวาห์ได้สมมุติในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ของทุกปี สำหรับเกาะไหง ตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา เป็นเกาะที่เหมาะสมสำหรับผู้รักธรรมชาติและท่องเที่ยว เนื่องจากน้ำทะเลใส บริเวณรอบ ๆ เกาะ มีแนวปะการัง

ที่ยังคงสภาพสมบูรณ์ มีทั้งปะการังหลากหลายชนิด รวมถึงทรัพยากรทางทะเลอีกมากมายที่มีความอุดมสมบูรณ์ และเป็นแหล่งดำน้ำตื้นที่สำคัญ (การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย, 2564)

การวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการเปรียบเทียบความสามารถในการจำแนกประเภทแนวปะการัง จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification) และการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification) เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกประเภทแนวปะการังและจัดทำแผนที่แนวปะการังบริเวณเกาะกระดาน และเกาะไหง เพื่อนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลในการสำรวจและติดตามการเปลี่ยนแปลงแนวปะการัง สำหรับใช้เป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการเฝ้าระวัง วางแผน จัดการ อนุรักษ์ และฟื้นฟูแนวปะการังเพื่อเป็นแหล่งสร้างความอุดมสมบูรณ์แก่ท้องทะเลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

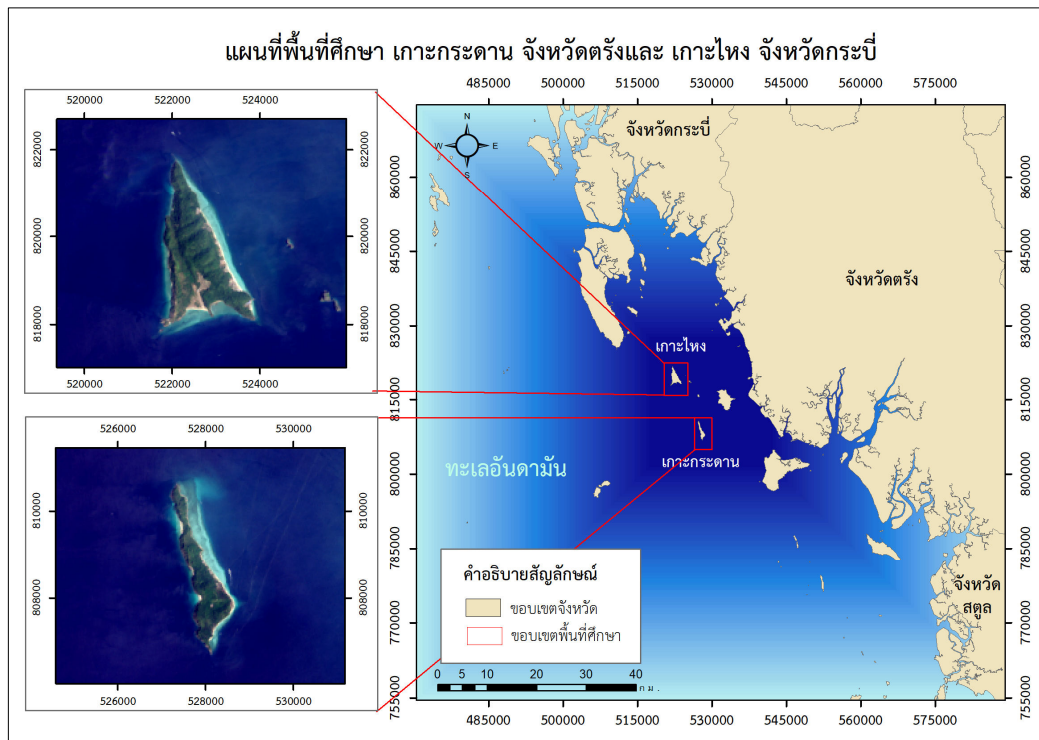
เพื่อเปรียบเทียบวิธีการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ที่เหมาะสมในการจำแนกประเภทแนวปะการัง บริเวณเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่ ด้วยวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) การจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification) และการจำแนกแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย เกาะกระดาน จังหวัดตรัง อยู่ในความดูแลของอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม มีพื้นที่ประมาณ 1.60 ตารางกิโลเมตร และเกาะไหง จังหวัดกระบี่ อยู่ในความดูแลของอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา เป็นเกาะขนาดเล็ก มีพื้นที่ประมาณ 4.80

ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างพิกัด 520000 ตะวันออก และ 820000 เหนือ ถึง พิกัด 532000 ตะวันออก และ 808000 เหนือ (รูปที่ 1.1)



รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาบริเวณเกาะกระดาน และเกาะไหง จังหวัดตรัง

1.3.2 ขอบเขตเชิงเนื้อหา

1) การจำแนกแนวปะการังใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI วันที่ 17 มีนาคม ปี พ.ศ. 2561

2) ประเภทของแนวปะการังที่ทำการจำแนกแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ปะการังมีชีวิต (Live Coral) ปะการังไม่มีชีวิต (Death Coral) ทราย (Sand) และน้ำทะเล (Sea)

3) วิธีการจำแนกข้อมูลภาพที่นำมาใช้เปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง 3 วิธี คือ การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC) และการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบวิธีการที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อจำแนกแนวปะการัง

1.4.2 เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการสำรวจ ติดตาม และวางแผนการจัดการพื้นที่แนวปะการังในอนาคต

1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการนำวิธีการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้จำแนกแนวปะการังในพื้นที่อื่น

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่และปรากฏการณ์บนพื้นโลก จากเครื่องรับรู้ (Sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสกับวัตถุเป้าหมายโดยตรง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)

1.5.2 แนวปะการัง (Coral Reefs) คือ แนวหินปูนใต้ทะเลในระดับน้ำตื้นที่แสงแดดส่องถึง เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของปะการัง รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่มีส่วนเสริมสร้างหินปูนสะสมในแนวปะการัง ทั้งปะการังและสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างหินปูนได้ เมื่อตายไปแล้วจะยังคงเหลือซากหินปูนทับถมพอกพูนในแนวปะการัง (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556)

1.5.3 การจำแนกข้อมูลภาพ (Image Classification) คือ การจำแนกประเภทข้อมูลภาพจากภาพถ่ายดาวเทียม เป็นกระบวนการที่จะกำหนดหรือระบุว่าจุดภาพในดาวเทียมเป็นสิ่งปกคลุมดิน (Land Cover Type) ประเภทใด ด้วยการเปรียบเทียบจุดภาพซึ่งกันและกัน และ/หรือเปรียบเทียบกับจุดภาพที่ทราบว่าเป็นสิ่งปกคลุมดินประเภทใดแล้ว ทำให้สามารถรวมกลุ่มจุดภาพ (Cluster) ที่มีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน และระบุกลุ่มของจุดภาพนั้นเป็นประเภท (Class) เดียวกันได้ (สรรค์ใจ กลิ่นดาว, 2550)

1.5.4 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) คือ การจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) เพื่อเป็นข้อมูลทาง

สถิติที่กำหนดคุณลักษณะของข้อมูล จากนั้นเครื่องคอมพิวเตอร์จะนำคุณลักษณะทางสถิติของพื้นที่ตัวอย่างไปทำการประมวลผลกับข้อมูลภาพทั้งหมด แล้วจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละจุดภาพให้เป็นประเภทข้อมูลตามที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ตามพื้นที่ตัวอย่าง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)

1.5.5 การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) คือ การจำแนกประเภทข้อมูลโดยใช้ค่าทางสถิติ คือ ค่าเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าเมทริกซ์ความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของข้อมูลตัวอย่างจากทุกช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูล โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานการแจกแจงข้อมูลแบบปกติ (Normal Distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็นไปได้ที่จุดภาพหนึ่งจะถูกจัดให้เป็นชั้นข้อมูลประเภทหนึ่ง ๆ (สมพร สว่างวงศ์, 2552)

1.5.6 การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC) คือ การจำแนกประเภทข้อมูลที่อาศัยการคำนวณระยะทางที่สั้นที่สุดของค่าความสว่าง (DN) แต่ละจุดภาพ จากค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นที่ตัวอย่างจากทุกช่วงคลื่นที่นำมาทำการจำแนก เรียกว่า ทิศทางค่าเฉลี่ย (Mean Vector) จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่อยู่ในข้อมูลที่นำมาทำการจำแนกจะถูกจัดให้อยู่ในชั้นข้อมูลที่อยู่ใกล้ทิศทางค่าเฉลี่ยของชั้นข้อมูลนั้น และขอบเขตของข้อมูลจะถูกกำหนดให้อยู่รอบทิศทางค่าเฉลี่ย ดังนั้น หากจุดภาพใดที่ตกอยู่นอกขอบเขตก็จะไม่ถูกจำแนก (สมพร สว่างวงศ์, 2552)

1.5.7 การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC) คือ การจำแนกประเภทข้อมูลโดยการคำนวณระยะห่างระหว่างจุดภาพที่ต้องการทราบกับจุดศูนย์กลางของกลุ่ม ซึ่งจะใช้ค่าของทิศทางเฉลี่ย (Mean Vector) และเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) (อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด, 2556)

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง กรณีศึกษาเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่ ได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา โดยมีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในการศึกษา ดังต่อไปนี้

- 2.1 แนวปะการัง (Coral Reef)
- 2.2 เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)
- 2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)
- 2.4 คุณลักษณะของดาวเทียม Landsat 8 OLI
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวปะการัง (Coral Reef)

แนวปะการัง (Coral Reef) หมายถึง แนวหินปูนใต้ทะเลในระดับน้ำตื้นที่แสงแดดส่องถึง เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของปะการัง รวมถึงสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ หลายชนิดที่มีส่วนเสริมสร้างหินปูนพอกพูนสะสมในแนวปะการัง ทั้งปะการังและสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างหินปูนได้ เมื่อตายไปแล้วจะยังคงเหลือซากหินปูนทับถมพอกพูนในแนวปะการังต่อไป โดยธรรมชาติแล้ว ตัวอ่อนปะการังในระยะแรกจะล่องลอยอยู่ในน้ำ ต่อมาจะลงยึดเกาะบนพื้นแข็ง อาทิเช่น พื้นหินติดชายฝั่งและบนซากหินปะการัง และค่อย ๆ เจริญเติบโตมีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้ปะการังบางส่วนที่แตกหักจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ถูกสัตว์ทะเลเจาะไชหรือถูกคลื่นซัด จะค่อย ๆ กระจายออกไปในทะเล และสามารถเจริญเติบโตต่อไปได้หากไม่ถูกทรายกลบ อย่างไรก็ตามซากหินปูนที่เหลือก็ยังคงเป็นฐานแข็งสำหรับให้ตัวอ่อนปะการังตัวใหม่เข้ามายึดเกาะเพื่อเจริญเติบโตต่อไป (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) แนวปะการังมักจะเกิดขึ้นในบริเวณตามแนวชายฝั่งทะเลตื้น ๆ ในเขตร้อน บริเวณไหล่ทวีป

และรอบเกาะที่มีปริมาณของออกซิเจนในน้ำสูง อบอุ่น และปราศจากตะกอนแขวนลอยในน้ำ (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2554)

แนวปะการังเป็นบริเวณที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงสุดในทะเล และเป็นระบบนิเวศที่มีความซับซ้อน (Defenders of wildlife, 2016) มีฐานะเป็นผู้ผลิตและเป็นที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด เนื่องจากแนวปะการังประกอบด้วยปะการังหลากหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกันออกไป ทำให้โครงสร้างของแนวปะการังมีลักษณะซับซ้อนเต็มไปด้วยซอกหลืบเหมาะสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่ในทะเล (รูปที่ 2.1)



รูปที่ 2.1 ระบบนิเวศแนวปะการัง (Time for Kids, 2023)

2.1.1 รูปแบบของแนวปะการัง

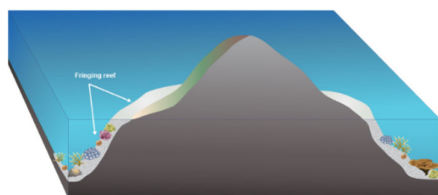
Darwin (1976) ได้จำแนกรูปแบบของแนวปะการังในเขตร้อนออกเป็น 3 รูปแบบ (รูปที่ 2.2) ได้แก่

1) แนวปะการังริมฝั่ง (Fringing Reef) เป็นแนวปะการังที่ก่อตัวขึ้นในน้ำตื้น อยู่ใกล้ชายฝั่งหรืออยู่รอบ ๆ เกาะ ถูกแยกออกจากชายฝั่งด้วยร่องน้ำขนาดเล็ก เริ่มตั้งแต่ชายหาดยาวออกไปในทะเล โดยทั่วไปในประเทศไทยจะพบเพียงแต่แนวปะการังรูปแบบนี้เท่านั้น

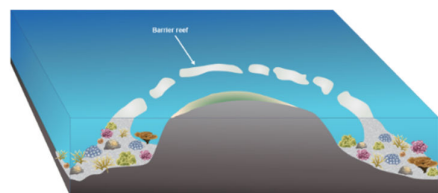
2) แนวปะการังแบบกำแพง (Barrier Reef) แนวปะการังรูปแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับแนวปะการังริมฝั่ง เป็นแนวปะการังที่มีการก่อตัวขนานไปตามแนวชายฝั่ง มีขนาด

ใหญ่ต่อเนื่องกันตลอดแนว และอยู่ห่างจากชายฝั่งมากโดยแนวปะการังรูปแบบนี้เกิดขึ้นจากการยุบตัวของแผ่นดิน เนื่องจากการพังทลายของแผ่นดินและการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก

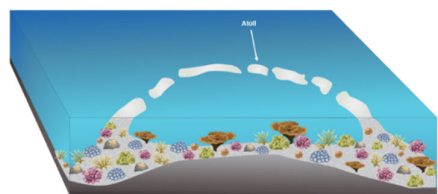
3) แนวปะการังแบบวงแหวน (Atoll) เป็นแนวปะการังที่มีรูปร่างและลักษณะคล้ายเกือกม้า หรือวงแหวนล้อมรอบ โดยมีทะเลสาบอยู่ตรงกลาง เป็นแนวปะการังที่เกิดจากการยุบตัวของเกาะลงต่ำกว่าระดับน้ำทะเล



(ก) แนวปะการังริมฝั่ง (Fringing Reef)



(ข) แนวปะการังแบบกำแพง (Barrier Reef)



(ค) แนวปะการังแบบวงแหวน (Atoll)

รูปที่ 2.2 รูปแบบของแนวปะการัง (Bruckner, 2017; Teach Ocean Science, n.d.)

2.1.2 ลักษณะแนวปะการังของไทย

แนวปะการังที่พบในประเทศไทยเป็นประเภทก่อตัวริมฝั่ง (Fringing Reef) พบบริเวณริมฝั่งของเกาะที่กระจายอยู่ตามนอกชายฝั่งแผ่นดินใหญ่ออกไป (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2556) แนวปะการังในประเทศไทยแบ่งตามลักษณะสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ 4 รูปแบบ คือ

2.1.2.1 แนวปะการัง (Fringing Reef)

เป็นแนวปะการังที่เกิดจากการสะสมของหินปูนอันเกิดจากโครงสร้างของปะการังแข็งที่ทับถมกันเรื่อยมา มักพบได้ทั่วไปในบริเวณชายฝั่งและหมู่เกาะต่าง ๆ ในเขตนํ้าตื้น

2.1.2.2 กลุ่มปะการังบนพื้นทราย (Patch Reef)

เป็นกลุ่มปะการังที่มีการสะสมตัวกันไม่มากนัก ส่วนมากเป็นปะการังเขากวางและปะการังสมอง มักเกิดขึ้นบนพื้นทราย

2.1.2.3 ปะการังบนโขดหิน (Coral Community on Rocky Coast)

เป็นปะการังที่อยู่ในแนวน้ำลึก เกาะยึดติดอยู่บนโขดหินใต้นํ้า พบได้ในแหล่งตื้นน้ำทั่วไปในหมู่เกาะลันตา เช่น เกาะเจ็ด (หินหัวกะโหลก) หรือ แฟนตาซี รีฟ เป็นต้น

2.1.2.4 แหล่งกัลปังหาและปะการังอ่อน (Sea Fan and Soft Coral Community)

ไม่เป็นแนวปะการังที่ชัดเจน มีลักษณะเป็นกองหินใต้นํ้า เป็นแหล่งหลบภัยและแหล่งอยู่อาศัยของสัตว์ทะเล มีความสำคัญต่อการท่องเที่ยว เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีความสวยงามเป็นอย่างมาก

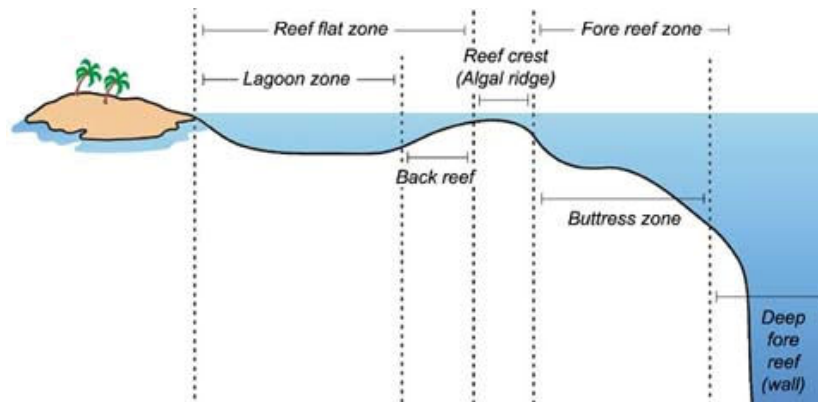
2.1.3 การแบ่งเขตในแนวปะการัง

การแบ่งเขตแนวปะการังตามลักษณะธรณีสัณฐาน โดยดูจากความลาดชันและองค์ประกอบของพื้นที่แนวปะการัง (รูปที่ 2.3) สามารถแบ่งได้เป็น 3 เขต ดังนี้ (มาฆมาศ สุทธาชีพ, 2548)

1) ปะการังบริเวณแนวราบ (Reef Flat) เป็นส่วนที่อยู่ติดกับพื้นที่ชายฝั่ง มีพื้นที่กว้างในแนวราบ มีความลาดชันน้อย บริเวณใกล้ฝั่งมักไม่มีปะการังขึ้นอยู่เลย (หาดทราย) เนื่องจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง บริเวณนี้จะไหลผ่านน้ำเป็นเวลานาน ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้มาก และยังได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ซึมออกมาจากฝั่งหรือจากฝนที่ตกลงมา ปะการังที่พบในบริเวณนี้มักมีรูปร่างเป็นกิ่งสั้น ๆ พุ่ม หรือก้อนขนาดเล็ก สภาพแวดล้อมของแนวปะการังบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงตามน้ำขึ้นน้ำลง

2) ปะการังบริเวณแนวสัน (Reef Edge) เขตที่ถัดมาจากแนวราบ เป็นบริเวณที่ปะทะกับคลื่นลมโดยตรง สิ่งมีชีวิตที่พบในบริเวณนี้สามารถเกาะติดกับพื้นได้แน่นและมีความทนทานต่อแสงเมื่อสันหินไหลผ่านน้ำในช่วงน้ำลงต่ำสุด ปะการังที่พบในบริเวณนี้ คือ ปะการังโขด ปะการังโต๊ะ หรือปะการังกิ่ง

3) ปะการังบริเวณแนวลาดชัน (Reef Slope) เป็นบริเวณที่อยู่ถัดมาจากแนวสัน อยู่ในบริเวณน้ำลึก พื้นผิวจะลาดชันลงสู่พื้นท้องทะเล มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตมาก เนื่องจากเป็นบริเวณที่อยู่ลึกลงไปใต้ผิวน้ำพ้นจากบริเวณที่ได้รับแรงคลื่นทำให้มีสภาพแวดล้อมค่อนข้างคงที่



รูปที่ 2.3 การแบ่งเขตในแนวปะการัง (The Ocean Service, n.d.)

2.1.4 ประเภทของปะการัง

ประเภทของปะการังสามารถแบ่งตามรูปร่างภายนอกได้ 7 ประเภท (ปานทิพย์ อัจฉนวนานิช, 2554) (รูปที่ 2.4) ได้แก่

1) ปะการังก้อน (Massive Coral) มีลักษณะคล้ายก้อนหินสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งในน้ำใสและน้ำขุ่น ทนต่อตะกอนและการรบกวนจากมนุษย์ได้ดี เป็นปะการังที่มักมีสัตว์มาเกาะ หรือมาอาศัยตามรูใต้ก้อนปะการัง

2) ปะการังแผ่นนอน (Tabulate Coral) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนขยายออกไปตามแนวราบคล้ายโต๊ะ อาจซ้อนกันเป็นชั้น ๆ บางครั้งเรียกว่าปะการังโต๊ะ เติบโตเร็ว เปราะบาง มักพบในบริเวณน้ำนิ่ง

3) ปะการังแผ่นตั้ง (Foliose Coral) หรือ ปะการังผักกาด มีลักษณะเป็นแผ่นแบนติดกัน อยู่รวมกันเป็นกระจุก สามารถพบได้ทั้งในน้ำขุ่นและน้ำใส เป็นปะการังที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว แต่มีความเปราะบาง

4) ปะการังเคลือบ (Encrusting Coral) มีลักษณะคล้ายปะการังก้อน เป็นปะการังที่อาศัยอยู่โดยการเคลือบหินหรือก้อนปะการังที่ตายแล้ว สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี

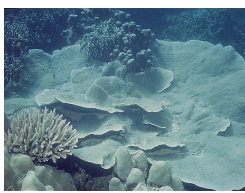
5) ปะการังกิ่งก้าน (Branching Coral) บางครั้งเรียกว่า ปะการังเขากวาง มีลักษณะแตกแขนงเป็นกิ่งก้าน สามารถอาศัยอยู่ได้ในบริเวณพื้นทราย จะอาศัยอยู่รวมกันเป็นดงกว้าง มักพบในบริเวณน้ำนิ่ง ไม่ทนต่อสภาพแวดล้อมและการรบกวนจากมนุษย์

6) ปะการังพุ่ม (Cauliflower Coral) มีกิ่งก้านสั้นอยู่รวมกันเป็นกระจุก มีลักษณะเป็นพุ่ม อาจพบได้ตามด้านบนของปะการังที่มีขนาดใหญ่ และพบได้ทั้งในน้ำลึกและน้ำตื้น น้ำขุ่นหรือน้ำใส ทนต่อสภาพแวดล้อมได้ดี

7) ปะการังเห็ด (Mushroom Coral) และปะการังหนอน เป็นปะการังเดี่ยว (Solitary) มีรูปร่างคล้ายเห็ด เป็นปะการังที่สามารถเคลื่อนที่ได้แต่ช้ามาก มักพบตามพื้นทราย ระหว่างแนวปะการัง และอยู่รวมกันเป็นจำนวนมาก



(ก) ปะการังกิ่งก้าน



(ข) ปะการังแผ่นนอน



(ค) ปะการังแผ่นตั้ง



(ง) ปะการังเคลือบ



(จ) ปะการังกิ่งก้าน



(ฉ) ปะการังพุ่ม



(ช) ปะการังเห็ด

รูปที่ 2.4 ประเภทของปะการัง (สุทธิภัทร หุვნันทน์, 2548; Nune's Dad, 2549; Pakarang-coral, 2555)

2.1.5 ความสำคัญของแนวปะการัง

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2556) ได้กล่าวถึงความสำคัญของแนวปะการังไว้ดังนี้

1) เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหาร แนวปะการังมีระบบนิเวศที่สลับซับซ้อน มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูงมาก สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ใช้แนวปะการังเป็นแหล่งอนุบาลตัวอ่อน แหล่งหลบภัย แหล่งหาอาหาร และแหล่งสืบพันธุ์ จึงถือว่าแนวปะการังเป็นสิ่งที่มียผลผลิตทางชีวภาพสูง แนวปะการังจึงเป็นบริเวณที่ชาวประมงมีการเก็บเกี่ยวผลประโยชน์โดยตรง

2) การใช้ประโยชน์ด้านการผลิตยารักษาโรค ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์กำลังค้นคว้าหายารักษาโรคชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะสารต้านมะเร็ง ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะสามารถพบได้ในปะการัง รวมไปถึงสิ่งมีชีวิตที่อยู่บริเวณปะการังด้วย เช่น ฟองน้ำ ปะการังอ่อน กัลปังหา เพรียงหัวหอม ปลิงทะเล นอกจากสารต้านมะเร็งก็มีการนำปะการังและสิ่งมีชีวิตในบริเวณปะการังไปรักษาโรคอื่น ไม่ว่าจะเป็นทำกระดูกเทียมเพื่อรักษาผู้ป่วยที่กระดูกหัก รักษาไก่ที่กระดูกไม่แข็งแรง รักษาโรคเบาหวาน ผลิตยาแก้โรคผิวหนังต่าง ๆ ยาแก้หอบ แก้ไข้ แก้ปวดเมื่อย เป็นต้น

3) การใช้หินปะการังเป็นวัสดุในการก่อสร้าง ในบางประเทศ เช่น ฟิลิปปินส์ มัลดีฟ และอินโดนีเซีย ได้นำหินปะการังมาทำปูนขาวเพื่อผสมในปูนซีเมนต์ สำหรับใช้ในการก่อสร้าง ไม่ว่าจะเป็นถนน ผนังบ้าน ผนังโบสถ์ กำแพง และถมที่ดิน สำหรับในประเทศไทยยังไม่พบการนำปะการังมาใช้ในลักษณะนี้

4) ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องประดับ มีการนำหินปะการังและกิ่งกัลปังหามาเป็นเครื่องประดับ เช่น ลูกปัดสร้อยคอ หรือสร้อยข้อมือ เพื่อขายเป็นของที่ระลึก แต่ปัจจุบันได้ถูกห้ามในประเทศไทย แต่ก็ยังคงมีผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่หาได้จากแนวปะการังมาวางขายอยู่

5) เป็นแหล่งท่องเที่ยว เนื่องจากแนวปะการังเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และมีความสวยงามเป็นที่ดึงดูดให้นักท่องเที่ยวเข้ามาเที่ยวชมเป็นจำนวนมาก กิจกรรมการท่องเที่ยวชมแนวปะการัง มีทั้งประเภทดำผิวน้ำ และดำน้ำลึก ซึ่งผลจากการท่องเที่ยวชมแนวปะการังก่อให้เกิดรายได้อย่างมหาศาลในประเทศไทยกระจายไปสู่ผู้ที่ประกอบธุรกิจที่เกี่ยวข้อง เช่น ชาวประมง มัคคุเทศก์ ผู้ประกอบการธุรกิจนำเที่ยว ผู้ประกอบการธุรกิจโรงแรม ร้านอาหาร ร้านขายของที่ระลึก เป็นต้น

2.1.6 ปัจจัยที่ส่งผลก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของแนวปะการัง

ปานทิพย์ อ้วนวานิช (2554) ได้จำแนกสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของแนวปะการัง ดังนี้

2.1.6.1 ปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ

1) ปะการังถูกสัตว์ทะเลบางชนิดกินเป็นอาหาร เช่น ปลานกแก้ว ปลาผีเสื้อ และสัตว์บางชนิดที่อาศัยอยู่ในแนวปะการัง

2) ปะการังถูกทำลายโดยคลื่นลมและพายุ ทำให้กิ่งก้านของปะการังแตกหัก และเกิดความเสียหาย

3) การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำทะเล ส่งผลให้เกิดปะการังฟอกขาว หรือยับยั้งการสืบพันธุ์ เนื่องจากการที่ปะการังอยู่ในสภาวะฟอกขาวต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน จะทำให้ปะการังค่อย ๆ ตายไป

4) ตะกอนและความขุ่นของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น ตะกอนแขวนลอยต่าง ๆ มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแนวปะการัง มีผลต่อการหายใจของปะการัง ซึ่งส่งผลให้ปะการังตายในที่สุด

5) สัตว์ทะเลบางชนิดกินเนื้อเยื่อของปะการังเป็นอาหาร เช่น ดาวมงกุฎหนาม หรือหอยฝาเดียว

6) การเกิดภูเขาไฟระเบิด หรือฝนตกหนักก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่สามารถทำให้ปะการังตายได้

7) การไหลพัดน้ำของปะการังในช่วงเวลาที่น้ำลงต่ำมาก (มาฆมาส สุทธาซีพ, 2548)

8) อาจเกิดโรคระบาดในปะการังโดยมีสาเหตุมาจากแบคทีเรียบางชนิด (มาฆมาส สุทธาซีพ, 2548)

2.1.6.2 ปัจจัยที่เกิดจากการรบกวนของมนุษย์

1) การเก็บปะการังไปเป็นที่ระลึก หรือเก็บไปขาย

2) การปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่ทะเลทำให้ปะการังตาย

3) การทิ้งสมอเรือและถอดสมอเรือในแนวปะการัง เป็นสาเหตุที่ทำให้ปะการังเกิดความเสียหายรุนแรงที่สุด

4) การทำเหมืองในบริเวณแนวปะการัง หรือการก่อสร้างบริเวณชายหาด อาจส่งผลทำให้น้ำขุ่นและตะกอนเกิดการทับถมบนแนวปะการัง

5) การทิ้งขยะลงในทะเล ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากนักท่องเที่ยว

6) การระเบิดปลา ทำให้ปะการังเกิดความเสียหายอย่างรุนแรง ซึ่งจะพบมากในแนวปะการังทางฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทยตอนล่าง

7) การใช้สารเคมี หรือ ชะแลงจัดปะการังเพื่อเก็บหอยมือเสือ

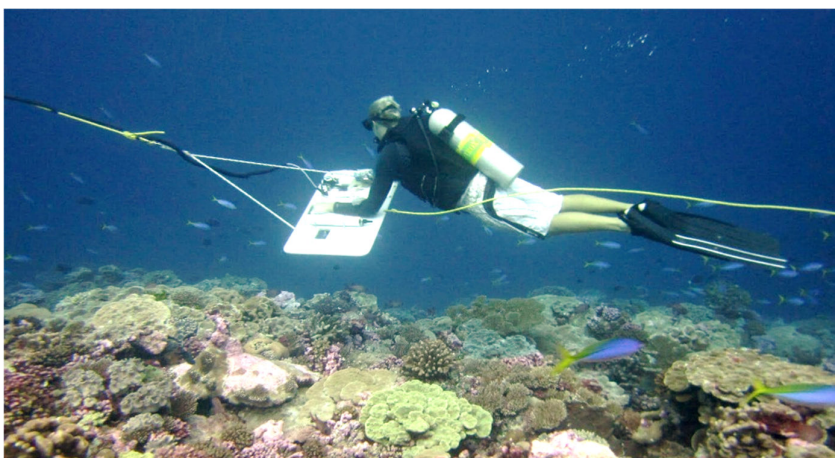
8) การท่องเที่ยวในปะการัง หรือทำกิจกรรมต่าง ๆ ในบริเวณแนวปะการัง เช่น การเดินเล่นในแนวปะการัง การดำน้ำแบบ Snorkeling และการดำน้ำแบบ Scuba

2.1.7 เทคนิคการสำรวจแนวปะการัง

วิธีการสำรวจแนวปะการังในปัจจุบันมีด้วยกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และพื้นที่ของการสำรวจ (Enlish et al., 1994) แต่วิธีที่เป็นมาตรฐานนิยมใช้กัน ได้แก่

2.1.7.1 การสำรวจแบบ Manta Tow Survey

การสำรวจวิธีนี้เหมาะสำหรับการประเมินจำนวนและการกระจายของปะการังในกรณีที่ทราบสภาพ หรือความเปลี่ยนแปลงโดยรวมของปะการังและสังคมของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่เป็นพื้นที่บริเวณกว้าง โดยนักดำน้ำจะทำการประเมินสภาพของปะการังด้วยสายตาในทุก ๆ 2 นาที เป็นระยะทางประมาณ 120 เมตร ที่ลากไปเหนือแนวปะการัง ดังนั้นในการบันทึกค่าแต่ละครั้งจะเป็นการประเมินสภาพแนวปะการังในพื้นที่ประมาณ 120 x 10 ตารางเมตร การบันทึกค่าของวิธีนี้ขึ้นอยู่กับทัศนวิสัยใต้น้ำ และค่าที่บันทึกในการสำรวจวิธีนี้ ได้แก่ ปริมาณครอบคลุมพื้นที่ของปะการังมีชีวิต ปะการังตาย พื้นทราย และพื้นหิน โดยประเมินค่าเป็นร้อยละ และข้อมูลอื่น ๆ ได้แก่ ชนิดของปะการังที่เด่น ความลึกสุดของแนวปะการัง และเวลาที่บันทึกค่า (รูปที่ 2.5)



รูปที่ 2.5 การสำรวจแบบ Manta Tow Survey (Asher and Timmers, 2010)

2.1.7.2 การสำรวจแบบ Line Intercept Transect (LIT)

การสำรวจวิธีนี้ถูกพัฒนามาจากการสำรวจพืช ทำการจำแนกวัตถุจากคุณสมบัติด้านโครงสร้างของรูปแบบชีวิต มากกว่าการจำแนกข้อมูลในระดับ Species นิยมใช้ประเมินการปกคลุมของวัตถุ หรือกลุ่มของวัตถุในพื้นที่จำเพาะ โดยจะมีการคำนวณจากสัดส่วนของความยาวของวัตถุที่เส้น Transect ลากผ่าน ต่อความยาวทั้งหมดของเส้น Transect มีหน่วยการวัดเป็นร้อยละ

สามารถใช้สำรวจปัญหาในพื้นที่กว้างจนถึงการสำรวจเปรียบเทียบทางสิ่งแวดล้อมวิทยาของสังคมปะการัง และการประเมินผลกระทบจากการทำลายธรรมชาติของมนุษย์ (รูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 การสำรวจแบบ Line Intercept Transect (LIT) (Bermuda Institute of Ocean Sciences, 2012)

2.2 เทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)

2.2.1 ความหมายของการรับรู้จากระยะไกล

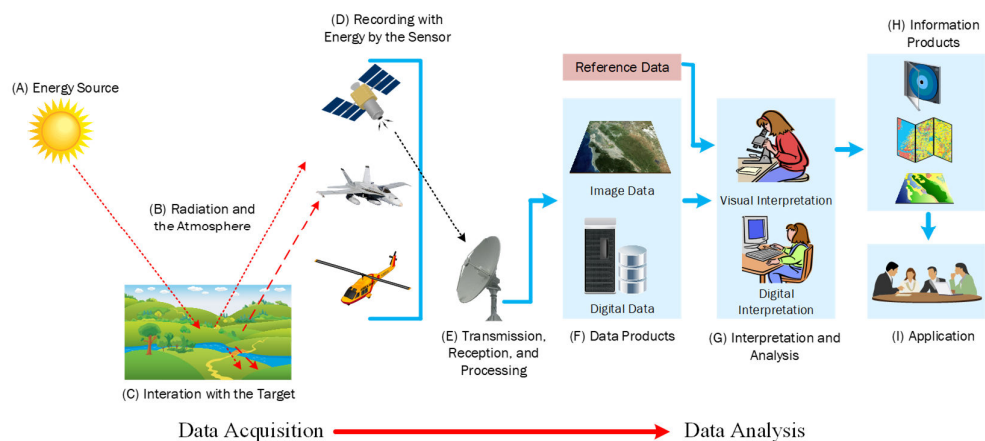
การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์บนพื้นโลก จากเครื่องรับรู้ (Sensor) ปราศจากการเข้าไปสัมผัสกับวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยตรง โดยอาศัยพลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลซึ่งมีคุณสมบัติ 3 ลักษณะ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลก และลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552)

2.2.2 องค์ประกอบและกระบวนการของการรับรู้จากระยะไกล

เนื่องจากวัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการแผ่รังสีหรือการสะท้อนแสงที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันไป การรับรู้ระยะไกลจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนก และเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการแผ่รังสีหรือการสะท้อนแสง โดยมีคลื่นแสงที่เป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นเสมือนสื่อการส่งผ่านระหว่างวัตถุเป้าหมายและอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (รูปที่ 2.7) โดยองค์ประกอบและกระบวนการของการรับรู้จากระยะไกล ประกอบด้วย 2 กระบวนการ ได้แก่

1) การได้มาซึ่งข้อมูล (Data Acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน ซึ่งมีทั้งแหล่งพลังงานธรรมชาติ ได้แก่ ดวงอาทิตย์ และแหล่งพลังงานที่มนุษย์สร้างขึ้น ได้แก่ ระบบ Radar หรือ ระบบ Sonar เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศเกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับวัตถุบนพื้นผิวโลก และเดินทางเข้าสู่เครื่องรับรู้ที่ติดตั้งในตัวยานอวกาศยาน ได้แก่ เครื่องบินอวกาศ หรือดาวเทียม ถูกบันทึก และผลิตข้อมูลในรูปแบบภาพและข้อมูลเชิงเลข

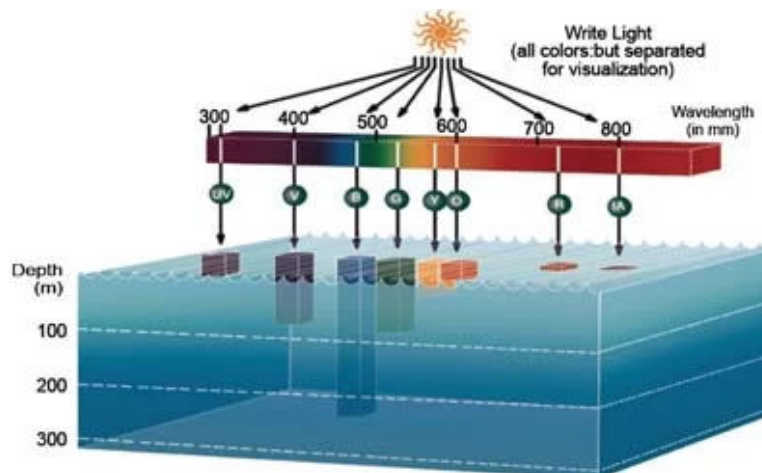
2) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) หรือการแปลตีความข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) เป็นการแปลตีความหรือใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียม เพื่อสกัดข้อมูลหรือสิ่งที่ต้องการให้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน และผลผลิตที่ได้จากการแปลตีความหรือการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ เรียกว่า ผลิตภัณฑ์สารสนเทศ ต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือก่อนนำผลผลิตไปใช้งาน โดยทำการเปรียบเทียบกับสภาพจริงหรือข้อมูลที่น่าเชื่อถือโดยวิธีทางสถิติ (Saintja, 2557; สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2558)



รูปที่ 2.7 ผังการทำงานพื้นฐานของการรับรู้จากระยะไกล (ปรับปรุงจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2534)

2.2.3 การสำรวจปะการังด้วยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกล

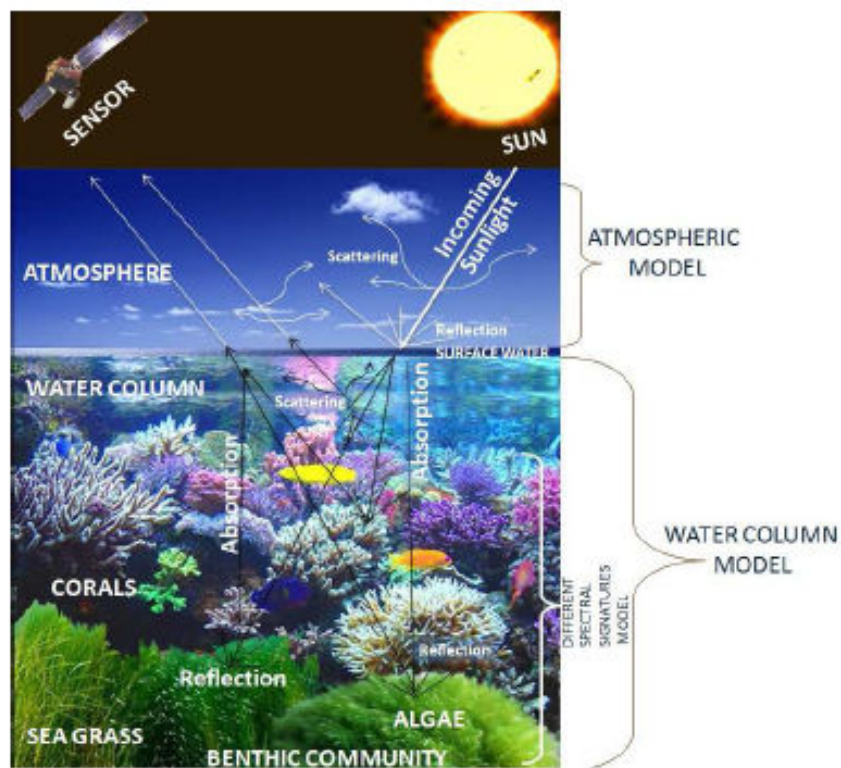
แสง (Light) คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ชนิดหนึ่ง มีความยาวคลื่น (Wavelength) อยู่ในช่วงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ผ่านดวงตา (ความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร) เรียกว่าแสงที่ตามองเห็น (Visible Light) หรือแสงขาว (White Light) ประกอบด้วยช่วงคลื่นที่สำคัญ ได้แก่ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง โดยสีน้ำเงินมีพลังงานสูงที่สุด (ความยาวคลื่นสั้น) และพลังงานจะลดลงเรื่อย ๆ ตามลำดับ จนกระทั่งสีแดงที่มีพลังงานต่ำสุด (ความยาวคลื่นยาว) ช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากที่สุดได้แก่ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (Visible) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) (Kuwahara et al., 2000) แสงที่เดินทางจากอากาศลงไปสู่น้ำทะเลจะถูกดูดกลืนพลังงานซึ่งปริมาณการดูดกลืนจะขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสง โดยช่วงแสงสีแดงที่มีความยาวคลื่นมากที่สุดจะถูกดูดกลืนได้ดี รองลงมาคือช่วงแสงสีเขียว เมื่อแสงสีแดงและแสงสีเขียวถูกดูดกลืนได้หมด จึงสะท้อนแต่แสงสีน้ำเงินซึ่งมีความยาวคลื่นสั้น เนื่องจากเกิดการกระเจิงในน้ำได้ดีที่สุด ถูกดูดกลืนน้อยที่สุด ทำให้มองเห็นน้ำทะเลเป็นสีน้ำเงิน ในขณะที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้จะถูกดูดกลืนพลังงานอย่างสมบูรณ์บริเวณผิวน้ำทะเล (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 แสงในน้ำทะเลในช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน (Orphek Aquarium, ม.ป.ป.)

ค่าการสะท้อนขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำที่ได้จากการรับรู้จากระยะไกลมีความเหมือนและความแตกต่างกันในบางรายละเอียด ซึ่งมีวิธีการจำแนกที่แตกต่างกันตามถิ่นที่อยู่อาศัย ทั้งบนบกและในน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้การกระเจิง (Scattering) ในชั้นบรรยากาศและการลดทอนพลังงานแสงจากการดูดกลืน (Absorption) พลังงานโดยชั้นบรรยากาศ (Horning, et al., 2010)

เมื่อแสงจากดวงอาทิตย์เดินทางผ่านชั้นบรรยากาศไปยังพื้นท้องทะเล แสงที่ทะลุผ่านขอบเขตพื้นผิวน้ำทะเลจะลดลงเนื่องจากการดูดกลืนและการกระเจิงของพลังงานแสงในแนวคอลัมน์ของน้ำ (Water Column) แสงบางส่วนจะสะท้อนกลับด้านบนภายในคอลัมน์ของน้ำ และในบริเวณที่น้ำค่อนข้างใสและตื้น บางส่วนของแสงจะกระทบพื้นผิวน้ำ (Bottom Surface) และสะท้อนกลับไปยังเครื่องบันทึกสัญญาณ แต่ก่อนที่สัญญาณดังกล่าวจะได้รับและถูกบันทึกโดยเครื่องบันทึกสัญญาณ แสงต้องผ่านคอลัมน์ของน้ำตามขอบเขตพื้นผิวน้ำและชั้นบรรยากาศอีกครั้งหนึ่ง (Toole et al., 2000) การตรวจวัดถิ่นที่อยู่อาศัยบริเวณท้องน้ำ ต้องมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงบรรยากาศ (Atmospheric Correction) เพื่อลดผลกระทบจากการกระเจิงของค่าการสะท้อนจากผิวพื้น และอิทธิพลจากเมฆหรือหมอกในชั้นบรรยากาศที่บดบังค่าการสะท้อนจากผิวพื้น และการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากคอลัมน์ของน้ำ (Water Column Correction) เนื่องจากค่าการสะท้อนของสิ่งมีชีวิตใต้น้ำได้รับอิทธิพลจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางทะลุผ่านมวลน้ำและกระทบกับวัตถุที่อยู่ใต้น้ำ ค่าการสะท้อนกลับที่ได้ไม่ใช่ค่าของวัตถุบนพื้นท้องทะเลเพียงอย่างเดียว แต่จะมีค่าการสะท้อนจากคอลัมน์ของน้ำที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเดินทางผ่านด้วย (รูปที่ 2.9) (Mumby et al., 1998)



รูปที่ 2.9 องค์ประกอบของการรับรู้จากระยะไกลในการสำรวจแนวปะการัง (Contreras-Silva et al., 2012)

2.3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ หมายถึง การแบ่งจุดภาพที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงคล้าย ๆ กันออกเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งเรียกว่า ชนิดหรือประเภท (Class) เพื่อแยกวัตถุต่าง ๆ ที่แสดงในภาพออกจากกัน ซึ่งผู้ปฏิบัติต้องใช้ความรู้ทางสถิติหรือกฎการตัดสินใจเข้าช่วย เนื่องจากในแต่ละพื้นที่ศึกษามีจำนวนจุดภาพปริมาณมาก การคำนวณทางสถิติโดยใช้เครื่องคิดเลขจึงทำได้ค่อนข้างยาก และอาจเกิดความผิดพลาดในการคำนวณได้ จึงมีการนำเอาความสามารถของคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ในเวลาอันรวดเร็วและสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ทันที (สำนักพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้, 2561)

2.3.1 วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลภาพ

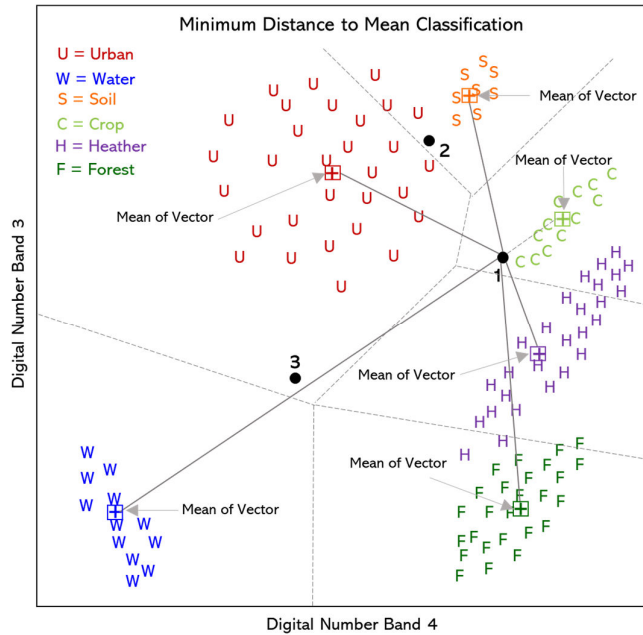
2.3.1.1 การจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลโดยที่ผู้วิเคราะห์ทราบลักษณะภูมิประเทศรวมทั้งประเภทของวัตถุที่ปกคลุมพื้นผิวของพื้นที่ศึกษาที่จะทำการวิเคราะห์ จึงสามารถกำหนดตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทบนพื้นผิวได้ เรียกว่า พื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) เพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ทางสถิติ จากนั้นจึงนำค่าทางสถิติที่ได้ไปทำการวิเคราะห์กับพื้นที่ภาพทั้งหมด ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ตามจำนวนประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ได้กำหนดไว้ (ปัฐวี กัลยาณวัตร, 2559) กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification Decision Rules) แบ่งได้ 3 วิธี คือ

1) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะทางต่ำสุด (Minimum Distance to Means)

เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลโดยใช้ระยะทางเชิงช่วงคลื่นที่น้อยที่สุด ซึ่งจะมีการพิจารณาจากจุดภาพที่ต้องการจำแนกประเภทของข้อมูล จากนั้นทำการคำนวณระยะทาง (Euclidean Distance) ที่เป็นระยะทางเชิงช่วงคลื่นระหว่างจุดภาพที่ต้องการรู้ประเภทของข้อมูลกับค่าจุดศูนย์กลางของข้อมูล เรียกว่า ทิศทางค่าเฉลี่ย (Mean Vector) แต่ละประเภท หากจุดภาพดังกล่าวมีระยะทางอยู่ใกล้กับค่าเฉลี่ยของข้อมูลประเภทใดมากที่สุดจะถูกจัดอยู่ในข้อมูลประเภทนั้น กฎการจำแนกวิธีนี้เป็นวิธีการจำแนกที่ง่ายที่สุดและใช้ระยะเวลาในการทำงานรวดเร็ว แต่ข้อจำกัดในการจำแนกวิธีนี้คือ หากระยะห่างต่ำสุดของจุดภาพใกล้เคียงกับกลุ่มประเภทข้อมูลมากกว่า 1 กลุ่ม การจำแนกให้จุดภาพนั้นเข้าไปอยู่ในประเภทข้อมูลหนึ่งอาจมีความผิดพลาดได้ และทำงานได้ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพกับข้อมูลที่มีความแปรปรวนแตกต่างกันมาก เช่น จุดภาพที่ 2 อยู่ใกล้ U แต่ถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่ม S แทนที่จะ

จำแนกให้อยู่ในกลุ่ม U (รูปที่ 2.10) เพราะเกิดจากการผันแปรในชั้นข้อมูลที่จุดภาพอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลาง จึงไม่นิยมใช้จำแนกข้อมูลที่มีค่าสะท้อนเชิงคลื่นที่ใกล้เคียงกันและมีความแปรปรวนสูง (Lillesand and Kiefer, 1994)



รูปที่ 2.10 การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะทางต่ำสุด (Minimum Distance to Means) (ปรับปรุงจาก Lillesand and Kiefer, 1994)

ระยะทางที่กล่าวถึงในการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม คือ ระยะทางแบบยูคลิดีเนียน (Euclidean Distance) สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.1

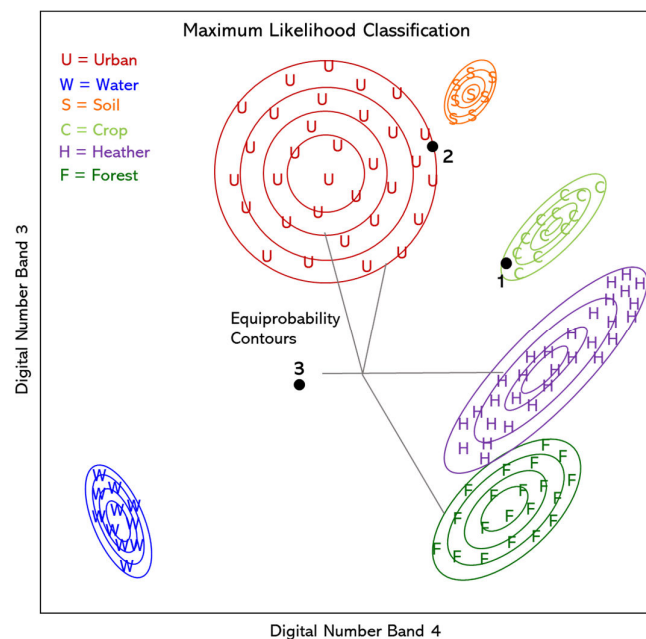
$$SD_{xyc} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\mu_{ci} - X_{xyi})^2} \quad (\text{สมการที่ 2.1})$$

โดยที่

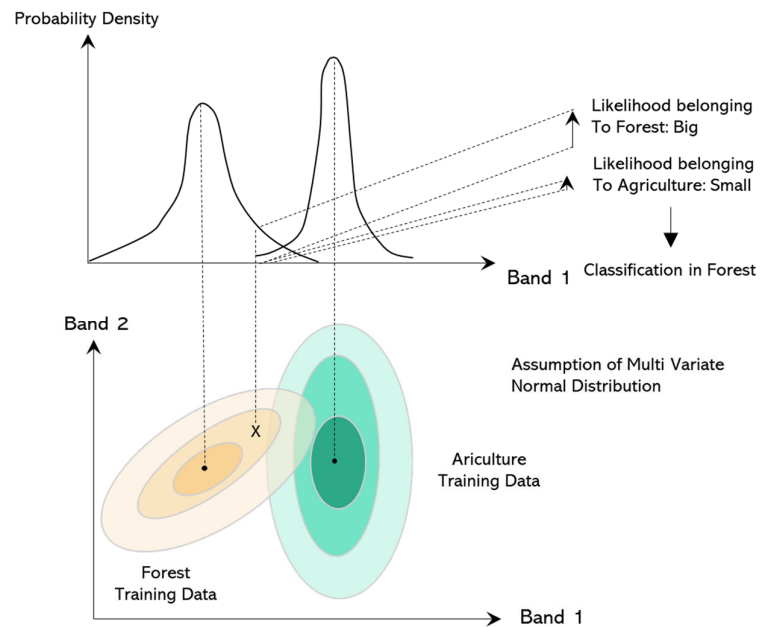
- SD_{xyc} คือ ระยะทางช่วงคลื่นจากจุดภาพ (x, y) ไปยังค่าเฉลี่ยขอประเภท c
- n คือ จำนวนแบนด์
- i คือ เฉพาะแบนด์
- c คือ เฉพาะประเภท
- X_{xyi} คือ ค่าของจุดภาพ x, y ของแบนด์ i
- μ_{ci} คือ ค่าเฉลี่ยของแบนด์ i ที่ได้จากพื้นที่ฝึกหัดของประเภท c

2) การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)

เป็นวิธีที่ใช้ค่าเวกเตอร์เฉลี่ย (Mean Vector) ค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) และ ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่าง โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) และคำนวณค่าความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทข้อมูล จากนั้นจะมีการเปรียบเทียบแต่ละจุดภาพที่ต้องการจำแนกกับความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทข้อมูล วิธีนี้คล้ายกับการสร้างเส้นระดับของความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทข้อมูล หลังจากนั้นเปรียบเทียบแต่ละจุดภาพที่ต้องการจำแนกกับความน่าจะเป็นของแต่ละประเภทข้อมูล ถ้าจุดภาพใดมีค่าอยู่ในช่วงความถี่ของความน่าจะเป็นประเภทข้อมูลใดมากที่สุด ก็จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทข้อมูลนั้น เช่น จุดภาพที่ 1 มีการจำแนกเป็นประเภทข้อมูล C (รูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12) การจำแนกวิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุดและใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าวิธีอื่น แต่มักจะพบปัญหาเมื่อทำการจำแนกกับความช่วงคลื่นหรือค่าสะท้อนเชิงช่วงคลื่นที่แตกต่างกันเป็นจำนวนมาก พบว่าใช้เวลาในการคำนวณเป็นเวลานานเพื่อที่จะจำแนกค่าของจุดภาพแต่ละค่าให้อยู่ในประเภทใดประเภทหนึ่ง



รูปที่ 2.11 เส้นระดับความน่าจะเป็น ในความหมายของความน่าจะเป็นมากที่สุด (ปรับปรุงจาก Lillesand, Kiefer and Chipman, 2011)



รูปที่ 2.12 การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classifier)
(ปรับปรุงจาก Jensen, 2011)

เทคนิคการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุดนี้อยู่บนพื้นฐานของ Bayesian Probability ดังสมการ

$$P(x,w) = P(w|x)P(x) = P(x|w)P(w) \quad (\text{สมการที่ 2.2})$$

โดยที่

$P(x, w)$ คือ ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ X และ W

$P(x), P(w)$ คือ ความน่าจะเป็นล่วงหน้า (Prior Probability) ของเหตุการณ์ X และ W

$P(w|x)$ คือ ความน่าจะเป็นแบบมีเงื่อนไขของการได้ x เป็นสมาชิกของประเภท w

3) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis Distance)

เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลโดยใช้ค่าความแปรปรวนร่วมมาทำการคำนวณระยะทางระหว่างจุดภาพที่สนใจกับจุดศูนย์กลางของแต่ละประเภทข้อมูล (Feature Space) ซึ่งจะใช้ค่าของทิศทางเฉลี่ย (Mean Vector) และเมตริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) ในการคำนวณ (Tso and Mather, 2001) จากสมการในการจำแนกข้อมูลภาพแบบความเป็นไปได้สูงสุด ในกรณีที่ทุก ๆ กลุ่ม (Class) มีค่าความแปรปรวนร่วม (Covariance) เท่ากัน เช่น $\Sigma_i = \Sigma$ สำหรับทุก ๆ i (Rechards and Jia, 1999) มีสมการในการคำนวณดังสมการที่ 2.3

$$D_M = (X_i - \mu_j)^T \times C_j^{-1} \times (X_i - \mu_j) \quad (\text{สมการที่ 2.3})$$

โดยที่

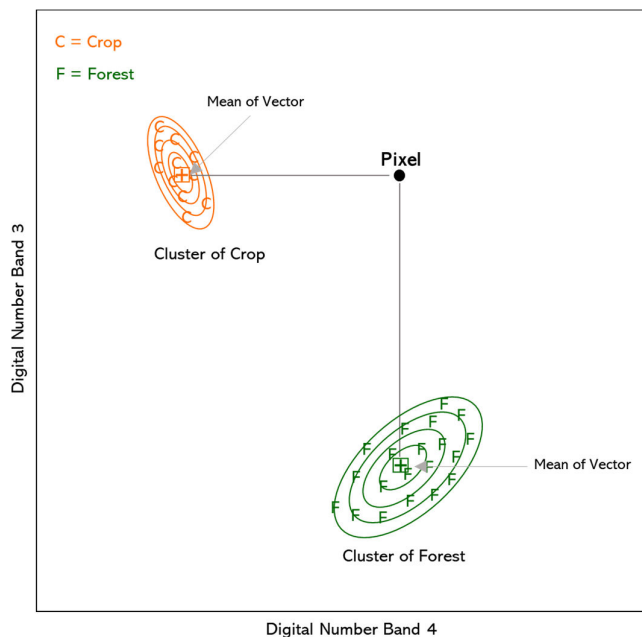
D_M คือ ค่าระยะห่างมาฮาลาโนบิส

C_j^{-1} คือ อินเวอร์สของเมตริกซ์ความแปรปรวน - ความแปรปรวนร่วม

X คือ เวกเตอร์ของข้อมูลภาพ (n แบนด์) $X = [X_1, X_2, \dots, X_n]$

μ_j คือ ค่าเฉลี่ยของประเภทที่ j $\mu_j = [m_1, m_2, \dots, m_n]$

จุดภาพที่สนใจมีระยะทางอยู่ใกล้ที่กับจุดศูนย์กลางของข้อมูลประเภทใดมากที่สุด ก็จะถูกจัดเข้าข้อมูลประเภทนั้น จากรูปที่ 2.13 ระยะระหว่างจุดภาพ (Pixel) ไปยังจุดศูนย์กลาง (Mean) ของกลุ่มพีชไร (Crop) และ ระยะจากจุดภาพ (Pixel) ไปยังจุดศูนย์กลาง (Mean) ของกลุ่มป่าไม้ (Forest) เมื่อใช้ระยะห่างมาฮาลาโนบิสในการวัดจุดภาพจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม พีชไร ซึ่งมีระยะทางที่สั้นกว่า



รูปที่ 2.13 การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance) (ปรับปรุงจาก Tso and Mather, 2001)

2.3.1.2 การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูล แต่ละประเภทข้อมูล มักจะใช้ในกรณีที่มีข้อมูลไม่เพียงพอในพื้นที่ที่ต้องการจำแนก หรือผู้วิเคราะห์ไม่มีความเคยชินในพื้นที่ศึกษา วิธีการนี้สามารถทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบคละ โดยแต่ละประเภทจะมีค่าสะท้อนแสงเชิงช่วงคลื่นที่คล้ายคลึงกัน และใช้หลักการการรวมกลุ่ม (Cluster) (ชนัดดา รัตนา, 2562) โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ

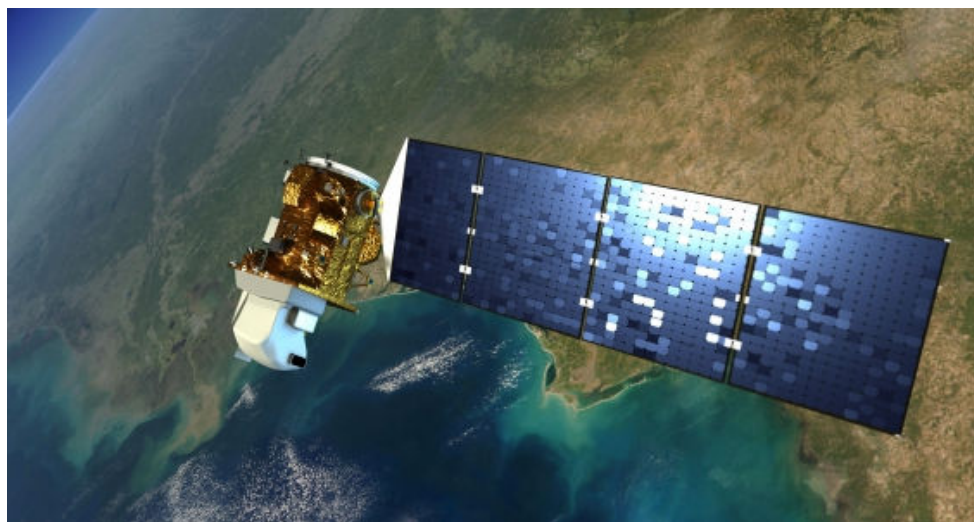
1) การรวมกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical Clustering) วิธีการนี้มีความคล้ายกันของการรวมกลุ่มโดยการวัดระยะห่าง เริ่มต้นโดยสมมุติว่าแต่ละจุดภาพเป็นหนึ่งกลุ่ม วิธีการรวมกลุ่มแบบลำดับขั้นจะทำการรวมกลุ่มที่มีจุดภาพห่างกันน้อยที่สุด และจะรวมกลุ่มภาพถัดไปเรื่อย ๆ จนถึงจำนวนกลุ่มที่กำหนดไว้

2) การรวมกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับขั้น (Non-Hierarchical Clustering) วิธีนี้จะเริ่มต้นแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มชั่วคราวจำนวนหนึ่ง หลังจากนั้นสมาชิกในกลุ่มจะถูกตรวจสอบโดยใช้ตัวแปรหรือระยะห่าง เพื่อจัดหาดำแหน่งใหม่ให้อยู่กลุ่มที่เหมาะสม โดยวิธีการนี้แบ่งได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีการ ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis) และวิธี K-Mean

การจำแนกแบบไม่กำกับดูแล ผู้ใช้งานจะให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณหาตัวอย่าง แล้วทำการแยกประเภทข้อมูลให้เอง โดยผู้ใช้งานไม่ต้องกำหนดประเภทตัวอย่างให้ แต่หลังจากได้ผลลัพธ์แล้วผู้ใช้งานต้องตีความเองว่าแต่ละประเภทข้อมูลที่ได้รับคืออะไร

2.4 คุณลักษณะของดาวเทียม Landsat 8 OLI

ดาวเทียม Landsat 8 ถูกปล่อยตัวขึ้นสู่อวกาศได้สำเร็จในวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 ด้วยจรวด Atlas V 401 ของกองทัพอากาศ Vandenberg โดยอยู่ภายใต้การบริหารจัดการของ USGS ดาวเทียม Landsat 8 โคจร 1 รอบใช้เวลา 99 นาที ในแนวขั้วโลกเหนือใต้โดยประมาณ โดยมีระดับความสูงห่างจากพื้นโลก 705 กิโลเมตร มีการโคจรกลับมาถ่ายภาพซ้ำตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน ดาวเทียม Landsat 8 มีระบบบันทึกภาพอยู่บนตัวดาวเทียมจำนวน 2 ระบบ ได้แก่ ระบบ Operational Land Image (OLI) ซึ่งเป็นระบบบันทึกสัญญาณแบบ Pushbroom Sensor และระบบ Thermal Infrared Sensor (TIR) (รูปที่ 2.14) ข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 8 มีทั้งหมด 11 ช่วงคลื่น ให้รายละเอียดจุดภาพช่วงคลื่นตามมองเห็น (Visible) อินฟราเรดคลื่นใกล้ (NIR) อินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) 30 เมตร ระบบขาว-ดำ (Panchromatic) 15 เมตร และ 10 อินฟราเรดความร้อน (Thermal) 100 เมตร (ตารางที่ 2.1)



รูปที่ 2.14 ดาวเทียม Landsat 8 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), ม.ป.ป.)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียม Landsat 8

ประเภทช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียด จุดภาพ (เมตร)	การใช้ประโยชน์
แบนด์ 1 Coastal Aerosol	0.43 – 0.45	30	ศึกษาลักษณะชายฝั่งและละอองแก๊ส
แบนด์ 2 สีน้ำเงิน (Blue)	0.45 – 0.51	30	สามารถทะลุน้ำได้โดยเฉพาะบริเวณที่ ขุ่นน้อย เป็นประโยชน์ในการทำแผนที่ บริเวณชายฝั่งแสดงความแตกต่าง ระหว่างดินและพืชพรรณ ความแตกต่าง ระหว่างป่าผลัดใบ และป่าไม่ผลัดใบ เช่น ป่าสน (การดูดกลืนแสงของ คลอโรฟิลล์) การมีหรือไม่มีคลอโรฟิลล์
แบนด์ 3 สีเขียว (Green)	0.53 – 0.59	30	เป็นประโยชน์ในการหาอัตราการ เจริญเติบโตของพืช (แสดงการสะท้อน พลังงานสีเขียวของพืชที่เจริญเติบโต แล้ว) การประเมินความแข็งแรงของ พืช ประเมินการตกตะกอนและ สามารถทะลุน้ำที่ขุ่นได้
แบนด์ 4 สีแดง (Red)	0.64 – 0.67	30	ให้รายละเอียดเกี่ยวกับการดูดกลืนแสง ของคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่าง ๆ (ช่วยในการแยกชนิดของพืชพรรณ)
แบนด์ 5 อินฟราเรดใกล้ (Near Infrared)	0.85 – 0.88	30	ตรวจวัดปริมาณชีวมวล (Biomass) แสดงความหนาแน่นของพืชพรรณ และศึกษาความเครียดของพืชพรรณ (เช่น ขาดน้ำ แมลงทำลาย) รวมทั้งดู ความแตกต่างของส่วนที่เป็นน้ำและ ไม่ใช่ น้ำ
แบนด์ 6 อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (Shortwave Infrared 1)	1.57 – 1.65	30	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของดิน และความชื้นของพืชพรรณ พืชที่มี ความเครียด (Stress) จำแนกประเภท แร่ ดินเหนียว ตลอด จนเป็นประโยชน์

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลภาพที่ได้จากดาวเทียม Landsat 8 (ต่อ)

ประเภทช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียด จุดภาพ (เมตร)	การใช้ประโยชน์
			ในการแยกความแตกต่างระหว่างหิมะกับเมฆ
แบนด์ 6 อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (Shortwave Infrared 1)	1.57 – 1.65	30	ให้รายละเอียดปริมาณความชื้นของพืชพรรณ และความชื้นของดิน พืชที่มีความเครียด (Stress) จำแนกประเภทแร่ ดินเหนียว ตลอด จนเป็นประโยชน์ในการแยกความแตกต่างระหว่างหิมะกับเมฆ
แบนด์ 7 อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (Shortwave Infrared 2)	2.11 – 2.35	30	มีศักยภาพในการจำแนกชนิดของดิน ในการหาแหล่งน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิต
แบนด์ 8 ระบบขาว-ดำ (Panchromatic)	0.50 – 0.68	15	ความสามารถถ่ายภาพทางอากาศ เนื่องจากมีความละเอียดของพื้นที่มาก
แบนด์ 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30	เพื่อวัดคุณภาพของน้ำและตรวจจับชั้นเมฆบาง ๆ
แบนด์ 10 อินฟราเรดความร้อน 1 (Thermal Infrared 1)	10.60 – 11.19	100	ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ จำแนกแหล่งชุมชน จำแนกบริเวณที่ถูกเผาไหม้จากแหล่งน้ำและการหาแหล่งความร้อน ใช้ตรวจการเหี่ยวเฉาอันเนื่องมาจากความร้อนในพืชแสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริวุฒิ เจนศิริพิกุล (2545) ศึกษาารูปแบบและวิธีการที่เหมาะสมของการใช้เทคนิคการสำรวจจากระยะไกลในการจำแนกขอบเขตและสถานภาพแนวปะการังน้ำตื้น บริเวณเกาะกระดาด จ.ตราด โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 5 ทำการ Spectral Digitization แยกข้อมูลส่วนที่เป็นพื้นดินและพื้นน้ำ จากนั้นนำข้อมูลส่วนที่เป็นพื้นน้ำมาทำการปรับเน้นภาพ การหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) จากนั้นทำการจำแนกข้อมูลปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบกำกับดูแล และการจำแนกข้อมูลภาพแบบไม่กำกับดูแล ผลการศึกษาพบว่า การปรับรูปสีสโตรแกรมแบบ Linear Stretch และการใช้อัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นในรูปสีผสมสามารถเห็นรูปร่างของแนวปะการังได้ อัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นในรูปสีผสมที่ให้ความแตกต่างของข้อมูลแนวปะการังกับข้อมูลโดยรอบได้ชัดเจน ได้แก่ แบนด์ 2 1 2/5 และ 1/3 1 2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก พบว่า แบนด์ PC ที่ 1 2 และ 3 สามารถเห็นขอบเขตของแนวปะการัง โดยมีความถูกต้องอยู่ที่ร้อยละ 59.09 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.447 สำหรับการจำแนกแนวปะการัง พบว่าการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแลไม่สามารถจำแนกแนวปะการังออกจากข้อมูลบริเวณโดยรอบได้ ทั้งวิธี ISO-Data และ K-Mean ในขณะที่การจำแนกแบบกำกับดูแลตามทฤษฎีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาโนบิส (Mahalanobis Distance Classification) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification) การจำแนกข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมคี่ขนาน (Parallelepiped Classification) และการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) ให้ความถูกต้องโดยรวมเท่ากับร้อยละ 55.15 51.80 44.52 และ 24.67 ตามลำดับ และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.4380 0.4067 0.3172 และ 0.1863 ตามลำดับ

วัชรวิ สมันละห์ (2546) ทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat สำหรับการตรวจสอบและติดตามแนวปะการังขนาดเล็ก บริเวณเกาะไข่ เกาะกุลา เกาะทองหลาง และเกาะมาตรา จังหวัดชุมพร โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ทำการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้เทคนิคเน้นภาพถ่ายดาวเทียมเชิงคลื่น 3 วิธี ได้แก่ การแก้ไขค่าการสะท้อนที่เกิดจากมวลน้ำ การหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น และการผสมสีเท็จ RGB เพื่อเพิ่มความสามารถในการจำแนกข้อมูลภาพ โดยทำการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกแนวปะการังโดยใช้ภาพที่ได้จากการผสมสีเท็จ แบนด์ 1 2 และ 1/5 หรือภาพจากแบนด์ 1 2 และ 2/5 ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการ

อื่น ๆ สามารถจำแนกปะการังได้ถูกต้องร้อยละ 95 และมีความถูกต้องเฉลี่ยในการตรวจสอบปะการังทราย และน้ำทะเล ร้อยละ 87

มาฆมาส สุทธาชีพ (2548) ศึกษาความสามารถของเทคนิคการสำรวจระยะไกลในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของแนวปะการัง บริเวณเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM และ Landsat 7 ETM+ โดยทำการแบ่งแยกส่วนระหว่างพื้นน้ำและพื้นดินออกจากกัน จากนั้นนำส่วนพื้นน้ำมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นในรูปสีผสมที่ให้ความแตกต่างของข้อมูล ได้แก่ แบนด์ 3 2 1 (RGB) และทำจำแนกข้อมูลด้วยการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) ผลการศึกษาพบว่าสามารถจำแนกองค์ประกอบของแนวปะการังได้ 4 ชนิด ได้แก่ ปะการังมีชีวิต องค์ประกอบอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ปะการังมีชีวิต พื้นทรายในแนวปะการัง และหาดทราย โดยมีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 60 - 67

ศิริลักษณ์ พุกษ์ปิติกุล และคณะ (2556) ทำการประเมินและติดตามสถานการณ์ปะการังในประเทศไทย บริเวณพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลหภูมิผิวน้ำจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม TERRA/AQUA ระบบ MODIS ด้วยโปรแกรม SeaDAS และการจำแนกลักษณะพื้นที่ท้องทะเลและกลุ่มของปะการังด้วยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม QUICKBIRD โดยทำการปรับแก้ค่า Atmospheric Correction และวิเคราะห์หาค่าการสะท้อนของปะการัง โดยใช้ FLAASH Model ทำการจำแนกข้อมูลภาพด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์ในเชิงจุดภาพ ด้วยวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood) และในเชิงวัตถุ ด้วยวิธีการจำแนกแบบ Nearest Neighbor Classification พบว่าการใช้เทคนิคการวิเคราะห์เชิงจุดภาพและเชิงวัตถุให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกลักษณะพื้นที่ท้องทะเลและกลุ่มปะการัง ร้อยละ 81.35 และ 85.47 ตามลำดับ

Nurlidiasari (2004) จัดทำแผนที่แนวปะการังบริเวณเกาะเตราวัน (Derawan Island) ประเทศอินโดนีเซีย โดยนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Quickbird ที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ (Water Column Correction) และไม่ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ มาทำการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกแนวปะการังที่ไม่มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำมีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 67 และข้อมูลการจำแนกแนวปะการังที่มีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำมีความถูกต้องร้อยละ 89

El-Askary, *et al.* (2014) ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการัง โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM ปี ค.ศ. 1997 ดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ปี ค.ศ. 2000 และดาวเทียม Landsat 8 OLI ปี ค.ศ. 2013 บริเวณ Red Sea เมืองสุร์กาดา ประเทศอียิปต์ โดยนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำ (Water Column

Correction) ทำการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) ด้วยวิธีการการจำแนกแบบ K-Means Classification และการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) จากนั้นทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการัง ผลการศึกษาพบว่า ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแลไม่สามารถจำแนกแนวปะการังได้ ในขณะที่การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแลสามารถจำแนกแนวปะการังได้ 5 ประเภท ได้แก่ ปะการัง (Coral) ทราายในเขตต่ำกว่าแนวระดับน้ำลงต่ำสุด (Sand Subtidal) ทราายบริเวณเขตน้ำขึ้น-น้ำลง (Sand Intertidal) สาหร่ายขนาดใหญ่ (Macroalgae) และหญ้าทะเล (Seagrass) ในระดับความอุดมสมบูรณ์ที่แตกต่างกัน การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังระหว่างปี ค.ศ. 1987 และ 2000 พบว่า สาหร่ายขนาดใหญ่และหญ้าทะเลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 93 และ 47 ตามลำดับ) ในขณะที่ ทราายบริเวณเขตน้ำขึ้น-น้ำลง ปะการัง และทราายในเขตต่ำกว่าแนวระดับน้ำลงต่ำสุด มีการลดลง ร้อยละ 41 40 และ 37 ตามลำดับ ในทางตรงกันข้าม ระหว่างปี ค.ศ. 2000 และ 2013 ทราายในเขตต่ำกว่าแนวระดับน้ำลงต่ำสุด และสาหร่ายขนาดใหญ่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 14 และ 19 ตามลำดับ ในขณะที่ทราายบริเวณเขตน้ำขึ้น-น้ำลง ปะการัง และหญ้าทะเล ลดลงร้อยละ 49 46 และ 74 ตามลำดับ

Azhar, *et al.* (2019) จัดทำแผนที่แหล่งที่อยู่อาศัยบริเวณทะเลน้ำตื้นของเกาะกาลาดูปา ประเทศอินโดนีเซีย โดยทำการจำแนกแหล่งที่อยู่อาศัยบริเวณทะเลน้ำตื้นด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ทำการประมวลผลภาพเบื้องต้น และปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากมวลน้ำน้ำ ด้วยวิธี Depth Invariant Index (DII) ทำการจำแนกประเภทข้อมูลภาพแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification) และ วิธีการจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) จำแนกประเภทแหล่งที่อยู่อาศัยบริเวณทะเลน้ำตื้น ออกเป็น ปะการังมีชีวิต ปะการังไม่มีชีวิต หญ้าทะเล และทราาย ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 71.67 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.62 และการจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็นสูงสุด มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 73.33 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา 0.65

บทที่ 3

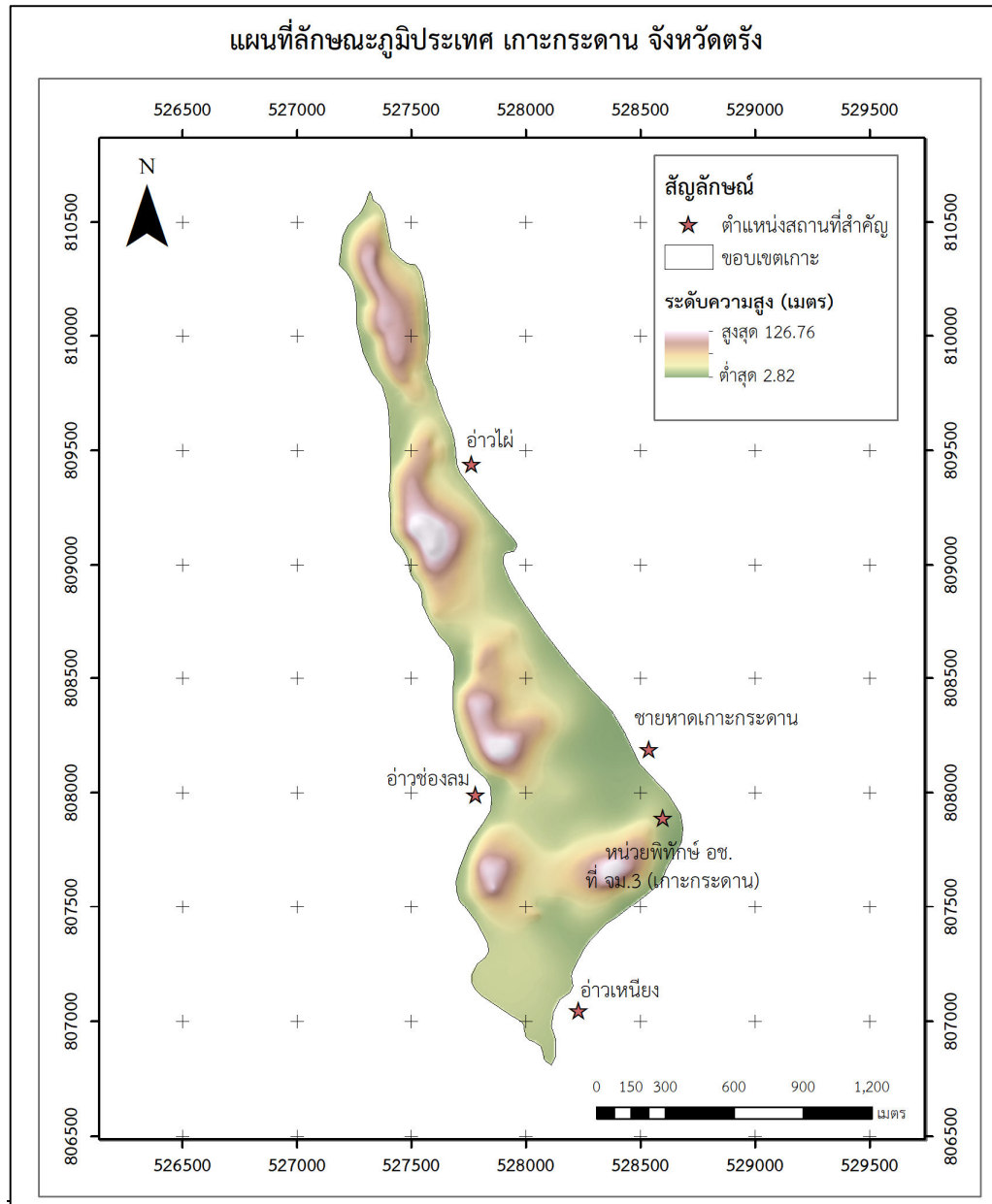
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ที่เหมาะสมในการจำแนกแนวปะการัง บริเวณเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่ ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) การจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification) และการจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification) มีรายละเอียดวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

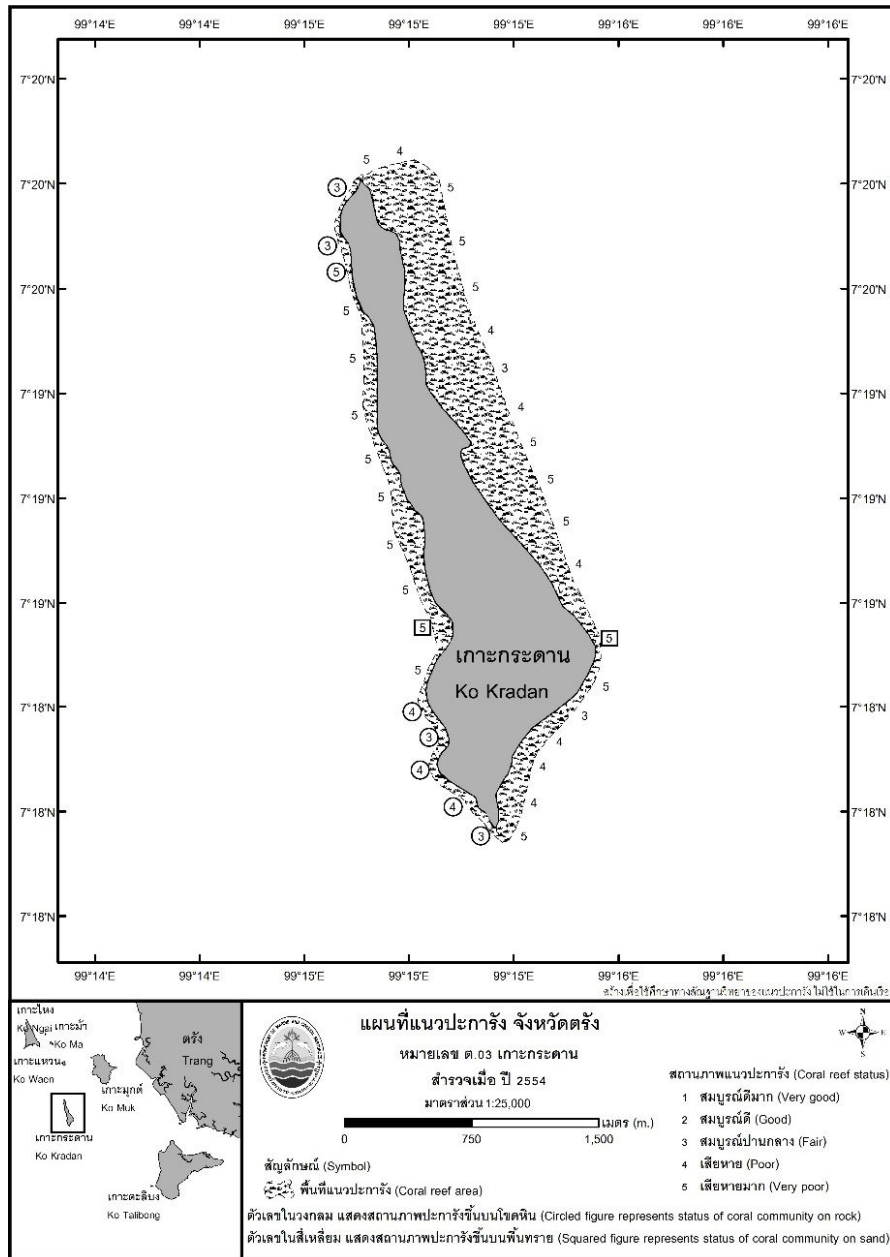
3.1 พื้นที่ศึกษา

3.1.1 เกาะกระดาน

เกาะกระดาน มีเนื้อที่ประมาณ 1.72 ตารางกิโลเมตร อยู่ห่างจากชายฝั่งประมาณ 10 กิโลเมตร พื้นที่บนเกาะส่วนใหญ่อยู่ในเขตความรับผิดชอบของอุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม มีลักษณะเหมือนภูเขาห้าลูกเรียงตัวติดต่อกันเป็นพืด ร้อยละ 70 ของพื้นที่เกาะเป็นภูเขา จุดสูงสุดจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ที่ 126.76 เมตร สภาพป่าเป็นป่าดิบชื้น รอบเกาะมีชายหาดอยู่ 4 แห่ง ได้แก่ ชายหาดเกาะกระดาน ชายหาดอ่าวเนียง ชายหาดอ่าวไผ่ และชายหาดอ่าวช่องลม (รูปที่ 3.1) ทางด้านทิศใต้ของเกาะจะพบปะการังอ่อนและกัลปังหา มีแนวปะการังแข็งตลอดชายฝั่งของเกาะ ปะการังที่พบส่วนใหญ่ ได้แก่ ปะการังเขากวาง ปะการังเห็ด ปะการังสมอง (รูปที่ 3.2) (สำนักอุทยานแห่งชาติ, 2558)



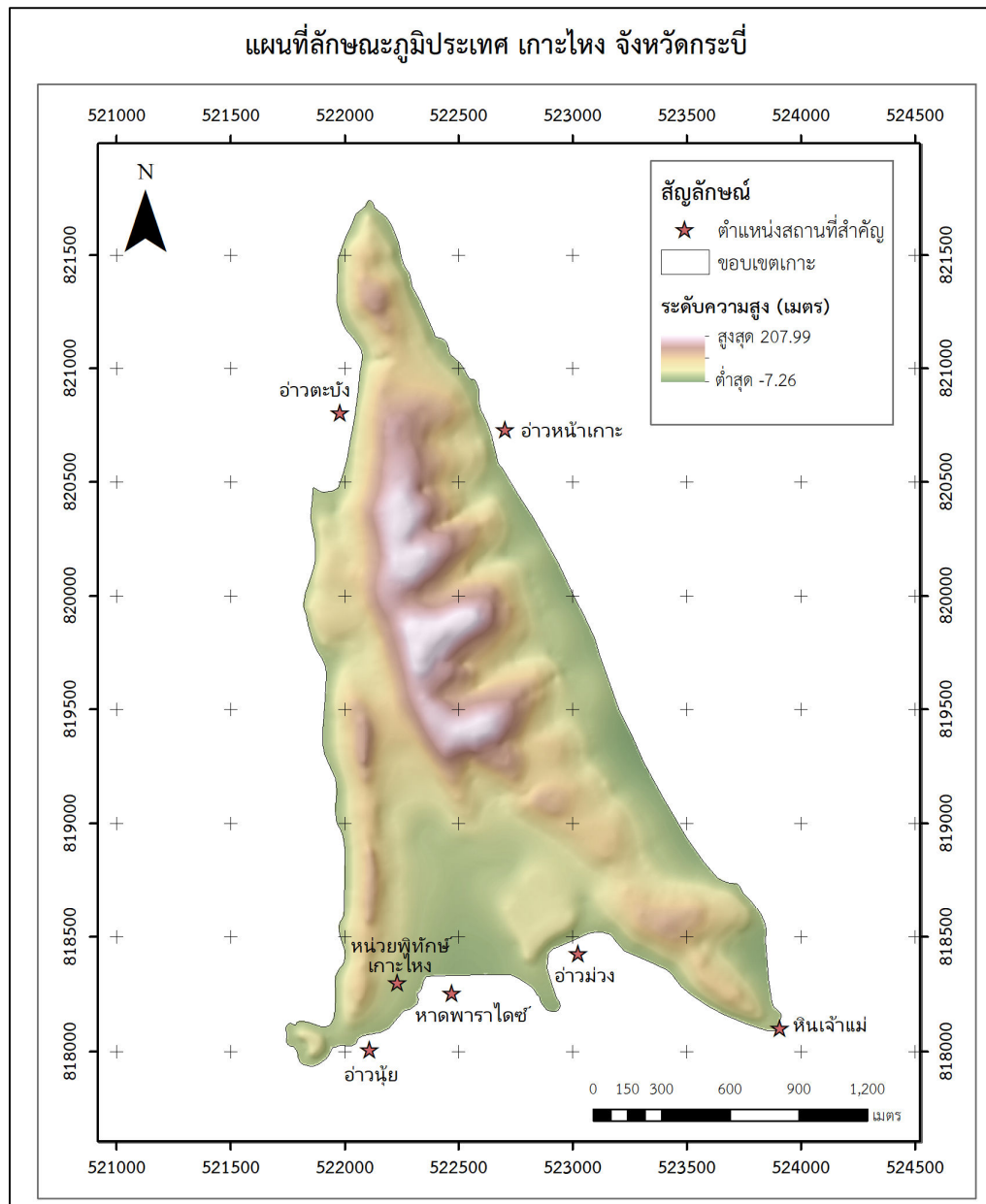
รูปที่ 3.1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศเกาะกระดาน จังหวัดตรัง



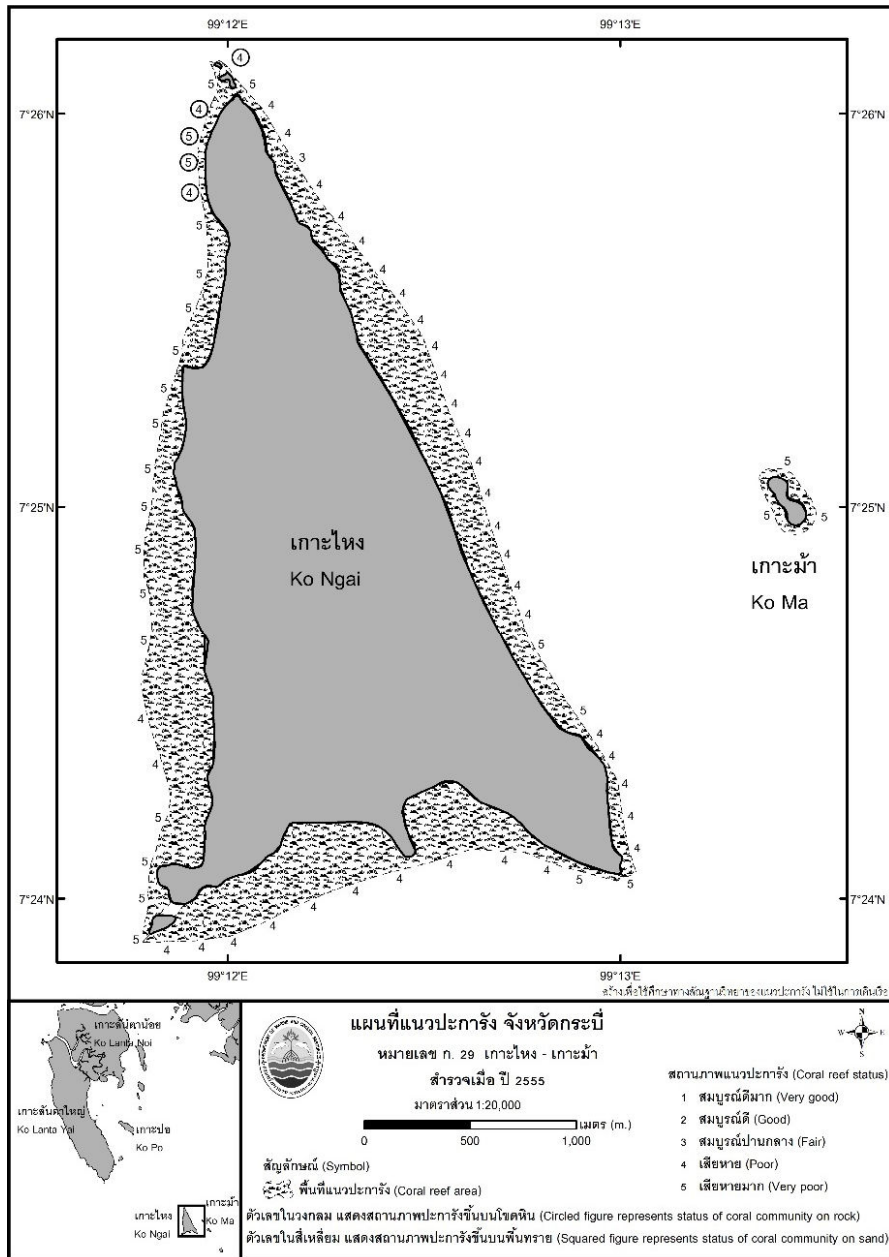
รูปที่ 3.2 แผนที่แนวปะการังเกาะกระดาน จังหวัดตรัง สำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2554 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560)

3.1.2 เกาะไหง

เกาะไหงตั้งอยู่ทางตอนใต้ของอำเภอลันตา จังหวัดกระบี่ อยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา ตั้งอยู่ห่างจากชายฝั่งประมาณ 13 กิโลเมตร เป็นเกาะขนาดเล็ก มีความยาว 4 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 4.80 ตารางกิโลเมตร มีรูปทรงสามเหลี่ยมด้านใต้กว้างกว่า และด้านเหนือเป็นปลายแหลมแบบปลีมี ด้านทิศตะวันออกของเกาะเป็นหาดทรายยาว ทิศตะวันออกเฉียงใต้มีลักษณะเป็นอ่าวเล็ก ๆ และมีภูเขาสูงลาดชันทางด้านทิศตะวันตก มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 207.99 เมตร สภาพป่าเป็นป่าดิบชื้น (รูปที่ 3.3) บริเวณรอบ ๆ เกาะมีแนวปะการังที่มีความสมบูรณ์ เช่น ปะการังก้อน ปะการังกิ่ง ปะการังเขากวาง กัลปังหา ฟองน้ำ หอยมือเสือ และสาหร่ายทะเล (รูปที่ 3.4) (สำนักอุทยานแห่งชาติ, 2558)



รูปที่ 3.3 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศเกาะไหง จังหวัดกระบี่



รูปที่ 3.4 แผนที่แนวปะการังเกาะโห่ง จังหวัดกระบี่ สำรวจเมื่อปี พ.ศ. 2554 (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2560)

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีการรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและบันทึกพิกัดภูมิศาสตร์ ตำแหน่งของปะการัง โดยเครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียมแบบพกพา (Global Navigation Satellite System: GNSS) ทำการเก็บข้อมูลประเภทแนวปะการัง และถ่ายรูปและถ่ายวิดีโอปะการัง และลักษณะพื้นทะเล

3.2.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่ได้มีการเก็บรวบรวมไว้แล้ว ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลปะการัง ตารางน้ำขึ้น - น้ำลง และข้อมูลสภาพอากาศ
- 2) แผนที่แนวปะการัง ปี พ.ศ. 2554 จากกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง
- 3) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 17 มีนาคม ปี พ.ศ. 2561 ครอบคลุมพื้นที่เกาะกระดาน และเกาะไหง ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 x 30 เมตร จากกรมสำรวจธรณีวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Geological Survey: USGS) ดาวน์โหลดข้อมูลจากเว็บไซต์ <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 4) แผนที่ภูมิประเทศ (Topographic Map) มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 จากกรมแผนที่ทหาร
- 5) ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ปกครองและขอบเขตพื้นที่ จากกรมแผนที่ทหาร

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์

เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยมีดังนี้

3.3.1 ซอฟต์แวร์

- 1) โปรแกรมประมวลผลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) สำหรับการจัดการข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลข้อมูล
- 2) โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Remote Sensing: RS) สำหรับกระบวนการจำแนกประเภทจากภาพถ่ายดาวเทียม
- 3) โปรแกรม Microsoft Office สำหรับจัดการข้อมูลในรูปแบบตาราง และจัดทำรูปเล่มรายงาน

3.3.2 ฮาร์ดแวร์

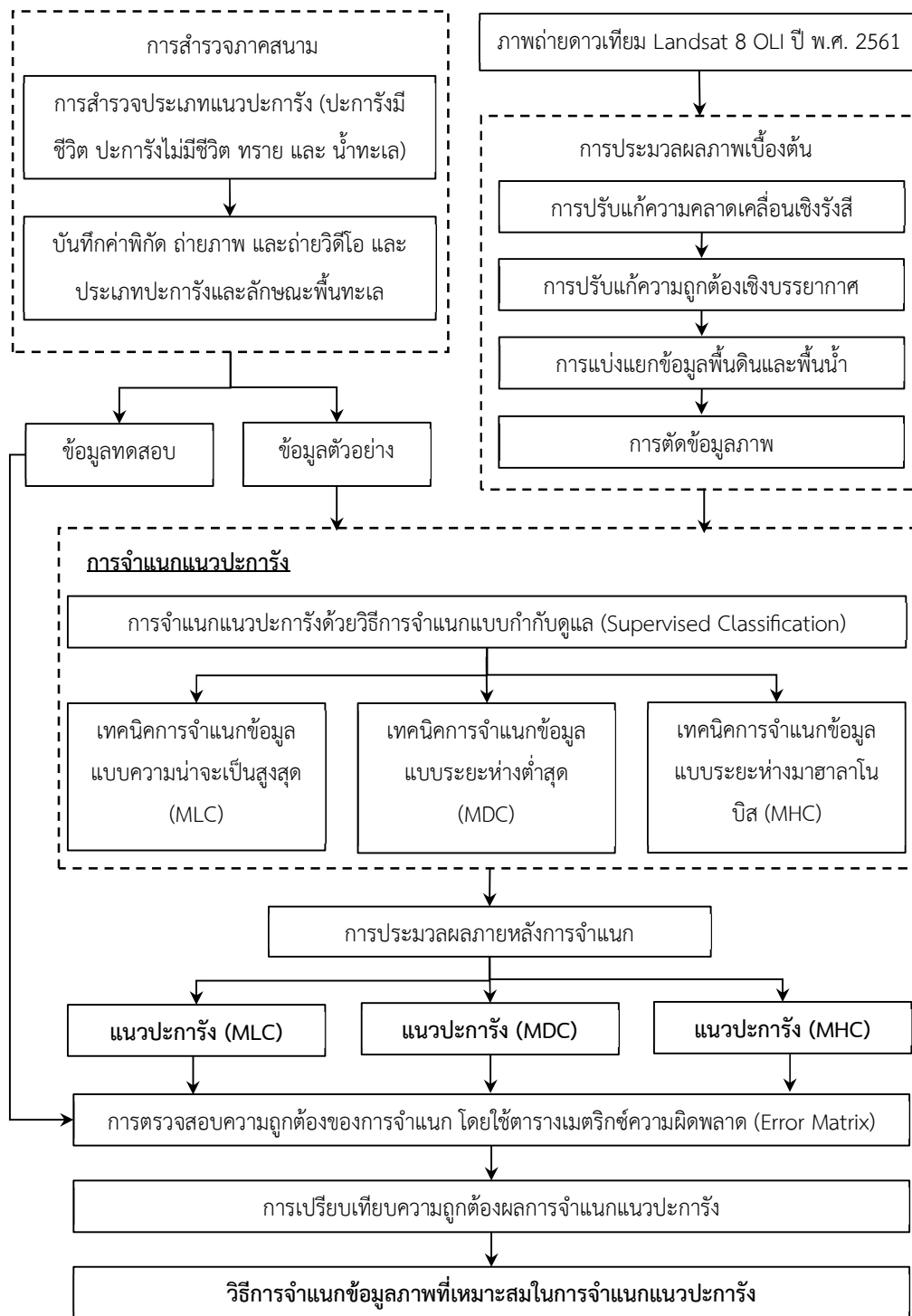
- 1) เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Computer Notebook)
- 2) เครื่องพิมพ์เอกสาร (Printer)

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม

- 1) เครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียมแบบพกพา (Global navigation satellite system: GNSS)
- 2) กล้องถ่ายรูปดิจิทัล
- 3) กล้องถ่ายรูปใต้น้ำ
- 4) เครื่องวัดความลึกของน้ำ (Sunder)
- 5) อุปกรณ์สำหรับการดำน้ำ เช่น หน้ากากดำน้ำ ตีนกบ เสื้อชูชีพ และอุปกรณ์สำหรับหายใจใต้น้ำ เป็นต้น
- 6) อุปกรณ์สำหรับการบันทึกข้อมูลภาคสนาม เช่น สมุดบันทึก ปากกา และแผนที่จุดเก็บตัวอย่าง เป็นต้น

3.4 วิธีการดำเนินงานวิจัย

การประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง: กรณีศึกษา เกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่ แบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การสำรวจภาคสนาม (2) การประมวลผลภาพเบื้องต้น (Preprocessing) (3) การจำแนกแนวปะการัง (Coral Reef Classification) (4) การประมวลผลภายหลังการจำแนก (Post Processing) (5) การประเมินความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง (Classification Accuracy Assessment) และ (6) การเปรียบเทียบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง โดยมีกรอบแนวคิดการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

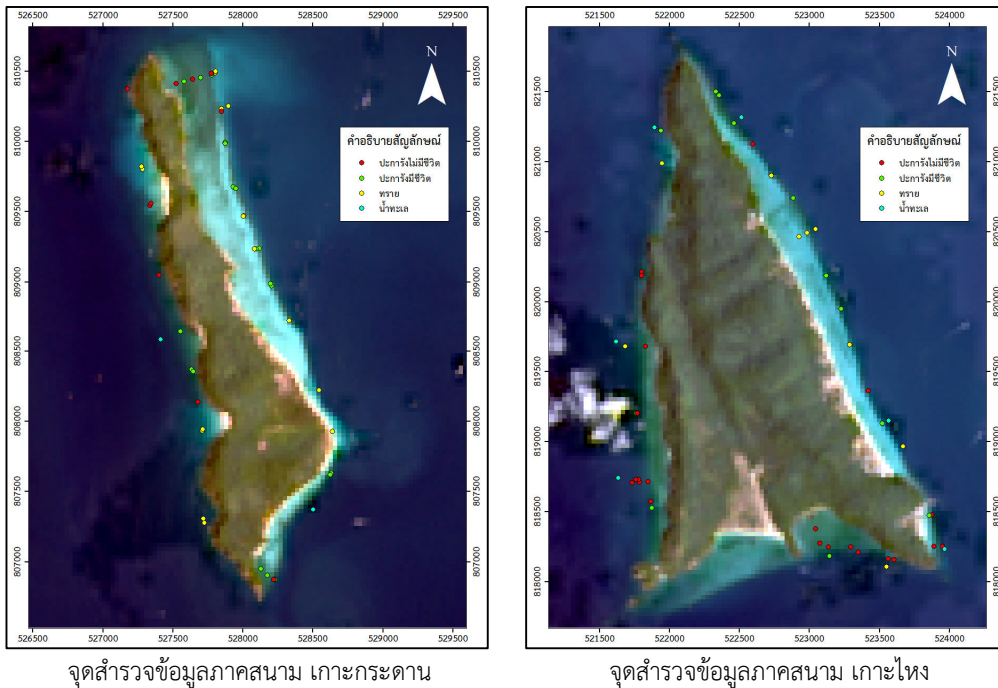
3.4.1 การสำรวจภาคสนาม

การสำรวจข้อมูลภาคสนามเป็นการสำรวจประเภทแนวปะการังเพื่อใช้ข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) ในการจำแนกแนวปะการัง และข้อมูลทดสอบ (Testing Area) สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง ทำการออกสำรวจข้อมูลภาคสนาม ในวันที่ 7 - 8 มีนาคม ปี พ.ศ. 2561 โดยกำหนดแนวสำรวจแบบในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง เก็บแต่ละจุดทุกระยะ 30 เมตร จากแนวชายหาดไปจนถึงแนวปะการังที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม ทำการสำรวจประเภทปะการังในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างโดยนักดำน้ำสำรวจพื้นที่ของแต่ละจุดสำรวจ ทำการบันทึกตำแหน่งด้วยเครื่องหาพิกัดด้วยสัญญาณดาวเทียมแบบพกพา (GNSS) บันทึกภาพชนิดปะการังและลักษณะพื้นทะเลด้วยกล้องถ่ายภาพและกล้องวิดีโอใต้น้ำ (รูปที่ 3.6)



รูปที่ 3.6 การสำรวจภาคสนามเพื่อสำรวจประเภทแนวปะการัง

ทำการเก็บข้อมูลประเภทแนวปะการังภาคสนามจำนวน 110 จุด แบ่งเป็น เกาะกระดาน 57 จุด และเกาะไหง 53 จุด แบ่งเป็นข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) ร้อยละ 60 และ ข้อมูลทดสอบ (Testing Area) ร้อยละ 40 โดยเกาะกระดานมีจำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ 23 จุด และ 34 จุด ตามลำดับ เกาะไหงมีจำนวนจุดข้อมูลตัวอย่างและข้อมูลทดสอบ 22 จุด และ 31 จุด ตามลำดับ (รูปที่ 3.7 และตารางที่ 3.1)



รูปที่ 3.7 ตำแหน่งจุดสำรวจข้อมูลภาคสนาม

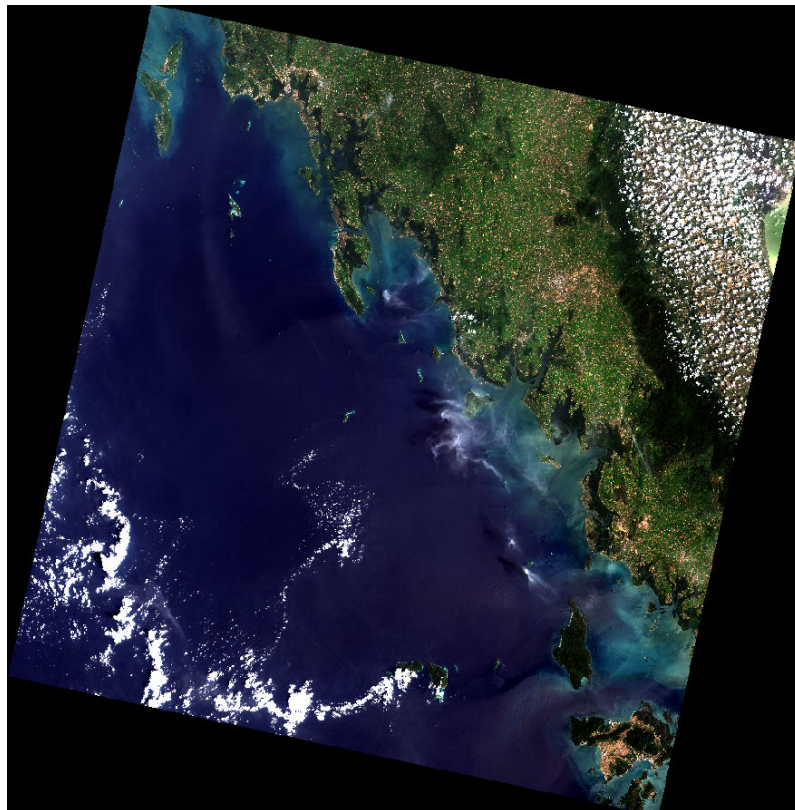
ตารางที่ 3.1 จำนวนจุดตัวอย่างและจุดทดสอบ

ประเภท	เกาะกระดาน			เกาะไหง		
	จุด ตัวอย่าง	จุด ทดสอบ	ผลรวม	จุด ตัวอย่าง	จุด ทดสอบ	ผลรวม
ปะการังเป็น	11	8	19	7	5	12
ปะการังตาย	7	4	11	13	9	22
ทราย	10	7	17	5	4	9
น้ำทะเล	6	4	10	6	4	10
ผลรวม	34	23	57	31	22	53

3.4.2 การประมวลผลข้อมูลภาพเบื้องต้น (Preprocessing)

3.4.2.1 การเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ทำการดาวน์โหลดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ระดับ Level 1TP ซึ่งการปรับแก้ข้อมูลโดยใช้แบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) และหมุดหลักฐานภาคพื้นดิน (GCP) ในระบบพิกัดฉาก UTM บนพื้นหลักฐาน มีค่าความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่ง (RMSE) 3 - 6 เมตร แนวโคจร (Path) 129 และแถว (Row) 55 จากเว็บไซต์ <http://earthexplorer.usgs.gov> บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 17 มีนาคม ปี พ.ศ. 2561 และมีเมฆปกคลุมไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 3.8) เนื่องจากเป็นภาพที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาทำการสำรวจภาคสนาม (The United States Geological Survey: USGS, 2013) ประกอบด้วยช่วงคลื่นทั้งสิ้น 11 แบนด์ มีรายละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ในช่วงคลื่นตามมองเห็น (Visible) อินฟราเรดใกล้ (Near Infrared: NIR) และอินฟราเรดคลื่นสั้น (Short Wave Infrared: SWIR) ช่วงคลื่นความร้อน (TIR) มีรายละเอียดจุดภาพ 100 เมตร ในขณะที่ช่วงคลื่นขาวดำ (Panchromatic) มีรายละเอียดจุดภาพ 15 เมตร (ตารางที่ 3.2)



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ครอบคลุมพื้นที่เกาะกระดานและเกาะไหง

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดเชิงคลื่นของดาวเทียม Landsat 8 OLI (The U.S. Geological Survey, 2013)

แบนด์	ช่วงคลื่น	ขนาดช่วงคลื่น (ไมโครเมตร)	ความละเอียดภาพ (เมตร)
1	Coastal Aerosol	0.43 – 0.45	30
2	สีน้ำเงิน (Blue)	0.45 – 0.51	30
3	สีเขียว (Green)	0.53 – 0.59	30
4	สีแดง (Red)	0.64 – 0.67	30
5	อินฟราเรดใกล้ (Near Interred NIR)	0.85 – 0.88	30
6	อินฟราเรดคลื่นสั้น 1 (SWIR 1)	1.57 – 1.65	30
7	อินฟราเรดคลื่นสั้น 2 (SWIR 2)	2.11 – 2.35	30
8	ระบบขาว - ดำ (Panchromatic)	0.50 – 0.68	15
9	เมฆชั้นสูง (Cirrus)	1.36 – 1.38	30
10	อินฟราเรดความร้อน 1 (Thermal Infrared - TIRS 1)	10.60 – 11.19	100
11	อินฟราเรดความร้อน 2 (Thermal Infrared - TIRS 2)	11.50 – 12.51	100

เนื่องจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ประกอบด้วยภาพถ่ายหลายแบนด์ (Band) แยกกันอยู่ ซึ่งแต่ละแบนด์จะบันทึกข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่น ดังนั้นก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องมีการรวมชั้นข้อมูล (Layers Stacking) เพื่อเตรียมในการวิเคราะห์ขั้นถัดไป โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกการผสมแบนด์เป็นแบนด์ที่ 1 ช่วงคลื่น Coastal Aerosol แบนด์ที่ 2 ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน แบนด์ที่ 3 ช่วงคลื่นสีเขียว และแบนด์ที่ 4 ช่วงคลื่นสีแดง ซึ่งมีความสามารถทะลุผ่านน้ำได้ดี (รูปที่ 3.9) โดยคุณสมบัติเด่นของช่วงคลื่นในแต่ละแบนด์มีดังนี้

- 1) แบนด์ 1 เป็นแบนด์ที่อยู่ในช่วง Coastal Aerosol มีค่าการสะท้อนแสงตั้งแต่ 430 – 450 นาโนเมตร มีความสามารถในการทะลุชั้นผิวน้ำได้
- 2) แบนด์ 2 เป็นแบนด์ที่อยู่ในช่วงสีน้ำเงิน มีค่าการสะท้อนแสงตั้งแต่ 450 – 510 นาโนเมตร สามารถทะลุผ่านน้ำได้ดีที่สุด ดีโดยเฉพาะบริเวณที่น้ำขุ่นน้อย

3) แบนด์ 3 เป็นแบนด์ที่อยู่ในช่วงคลื่นสีเขียว มีค่าสะท้อนตั้งแต่ 530 – 590 นาโนเมตร สามารถทะลุผ่านน้ำได้พอควร ใช้ตรวจสอบสิ่งที่อยู่ใต้น้ำได้

4) แบนด์ 4 เป็นแบนด์ที่อยู่ในช่วงคลื่นแสงสีแดง มีค่าสะท้อนตั้งแต่ 640 – 670 นาโนเมตร สามารถทะลุผ่านน้ำได้น้อย และช่วงคลื่นแสงสีแดงจะถูกดูดกลืนในน้ำ



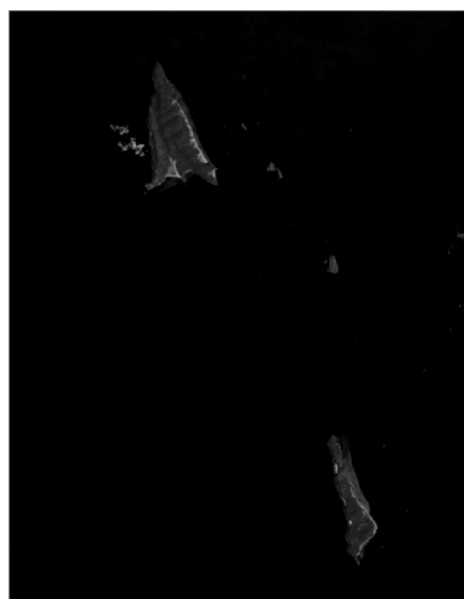
แบนด์ 1 ช่วงคลื่น Coastal Aerosol



แบนด์ 2 ช่วงคลื่นช่วงสีน้ำเงิน



แบนด์ 3 ช่วงคลื่นสีเขียว



แบนด์ 4 ช่วงคลื่นสีแดง

รูปที่ 3.9 ช่วงคลื่นของภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI บริเวณเกาะกระดานและเกาะไห

3.4.2.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric Correction)

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี เป็นการปรับแก้ค่าข้อมูลเชิงเลข (Digital Number: DN) ที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าที่วัดดูแผ่รังสีหรือค่าการสะท้อนกลับของวัตถุบนพื้นผิวโลกไปสู่เครื่องบันทึกข้อมูลจากสภาพแวดล้อมที่อยู่รอบข้างในขณะที่ทำการบันทึกข้อมูล ได้แก่ มุมอาซิมุทที่แสงอาทิตย์ตกกระทบ (Sun's Azimuth) ความยาวของระยะทางตามระดับความสูง สภาพอากาศ และการตอบสนองต่อเครื่องวัดค่าการสะท้อนหรือค่าตกกระทบที่แท้จริง (ชัตติยานี ศรีเนลัม และคณะ, 2561) มีขั้นตอนการคำนวณได้ดังนี้

1) การแปลงค่าข้อมูลเชิงเลข (Digital Number: DN) เป็นค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (Top of Atmospheric Reflectance) ที่ยังไม่มีการถูกปรับแก้ด้วยค่ามุมของดวงอาทิตย์ (สมการที่ 3.1) (USGS, 2015)

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (\text{สมการที่ 3.1})$$

โดยที่

$\rho\lambda'$	คือ	ค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (TOA Planetary Reflectance) ที่ยังไม่มีการถูกปรับแก้ด้วยมุมของดวงอาทิตย์
M_p	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อคูณเข้าสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้น ได้จากข้อมูล Metadata (REFLECTANCE_MULT_BAND_X โดยที่ X คือ แบนด์ที่ X)
A_p	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์เพื่อบวกเพิ่มสำหรับการแปลงค่าเฉพาะแบนด์นั้น ได้จากข้อมูล Metadata (REFLECTANCE_ADD_BAND_X โดยที่ X คือ แบนด์ที่ X)
Q_{cal}	คือ	ค่าข้อมูลเชิงเลข (DN)

2) การแปลงค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (Top of Atmospheric Reflectance) ด้วยค่ามุมของดวงอาทิตย์ (สมการที่ 3.2) (USGS, 2015)

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (\text{สมการที่ 3.2})$$

โดยที่

- $\rho\lambda$ คือ ค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (TOA Planetary Reflectance) ที่มีการปรับแก้ด้วยมุมของดวงอาทิตย์
- $\rho\lambda'$ คือ ค่าการสะท้อนเหนือชั้นบรรยากาศ (TOA Planetary Reflectance) ที่ยังไม่มีการถูกปรับแก้ด้วยมุมของดวงอาทิตย์
- θ_{SE} คือ ค่ามุมที่ดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก จากข้อมูล Metadata (SUN_ELEVATION)
- θ_{SZ} คือ มุมเซนิต (Zenith Angle) เท่ากับ $90^\circ - \theta_{SE}$

3.4.2.3 การปรับแก้ความถูกต้องเชิงบรรยากาศ (Atmospheric Correction)

การปรับแก้ความถูกต้องเชิงบรรยากาศเป็นลดหรือขจัดค่าการสะท้อนพลังงานจากเส้นทางอื่น ๆ (Parth Radiance) ในชั้นบรรยากาศให้เหลือน้อยที่สุด โดยอาศัยวิธีการ The Fast Line of Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ดังสมการที่ 3.3

$$L = \left(\frac{A\rho}{1-\rho_e S} \right) + \left(\frac{B\rho_e}{1-\rho_e S} \right) + L_a \quad (\text{สมการที่ 3.3})$$

โดยที่

- ρ คือ ค่าการสะท้อนของจุดภาพ
- ρ_e คือ ค่าการสะท้อนเฉลี่ยของจุดภาพและพื้นที่รอบข้าง
- S คือ ค่าการสะท้อนของพื้นผิวโลก (Spherical Albedo) ในบรรยากาศ
- L_a คือ ค่าการกระเจิงโดยชั้นบรรยากาศ (Radiance Back Scattered)
- A, B คือ ค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับชั้นบรรยากาศและสภาวะเชิงเรขาคณิต (Geometric Conditions)

3.4.2.4 การแบ่งแยกข้อมูลที่เป็นส่วนที่เป็นพื้นดินและพื้นน้ำ

นำภาพที่ได้มาทำการแบ่งแยกข้อมูลที่เป็นส่วนที่เป็นพื้นดินและพื้นน้ำ โดยใช้วิธีกันขอบเขตภาพ (Image Masking) โดยการนำข้อมูลดาวเทียมช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ซึ่งจะทำให้เกิดการแบ่งแยกพื้นดินและพื้นน้ำได้ชัดเจน ทำการกันขอบเขตของพื้นแผ่นดินและตัดข้อมูลส่วนดังกล่าวออก เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเฉพาะข้อมูลบริเวณพื้นน้ำเท่านั้น

3.4.2.5 การตัดข้อมูลภาพ (Image Subset)

ทำการตัดภาพถ่ายดาวเทียม (Image Subset) ให้ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเกาะกระดานและเกาะไหง

3.4.3 การจำแนกแนวปะการัง (Coral Reef Classification)

นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการประมวลผลข้อมูลภาพเบื้องต้น (Pre Processing) มาทำการจำแนกแนวปะการังโดยใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ซึ่งเป็นการจำแนกข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (Training Area) ที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม เพื่อใช้เป็นตัวแทนของแนวปะการังแต่ละประเภท คอมพิวเตอร์จะทำการวิเคราะห์ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างเพื่อนำมาใช้ในการจัดกลุ่มข้อมูลสำหรับการจำแนกข้อมูลที่ปรากฏอยู่ในภาพทั้งหมด (ชนิดดา รัตนา, 2562) ทำการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลภาพ 3 วิธี ได้แก่ การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification) การจำแนกแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification) และ การจำแนกแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification) โดยกำหนดประเภทแนวปะการัง ออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ปะการังมีชีวิต (Live Coral) ปะการังไม่มีชีวิต (Dead Coral) ทราย (Sand) และน้ำทะเล (Sea)

3.4.4 การประมวลผลภายหลังการจำแนก (Post Processing)

นำผลที่ได้จากขั้นตอนการจำแนกแนวปะการังมาทำการกรองเชิงพื้นที่ (Spatial Filtering) เพื่อปรับค่าจุดภาพประเภทแนวปะการังตามค่าของจุดภาพที่อยู่โดยรอบ (Surrounding Pixels) ด้วยวิธีการกรองข้อมูลแบบ Majority Filtering โดยใช้หน้าต่างกรอง (Kernel) ขนาด 3×3 โดยเลื่อนหน้าต่างให้ตารางที่อยู่ศูนย์กลางวิ่งผ่านทีละจุดภาพ (Pixel) แล้วแทนค่าจุดภาพนั้น ๆ ด้วยค่าส่วนใหญ่ (Majority) ของจุดภาพข้างเคียงภายในหน้าต่างกรอง

3.4.5 การประเมินความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง (Classification Accuracy Assessment)

ตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง (Classification Data) ที่ได้จากเทคนิคการจำแนกข้อมูลภาพทั้ง 3 วิธี ประกอบด้วย การจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็น

สูงสุด การจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างต่ำสุด และการจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (Reference Data) โดยใช้ตารางเมตริกซ์ความผิดพลาด (Error Matrix) หรือ Confusion Matrix ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้กับข้อมูลอ้างอิงจากจุดทดสอบแบบประเภทต่อประเภท ในตารางจะมีการแจกแจงประเภทของข้อมูลจัดลงในตารางทั้งแนวนอนและแนวตั้งและให้ลำดับของข้อมูลเหมือนกันทั้งสองแนว แถมนั้นแต่ละแถวจะถือว่าเป็นข้อมูลอ้างอิง และแถวนอนจะเป็นข้อมูลที่ได้จากการจำแนกหรือข้อมูลที่ต้องการตรวจสอบความถูกต้อง (รูปที่ 3.10)

		Commission Errors →				
		Reference Data (Ex. Class form field)				
		Class 1	Class 2	Class k	Sum	
← Omission Errors	Classified Data	Class 1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
		Class 2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
		·	·	·	·	·
		·	·	·	·	·
		·	·	·	·	·
Class k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}		
Sum	n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n		

รูปที่ 3.10 ตารางเมตริกซ์ความผิดพลาด (Error Matrix) ของการจำแนกข้อมูล (กาญจนาเชจร ชูชีพ, 2561)

ตัวเลขที่ได้จากตารางเมตริกซ์ความผิดพลาด ใช้สำหรับบ่งบอกถึงผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (กาญจนาเชจร ชูชีพ, 2561) โดยมีสมการคำนวณดังนี้

3.4.5.1 ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกข้อมูลทั้งหมดว่ามีความสอดคล้องตรงกันระหว่างจุดตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิง โดยไม่คำนึงถึงลักษณะของความผิดพลาด คำนวณได้จากผลรวมของจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องหารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดและคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (สมการที่ 3.4)

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \times 100 \quad (\text{สมการที่ 3.4})$$

3.4.5.2 ความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy หรือ Omission Error)

เป็นค่าที่สะท้อนให้เห็นประสิทธิภาพของการจำแนกชั้นข้อมูลของตัวจำแนก (Classifier) ว่ามีความสามารถในการจัดชั้นข้อมูลได้ดีมากน้อยเพียงใดเมื่อพิจารณาความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำให้การจำแนกขาดหายไป (Omission Error) หรือจากข้อมูลอ้างอิงที่ใช้ตรวจสอบ มีการจำแนกข้อมูลถูกต้องเท่าไร (กาญจน์เชจร ชูชีพ, 2561) คำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดในแนวตั้งของชั้นข้อมูลหนึ่ง ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น ซึ่งได้จากการสำรวจจากพื้นที่จริง และคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (สมการที่ 3.5)

$$\text{Producer's Accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{+j}} \times 100 \quad (\text{สมการที่ 3.5})$$

3.4.5.3 ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy หรือ Commission Error)

สามารถสะท้อนให้เห็นประสิทธิผลของการจำแนก แสดงถึงความน่าเชื่อถือในการนำข้อมูลไปใช้ และเป็นการวัดว่าผลการจำแนกชั้นข้อมูลมีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยเป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการจำแนกข้อมูลประเภทนั้นเกินมา (Commission Errors) (กาญจน์เชจร ชูชีพ, 2561) คำนวณได้จากจำนวนจุดภาพที่จำแนกได้ถูกต้องทั้งหมดในแนวแถวของชั้นข้อมูลชนิดหนึ่ง ๆ หารด้วยจำนวนจุดภาพทั้งหมดของชั้นข้อมูลนั้น และคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ (สมการที่ 3.6)

$$\text{User's Accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \times 100 \quad (\text{สมการที่ 3.6})$$

3.4.5.4 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)

เป็นการแสดงความถูกต้องโดยรวม โดยมีการพิจารณาลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในตารางความผิดพลาดด้วย เป็นการประเมินความถูกต้องของการจำแนกที่พิจารณาทั้งความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลภาพที่ถูกจำแนกกับข้อมูลอ้างอิงที่อาจเกิดขึ้นจากความบังเอิญ (Chance Agreement) และที่เป็นไปตามจริง (Actual Agreement) (กาญจน์เชจร ชูชีพ, 2561) เพื่อแสดงควบคู่ไปกับค่าความถูกต้องโดยรวม โดยหากค่าทั้งสองมีค่าที่ใกล้เคียงกันไปในทิศทางสูงก็ถือว่าผลการจำแนกข้อมูลนั้นดี (สมการที่ 3.7)

$$\hat{K} = \frac{n \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \cdot n_{+i})}{n^2 - \sum_{i=1}^k (n_{i+} \cdot n_{+i})} \quad (\text{สมการที่ 3.7})$$

3.4.5.5 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละประเภท (Conditional Kappa Coefficient)

เป็นการประเมินค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาของแนวปะการังแต่ละประเภท

$$\hat{K}_C = \frac{n(n_{ii}) - (n_{i+} \times n_{+i})}{n(n_{i+}) - (n_{i+} \times n_{+i})} \quad (\text{สมการที่ 3.8})$$

โดยที่

- K คือ จำนวนแถวและสดมภ์ในตารางความคลาดเคลื่อน
- \hat{K} คือ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา
- \hat{K}_C คือ ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาในแต่ละประเภท
- n_{ii} คือ จำนวนจุดที่ตรงกันระหว่างแถว i และสดมภ์ i
- n_{i+} คือ จำนวนจุดทั้งหมดในแถว i
- n_{+i} คือ จำนวนจุดทั้งหมดในสดมภ์ i
- n คือ จำนวนจุดทั้งหมดจากการสุ่มตัวอย่าง

ระดับความสอดคล้องของค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ถ้าค่าสัมประสิทธิ์แคปปามีค่ามากกว่า 0.80 แสดงว่าผลการจำแนกมีความถูกต้องน่าเชื่อถือสูง ค่าสัมประสิทธิ์แคปปามีค่าระหว่าง 0.40 - 0.80 แสดงว่าผลการจำแนกมีความถูกต้องน่าเชื่อถือปานกลาง และค่าสัมประสิทธิ์แคปปามีค่าน้อยกว่า 0.40 แสดงว่าผลการจำแนกมีความถูกต้องน่าเชื่อถือต่ำ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ระดับจำแนกระดับความถูกต้องของค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Jensen, 2005)

ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา	ระดับความน่าเชื่อถือ/ความถูกต้อง
มากกว่า 0.80	มีความถูกต้องของการจำแนกสูง
ระหว่าง 0.40 - 0.80	มีความถูกต้องของการจำแนกปานกลาง
น้อยกว่า 0.40	มีความถูกต้องของการจำแนกต่ำ

3.4.6 การเปรียบเทียบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง

การเปรียบเทียบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเพื่อหาเทคนิคการจำแนกที่มีความถูกต้องมากที่สุด โดยนำผลการจำแนกแนวปะการังที่ได้จากเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบความน่าจะเป็นสูงสุด การจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างต่ำสุด และการจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส มาทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของการจำแนกด้วยค่าความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละประเภท (Conditional Kappa Coefficient)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการศึกษาวិธีการจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะไหง จังหวัดกระบี่ จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC) และการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC) เพื่อหาวิธีการจำแนกข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกแนวปะการัง โดยแบ่งผลการศึกษออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) ผลการจำแนกแนวปะการัง และ 2) ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก

4.1 ผลการจำแนกข้อมูลแนวปะการัง

การจำแนกแนวปะการังเกาะกระดานและเกาะไหง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล 3 วิธี ได้แก่ วิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC) และ การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC) โดยจำแนกข้อมูลออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ปะการังไม่มีชีวิต ปะการังมีชีวิต ทราย และน้ำทะเล ผลการจำแนกแนวปะการังมีดังนี้

4.1.1 ผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน

4.1.1.1 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC)

การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC) ผลการจำแนกสามารถจำแนกประเภทแนวปะการังได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิต (สีเขียว) ปะการังไม่มีชีวิต (สีแดง) ทราาย (สีครีม) และน้ำทะเล (สีฟ้า) มีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 0.61 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังส่วนใหญ่พบทางด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือของเกาะ ซึ่งก่อดำอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งและใกล้เกาะ โดยปะการังมีชีวิตมีพื้นที่ 0.16 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ และบริเวณทิศเหนือของเกาะปะปนอยู่กับปะการังปะการังไม่มีชีวิต ในขณะที่ปะการังไม่มีชีวิตมีพื้นที่ 0.45 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่ และกระจายอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของเกาะ (รูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1)

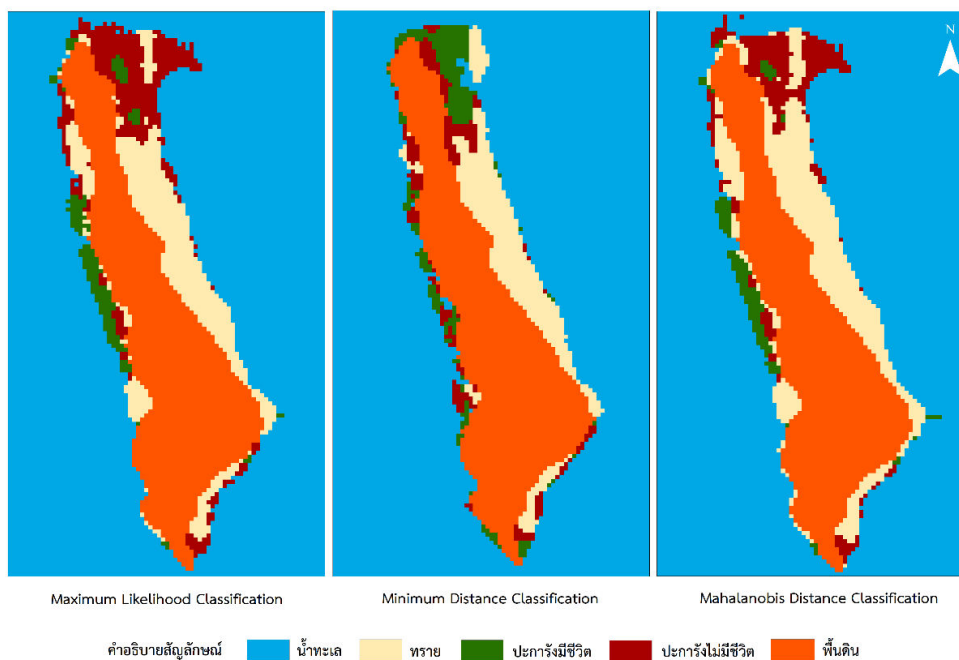
4.1.1.2 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (MDC)

วิธีการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (MDC) พบว่า ผลการจำแนกสามารถจำแนกประเภทแนวปะการังได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิต (สีเขียว) ปะการังไม่มีชีวิต (สีแดง) ทราาย (สีครีม) และน้ำทะเล (สีฟ้า) มีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 0.48 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังส่วนใหญ่พบทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันตกของเกาะ ซึ่งก่อดำอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งและใกล้เกาะ โดยปะการังมีชีวิตมีพื้นที่ 0.26 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่ และบริเวณทิศตะวันตกของเกาะปะปนอยู่กับปะการังไม่มีชีวิต ในขณะที่ปะการังไม่มีชีวิตมีพื้นที่ 0.22 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันตก และกระจายอยู่ใกล้ชายฝั่งทางด้านทิศใต้ของเกาะ (รูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1)

4.1.1.3 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (MHC)

วิธีการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (MHC) พบว่า ผลการจำแนกสามารถจำแนกประเภทแนวปะการังได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิต (สีเขียว) ปะการังไม่มีชีวิต (สีแดง) ทราาย (สีครีม) และน้ำทะเล (สีฟ้า) มีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 0.48 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังส่วนใหญ่พบทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันตกของเกาะ ซึ่งก่อดำอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งและใกล้เกาะ โดยปะการังมีชีวิตมีพื้นที่ 0.13 ตาราง

กิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ และบริเวณทิศเหนือของเกาะปะปนอยู่กับปะการังไม่มีชีวิต ในขณะที่ปะการังไม่มีชีวิตมีพื้นที่ 0.35 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศเหนือเป็นส่วนใหญ่ และกระจายอยู่ใกล้ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของเกาะ (รูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1)



รูปที่ 4.1 ผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน

ตารางที่ 4.1 เนื้อที่และร้อยละของแนวปะการัง เกาะกระดาน

ประเภทแนวปะการัง	MLC		MDC		MHC	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
ปะการังมีชีวิต	0.16	1.45	0.26	2.34	0.13	1.19
ปะการังไม่มีชีวิต	0.45	4.17	0.22	2.04	0.35	3.21
ทราย	0.71	6.47	0.56	5.12	0.86	7.89
น้ำทะเล	9.58	87.91	9.86	90.50	9.56	87.71
รวม	10.90	100	10.90	100	10.90	100

หมายเหตุ: MLC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด MDC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด และ MHC การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส

4.1.2 ผลการจำแนกข้อมูลแนวปะการัง เกาะไทง

4.1.2.1 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC)

การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC) ผลการจำแนกสามารถจำแนกประเภทแนวปะการังได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิต (สีเขียว) ปะการังไม่มีชีวิต (สีแดง) ทราาย (สีครีม) และน้ำทะเล (สีฟ้า) มีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 0.96 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังส่วนใหญ่พบทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของเกาะ ซึ่งก่อดำอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งและใกล้เกาะ โดยปะการังมีชีวิตมีพื้นที่ 0.36 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ปะปนอยู่กับปะการังไม่มีชีวิต และกระจายอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออกของเกาะ ในขณะที่ปะการังไม่มีชีวิตมีพื้นที่ 0.60 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2)

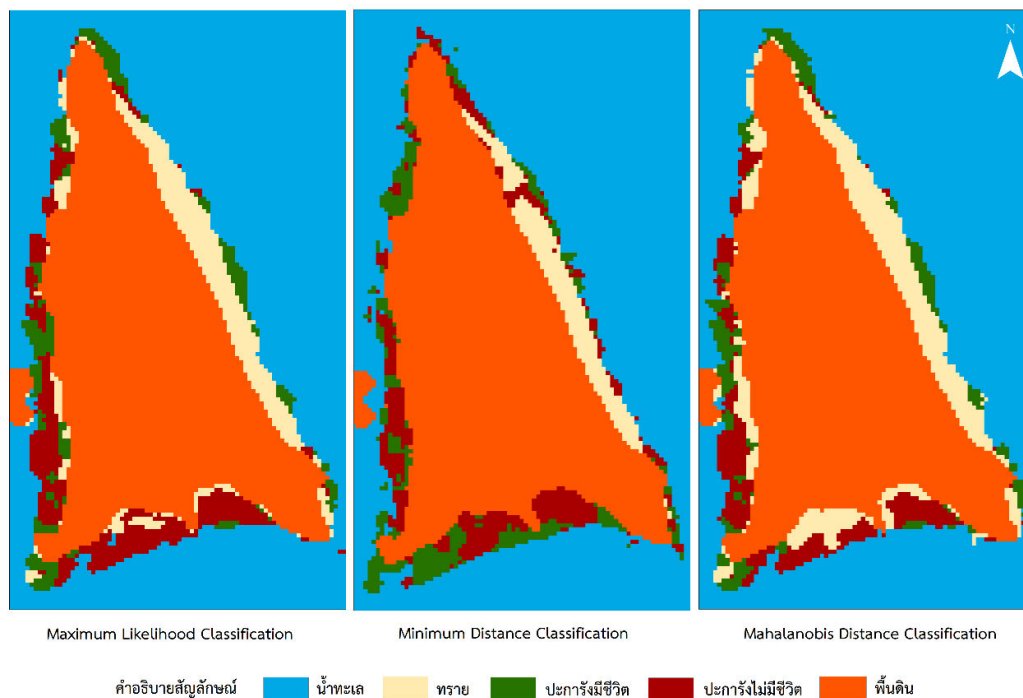
4.1.2.2 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (MDC)

วิธีการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (MDC) พบว่า ผลการจำแนกสามารถจำแนกประเภทแนวปะการังได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิต (สีเขียว) ปะการังไม่มีชีวิต (สีแดง) ทราาย (สีครีม) และน้ำทะเล (สีฟ้า) มีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 1.04 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังส่วนใหญ่พบทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของเกาะ ซึ่งก่อดำอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งและใกล้เกาะ โดยปะการังมีชีวิตมีพื้นที่ 0.47 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศใต้ของเกาะเป็นส่วนใหญ่ และบริเวณทิศตะวันตกและทิศตะวันออกของเกาะปะปนอยู่กับปะการังไม่มีชีวิต ในขณะที่ปะการังไม่มีชีวิตมีพื้นที่ 0.57 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ และกระจายอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออกปะปนอยู่กับปะการังมีชีวิต (รูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2)

4.1.2.3 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (MHC)

วิธีการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (MHC) พบว่า ผลการจำแนกสามารถจำแนกประเภทแนวปะการังได้ 4 ประเภท ประกอบด้วย ปะการังมีชีวิต (สีเขียว) ปะการังไม่มีชีวิต (สีแดง) ทราาย (สีครีม) และน้ำทะเล (สีฟ้า) มีพื้นที่แนวปะการังประมาณ 0.82 ตารางกิโลเมตร แนวปะการังส่วนใหญ่พบทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ของเกาะ ซึ่งก่อดำอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งและใกล้เกาะ โดยปะการังมีชีวิตมีพื้นที่ 0.35 ตาราง

กิโลเมตร พบบริเวณใกล้เกาะทางด้านทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ปะปนอยู่กับปะการังไม่มีชีวิต และกระจายอยู่บริเวณใกล้ชายฝั่งทางด้านทิศตะวันออกของเกาะ ในขณะที่ปะการังไม่มีชีวิตมีพื้นที่ 0.47 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณทางด้านทิศตะวันตกและทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 4.2 และตารางที่ 4.2)



รูปที่ 4.2 การจำแนกแนวปะการัง เกาะพัง

ตารางที่ 4.2 เนื้อที่และร้อยละของแนวปะการัง เกาะพัง

ประเภทแนวปะการัง	MLC		MDC		MHC	
	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ	พื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละ
ปะการังมีชีวิต	0.36	4.10	0.47	5.30	0.35	3.95
ปะการังไม่มีชีวิต	0.60	6.83	0.57	6.45	0.47	5.37
ทRAY	0.64	7.29	0.37	4.24	0.85	9.72
น้ำทะเล	7.18	81.78	7.37	84.01	7.11	80.96
รวม	8.78	100	8.78	100	8.78	100

หมายเหตุ: MLC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด MDC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด และ MHC การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส

4.2 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC) และ การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC) ผลการศึกษามีดังนี้

4.2.1 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน

การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน โดยใช้ตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) โดยใช้ข้อมูลทดสอบ (Testing) จำนวน 23 ตัวอย่าง พบว่า

4.2.1.1 การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC)

การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Over Accuracy) ร้อยละ 65.22 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.55 ให้ผลการจำแนกความถูกต้องโดยรวมและความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการจำแนกแยกตามความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) พบว่า การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธี MLC มีความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในระดับสูงสำหรับพื้นที่น้ำทะเลและปะการังไม่มีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 100.00 พื้นที่ทรายมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 71.43 มีความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนปะการังมีชีวิตมีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 25.00 เนื่องจากการจำแนกผิดไปเป็นปะการังไม่มีชีวิต 4 จุดตัวอย่างและทราย 2 จุดตัวอย่าง จาก 8 ตัวอย่าง ในส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์สูงคือปะการังมีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 100.00 ในขณะที่พื้นที่น้ำทะเล ทราย และปะการังไม่มีชีวิต มีความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 66.67 71.43 และ 50.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด

ประเภทแนวปะการัง	ข้อมูลภาคสนาม				ผลรวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสำหรับแต่ละประเภท
	ปะการังมีชีวิต	ปะการังไม่มีชีวิต	ทราย	น้ำทะเล			
ปะการังมีชีวิต	2	0	0	0	2	100.00	1.00
ปะการังไม่มีชีวิต	4	4	0	0	8	50.00	0.39
ทราย	2	0	5	0	7	71.43	0.58
น้ำทะเล	0	0	2	4	6	66.67	0.59
ผลรวม	8	4	7	4	23		
ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	25.00	100.00	71.43	100.00			
ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)			65.22				
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)			0.55				

4.2.1.2 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC)

การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Over Accuracy) ร้อยละ 52.17 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.38 ให้ผลการจำแนกความถูกต้องโดยรวมและความสอดคล้องอยู่ในระดับต่ำ

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการจำแนกแยกตามความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) พบว่า การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธี MDC มีความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในระดับสูงสำหรับพื้นที่น้ำทะเล มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 100.00 พื้นที่ปะการังไม่มีชีวิตและทรายมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 75.00 และ 42.86 มีความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนปะการังมีชีวิตมีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 25.00 เนื่องจากการจำแนกผิดไปเป็นทราย 3 จุดตัวอย่าง ปะการังไม่มีชีวิต 2 จุดตัวอย่าง และน้ำทะเล 1 จุดตัวอย่าง จาก 8 ตัวอย่าง ในส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์ปานกลางคือปะการังมีชีวิต มีค่า

ความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 66.67 ส่วนปะการังไม่มีชีวิต ทราย และน้ำทะเล มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 50.00 (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด

ประเภทแนวปะการัง	ข้อมูลภาคสนาม				ผลรวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา สำหรับแต่ละประเภท
	ปะการังมีชีวิต	ปะการังไม่มีชีวิต	ทราย	น้ำทะเล			
ปะการังมีชีวิต	2	1	0	0	3	66.67	0.48
ปะการังไม่มีชีวิต	2	3	1	0	6	50.00	0.39
ทราย	3	0	3	0	6	50.00	0.28
น้ำทะเล	1	0	3	4	8	50.00	0.39
ผลรวม	8	4	7	4	23		
ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	25.00	75.00	42.86	100.00			
ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)					52.17		
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)					0.38		

4.2.1.3 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC)

การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ร้อยละ 65.22 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.55 ให้ผลการจำแนกความถูกต้องโดยรวมและความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการจำแนกแยกตามความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) พบว่า การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธี MHC มีความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในระดับสูงสำหรับพื้นที่น้ำทะเลและปะการังไม่มีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 100.00 พื้นที่ทรายมีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 71.43 มีความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนปะการังมีชีวิตมีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ มีค่าความ

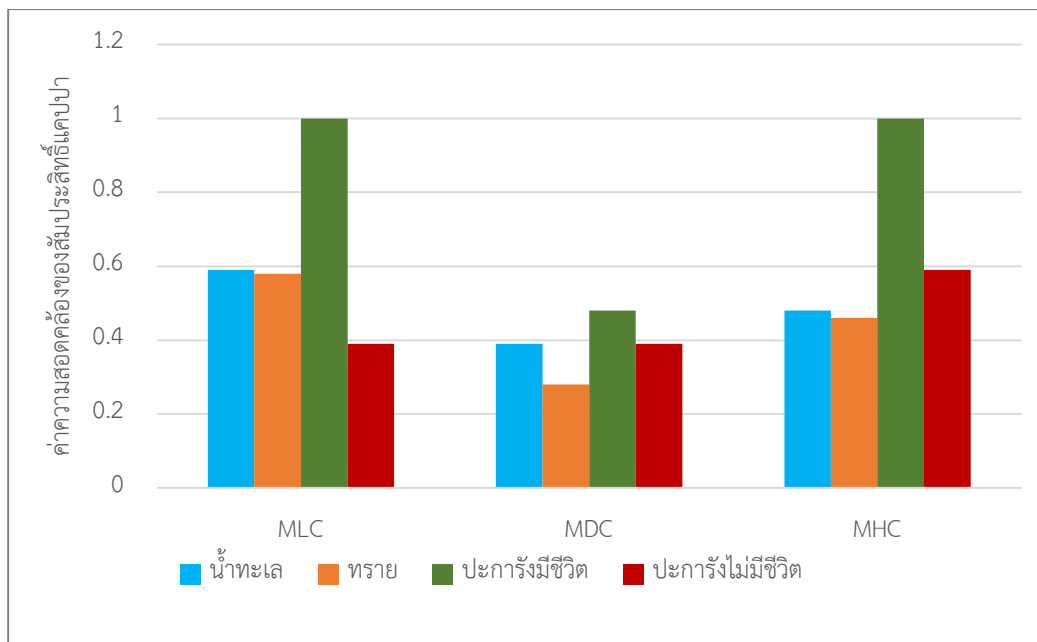
ถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 25.00 เนื่องจากมีการจำแนกผิดไปเป็นทราย 3 จุดตัวอย่าง ปะการังไม่มีชีวิต 2 จุดตัวอย่าง และน้ำทะเล 1 จุดตัวอย่าง จาก 8 ตัวอย่าง ในส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์สูงคือปะการังมีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 100.00 ในขณะที่พื้นที่น้ำทะเล ทราย และปะการังไม่มีชีวิต มีความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 66.67 62.50 และ 57.14 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะกระดาน ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอนบิส

ประเภทแนวปะการัง	ข้อมูลภาคสนาม				ผลรวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสำหรับแต่ละประเภท
	ปะการังมีชีวิต	ปะการังไม่มีชีวิต	ทราย	น้ำทะเล			
ปะการังมีชีวิต	2	0	0	0	2	100.00	1.00
ปะการังไม่มีชีวิต	2	4	0	0	6	66.67	0.59
ทราย	3	0	5	0	8	62.50	0.46
น้ำทะเล	1	0	2	4	7	57.14	0.48
ผลรวม	8	4	7	4	23		
ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	25.00	100.00	71.43	100.00			
ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)			65.22				
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)			0.55				

เมื่อพิจารณาค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละประเภทแนวปะการัง (Conditional Khat Coefficient of Agreement) ที่ได้จากการจำแนกทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธีการจำแนกข้อมูลแบบ MLC และ MHC สามารถจำแนกปะการังมีชีวิตได้ดีที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 1.00 ความถูกต้องอยู่ในระดับสูง รองลงมาคือวิธี MDC ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.48 ความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่การจำแนกปะการังไม่มีชีวิต วิธีการจำแนกที่ให้ความถูกต้องมากที่สุดคือวิธีการจำแนกข้อมูลแบบ MHC มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.59 ความ

ถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือวิธี MLC และ MDC ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.39 ความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาในแต่ละประเภทแนวปะการัง เกาะกระดาน

หมายเหตุ: MLC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด MDC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด และ MHC การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส

4.2.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะไข

4.2.2.1 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC)

การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะไข ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Over Accuracy) ร้อยละ 72.73 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.64 ให้ผลการจำแนกความถูกต้องโดยรวมและความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการจำแนกแยกตามความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) พบว่า การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธี MLC มีความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในระดับสูงสำหรับพื้นที่น้ำทะเลและปะการังมีชีวิต

มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 100.00 พื้นที่ปะการังไม่มีชีวิตและทราย มีความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 55.56 และ 50.00 ตามลำดับ ในส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์สูงคือปะการังไม่มีชีวิตและปะการังมีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 100.00 และ 83.33 ตามลำดับ ในขณะที่พื้นที่น้ำทะเลและทราย มีความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 57.14 และ 50.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะไหง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด

ประเภทแนวปะการัง	ข้อมูลภาคสนาม				ผลรวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสำหรับแต่ละประเภท
	ปะการังมีชีวิต	ปะการังไม่มีชีวิต	ทราย	น้ำทะเล			
ปะการังมีชีวิต	5	0	1	0	6	83.33	0.78
ปะการังไม่มีชีวิต	0	5	0	0	5	100.00	1.00
ทราย	0	2	2	0	4	50.00	0.38
น้ำทะเล	0	2	1	4	7	57.14	0.47
ผลรวม	5	9	4	4	22		
ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	100.00	55.56	50.00	100.00			
ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)			72.73				
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)			0.64				

4.2.2.2 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification)

การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะไหง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Over Accuracy) ร้อยละ 63.64 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.51 ให้ผลการจำแนกความถูกต้องโดยรวมและความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการจำแนกแยกตามความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) พบว่า การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธี MDC มีความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในระดับสูงสำหรับพื้นที่น้ำทะเล มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 100.00 พื้นที่ปะการังไม่มีชีวิตและปะการังมีชีวิต มีความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 66.67 และ 60.00 ตามลำดับ ส่วนทรายมีความถูกต้องอยู่ในระดับต่ำ มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 25.00 เนื่องจากการจำแนกผิดไปเป็นน้ำทะเล 2 จุด ตัวอย่าง และปะการังมีชีวิต 1 จุดตัวอย่าง จาก 4 ตัวอย่าง ในส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์สูงคือปะการังไม่มีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 85.71 ในขณะที่พื้นที่ปะการังมีชีวิต ทราย และน้ำทะเล มีความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 75.00 50.00 และ 44.44 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.7)

ตารางที่ 4.7 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะไหง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด

ประเภทแนวปะการัง	ข้อมูลภาคสนาม				ผลรวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสำหรับแต่ละประเภท
	ปะการังมีชีวิต	ปะการังไม่มีชีวิต	ทราย	น้ำทะเล			
ปะการังมีชีวิต	3	0	1	0	4	75.00	0.67
ปะการังไม่มีชีวิต	1	6	0	0	7	85.71	0.75
ทราย	0	1	1	0	2	50.00	0.38
น้ำทะเล	1	2	2	4	9	44.44	0.32
ผลรวม	5	9	4	4	22		
ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	60.00	66.67	25.00	100.00			
ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)	63.64						
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)	0.51						

4.2.2.3 วิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC)

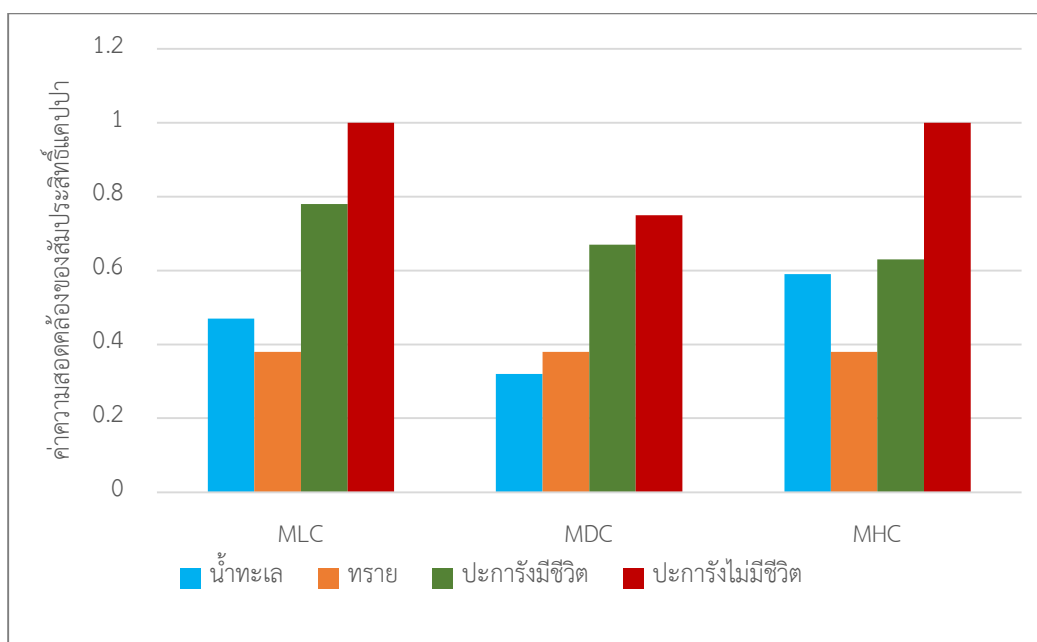
การตรวจสอบความถูกต้องผลการจำแนกแนวปะการังเกาะไหง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Over Accuracy) ร้อยละ 72.73 และค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient) เท่ากับ 0.64 ให้ผลการจำแนกความถูกต้องโดยรวมและความสอดคล้องอยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาความแม่นยำของการจำแนกแยกตามความถูกต้องของผู้ผลิต (Producer's Accuracy) และ ความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) พบว่า การจำแนกแนวปะการังด้วยวิธี MHC มีความถูกต้องของผู้ผลิตอยู่ในระดับสูงสำหรับพื้นที่น้ำทะเลและปะการังมีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 100.00 พื้นที่ปะการังไม่มีชีวิตและทราย มีความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ผลิตร้อยละ 55.56 และ 50.00 ตามลำดับ ในส่วนความถูกต้องของผู้ใช้ (User's Accuracy) แสดงให้เห็นถึงความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์สูงคือ ปะการังไม่มีชีวิต มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 100.00 ในขณะที่พื้นที่ปะการังมีชีวิต น้ำทะเล และทราย มีความน่าเชื่อถือในการจำแนกอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง มีค่าความถูกต้องของผู้ใช้ร้อยละ 71.43 66.67 และ 50.00 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.8)

ตารางที่ 4.8 การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการัง เกาะไหง ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลาโนบิส

ประเภทแนวปะการัง	ข้อมูลภาคสนาม				ผลรวม	ความถูกต้องของผู้ใช้ (ร้อยละ)	ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา สำหรับแต่ละประเภท
	ปะการังมีชีวิต	ปะการังไม่มีชีวิต	ทราย	น้ำทะเล			
ปะการังมีชีวิต	5	1	1	0	7	71.43	0.63
ปะการังไม่มีชีวิต	0	5	0	0	5	100.00	1.00
ทราย	0	2	2	0	4	50.00	0.38
น้ำทะเล	0	1	1	4	6	66.67	0.59
ผลรวม	5	9	4	4	22		
ความถูกต้องของผู้ผลิต (ร้อยละ)	100.00	55.56	50.00	100.00			
ความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)					72.73		
ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา (Kappa Coefficient)					0.64		

เมื่อพิจารณาค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละประเภทแนวปะการัง (Conditional Khat Coefficient of Agreement) ที่ได้จากการจำแนกทั้ง 3 วิธี พบว่าวิธีการจำแนกข้อมูลแบบ MLC สามารถจำแนกปะการังมีชีวิตได้ดีที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.78 ความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง รองลงมาคือวิธี MDC และ MHC ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.67 และ 0.63 ตามลำดับ ความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่การจำแนกปะการังไม่มีชีวิต วิธีการจำแนกที่ให้ความถูกต้องมากที่สุดคือวิธีการจำแนกข้อมูลแบบ MLC และ MHC มีค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 1.00 ความถูกต้องอยู่ในระดับสูง รองลงมาคือวิธี MDC ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากับ 0.75 ความถูกต้องอยู่ในระดับปานกลาง (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปปาในแต่ละประเภทแนวปะการังเกาะไหง

หมายเหตุ: MLC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด MDC = การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด และ MHC การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษากการประยุกต์ใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลในการจำแนกแนวปะการังกรณีศึกษา: เกาะกระดาน จังหวัดกระบี่ และเกาะโหลง จังหวัดตรัง มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกแนวปะการัง โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI และศึกษาเทคนิคการจำแนกข้อมูลที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกแนวปะการัง สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน จังหวัดตรัง และเกาะโหลง จังหวัดกระบี่ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat OLI ด้วยวิธีการ 1) การจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum Likelihood Classification: MLC) 2) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance Classification: MDC) และ 3) การจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (Mahalanobis Distance Classification: MHC) ทำการจำแนกแนวปะการังออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ปะการังมีชีวิต ปะการังไม่มีชีวิต ทราาย และน้ำทะเล ผลการศึกษาพบว่า การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมทั้ง 3 วิธีสามารถจำแนกองค์ประกอบ และขอบเขตของแนวปะการังได้สอดคล้องกับการศึกษาของศรีวุฒิ เจนศิริพิกุล (2545) ศึกษาเทคนิคการสำรวจจากระยะไกลเพื่อสำรวจและจำแนกแนวปะการังน้ำตื้น บริเวณเกาะกระดาน จังหวัดตรัง โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 และ มาฆมาส สุทธาชีพ (2548) ศึกษาความสามารถของเทคนิคการสำรวจระยะไกล การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของแนวปะการังในระยะยาวบริเวณเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยดาวเทียม LANDSAT 5 TM และ LANDSAT 7 ETM+ พบว่าการผสมช่วงคลื่นแบนด์ 3, 2, 1 (RGB) สามารถแสดงข้อมูลขอบเขตของแนวปะการังที่ชัดเจน

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังเกาะไหง จังหวัดกระบี่ พบว่าวิธี MLC และ วิธี MHC ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาสูงสุดเท่ากันร้อยละ 65.22 และ 0.55 ตามลำดับ ในขณะที่วิธี MDC ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาต่ำสุดร้อยละ 52.17 และ 0.38 ตามลำดับ เช่นเดียวกับการประเมินความถูกต้องของการจำแนกแนวปะการังเกาะกระดาน จังหวัดตรัง พบว่า วิธี MLC และ วิธี MHC ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาเท่ากันร้อยละ 72.73 และ 0.64 ตามลำดับ ในขณะที่วิธี MDC ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปปาต่ำสุดร้อยละ 63.64 และ 0.51 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของศรีรุศมิ เจนศิริพิกุล (2545) พบว่าการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (MHC) ให้ความถูกต้องโดยรวมสูงสุด ร้อยละ 55.15 ค่าสัมประสิทธิ์แคปปา เท่ากับ 0.43 เช่นเดียวกับ มาฆมาส สุทธาชีพ (2548) วิเคราะห์และจำแนกปะการังแบบกำกับดูแล ด้วยวิธีการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC) สามารถจำแนกองค์ประกอบของแนวปะการังได้ 4 ชนิด ได้แก่ ปะการังมีชีวิตรอบ องค์ประกอบอื่นในแนวปะการังที่ไม่ใช่ปะการังมีชีวิตรอบ พื้นทรายในแนวปะการัง และหาดทราย โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) ร้อยละ 60 - 67

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของแต่ละประเภทแนวปะการัง พบว่าความถูกต้องของการจำแนกปะการังเกาะกระดาน จังหวัดตรัง วิธี MLC และ MHC ให้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของปะการังมีชีวิตรอบมากที่สุด เท่ากับ 1.00 ในขณะที่การจำแนกปะการังไม่มีชีวิตรอบ วิธี MHC ให้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของปะการังมีชีวิตรอบมากที่สุด เท่ากับ 0.59 ส่วนเกาะไหง จังหวัดกระบี่ วิธี MLC ให้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของปะการังมีชีวิตรอบมากที่สุด เท่ากับ 0.78 ในขณะที่การจำแนกปะการังไม่มีชีวิตรอบ วิธี MLC และ MHC ให้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของปะการังมีชีวิตรอบมากที่สุด เท่ากับ 1.00

จากผลการวิจัยจึงสรุปได้ว่า การรับรู้จากระยะไกลด้วยการจำแนกข้อมูลภาพ ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (MLC) และวิธีการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างมาฮาลานอบิส (MHC) ให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกอยู่ในระดับปานกลาง สามารถนำมาใช้ในการจัดทำแผนที่แสดงองค์ประกอบและขอบเขตของแนวปะการังบริเวณน้ำตื้นได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้ได้ข้อมูลในภาพรวม ครอบคลุมพื้นที่กว้าง ประหยัดเวลา และต้นทุน แต่อย่างไรก็ตาม การสำรวจภาคสนามยังคงมีความสำคัญเช่นกัน เพื่อยืนยันผลที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม จึงควรดำเนินการร่วมกัน เพื่อลดปริมาณงาน ลดค่าใช้จ่ายของการสำรวจภาคสนาม และนำไปสู่การอนุรักษ์แนวปะการังอย่างยั่งยืน

5.2 ปัญหา

จากการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ที่มีผลต่อการดำเนินงานวิจัย ได้แก่

5.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 OLI มีขนาดจุดภาพ 30 x 30 เมตร พื้นที่แนวปะการังที่มีขนาดพื้นที่ขนาดเล็กไม่สามารถแยกสิ่งที่อยู่ใต้น้ำได้ชัดเจน

5.2.2 ข้อมูลจุดตัวอย่างที่นำมาใช้ในการจำแนกแนวปะการังยังไม่เป็นตัวแทนของจุดตัวอย่างที่ดีเนื่องจากเกิดการปะปนกันระหว่าง ปะการังมีชีวิต ปะการังไม่มีชีวิต และทราย ทำให้ค่าการสะท้อนของจุดภาพเกิดรังสีผสมในแต่ละจุดภาพ (Mixed Pixel)

5.2.3 ระดับความลึกของน้ำทะเล และมีผลต่อการจำแนกแนวปะการัง

5.2.4 การเก็บข้อมูลภาคสนาม ไม่สามารถเก็บข้อมูลจุดตัวอย่างได้ครบทุกจุด เนื่องจากบางพื้นที่เรือไม่สามารถเข้าถึงได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูง (High Resolution) หรือความละเอียดเชิงคลื่นสูง (High Spectral Resolution) เพื่อให้ได้ผลของการจำแนกข้อมูลภาพที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

5.3.2 การจัดเก็บข้อมูลภาคสนามควรพิจารณาความละเอียดของจุดภาพ (Spatial Resolution) ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และความคลาดเคลื่อนของ GPS ในการเก็บตำแหน่งแนวปะการัง

5.3.3 การใช้ LiDAR และ SAR ในการสำรวจปะการังเพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานวิทยาศาสตร์ของแนวปะการัง ซึ่งสามารถนำมาช่วยในการสำรวจในพื้นที่จริงได้

5.3.4 การนำเทคนิคอื่น ๆ มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกแนวปะการัง เช่น เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) หรือเทคนิคการหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่น (Band Ratio)

5.3.5 การใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพที่สามารถแก้ปัญหารังสีผสมในแต่ละจุดภาพ (Mixed Pixel) เนื่องจากความสลับซับซ้อนของแนวปะการัง เช่น การจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ (Object-Based Image Analysis: OBIA) ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) หรือ ต้วจำแนกป่าสุ่ม (Random Forest Classifier) เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556, 5 กรกฎาคม). *ปะการัง*. https://km.dmcr.go.th/c_3/d_896
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556a). *ประโยชน์และความสำคัญ*. http://marinegiscenter.dmcr.go.th/km/coral_doc9/#.WPJMMWmLTIX
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556b). *ลักษณะแนวปะการังของไทย*. https://km.dmcr.go.th/c_3/d_896
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2556, 10 สิงหาคม). *สถานภาพแนวปะการัง พ.ศ.2558*. https://km.dmcr.go.th/c_3/d_1650
- กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2560, 4 กรกฎาคม). *แผนที่แนวปะการัง ทะเลอันดามัน*. https://km.dmcr.go.th/c_1/s_284/d_18285
- กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. (2566, 19 เมษายน). *เกาะกระดานักท่องเที่ยวทะเลหลัก หลังถูกจัดอันดับชายหาดที่ดีที่สุดในโลก*. <https://www.mots.go.th/news/1000392>
- กาญจน์เชจร ชูชีพ. (2561). *การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment)*. <https://forest-admin.forest.ku.ac.th/304xxx/?q=system/files/book/3%282018%29%20Accuracy%20Assessment.pdf>
- การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2564, 17 กันยายน). *เกาะไหง จ.กระบี่*. <https://tatcontactcenter.com/ที่เที่ยวภาคใต้/กระบี่/เกาะไหง-จ-กระบี่/>
- ชัตติยานี ศรีแฉล้ม, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวี และณรงค์ พลธิ์รักษ์. (2561). การศึกษาค่าสะท้อนพลังงานของหินสำปะหลังจากข้อมูลดาวเทียม ในเขตอำเภอโชคชัย. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 13(3), 12-22.
- ชนิดดา รัตนา. (2562, 10 กันยายน). *การแปลภาพดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์*. <http://blog.bru.ac.th/2019/09/10/การแปลภาพดาวเทียมด้วย/>
- ปัฐวี กัลยาณวัตร. (2559). *การศึกษาเปรียบเทียบผลการ Classification ระหว่าง Commercial Software กับ Uncommercial Software* [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต]. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ปานทิพย์ อัมมวานิช. (2554). *ชีวภูมิศาสตร์*. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ภูริภัทร หุระนันท์. (2548). *ระบบนิเวศปะการัง*. http://chm-thai.onep.go.th/chm/MarineBio/WEBPAGE_USED/CORAL_REEF.html
- มาฆมาศ สุทธาชีพ. (2548). *ความสามารถของเทคนิคการสำรวจระยะไกล ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของแนวปะการังในระยะยาว บริเวณเกาะเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี* [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วัชรีย์ สมันละเห่. (2546). *การวิเคราะห์ภาพถ่ายเทียมแลนด์แซทในการตรวจหาและติดตามการเปลี่ยนแปลงของแนวปะการังขนาดเล็ก*. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต], จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศิริวุฒิ เจนศิริพิกุล. (2545). *การใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลเพื่อสำรวจและจำแนกแนวปะการังน้ำตื้น เกาะกระดาด จ.ตราด* [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ศิริลักษณ์ พงษ์ปิติกุล, วราทิพย์ บัวแก้ว, วัชร เกษเดช, อภิสิทธิ์ กองพรหม และณัฏฐ แก้วภู. (2556). การประเมินและติดตามสถานการณ์ปะการังในประเทศไทยด้วยศักยภาพเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 5(1), 61-77.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2534). *จากห้วงอวกาศสู่พื้นแผ่นดินไทย*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (ม.ป.ป.). *ดาวเทียม Landsat-8*. <https://old.gistda.or.th/main/th/node/93>
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ*. กรุงเทพฯ: บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน).
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2558, 23 กันยายน). *พื้นฐานการรับรู้จากระยะไกล (1)*. https://www.gistda.or.th/news_view.php?n_id=2405&lang=TH
- สำนักงานส่งเสริมเศรษฐกิจดิจิทัล. (ม.ป.ป.). *การสำรวจข้อมูลระยะไกล เพื่อเกษตรแม่นยำ ด้วยเทคโนโลยี Remote Sensing*. <https://www.depa.or.th/th/article-view/remote-sensing-20210903>
- สำนักพัฒนาและถ่ายทอดองค์ความรู้. (2561). *การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)*. <http://learn.gistda.or.th/2017/04/03/การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ/#:~:text=ขั้นตอนที่%203%20การ,กลุ่มเป็นไปในทิศทาง>

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สำนักอุทยานแห่งชาติ. (2558a). *เกาะกระดาน – อุทยานแห่งชาติหาดเจ้าไหม*. <https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=3941>
- สำนักอุทยานแห่งชาติ. (2558b). *เกาะไหง – อุทยานแห่งชาติหมู่เกาะลันตา*. <https://portal.dnp.go.th/Content/nationalpark?contentId=4023>
- สมพร สง่างศ์. (2552). *การสำรวจจากระยะไกลในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน/สิ่งปกคลุมดินและการประยุกต์*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สรรคี่ใจ กลิ่นดาว. (2550). *การสำรวจจากระยะไกล : การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น*. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮ้าส์.
- อภิเสฏฐ์ สุวรรณสะอาด. (2556). *แนวทางการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลในการจำแนกพื้นที่ที่ทิ้งร้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน กรณีศึกษา ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.
- Asher, J. & Timmers, M. (2010, 22 April). *Perspectives of Underwater Flight: Towed-Diver Surveys Around The Line Islands*. Blogspot. http://asramp10.blogspot.com/2010_04_01_archive.html
- Azhar, A., Damar, A., Bengen, D. G. & Atmadipoera A. S. (2019). “Shallow water marine habitat mapping of Kaledupa Island using integrating tradisional ecological knowledge and multispectral image classification.” In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Vol. 241 (2019) (pp.1-10)*. West Java, Indonesia
- Bermuda Institute of Ocean Sciences. (2012). *BIOS Ocean Academy*. <http://biosoceanacademy.blogspot.com/2012/07/msi-meet-summer-2012-marine-science.html>
- Brown, B. E. (1997). *Disturbances to reefs in recent times*. In C. Birkeland. *Life and death of coral reefs*. pp. 354-379. New York: Chapman and Hall.
- Bruckner, A. (2017). *REEF ZONATION*. <https://www.livingoceansfoundation.org/education/portal/course/reef-zonation/>
- Contreras-Silva, A. I., et al., (2012). *Remote Sensing – Applications*, InTech, Croatia.
- Darwin, C. (1976). *The structure and distribution of coral reefs*. University of California Press.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Defenders of wildlife. (2016). *Basic facts about coral reefs*. <http://www.defenders.org/coral-reef/basic-facts>
- El-Askary, H., El-Hattab, M. & El-Raey, M. E. (2014). Change detection of coral reef habitat using Landsat-5 TM, Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 OLI data in the Red Sea (Hurghada, Egypt). *International Journal of Remote Sensing*, 35(6), 2327–2346.
- English S., Wilkison C., & Baker V. (1994). *Survey manual for tropical marine resource*. Australian Institute of Marine Science.
- Jensen, J. R. (2005) *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective* (3rd ed.). Pearson Prentice Hall.
- Horning, N., Robinson, J.A., Sterling, E.J., Turner, W. and Spector, S. (2010). *Remote sensing for ecology and conservation: a handbook of techniques*. United States: Oxford University Press Inc., NY
- Kuwahara, V. S., Toda T., Hamasaki, K. K., Kikuchi, T. & Taguchi, S. (2000). Variability in The Relative Penetration of Ultraviolet Radiation to Photosynthetically Available Radiation in Temperate Coastal Waters. *Japan Journal of Oceanography*, 56, 399-408.
- Lillesand T. M. & Kiefer, R. W. (1994). *Information extraction*. NPTEL. http://nptel.ac.in/courses/105104100/lectureD_28/D_28_4.html
- Lillesand T. M., Kiefer, R. W. and Chipman J. W. (2011). *Remote Sensing And Image Interpretation 6TH Edition*. Wiley India Pvt. Limited.
- Mumby, P. J., Clark, C. D., Green, E.P., and Edwards, A. J. (1998). Benefits of water column correction and contextual editing for mapping coral reefs. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 203–210.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Nurlidiasari, M. (2004). "The Application of QuickBird and Multi-temporal Landsat TM Data for Coral Reef Habitat Mapping.", Master Thesis in Geo-Information Science and Earth Observation Specialization Coastal Zone Studies, International institute for geo-information science and earth observation, Enschede, The Netherlands.
- Nune's Dad. (2549, 1 ตุลาคม). *Snorkeling ที่อ่าวกล้วยเถื่อน*. Bloggang. <https://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=nune&month=10-2006&date=01&group=1&%20gblog=1>
- Orphek Aquarium. (ม.ป.ป.). *เกี่ยวกับปะการัง*. <https://th.orphek.com/about/about-corals/Pakarang-coral>. (2555). *ชนิดของปะการัง*. <http://pakarang-coral.exteen.com/20120905/entry-5>
- Richards, J. A., and JIA X. (1999). *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction*, 3rd revised and enlarged edition. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, 363 p.
- Saintja. (2557, 26 พฤศจิกายน). *เอกสารประกอบการเรียน (ชุดที่ 5)*. <https://www.slideshare.net/saintja/5-451-file>
- Sudara, S., A. Sanitwongs, T. Yeemin, R. Moordee, S. Panutrakune, P. Suthanaluk and S. Natekanjanalarp. (1991). *Study of the impact of sediment on growth of coral Poriteslutea in the Gulf of Thailand*. Alcala, A. C. Proceeding of the Regional Symposium on Living Resources in Coastal Areas, pp. 107-112. Marine Science Institute, University of the Philippines.
- Teach ocean science. (n.d.). *Fringing Reefs*. http://teachoceanscience.net/module_popup/coral_reefs_and_climate_change/fringing_reefs/
- The National Ocean Service. (n.d.). *How Do Coral Reefs Form?*. https://oceanservice.noaa.gov/education/tutorial_corals/coral04_reefs.html
- The U.S. Geological Survey. (2013). *Landsat 8*. [https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat8#:~:text=Landsat%20\(formerly%20the%20Landsat,Infrared%20Sensor%20\(TIRS\)%20instruments](https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat8#:~:text=Landsat%20(formerly%20the%20Landsat,Infrared%20Sensor%20(TIRS)%20instruments).

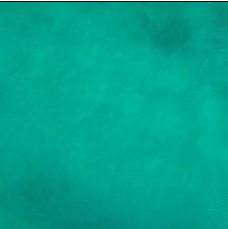




เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- The U.S. Geological Survey. (2015). *Using the USGS Landsat 8 Product*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>
- Time for Kids. (2023). *Explore a Coral Reef*. <https://www.timeforkids.com/k1/explore-a-coral-reef/>
- Toole, D. A., Siegel, D. A., and Menzies, D. W., et al. (2000) Remote-sensing reflectance determinations in the coastal ocean environment, impact of instrumental characteristics and environmental variability. *Applied Optics LP*, 39(3): 456–69
- Tso, B. and Mather, P.M. (2001). *Classification Methods for Remotely Sensed Data*. CRC Press







ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม






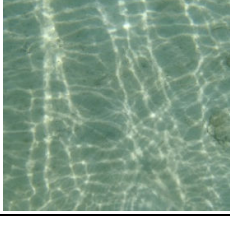
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
1	ทราย	
2	ทราย	
3	ปะการังเป็น	
4	ปะการังเป็น	
5	ปะการังตาย	


ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
6	ทราย	
7	ทราย	
8	ปะการังเป็น	
9	ปะการังเป็น	
10	ปะการังตาย	
11	ปะการังเป็น	

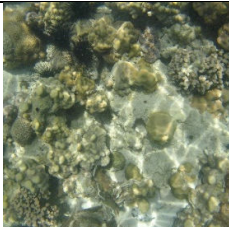


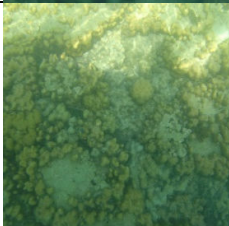

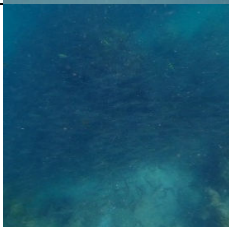
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
12	ปะการังตาย	
13	ทราย	
14	ทราย	
15	ปะการังเป็น	
16	ปะการังเป็น	
17	ทราย	







ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
18	ปะการังเป็น	
19	ทราย	
20	ทราย	
21	ทราย	
22	ปะการังเป็น	
23	ทราย	







ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
24	ปะการังเป็น	
25	ปะการังเป็น	
26	ปะการังเป็น	
27	ปะการังเป็น	
28	น้ำทะเล	
29	น้ำทะเล	







ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
30	ทราย	
31	ทราย	
32	ปะการังตาย	
33	ปะการังเป็น	
34	ปะการังตาย	
35	ปะการังตาย	





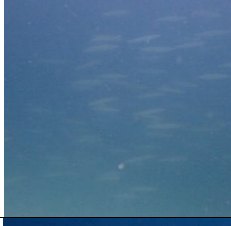
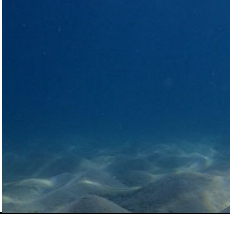
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
36	ทราย	
37	ปะการังตาย	
38	ทราย	
39	ปะการังตาย	
40	ปะการังตาย	
41	ปะการังตาย	



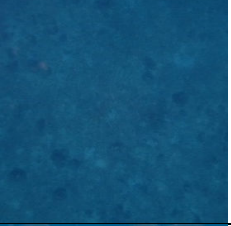
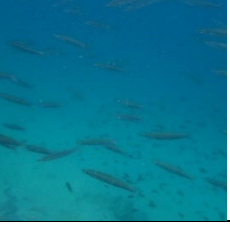
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
42	ปะการังเป็น	
43	ปะการังเป็น	
44	ทราย	
45	ปะการังเป็น	
46	ทราย	
47	ปะการังเป็น	



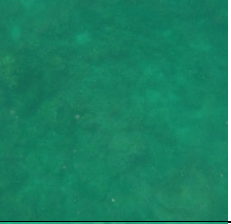



ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
48	ปะการังเป็น	
49	ปะการังตาย	
50	น้ำทะเล	
51	น้ำทะเล	
52	น้ำทะเล	
53	น้ำทะเล	





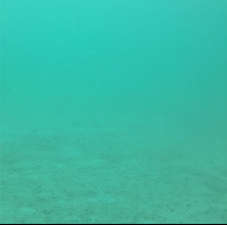

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะกระดาน (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
54	น้ำทะเล	
55	น้ำทะเล	
56	น้ำทะเล	
57	น้ำทะเล	





ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
1	ปะการังตาย	
2	ปะการังตาย	
3	ปะการังตาย	
4	ปะการังตาย	
5	ปะการังเป็น	
6	ปะการังตาย	


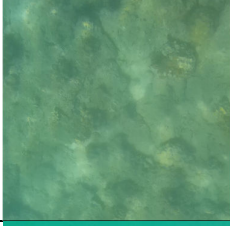

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
7	ทราย	
8	ปะการังเป็น	
9	น้ำทะเล	
10	ปะการังเป็น	
11	น้ำทะเล	
12	ปะการังเป็น	

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
13	ปะการังตาย	
14	ทราย	
15	ปะการังเป็น	
16	ทราย	
17	ทราย	
18	ทราย	







ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
19	ปะการังเป็น	
20	ปะการังเป็น	
21	ทราย	
22	ปะการังตาย	
23	น้ำทะเล	
24	ปะการังเป็น	

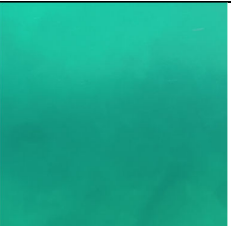


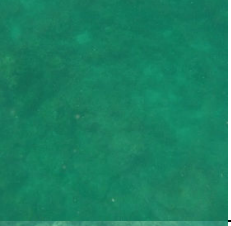
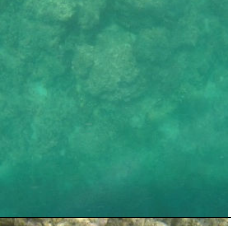

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
25	ทราย	
26	ปะการังตาย	
27	ปะการังตาย	
28	ปะการังตาย	
29	ทราย	
30	ปะการังตาย	



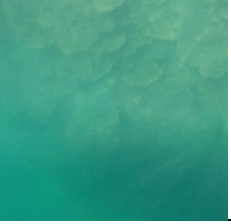
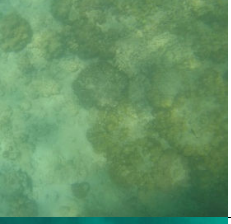


ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
31	ปะการังตาย	
32	ปะการังเป็น	
33	ปะการังตาย	
34	ปะการังตาย	
35	น้ำทะเล	
36	น้ำทะเล	


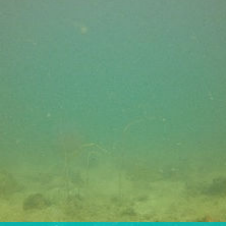
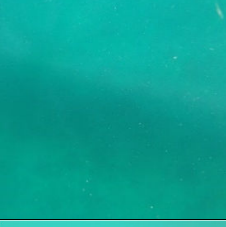
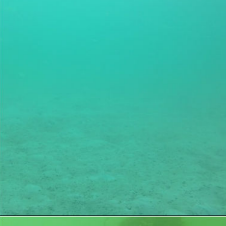
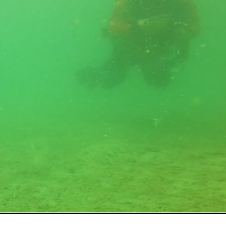
ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
37	น้ำทะเล	
38	ปะการังเป็น	
39	ปะการังตาย	
40	ปะการังตาย	
41	ปะการังตาย	
42	ปะการังตาย	

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
43	ทราย	
44	ปะการังตาย	
45	ปะการังเป็น	
46	ปะการังเป็น	
47	ปะการังตาย	
48	ปะการังตาย	

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม เกาะไหง (ต่อ)

จุดที่	ประเภท	รูปภาพ
49	ปะการังตาย	
50	น้ำทะเล	
51	น้ำทะเล	
52	น้ำทะเล	
53	น้ำทะเล	

ภาคผนวก ข
การสำรวจภาคสนาม



รูปภาคผนวก 1 การสำรวจภาคสนาม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวทิฆัมพร ทิพย์รองพล

รหัสประจำตัวนักศึกษา 6030221003

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ภูมิสารสนเทศสิ่งแวดล้อม) (แบบก้าวหน้า)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต	2559

ทุนการศึกษา

กองทุนวิจัยคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตภูเก็ต และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ทิฆัมพร ทิพย์รองพล ดนัย ทิพย์มณี รวี รัตนาคม และสิริวรรณ รวมแก้ว. (2562). “การประยุกต์ใช้
ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลในการจำแนกแนวปะการัง กรณีศึกษา: เกาะกระดาน และเกาะไหง
จังหวัดตรัง.” วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย
ไทย ฉบับพิเศษ, 20, 289-304.