การประยุกต์ระบบ GIS ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง
พื้นที่ศึกษา : บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย

ณัทธร แก้วภู่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ระบบ GIS ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง พื้นที่ศึกษา : บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย

.....

นายณัทธร แก้วภู่

ผู้วิจัย

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กาญจนา นาคะภากร,

D. Tech. Sc. (Remote Sensing and GIS)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

นายเชาวลิต ศิลปทอง,

Ph.D. (Ecology and Remote Sensing)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

รองศาสตราจารย์ นาฎสุดา ภูมิจำนงค์,

Ph.D. (Natural Science)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอื้อมพร มัชฌิมวงศ์,

Ph.D.

รักษาการแทนคณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ สุวาณิช,

Ph.D. (Population Education)

รักษาการประธานกรรมการบริหารหลักสูตร

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยี

การจัดการสิ่งแวดล้อม (ภาคพิเศษ)

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ระบบ GIS ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง พื้นที่ศึกษา : บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

วันที่ 17 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557

.....

นายณัทธร แก้วภู่

ผู้วิจัย

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กาญจนา นาคะภากร,

D. Tech. Sc. (Remote Sensing and GIS)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

นายปริเวท วรรณโกวิท,

Ph.D. (Geography)

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

รองศาสตราจารย์ นาฏสุดา ภูมิจำนงค์,

Ph.D. (Natural Science)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

นายเชาวลิต ศิลปทอง,

Ph.D. (Ecology and Remote Sensing)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอื้อมพร มัชฌิมวงศ์,

Ph.D.

รักษาการแทนคณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

.....

รองศาสตราจารย์ กัมปนาท ภักดีกุล,

Ph.D. (Civil and Environmental Engineering)

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยบางส่วนจากสมาคมศิษย์เก่าคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยการศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาช่วยเหลืออย่างดี จากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ดร.ปริเวท วรรณโกวิท ที่ให้เกียรติมาเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคะภากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ได้ให้คำแนะนำทางด้านการใช้โปรแกรมด้านรีโมทเซนซิ่ง รองศาสตราจารย์ ดร.นาฎสุดา ภูมิจำนงค์ และ ดร.เชาวลิต ศิลปทอง ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติม ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งให้เกียรติมาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณ ดร.เชิดวงศ์ แสงศุภวานิช อาจารย์ประจำวิทยาลัยพาณิชยนาวีนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ที่ให้คำแนะนำและชี้แนะทางด้านการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง รวมทั้งสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และแบบจำลอง LITPACK รวมทั้งข้อมูลภาพดาวเทียมรายละเอียดสูงสำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ รวมทั้งขอบคุณพี่ๆ เจ้าหน้าที่ฝ่ายพัฒนากระบวนการประยุกต์ภูมิสารสนเทศทุกท่าน ที่ได้ให้โอกาสในการเข้ารับการอบรมการใช้แบบจำลอง LITPACK

ขอขอบคุณอาจารย์สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม (ภาคพิเศษ) และอาจารย์คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดลทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้แก่ผู้วิจัย และเจ้าหน้าที่คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ รวมทั้งขอขอบคุณ พี่ๆ และเพื่อนๆ นักศึกษาสาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม (ภาคพิเศษ) รุ่นที่ 4 ทุกท่าน ที่มอบกำลังใจให้เสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ เป็นผู้ที่อยู่เบื้องหลัง สนับสนุนเงินทุน และให้กำลังใจอันเปรียบเสมือนแรงผลักดันให้การทำวิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี หากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานหรือผู้ที่สนใจทั่วไป ข้าพเจ้าขอมอบความดีที่ปรากฏนี้แก่คุณพ่อ คุณแม่ และผู้ที่มีส่วนร่วมในความสำเร็จของผู้วิจัยในครั้งนี้ทุกท่าน

ณัทธร แก้วภู่

THE INTEGRATION OF GIS AND LITPACK MODEL FOR SHORELINE PREDICTION: A CASE STUDY OF KHLONG WAN, PRACHUAP KHIRI KHAN, THAILAND

NUTTORN KAEWPOO 5236825 ENTM/M

M.Sc. (TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)

THESIS ADVISORS COMMITTEE: KANCHANA NAKHAPAKORN, D.Tech.Sc., NATHSUDA PUMIJUMNONG, Ph.D., CHAOWALIT SILAPATHONG, Ph.D.

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze changes in the coastline located in Khlong Wan area, Mueang District, Prachuap Khiri Khan Province. This study area was chosen because it is an area with the construction of piers and breakwaters along the coast. To perform the analysis, the mathematical model, called LITPACK, was used with a geographic information system.

From the analysis, four results were obtained. The first result is that coastal areas with the construction of the pier and breakwater in the 6 year period between 2004 and 2010 have a rate of coastal erosion of about 0.93 meters per year, and a deposition rate of about 1.99 meters per year. For the second result, it can be observed that coastal areas without dock construction and breakwater have a rate of coastal erosion of about 0 meters per year, and a deposition rate of about 0 meters per year in the 6 year period between the 2004 and 2010. The third result shows that a coastal area with a pier and a breakwater in the 10 year period between 2010 and 2020 can have rate of coastal erosion of approximately 2.13 meters per year and a deposition rate of about 1.86 meters per year. For the fourth result, it was predicted that a coastal area without a dock and a breakwater between 2010 and 2020 will have a rate of coastal erosion of about 0.77 meters per year; while the deposition rate is about 0.21 meters per year. According to these four results, it can be concluded that in the absence of a pier and breakwater, the coastline is more stable because the rate of coastal change is less than that of the coastline with piers and breakwaters. The deposition of sand takes place mainly on the field south of the jetty; whole erosion occurs mostly along the north face of the breakwater. It can be observed that if there is no building encroaching into the sea, the coastline can be adjusted to stabilize itself naturally. The use of LITPACK with GIS can be applied to study the dynamics of coastal areas with buildings encroaching into the sea. The Geographic information system provides primary and recent data to adjust and confirm the validity of the model. As a result, the obtained model can be used in the long term and is useful in predicting future shoreline changes. Moreover, this will support the management of coastal areas as well.

KEY WORDS: SHORELINE CHANGE PREDICTION/ GIS/ LITPACK MODEL

118 pages

การประยุกต์ระบบ GIS ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง
พื้นที่ศึกษา : บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย
THE INTEGRATION OF GIS AND LITPACK MODEL FOR SHORELINE PREDICTION:
A CASE STUDY OF KHLONG WAN, PRACHUAP KHIRI KHAN, THAILAND

ณัทธร แก้วภู่ 5236825 ENTM/M

วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : กาญจนา นาคะภากร, D. Tech. Sc., นาฎสุดา ภูมิจำนงค์, Ph.D., เชาวลิต ศิลปทอง, Ph.D.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง บริเวณชายฝั่งตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการก่อสร้างท่าเรือและเขื่อนกันคลื่นริมชายฝั่งทะเล โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ LITPACK ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า 1.พื้นที่ชายฝั่งในระยะเวลา 6 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2547-พ.ศ. 2553 กรณีมีการก่อสร้างท่าเรือและเขื่อนกันคลื่น มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 0.93 เมตรต่อปี และมีอัตราการทับถมประมาณ 1.99 เมตรต่อปี 2.พื้นที่ชายฝั่งในระยะเวลา 6 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2547-พ.ศ. 2553 กรณีไม่มีการก่อสร้างท่าเรือและเขื่อนกันคลื่น มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 0 เมตรต่อปี และมีอัตราการทับถมประมาณ 0 เมตรต่อปี 3.พื้นที่ชายฝั่งในระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2553-พ.ศ. 2563 กรณียังคงมีท่าเรือและเขื่อนกันคลื่น มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 2.13 เมตรต่อปี และมีอัตราการทับถมประมาณ 1.86 เมตรต่อปี และ 4.พื้นที่ชายฝั่งในระยะเวลา 10 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2553-พ.ศ. 2563 กรณีรื้อท่าเรือและเขื่อนกันคลื่นออกหมด มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 0.77 เมตรต่อปี และมีอัตราการทับถมประมาณ 0.21 เมตรต่อปี แสดงให้เห็นว่าในกรณีที่ไม่มีท่าเรือและเขื่อนกันคลื่นชายฝั่งจะมีความเป็นชายฝั่งคงสภาพเพราะมีค่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งน้อยกว่า กรณีที่มีท่าเรือและเขื่อนกันคลื่นเพราะพบว่าค่าของอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งมีค่ามากกว่า โดยการทับถมของทรายส่วนใหญ่เกิดขึ้นเฉพาะบริเวณทางด้านใต้ของท่าเทียบเรือ และการกัดเซาะส่วนใหญ่เกิดขึ้นทางด้านเหนือของท่าเทียบเรือ และพบว่าเห็นว่าถ้าไม่มีสิ่งก่อสร้างรุกล้ำลงไปในทะเล ชายฝั่งมีจะกระบวนการการปรับเข้าสู่ความเป็นชายฝั่งคงสภาพได้ด้วยตัวเองตามธรรมชาติ ดังนั้นการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK ทำให้ทราบการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในพื้นที่ที่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างรุกล้ำลงไปในทะเล โดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลพื้นฐานที่เป็นปัจจุบันที่สำคัญในการปรับแก้ และยืนยันความถูกต้องให้กับแบบจำลอง ซึ่งสามารถพัฒนาแบบจำลอง เพื่อเป็นระบบบริหารจัดการในระยะยาว และเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในอนาคตได้ ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : พยากรณ์แนวชายฝั่ง/ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์/ แบบจำลอง LITPACK

118 หน้า

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	**ค**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	**ง**
บทคัดย่อภาษาไทย	**จ**
สารบัญตาราง	**ฌ**
สารบัญรูปภาพ	**ญ**
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 ผลที่ได้รับ	3
1.5 กรอบแนวความคิด	4
1.6 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	**6**
2.1 ชายฝั่งทะเล	6
2.1.1 คำจำกัดความของชายฝั่ง	6
2.1.2 ขอบเขตชายฝั่งทะเลของประเทศไทย	9
2.1.3 กระบวนการชายฝั่ง	10
2.2 สถานการณ์ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย	16
2.2.1 สาเหตุการกัดเซาะชายฝั่งทะเลของประเทศไทย	18
2.3 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศกับงานวิจัยทางด้านชายฝั่งทะเล	23
2.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ (LITPACK) กับงานวิจัยทางด้านชายฝั่งทะเล	24
2.4.1 สมการที่การเคลื่อนที่ของตะกอน (LITDRIFT)	25
2.4.2 สมการแนวโน้มทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งในระยะยาว	25
2.4.3 สมการการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (LITLINE)	26

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานของเทศบาลตำบลคลองวาฬ	28
2.5.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์	28
2.5.2 สภาพเศรษฐกิจและสังคม	31
2.5.3 ธรณีวิทยา	32
2.5.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน	33
2.5.5 ลักษณะโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือคลองวาฬ	36
2.6 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม	37
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	**39**
3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ	39
3.1.1 ข้อมูลที่ใช้ดำเนินการวิจัย	39
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจพื้นที่ศึกษา	40
3.1.3 ซอฟท์แวร์	40
3.2 พื้นที่ศึกษา	40
3.3 วิธีและขั้นตอนการศึกษา	41
3.3.1 ทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ	41
3.3.2 สำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา	41
3.3.3 วิเคราะห์แนวชายฝั่งในอดีตและปัจจุบัน	42
3.3.4 การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์	43
3.3.5 แสดงผลและการนำเสนอข้อมูล	45
3.3.6 สรุปผล	47
3.3.7 แผนผังแสดงวิธีและขั้นตอนการวิจัย	48
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปราย	**49**
4.1 ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเล	49
4.2 การวิเคราะห์ความลึกของท้องน้ำ	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน	54
4.4 การวิเคราะห์ผังกระจายคลื่นเฉลี่ยรายปี	55
4.5 การวิเคราะห์รูปตัดชายหาด	56
4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอนรายปี	57
4.7 การวิเคราะห์เส้นชายฝั่งย้อนหลัง	59
4.8 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง	67
4.9 ผลพยากรณ์แนวชายฝั่งจากแบบจำลอง	69
4.10 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง	75
4.11 สรุปผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง	83
4.12 ผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งซ้อนทับกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน	84
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	**86**
5.1 สรุปผลการวิจัย	86
5.2 ข้อเสนอแนะ	90
บทสรุปสมบูรณ์ภาษาไทย	**92**
บทสรุปสมบูรณ์ภาษาอังกฤษ	**102**
รายการอ้างอิง	**113**
ประวัติผู้วิจัย	**118**

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2-1	กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์40ผลกระทบสิ่งแวดล้อมและหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติและแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ศึกษา)	38
4-1	แสดงการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ บริเวณพื้นที่ศึกษา ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553	52
4-2	แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง	84

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ		หน้า
1-1	กรอบแนวความคิด	4
2-1	ลักษณะของชายฝั่งทะเล	7
2-2	ระดับความเป็นชายฝั่งในบริเวณต่างๆ	8
2-3	ขอบเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย	10
2-4	แสงดการเกิดปรากฏการ์น้ำเกิด	13
2-5	แสงดการเกิดปรากฏการ์น้ำตาย	13
2-6	แสดงวงของการหมุนของอนุภาคน้ำ	14
2-7	แสงดลักษณะคลื่นรูป Sine	15
2-8	แสดงทิศทางลมมรสุมของประเทศไทย	20
2-9	แสดงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากสิ่งก่อสร้างริมทะเล	21
2-10	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2547	29
2-11	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2548	29
2-12	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2549	30
2-13	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2550	30
2-14	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2551	30
2-15	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2552	30
2-16	แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2553	31
2-17	แสดงการจำแนกประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2530	34
2-18	แสดงการจำแนกประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552	34
2-19	แสดงแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทท้ายกฎกระทรวง บริเวณตำบลคลองวาฬ พ.ศ. 2554	35
2-20	แสดงลักษณะโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือคลองวาฬ	36

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
3-1	แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษา	41
3-2	แสดงสูตรการคำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง	46
3-3	แสดงลักษณะของพื้นที่ซึ่งถูกกัดเซาะที่เกิดหลังจากการวิเคราะห์ และตัวแปรที่ใช้คำนวณระยะทางที่ตั้งฉากกับฝั่ง	47
3-4	วิธีและขั้นตอนการวิจัย	48
4-1	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2547	50
4-2	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2553	51
4-3	แสดงความลึกในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาคสนาม	53
4-4	แผนที่ความลึกในพื้นที่ศึกษาเมื่อทำการปรับทิศให้ตรงกับแนวชายฝั่งจริง	53
4-5	ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน	54
4-6	ผังกระจายคลื่นเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ศึกษา	55
4-7	รูปตัดชายหาด (Cross-shore profile)ในพื้นที่ศึกษา	56
4-8	รูปการเคลื่อนที่ของตะกอนรายปี (Net annual sediment)ในพื้นที่ศึกษา	57
4-9	รูปการเปรียบเทียบรูปตัดชายหาดกับการเคลื่อนที่ของตะกอนทราย ในพื้นที่ศึกษา เพื่อหาตำแหน่งความลึกที่ตะกอนหยุดการเคลื่อนที่ (Active depth)	58
4-10	แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547	59
4-11	แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2547 วิเคราะห์จากข้อมูลภาพดาวเทียม IKONOS	60
4-12	แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2550	61
4-13	แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2550 วิเคราะห์จากข้อมูลภาพดาวเทียม SPOT-5	62
4-14	แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553	63
4-15	แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 วิเคราะห์จากข้อมูลภาพดาวเทียม THEOS	64
4-16	เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2553	65
4-17	แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2547, พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2553	66

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
4-18	เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2550 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	67
4-19	เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์	68
4-20	แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่รื้อสิ่งก่อสร้างออกทั้งหมด	69
4-21	แผนที่แสดงแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	70
4-22	แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	71
4-23	แผนที่แสดงแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	72
4-24	แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด	73
4-25	แผนที่แสดงแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด	74
4-26	เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	75

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ		หน้า
4-27	แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 กรณีมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	76
4-28	เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง กรณีไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	77
4-29	แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 กรณีไม่มีสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	78
4-30	เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง กรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	79
4-31	แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2563 กรณีไม่มีสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	80
4-32	เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง กรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด	81
4-33	แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2563 กรณีที่รื้อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด	82
4-34	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2553 ซ้อนทับกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง พ.ศ. 2563 กรณีมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น	85

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีความยาวชายฝั่งทะเลประมาณ 2,614 กิโลเมตร แบ่งออกเป็นฝั่งอ่าวไทย 1,660 กิโลเมตร และฝั่งอันดามัน 954 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 24 จังหวัด ซึ่งมีลักษณะสภาพทางภูมิศาสตร์แตกต่างกันออกไป จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งในรูปแบบของการกัดเซาะ และการทับถม โดยมีตัวการสำคัญคือ คลื่น ลม และกระแสน้ำ แต่ในปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นกับชายฝั่งทะเลของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งอย่างรวดเร็วและรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรมการพัฒนาหรือการขยายตัวด้านโครงสร้างพื้นฐานต่างๆของมนุษย์ ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ขัดแย้งกับสภาพแวดล้อมชายฝั่ง ทำให้เกิดการเสียดุลยภาพตามธรรมชาติของชายฝั่ง ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ชายหาด แหล่งท่องเที่ยว หรือสถานที่สำคัญต่างๆ ทำให้รัฐต้องเสียงบประมาณหรือค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ในการก่อสร้างป้องกันและฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่ได้รับความเสียหาย ตัวอย่างการสร้างโครงสร้างป้องกันชายฝั่งในลักษณะต่าง เช่น กำแพงกันคลื่นขนานกับฝั่ง (Sea Wall), การปูพื้นหาดด้วยหินหรือคอนกรีต (Revetment) แนวหินหัวหาดขนานกับชายฝั่ง (Headland), กำแพงกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Breakwater) รอดักทรายตั้งฉากกับชายฝั่ง (Groins), เขื่อนกันทรายปากแม่น้ำ (Jetty) เป็นต้น

ในปัจจุบันพบว่าวิธีการและแนวทางที่สามารถรับมือการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่หนึ่งอาจใช้ไม่ได้ผลในอีกพื้นที่หนึ่ง ดังนั้นสิ่งแรกที่จำเป็นในการปกป้องชายฝั่ง คือการรวบรวมข้อมูลของพื้นที่อย่างละเอียดและต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของการกัดเซาะชายฝั่งที่แท้จริงให้ได้ เพื่อที่จะแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งได้อย่างตรงจุด ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) และแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านชายฝั่ง โดยเทคโนโลยีที่กล่าวมาทั้งสองนี้สามารถวิเคราะห์สอดคล้องกันได้อย่างลงตัว โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการปรับแก้ข้อมูลพื้นฐาน (Calibration) และยืนยันพิกัด (Verification) ให้แก่แบบจำลองคณิตศาสตร์ ส่วนแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นมีความสามารถในการคาดการณ์ลักษณะของเส้นแนวชายฝั่งในอนาคต หากมีการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่งใดๆ เพื่อที่จะประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ

ภูมิศาสตร์ (GIS) และแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางชายฝั่ง ในการแก้ไขปัญหาและบริหารจัดการปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งของประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้ คือ

1.2.1 เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 ก่อนและหลังการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

1.2.2 เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 โดยใช้แนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 เป็นปีฐาน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทางวิทยาศาสตร์เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในพื้นที่ ที่เกิดจากอิทธิพลของสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่ง ซึ่งแบบจำลองที่ได้มาจากตัวแทนของข้อมูลเพียงช่วงฤดูเดียว ซึ่งเป็นข้อจำกัดของการวิจัยในครั้งนี้ โดยกำหนดพื้นที่การวิจัยไว้บริเวณชายหาดตำบลคลองวาฬ อำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งมีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่น ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการวิจัย คือ

1.3.1 เก็บข้อมูลภาคสนาม 1 ครั้ง ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2553 เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำเข้าในแบบจำลอง คือ ลักษณะพื้นท้องทะเลและความลึกน้ำ (Bathymetry), ลักษณะและขนาดตะกอนทราย (Grain size), ข้อมูลทางอุทกพลศาสตร์ (คลื่น), ข้อมูลขอบฝั่งวัดจากระดับน้ำขึ้นจนไปถึงบนบก (Beach profile) มีแนวสำรวจอยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวชายฝั่งทะเล มีระยะห่างระหว่างแนวสำรวจทุก ๆ 200 เมตร ความยาวของแนวสำรวจออกไปในทะเลประมาณ 2,000 เมตร ผลการศึกษาที่ได้จากแบบจำลองนำมาแสดงผลด้วยโปรแกรมทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.3.2 วิเคราะห์พื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในปีก่อนที่จะมีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นจากภาพดาวเทียม พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553

1.3.3 จำลองแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2553 ในกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่นจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง LITPACK

1.3.4 วิเคราะห์พื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลง ระหว่างแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2553 ในสภาพปัจจุบันที่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นจากภาพดาวเทียม THAICHOTE พ.ศ. 2553 เปรียบเทียบกับแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2553 ในกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง LITPACK

1.3.5 พยากรณ์แนวชายฝั่ง ในอีกสิบปีข้างหน้า พ.ศ.2563 ในกรณีที่ยังมีเขื่อนกันคลื่นและสะพานท่าเทียบเรืออยู่เหมือนเดิมจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง LITPACK

1.3.6 พยากรณ์แนวชายฝั่ง ในอีกสิบปีข้างหน้า พ.ศ.2563 ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่อนออกทั้งหมดจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง LITPACK

1.3.7 วิเคราะห์พื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลง ระหว่างแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 ในกรณีที่มีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง LITPACK เปรียบเทียบกับแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมดจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง LITPACK

1.3.8 ขอบเขตของระบบในแบบจำลอง LITPACK ศึกษาเฉพาะขอบเขตของชายฝั่งที่เป็นหาดทราย และโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเคลื่อนกันคลื่นเท่านั้น โดยไม่นำขอบเขตของตัวเมืองเข้ามาเกี่ยวข้องกับแบบจำลอง โดยให้การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวแปรคงที่

1.4 ผลที่ได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยครั้งนี้ คือ

1.4.1 ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในปี พ.ศ. 2553 ในกรณีที่ไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นว่าแนวชายฝั่งจะเป็นอย่างไร โดยเปรียบเทียบกับสภาพปัจจุบัน

1.4.2 ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในอีกสิบปีข้างหน้า พ.ศ.2563 ในกรณีที่ยังมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นอยู่เหมือนเดิม เปรียบเทียบกับการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด ว่าแนวชายฝั่งจะเป็นอย่างไร

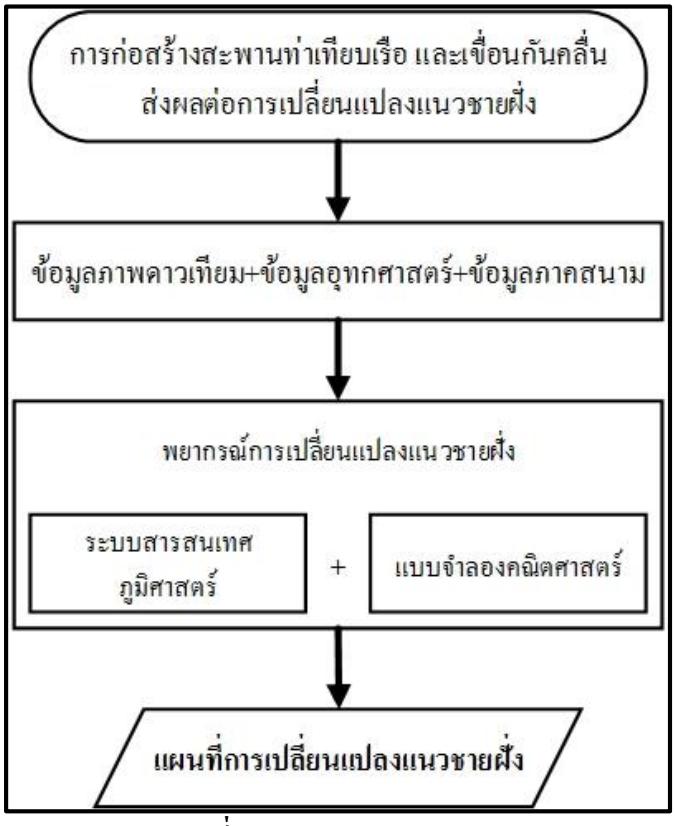
1.4.3 ได้ข้อมูลแผนที่การเปลี่ยนแปลงแนวชายชายฝั่ง และพื้นที่กัดเซาะและทับถมใน พ.ศ. 2553 ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมดจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง

1.4.4 ได้ข้อมูลแผนที่การเปลี่ยนแปลงแนวชายชายฝั่ง และพื้นที่กัดเซาะและทับถมใน พ.ศ. 2563 ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง

1.4.5 ได้ข้อมูลแผนที่การเปลี่ยนแปลงแนวชายชายฝั่ง และพื้นที่กัดเซาะและทับถมใน พ.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมดจากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง

1.5 กรอบแนวความคิด

เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง ที่ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นบริเวณชายฝั่งคลองวาฬ โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ และข้อมูลทางด้านอุทกศาสตร์ ข้อมูลที่ได้คือแผนที่การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง แผนที่พื้นที่การกัดเซาะและทับถม และข้อมูลตัวเลข ดังแสดงในรูปที่ 1-1



รูปที่ 1-1 กรอบแนวความคิด

1.6 นิยามศัพท์

การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง หมายถึง ชายฝั่งทะเลที่ไม่มีการปรับสภาพสมดุลตามธรรมชาติ เช่น การกัดเซาะชายฝั่ง และการทับถม

โครงสร้างชายฝั่ง หมายถึง สิ่งก่อสร้างที่ปลูกสร้างยื่นลงไปในทะเล เช่น สะพานท่าเทียบเรือ, เขื่อนกันคลื่น และ รอดักทราย

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ หมายถึง เทคโนโลยีที่บูรณาการความรู้และเทคโนโลยีทางด้านการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing : RS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) และระบบกำหนดตำแหน่งโลก (Global Positioning System : GPS) เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

แบบจำลอง LITPACK หมายถึง แบบจำลองคณิตศาสตร์ ถูกพัฒนาขึ้นโดยประเทศเดนมาร์ก เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง เพื่อการออกแบบส่งเสริมการจัดการยุทธ์ศาสตร์ในการบริหารชายฝั่ง

ชายฝั่งคงสภาพ คือ ชายฝั่งที่มีความสมดุลระหว่างปริมาตรของตะกอนที่ไหลออกกับไหลเข้าในอัตราที่เกือบเท่ากัน หรือมีตะกอนที่มาทับถมและตะกอนที่ถูกพัดพาออกไปไม่เกิน 1 เมตรต่อปี

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 ชายฝั่งทะเล (COAST)

2.1.1 คำจำกัดความของชายฝั่ง

- ชายฝั่งทะเล คือ บริเวณแผ่นดินนับจากแนวชายทะเลขึ้นไปบนบกจนถึงบริเวณที่มีลักษณะภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัด (กรมเจ้าท่า, 2548)

- เป็นพื้นที่รอยต่อระหว่างทะเลกับแผ่นดินจึงมีขอบเขตทั้งส่วนที่อยู่ในทะเลและส่วนที่เป็นแผ่นดิน (สิน, 2550)

- ส่วนที่แยกแผ่นดินและผืนน้ำออกจากกัน คือ เส้นชายฝั่ง (Shoreline) ส่วนบริเวณที่อยู่ใกล้กับเส้นชายฝั่ง คือ ชายฝั่ง (Coast) หรือพื้นที่ชายฝั่ง (Coastal Area) หรือเขตชายฝั่งทะเล (Coastal Zone) (สุวลักษณ์, 2555)

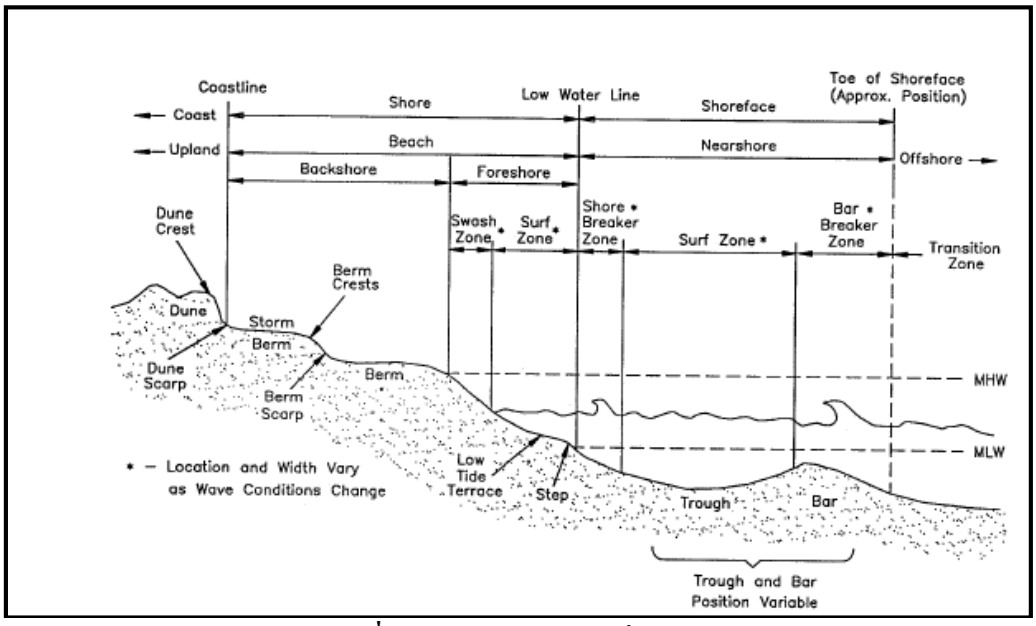
- ชายฝั่งทะเล คือ ผืนแผ่นดินที่นับจากแนวชายฝั่งทะเลขึ้นไปบนบก จนถึงพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ซึ่งความกว้างไม่สามารถกำหนดได้แน่นอน (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2541)

- บริเวณชายฝั่งทะเล คือ บริเวณที่ผืนดินและผืนน้ำมีอิทธิพลต่อกัน เพื่อการใช้ประโยชน์ระหว่างทะเลและระบบนิเวศชายฝั่ง (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2548)

- ชายฝั่ง คือ ผืนดินตั้งแต่แนวเขตถอยร่นที่เป็นแนวกันชนตามธรรมชาติ รวมทั้งที่ดินบริเวณหาดทราย หาดกรวด หาดหิน หาดเลน บริเวณปากแม่น้ำที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเลเข้าถึงพื้นที่ชุ่มน้ำ พรุชายฝั่ง หนอง บึง บ่อ ทะเลสาบ รวมทั้งเนินดิน เนินทราย กองหิน ส่วน เขตชายฝั่ง คือ ชายฝั่ง พื้นที่น้ำกร่อยและทะเล รวมทั้งพื้นดินดอนใต้ทะเล ไปถึงไหล่ทวีป รวมไปถึงเกาะที่มีน้ำทะเลและน้ำกร่อยล้อมรอบ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2550)

แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ชายฝั่งทราย (sandy coast) หมายถึง กลุ่มธรณีสัณฐานกลุ่มหนึ่งที่มีตะกอนทรายเป็นองค์ประกอบหลัก เช่น หาดทราย (beach sand) สันดอนทราย (barrier sand) และสันดอนจะงอย (spit) ชายฝั่งทะเลเหล่านี้เกิดจากการสะสมตัวโดยมีคลื่นและ

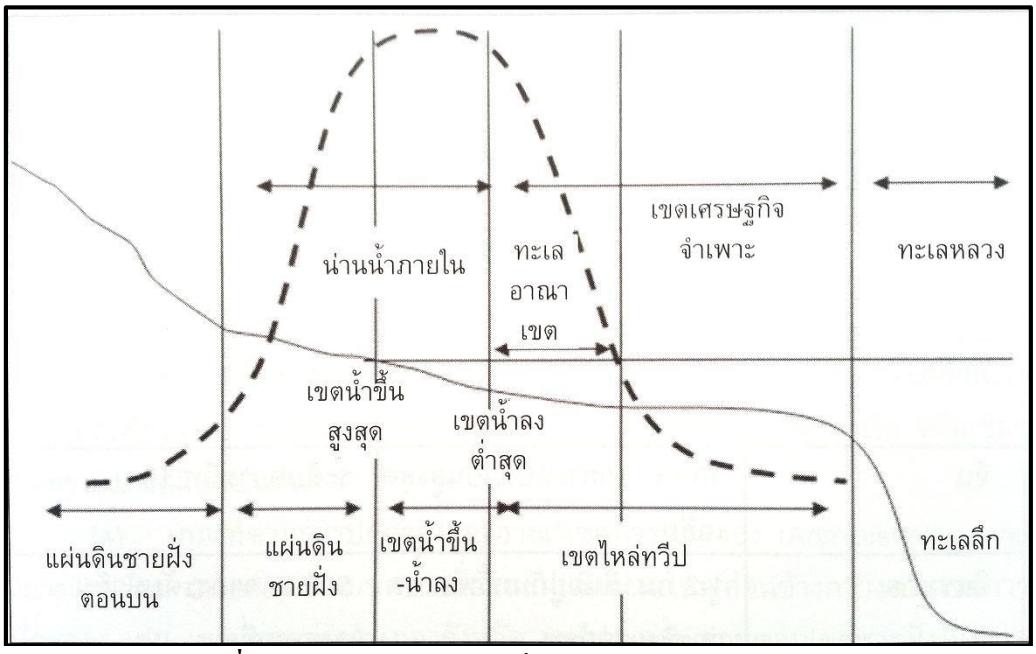
กระแสน้ำขึ้นน้ำลงเป็นตัวกระทำตะกอนทรายที่ถูกกระแสน้ำซึ่งไหลขนานกับชายฝั่ง (long shore current) พัดพาไปเกิดเป็นแนวสันดอนทรายยาวขนานไปกับชายฝั่ง แนวสันดอนจะเคลื่อนที่และเปลี่ยนแนวตามกระแสน้ำคลื่นลมและระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนไป สันดอยจะงอยมักเกิดขึ้นตรงส่วนปลายทั้งสองด้านของแนวสันดอนทราย เนื่องมาจากคลื่นจากทิศทางต่าง ๆ และคลื่นที่สะท้อนกลับเป็นตัวการที่ทำให้ปลายสันดอนทรายงอเข้าหาแผ่นดินหรือทะเลด้านใน และชายฝั่งในที่ลุ่มต่ำ (coastal lowland) หมายถึง พื้นที่ชายฝั่งที่อยู่ในระดับต่ำมีที่กำบัง มีสภาพชายฝั่งที่ค่อนข้างสงบนิ่งและมีทางน้ำต่อเนื่องมากมาย ชายฝั่งลักษณะนี้ได้แก่ ที่ราบน้ำขึ้นน้ำลง (tidal flat) พรุหรือมาบ (marshes) และหนอง (swamp) พื้นที่ชายฝั่งเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารทะเลที่สำคัญ ที่ราบน้ำขึ้นถึงมักจะมีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนขึ้นปกคลุม รากของต้นไม้ป่าชายเลนมีส่วนในการกักเก็บตะกอนที่พัดพามากับน้ำทะเล การสะสมของตะกอนเกิดจากน้ำขึ้นน้ำลง (tide) ที่เปลี่ยนแปลงไปแต่ละวันมากกว่าคลื่นโดยมีทางระบายน้ำมากมายเชื่อมโยงกับทะเลเปิด การเกิดลักษณะของชายฝั่งทะเลมีผลจากปัจจัยทางอุทกศาสตร์คือ ลม คลื่น น้ำขึ้นน้ำลง และกระแสน้ำร่วมกับโครงสร้างและกระบวนการทางธรณีต่างๆ ทั้งในทะเลและบนแผ่นดินเป็นตัวการหลักร่วมกัน ทำให้เกิดวิวัฒนาการของพื้นที่ชายฝั่งเป็นรูปแบบต่างๆ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2554) ดังแสดงในรูปที่ 2-1 และ 2-2



รูปที่ 2-1 ลักษณะของชายฝั่งทะเล

(อ้างอิงจาก : Ocean Science in Massachusetts**.** 2553[1])

[1] http://www.daukas.com/Geoscience/MAtour/CCC/background.html



รูปที่ 2-2 ระดับความเป็นชายฝั่ง (เส้นประ) ในบริเวณต่างๆ

(อ้างอิงจาก : สุวลักษณ์, 2555)

สิน สินสกุล และคณะได้ให้คำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งในประเทศไทย ไว้ดังนี้

- ชายฝั่งคงสภาพ (Stable Coast) ชายฝั่งที่มีความสมดุลตามธรรมชาติ คือ ชายฝั่งที่มีการพัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ และถูกกัดเซาะในฤดูกาลที่มีลมมรสุมพัดรุนแรง แต่ก็มีการนำตะกอนกลับมาทับถมในอัตราที่เกือบเท่ากับที่ถูกนำออกไป ในฤดูที่ปลอดมรสุม ทำให้ชายฝั่งอยู่ในสภาวะสมดุล (ตะกอนที่มาทับถมและตะกอนที่ถูกพัดพาออกไปไม่เกิน 1 เมตรต่อปี)

- ชายฝั่งที่มีการกัดเซาะ (Erosional Coast) เป็นกระบวนการทางธรณีวิทยาที่ทำให้หินหรือตะกอนที่อยู่ในพื้นที่หลุดหรือเคลื่อนที่ออกไปจากตำแหน่งเดิม ทำให้พื้นที่ชายฝั่งทะเลหดหายไป หรือชายฝั่งทะเลถอยร่นไป ซึ่งสามารถแบ่งย่อยลักษณะของการกัดเซาะตามอัตราของการกัดเซาะต่อปี ได้ 2 ลักษณะ คือ 1. ชายฝั่งที่มีอัตรากัดเซาะรุนแรง คือ ชายฝั่งที่มีอัตรากัดเซาะมากกว่า 5 เมตรต่อปี และ 2. ชายฝั่งที่มีอัตรากัดเซาะปานกลาง คือ ชายฝั่งที่มีอัตรากัดเซาะตั้งแต่ 1-5 เมตรต่อปี

- ชายฝั่งสะสมตัว (Depositional Coast) เป็นการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งที่มีการสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่มากกว่ามีสูญเสียไป ทำให้ชายฝั่งเกิดการพอกพูนหรืองอกออกไปในทะเล (สิน และคณะ, 2544)

2.1.2 ขอบเขตชายฝั่งทะเลของประเทศไทย

อาณาเขตทางทะเลของประเทศไทยมีพื้นที่มากกว่า 350,000 ตารางกิโลเมตร มีความยาวของชายฝั่งทะเลกว่า 2,667 กิโลเมตร แต่ยังไม่มีการกำหนดขอบของชายฝั่งทะเลประเทศไทยที่ชัดเจนมาก่อน แต่ก็มีการกำหนดขอบเขตในบริเวณชายฝั่งเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ขอบเขตการวางแผนที่ดินชายฝั่งทะเลของกรมพัฒนาที่ดิน (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2541)

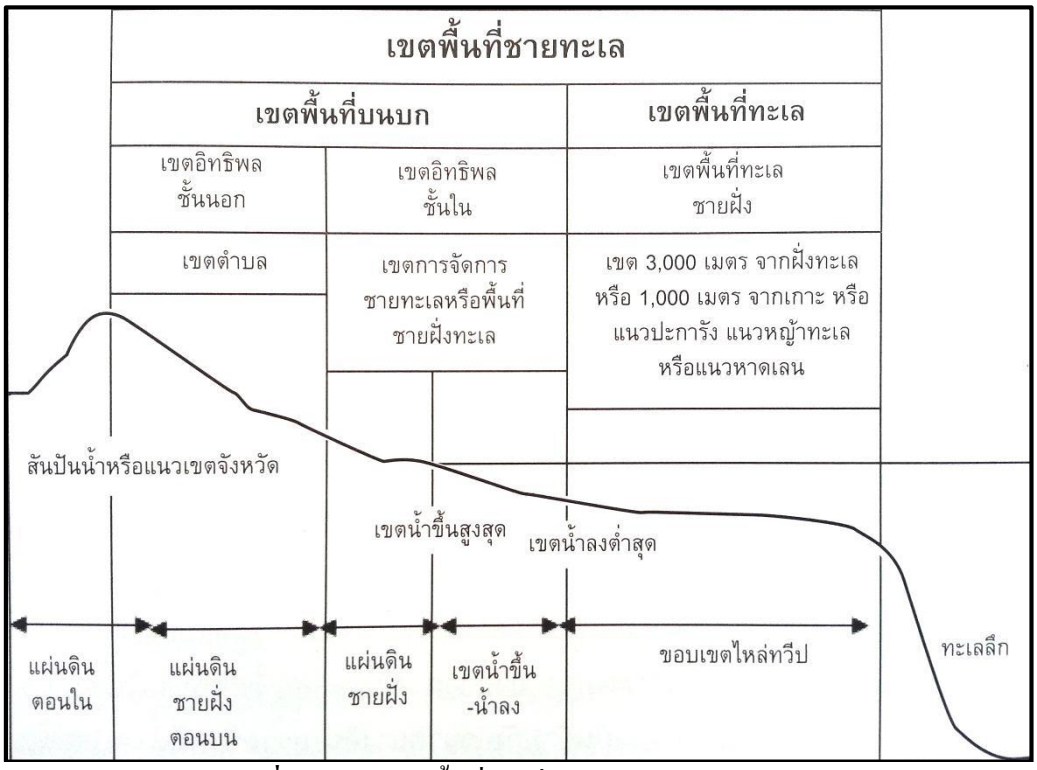
ขอขเขตของพื้นที่ชายฝั่งทะเลเพื่อการจัดการชายฝั่งตามลักษณะการกำหนดขอบเขตการปกครอง ได้แก่ ขอบเขตตำบล ซึ่งตำบลนั้นๆมีเพียงพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่สามารถลงขอบเขตบนแผนที่มาตรฐานมาตราส่วน 1:50,000 ได้ ซึ่งต้องเข้าเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่งโดยไม่จำเป็นว่าจะต้องครอบคลุมพื้นที่ทั้งตำบล ซึ่งจะทำให้ตำบลนั้นเป็นตำบลที่อยู่ในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลทั้งหมด (เผด็จ, 2548)

ชายฝั่งทะเลประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน เป็นระยะทางรวมประมาณ 2,614 กิโลเมตรโดยแบ่งเป็นพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทย 1,660 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลรวม 17 จังหวัด (รวมกรุงเทพมหานคร) และชายฝั่งทะเลอันดามัน 954 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งทะเลรวม 6 จังหวัด ลักษณะชายฝั่งส่วนมากเป็นหาดทราย ที่มีความสูงไม่มากนัก ส่วนบริเวณปากแม่น้ำและใกล้เคียง เป็นหาดโคลนหรือหาดทรายปนโคลน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551)

การจำแนกเขตที่ดินชายฝั่งทะเลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. เขตพื้นที่บนบก คือ เขตตอนในที่ได้รับอิทธิพลจากทะเล โดยแบ่งตามลักษณะชุดดิน ภูมิสัณฐาน สังคมพืชและสัตว์ โดยมีขอบเขตตำบลเป็นแนวแบ่งเขตการจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเล ตำบลที่อยู่ในพื้นที่การจัดการชายฝั่งทะเล จึงเป็นตำบลที่มีพื้นที่ทั้งหมดหรือบางส่วนที่มีสภาพทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลของทะเล

2. เขตพื้นที่ทะเล คือ บริเวณที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากการพัฒนาการใช้ประโยชน์ที่ดินบนฝั่ง ให้ใช้แนวปะการัง แนวหญ้าทะเล แนวหาดเลน และพื้นที่ที่ไม่ปรากฏการมีอยู่ของทรัพยากรดังกล่าว โดยให้กำหนดระยะห่างจากฝั่งทะเลออกไป 3 กิโลเมตร หรือห่างจากที่ดินที่เป็นเกาะออกไป 1 กิโลเมตร (สุวลักษณ์, 2555) ดังแสดงในรูปที่ 2-3



รูปที่ 2-3 ขอบเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย

(อ้างอิงจาก : สุวลักษณ์, 2555)

2.1.3 กระบวนการชายฝั่ง

เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น คลื่น กระแสน้ำ น้ำขึ้น-น้ำลง ซึ่งเกิดจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศและแรงดึงดูดระหว่างโลกและดวงจันทร์ เป็นสาเหตุทำให้ชายฝั่งเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพ ชีวภาพ และทางเคมี (สุวลักษณ์, 2555)

2.1.3.1 สภาพภูมิอากาศ

ภูมิอากาศ (Climate) คือ การรวบรวมเอาปัจจัยต่าง ๆ ทั้งอุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ ลม และปริมาณน้ำฝนรวมไปถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นในทางอุตุนิยมวิทยาในบริเวณหนึ่ง เป็นระยะเวลานาน สภาพภูมิอากาศของแต่ละพื้นที่ทั่วโลกจะมีความแตกต่างกันไปตามตำแหน่งที่ตั้งทางละติจูด สภาพภูมิประเทศ ความสูงของพื้นที่ น้ำแข็งหรือหิมะปกคลุม รวมไปถึงระยะห่างจากทะเลและกระแสน้ำในมหาสมุทร (ชะเลงศักดิ์, 2554)

สภาพภูมิอากาศทำให้เกิดกระบวนการชายฝั่ง มีสาเหตุมาจากกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ เช่น ลม อุณหภูมิ ความกดอากาศ และฝน ดังนี้

1. ลม

ลม คือ การเคลื่อนที่ของมวลอากาศ ทำให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นผิวโลก เนื่องจากพื้นผิวโลกแต่ละประเภทมีความสามารถในการดูดและคายพลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน โดยบริเวณที่มีอากาศร้อนมวลอากาศจะมีน้ำหนักเบาหรือความกดอากาศต่ำ ทำให้อากาศลอยตัวขึ้นสู่ด้านบน มวลอากาศที่เย็นกว่าหรือมีความกดอากาศสูง จึงเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ทำให้เกิดการพัดพาของลม ซึ่งการพัดพาของลมบริเวณชายฝั่งทะเลระหว่างแผนดินและน้ำทะเลมีลักษณะเหมือนกัน คือ ในเวลากลางวันน้ำทะเลจะดูดซับความร้อนได้ดีกว่าแผ่นดิน ทำให้อุณหภูมิเหนือพื้นน้ำทะเลมีอุณหภูมิต่ำ ต่างกับบนแผ่นดินที่มีการดูดและคายความร้อนได้ไม่ดี ทำให้อุณหภูมิเหนือพื้นดินสูงกว่า ทำให้มวลอากาศเคลื่อนที่จากทะเลไปยังแผ่นดิน เรียกว่า “ลมทะเล” ในทางกลับกัน เวลากลางคืนทะเลจะคลายความร้อนที่น้ำทะเลดูดเอาไว้ในเวลากลางวันออกสู่บรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิบริเวณเหนือผิวน้ำทะเลสูงขึ้น มวลอากาศที่อยู่เหนือพื้นทะเลก็จะลอยตัวขึ้น ส่วนบนแผ่นดินอุณหภูมิจะต่ำกว่าเพราะไม่มีการสะสมความร้อนเอาไว้ มวลอากาศจึงเคลื่อนตัวจากแผ่นดินไปสู่ทะเล เรียกว่า “ลมบก”

ซึ่งลมมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดคลื่นและกระแสน้ำ เมื่อลมพัดผ่านผิวหน้าน้ำทะเลจะทำให้มวลน้ำที่ผิวหน้าน้ำทะเลเกิดการหมุนตัว ทำให้เกิดคลื่นและกระแสน้ำ ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นและกระแสน้ำเป็นไปในทิศทางเดียวกับทิศทางของลม และความความเร็วของลมที่พัดผ่านผิวหน้าทะเลก็ส่งผลต่อขนาดของคลื่นและความเร็วของกระแสน้ำ เมื่อลมที่พัดเข้าสู่ชายฝั่งก็ทำให้ชายฝั่งเปลี่ยนแปลง เนื่องจากตะกอนทรายชายหาดถูกลมพัดพาไปสะสมอยู่บนฝั่งและก่อตัวขึ้นเป็นสันทราย

2. อุณหภูมิ

การดูดซับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในบริเวณผิวหน้าทะเล ทำให้อุณหภูมิบรเวณผิวหน้าทะเลมีอุณหภูมิสูงขึ้นและทำให้เกิดการระเหยที่ผิวหน้าน้ำทะเล ส่งให้น้ำทะเลมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ทำให้มวลน้ำทะเลเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นมากไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และอุณหภูมิยังมีผลต่อการอยู่รอด และการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เช่น การเกิดปะการังฟอกขาวซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ เป็นต้น

3. ความกดอากาศ

ความกดอากาศ คือ น้ำหนักของมวลอากาศที่กดทับลงบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงจะทำให้ความกดอากาศสูงขึ้น กลับกันเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความกดอากาศจะลดต่ำลง ซึ่งความกดอากาศมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล เช่น หากความกด

อากาศต่ำลง 1 มิลลิเมตรปรอท จะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น 1 เซนติเมตร ซึ่งในขณะที่เกิดพายุรุนแรง ความกดอากาศจะต่ำมาก ทำให้น้ำทะเลยกตัวสูงขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าในบริเวณที่เกิดพายุไต้ฝุ่น หรือเฮอร์ริเคน มวลน้ำจะถูกยกตัวขึ้นมากกว่าระดับปกติ

4. ฝน

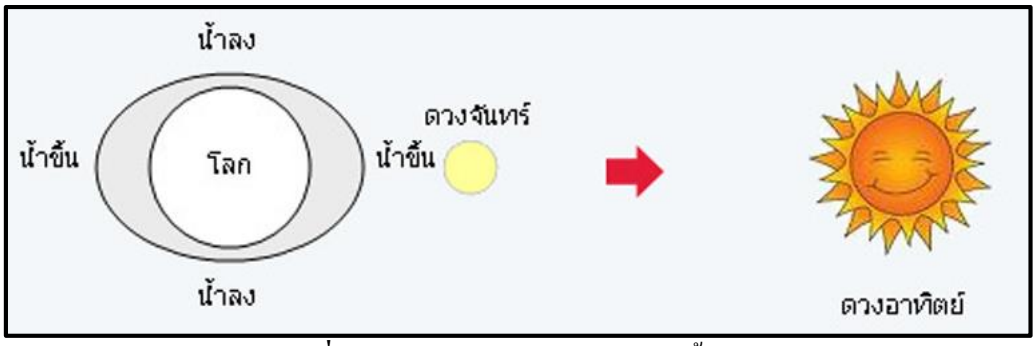
เมื่อความร้อนจากดวงอาทิตย์แผ่มายังผิวหน้าน้ำ ทำให้เกิดการระเหยของน้ำกลายเป็นไอน้ำลอยขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้ความชื้นในอากาศมากขึ้น และก่อตัวเป็นเมฆ เมื่อเมฆปะทะกับความเย็นก็จะกลั่นตัวเป็นฝนตกลงมา และเมื่อฝตกลงมาก็จะมีการชะล้างตะกอน พัดพาสารอาการต่างๆ ตลอดจนสารมลพิษลงสู่แม่น้ำ และไหลลงสู่ทะเลในที่สุด ส่งผลให้เกิดการทับถมของตะกอนบริเวณปากแม่น้ำ รวมทั้งสารอาหารต่างๆจากการชะล้างจากแผ่นดินกลายเป็นอาหารสำคัญของระบบห่วงโซ่อาหารชั้นต้นในทะเล และฝนที่ตกลงมาหรือไหลลงมาจากแม่น้ำสู่ทะเลก็ทำให้ความหนาแน่นของน้ำทะเลที่ผิวหน้าเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้การเคลื่อนตัวของมวลน้ำหรือกระแสน้ำ (สุวลักษณ์, 2555)

2.1.3.2 น้ำขึ้น – น้ำลง

น้ำขึ้น-น้ำลง คือ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดจากแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อโลก แต่ผลที่เกิดจากดวงจันทร์นั้นมีอิทธิพลมากกว่าดวงอาทิตย์ ถึงแม้ดวงอาทิตย์จะมีมวลมากกว่าดวงจันทร์ถึง 27 ล้านเท่า แต่ดวงอาทิตย์อยู่ห่างไกลจากโลกถึง 93 ล้านไมล์ ส่วนดวงจันทร์อยู่ห่างจากโลกเพียง 240,000 ไมล์ ดังนั้นแรงดึงดูดของดวงจันทร์จึงมีผลต่อโลกมากกว่าดวงอาทิตย์ (วิศิษฐ์, 2552)

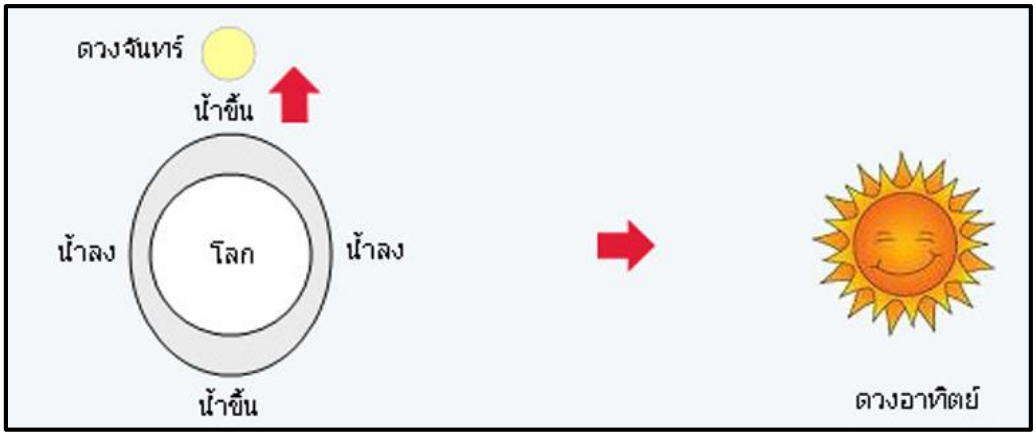
น้ำขึ้น-น้ำลง คือ ความแตกต่างกันระหว่างระดับน้ำในช่วงที่เกิดน้ำขึ้นและน้ำลง โดยเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่เกิดจากแรงหนีศูนย์กลางของโลก และแรงดึงดูดของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์ โลกด้านที่หันเข้าหาดวงจันทร์ แรงดึงดูดของดวงจันทร์จะมีแรงมากกว่าแรงหนีศูนย์กลางของโลก ทำให้น้ำถูกดึงเข้าหาดวงจันทร์ พื้นผิวของน้ำจึงนูนขึ้นมา เรียกว่า “น้ำขึ้น” ส่วนด้านตรงข้ามของอีกซีกโลก แรงหนีศูนย์กลางของโลกก็ทำให้น้ำนูนขึ้นมาเช่นกัน แต่จะมีระดับน้ำที่ต่ำกว่า เนื่องจากอยู่ไกลจากดวงจันทร์ทำให้ได้รับแรงดึงดูดจากดวงจันทร์น้อยกว่า

ในกรณีที่วงโคจรของ โลก ดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ วางตัวอยู่ในแนวเดียวกัน ตรงกับช่วงวันขึ้น 15 ค่ำ หรือแรม 15 ค่ำ ทำให้เกิดแรงดึงดูดมากขึ้น ส่งผลให้มวลน้ำถูกกระทำจากแรงดึงดูดมากขึ้น ทำให้ระดับน้ำสูงและต่ำกว่าปกติ เรียกว่า “น้ำเกิด” หรือ “น้ำเป็น” (Spring Tide) ดังแสดงในรูปที่ 2-4 และในทางกลับกันถ้าวงโคจรของดวงจันทร์และดวงอาทิตย์วางตัวในแนวตั้งฉากกัน ซึ่งตรงกับช่วงวันขึ้น 8 ค่ำ หรือแรม 8 ค่ำ ทำให้ระดับน้ำขึ้นและน้ำลงมีความแตกต่างกันไม่มาก เรียกว่า “น้ำตาย” (Neap Tide) (สุวลักษณ์, 2555) ดังแสดงในรูปที่ 2-5



รูปที่ 2-4 แสงดการเกิดปรากฏการณ์น้ำเกิด

(อ้างอิงจาก : http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=74272)



รูปที่ 2-5 แสงดการเกิดปรากฏการณ์น้ำตาย

(อ้างอิงจาก : http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=74272)

เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของชายฝั่งในแต่ละที่มีความแตกต่างกัน ทำให้ลักษณะของการเกิดน้ำขึ้น-น้ำลงในแต่ละบริเวณมีความแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งลักษณะของน้ำขึ้น-น้ำลงได้ 3 ลักษณะได้แก่

1. น้ำเดี่ยว (Diurnal Tide) คือ เกิดน้ำขึ้น-น้ำลงวันละ 1 ครั้ง
2. น้ำผสม (Mixed Tide) คือ เกิดน้ำขึ้น-น้ำลง สลับไปมาระหว่าง วันละ 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง ในช่วงที่มีน้ำเกิดและน้ำตาย โดยยอดความสูงของน้ำขึ้น-น้ำลง ทั้งสองครั้งไม่เท่ากัน
3. น้ำคู่ (Semi–diurnal Tide) คือ เกิดน้ำขึ้น-น้ำลงวันละ 2 ครั้ง

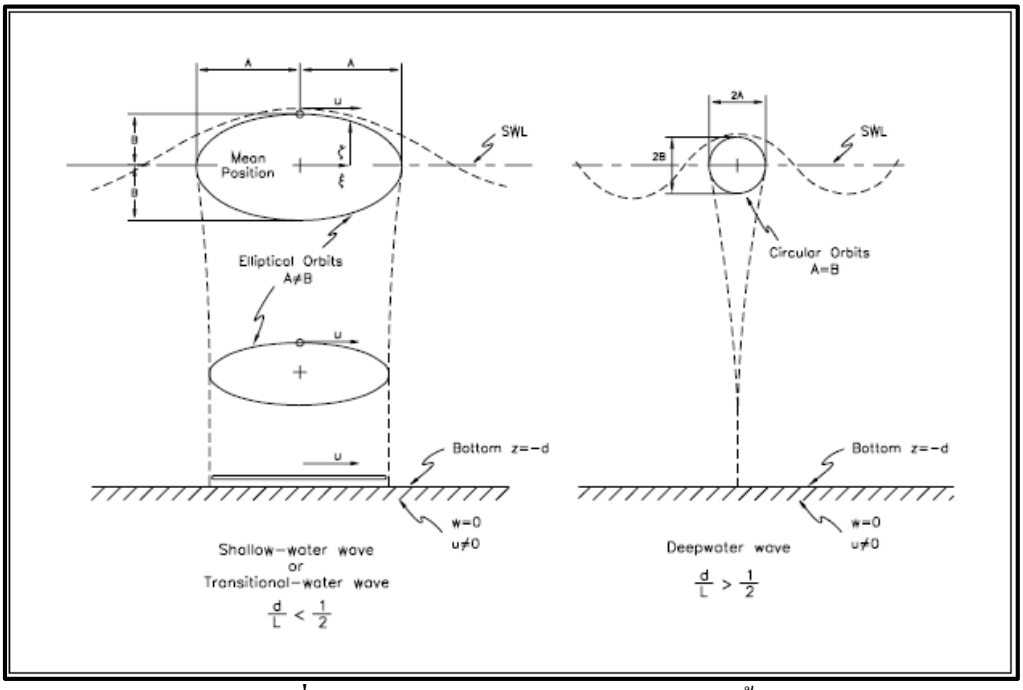
สำหรับในประเทศไทยพบลักษณะการเกิดคือ เกิดน้ำขึ้น-น้ำลง ครบทั้ง 3 ลักษณะแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ ซึ่งบริเวณอ่าวไทยมีการขึ้นลงของน้ำทะเล 2 ลักษณะ คือ น้ำเดี่ยว และน้ำผสม ส่วนทะเลฝั่งอันดามันเป็นแบบน้ำคู่ (สุวลักษณ์, 2555)

2.1.3.3 คลื่น

คลื่น คือ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหลายๆปัจจัย เช่น น้ำขึ้น-น้ำลง ลม และการระเบิดของภูเขาไฟใต้ทะเล (สุวลักษณ์, 2555)

คลื่นที่เกิดจากน้ำขึ้น-น้ำลง คลื่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในขณะที่เกิดน้ำขึ้นและน้ำลงภายในรอบวัน ส่งผลต่อความถี่ของการเกิดคลื่น ซึ่งจะมีระยะเวลายาวนานประมาณ 12 ชั่วโมง โดยมียอดคลื่นสูงสุดตรงกับเวลาที่น้ำขึ้นสูงสุด และท้องคลื่นจะตรงกับช่วงเวลาน้ำลงต่ำสุด ซึ่งเรียกคลื่นประเภทนี้ว่า คลื่นที่มีคาบการเกิดยาว (Long-period Waves) (French, 1997)

คลื่นที่เกิดจากลม ลมที่พัดอยู่บริเวณผิวหน้าน้ำทะเล ทำให้เกิดการถ่ายเทพลังงาน ระหว่างลมกับผิวหน้าน้ำทะเล มีผลให้มวลของน้ำที่ผิวหน้าน้ำทะเลหมุนเป็นวงกลมยกตัวขึ้นและเกิดเป็นคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 2-6 ที่บริเวณน้ำลึก การหมุนของอนุภาคน้ำจะมีลักษณะเป็นวงกลม แต่เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ไปบริเวณที่น้ำตื้นขึ้น อนุภาคน้ำจะหมุนเป็นวงรี รัศมีของการหมุนในแนวดิ่ง ณ ผิวน้ำ จะไม่เกินครึ่งหนึ่งของความสูงคลื่น รัศมีแนวดิ่งจะค่อยๆลดลงจนกลายเป็นศูนย์ ณ พื้นทะเล แต่อนุภาคก็ยังเคลื่อนที่ไปซ้ายและขวาอยู่ (เชิดวงศ์, 2555) ขนาดของคลื่นมีผลมาจากความแรงของลม ระยะเวลาที่ลมพัดที่มากระทำต่อผิวหน้าน้ำทะเล โดยค่าปกติของคาบคลื่นที่เกิดจากลมจะมีคาบคลื่นที่ไม่เกิน 20 วินาที (French, 1997)

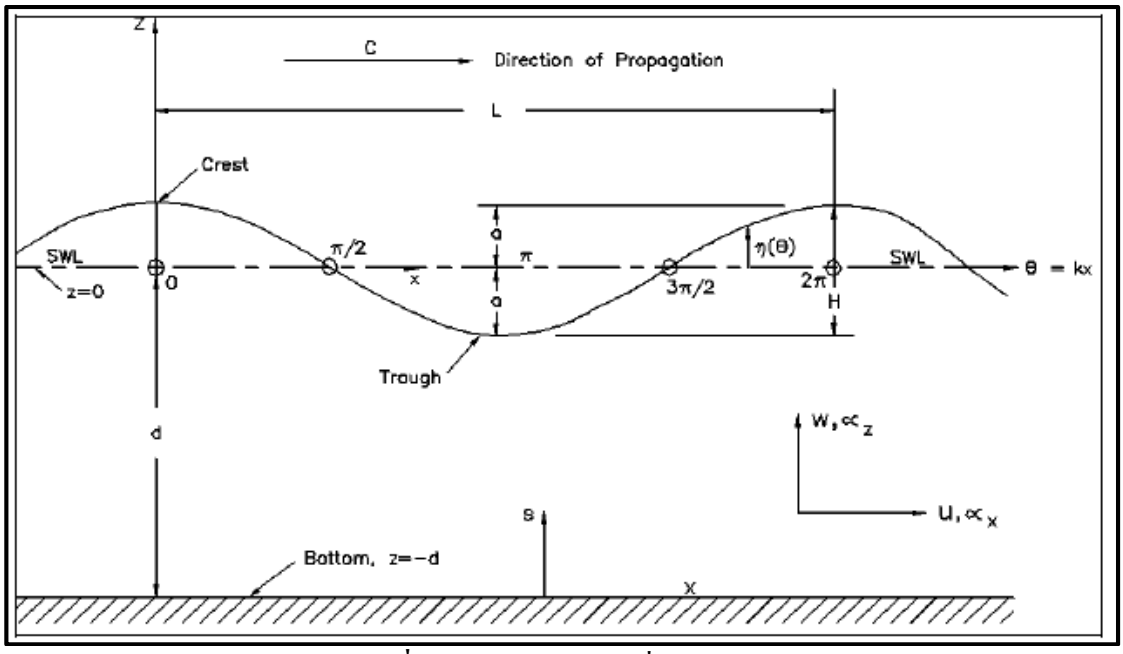


รูปที่ 2-6 แสดงวงของการหมุนของอนุภาคน้ำ

(อ้างอิงจาก : Coastal Engineering Manual, 2006)

คลื่นเป็นสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติในทะเล คลื่นสามารถกำเนิดได้จากลม แผ่นดินไหว หรือแม้แต่เรือที่แล่นยังสามารถก่อให้เกิดคลื่น บางครั้งเรายังถือว่าน้ำขึ้นน้ำลงก็เป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่มีคาบคลื่นหลายชั่วโมง แต่คลื่นที่เป็นที่สนใจของวิศวกรรมชายฝั่ง คือคลื่นที่เกิดจากลม หรือที่เรียกว่า Wind-generated wave หรือ gravity wave เพราะคลื่นประเภทนี้มีพลังงานคลื่นมากที่สุด Gravity wave มักมีความสูงไม่เกิน 10 เมตรและมีคาบคลื่นไม่เกิน 30 วินาที สาเหตุที่เราเรียกคลื่นจากลมว่า Gravity wave ก็เนื่องจากคลื่นประเภทนี้เกิดจากลมและแรงโน้มถ่วง ลมที่พัดเหนือน้ำจะพยายามยกผิวน้ำให้สูงขึ้น แต่ขณะเดียวกัน แรงโน้มถ่วงของโลกจะพยายามดึงผิวน้ำลงมา หากแรงลมสามารถเอาชนะแรงโน้มถ่วงได้ ความสูงคลื่นจะเพิ่มขึ้น และความสูงคลื่นจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าหนึ่ง ที่แรงลมและแรงโน้มถ่วงสมดุลกัน

คลื่นเหนือมหาสมุทรส่วนมากแล้วจะมีคาบคลื่นระหว่าง 3 ถึง 25 วินาที เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า Gravity waves การวิเคราะห์คลื่นมีความจำเป็นสำหรับทุกๆ โครงการที่ตั้งอยู่ใกล้ฝั่ง เนื่องจากคลื่นจะกำหนดแรงที่กระทำต่อโครงสร้าง อย่างไรก็ตามคลื่นทะเลในความเป็นจริงนั้นไม่มีสมการใดสามารถอธิบายได้อย่างแม่นยำ วิศวกรชายฝั่งจึงจำเป็นต้องกำหนดรูปแบบคลื่นอย่างง่ายเพื่อพยายามที่จะอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยเราจะกำหนดให้คลื่นมีลักษณะเป็นรูป Sine (เชิดวงศ์, 2555) ดังแสดงในรูปที่ 2-7



รูปที่ 2-7 แสดงลักษณะคลื่นรูป Sine

(อ้างอิงจาก : Coastal Engineering Manual, 2006**)**

2.1.3.4 กระแสน้ำชายฝั่ง

กระแสน้ำชายฝั่งเกิดขึ้นจากปัจจัยในหลายๆด้าน เช่น อาจจะเกิดมาจากลม การหลากจากแม่น้ำในฤดูฝน หรือน้ำขึ้นน้ำลง ส่งผลให้มวลน้ำเกิดการเคลื่อนที่ แต่กระแสน้ำชายฝั่งที่พบโดยทั่วๆไปและมีบทบาทสำคัญจะเกิดจากการแตกตัวของคลื่นที่เคลื่อนที่ทำมุมเอียงเข้าหาแนวชายฝั่ง ทำให้กระแสน้ำไหลเลียบชายฝั่ง และมีแรงกระทำจากคลื่น เป็นปัจจัยสำคัญในการพัดพาทรายให้เคลื่อนที่ไปตามแนวชายฝั่ง

กระแสน้ำชายฝั่งที่เกิดจากคลื่นและลม เป็นกระแสน้ำที่มีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่นและลม เมื่อคลื่นเคลื่อนตัวเข้าสู่ฝั่งทำให้เกิดกระแสน้ำเคลื่อนตัวเข้ามากระทบชายฝั่ง เรียกว่า กระแสน้ำตั้งฉากกับฝั่ง และเมื่อกระทบฝั่งแล้วจะทำให้กระแสน้ำเกิดการเบี่ยงเบนทิศทางออกไปด้านข้าง หรือขนานกับฝั่ง เรียกว่า กระแสน้ำขนานฝั่ง

กระแสน้ำที่เกิดจากน้ำขึ้น-น้ำลง ทำให้มวลน้ำเกิดการเคลื่อนที่ไปตามแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ ส่งผลให้เกิดกระแสน้ำขึ้นในบริเวณมหาสมุทรเปิด ความเร็วของกระแสน้ำจะมีค่าสูงสุดในช่วงที่เกิดน้ำขึ้นสูงสุดหรือน้ำลงต่ำสุด (French, 1997)

2.1.3.5 การเคลื่อนที่ของตะกอนทรายชายฝั่ง

ตะกอนจะถูกกระแสน้ำชายฝั่งพัดพาให้เคลื่อนที่ไปตามแนวชายฝั่ง โดยตะกอนที่ถูกพัดพาไปมีทั้งแบบตะกอนแขวนลอย หรือทรายละเอียด และตะกอนหนัก หรือทรายหยาบ และพบว่าทรายละเอียดจะเคลื่อนที่ในปริมาณมากและไปได้ไกลกว่าทรายที่หยาบ ด้วยเหตุนี้การจึงพบว่าตะกอนละเอียดถูกพบห่างไกลออกไปจากแหล่งกำเนิดของมัน เช่น ตะกอนจากแม่น้ำที่ไหลออกสู่ทะเล (เครือข่ายเฝ้าระวังรักษาชายหาด, 2556; Saville, 1950) อนุภาคของตะกอนที่ถูกพัดพาไปจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของกระแสน้ำ ขนาดของอนุภค รูปร่าง และแรงโน้มถ่วง ซึ่งอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะถูกพัดพาไปได้ไกลกว่าอนุภาคขนาดใหญ่ (นรินทร์, 2555)

2.2 สถานการณ์ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย

ปกติชายฝั่งทะเลมีการปรับสภาพสมดุลตามธรรมชาติ เป็นกระบวนการทางธรณีวิทยาอย่างหนึ่งที่ต้องเกิดขึ้นพร้อมๆ กับกระบวนการพัดพาจากที่เดิมที่กัดเซาะแล้วถูกนำไปสะสมในที่ใดที่หนึ่งในกระบวนการสะสม (ปกรณ์, 2552) ในฤดูกาลที่มีลมมรสุมพัดรุนแรงอาจมีการกัดเซาะ พัดพาตะกอนออกจากพื้นที่ แต่ในฤดูกาลต่อมาที่ปลอดมรสุมมีการนำตะกอนมาทับถมในอัตราที่เกือบเท่ากันหรือเท่ากับที่ได้นำออกไป ทำให้ชายฝั่งนั้นอยู่ในสภาพสมบูรณ์ได้ (สิน, 2550)แต่ในปัจจุบันพบว่าสภาพของพื้นที่ชายฝั่งทะเลในปัจจุบันได้ประสบปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอย่างรุนแรง ซึ่งมี

ความสลับซับซ้อนและสะสมเป็นระยะเวลานาน ก่อให้เกิดการสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งและทรัพย์สินของประชาชนเป็นอย่างมาก (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551) โดยเฉพาะประเทศไทยเนื่องจากการกัดเซาะชายฝั่งเป็นกระบวนการทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ชายฝั่งที่เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงจนพื้นที่ถอยร่นเข้าไปในทวีป จนต้องสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งจนจมลงในทะเลเป็นบริเวณกว้าง (ปกรณ์, 2552) ตลอด 30 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งทะเลจากการกัดเซาะของทะเลรวมแล้วประมาณหนึ่งแสนไร่หรือขนาดใกล้เคียงกับเกาะสมุย (ราชศักดิ์, 2552) การกัดเซาะชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย ทั้งทางด้านตะวันออกและตะวันตก พบว่าการกัดเซาะชายฝั่งทะเลเกิดขึ้นในทุกจังหวัดรอบอ่าวไทยโดยมีอัตราการกัดเซาะรุนแรงเฉลี่ยมากกว่า 5.0 เมตรต่อปี (ซึ่งจัดเป็นพื้นที่วิกฤติหรือพื้นที่เร่งด่วน) เกิดขึ้นในพื้นที่ชายฝั่ง 12 จังหวัด คือ จันทบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ระยะทางรวม 180.9 กิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 10.9 ของแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย นอกจากนี้ยังพบว่ามีการกัดเซาะระดับปานกลางอัตราเฉลี่ย 1.0 - 5.0 เมตรต่อปี ถือเป็นพื้นที่เสี่ยง ใน 14 จังหวัด คือ ตราด จันทบุรี ชลบุรี ระยอง สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส ระยะทางรวม 305.1 กิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 18.4 ของแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย และการกัดเซาะชายฝั่งทะเลด้านอันดามัน พบเกิดขึ้นน้อยกว่าชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยโดยมีการกัดเซาะรุนแรงในอัตราเฉลี่ยมากกว่า 5.0 เมตรต่อปี (พื้นที่วิกฤติหรือพื้นที่เร่งด่วน) ใน 5 จังหวัด คือ ระนอง ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล ระยะทางรวม 23.0 กิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 2.4 ของในทุกจังหวัด ระยะทางรวม 90.5 กิโลเมตร หรือประมาณร้อยละ 9.5 ของแนวชายฝั่งทะเลอันดามัน (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551)

จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 190 กิโลเมตร วางตัวในแนวเกือบทิศเหนือ-ใต้ ส่วนมากเป็นหาดที่ขนานกับแผ่นดิน และพื้นที่ชายฝั่งทะเลมีหลายชนิด ทั้งชายฝั่งหิน ชายฝั่งหน้าผา หาดทราย ลากูน พรุและที่ราบน้ำขึ้นถึงป่าชายเลน ผลการสำรวจการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าชายฝั่งมีการกัดเซาะรุนแรงเพียง 1 กิโลเมตรจากความยาวชายฝั่งทั้งจังหวัด 190 กิโลเมตรหรือประมาณ 0.5% พบที่ชายฝั่งบ้านหนองเก่า-บ้านหนองเสือ อ.ปราณบุรี สำหรับบริเวณชายฝั่งที่มีการกัดเซาะปานกลางด้วยอัตรา 1-5 เมตร/ปี ยาวรวม 41.5 กิโลเมตร คิดเป็น 21.8% ของพื้นที่ชายฝั่งทั้งหมด พบบริเวณชายฝั่งบ้านบ่อฝ้าย-บ้านหัวหิน บ้านเสาธง-บ้านเขาตะเกียบ บ้านเขาเต่า อ.หัวหิน ชายฝั่งปากน้ำปราณ-บ้านหนองเก่า บ้านหนองเสือ-บ้านปรือใหญ่ อ.ปราณบุรี ชายฝั่งบ้านคุ้งโตนด ชายฝั่งหน้าเขาแดงหรือหาดดอนต้นสน อ.สามร้อยยอด ชายฝั่งเขาขวาง-บ้านปากคลองเกลียว อ.กุยบุรี ชายฝั่งบ้านทุ่งมะเม่า ชายฝั่งบ้านหาดเสด็จ-บ้านคั่น

บันได ชายฝั่งอ่าวประจวบฯ ตอนใต้ ชายฝั่งหาดมะค่า-หาดวนกร อ.เมือง ชายฝั่งบ้านโคกตาหอม และบ้านทางสาย ชายฝั่งบ้านช่องช้างและบ้านท่ามะนาว อ่าวบางสะพาน ชายฝั่งบ้านฝั่งแดง อ.บางสะพาน ส่วนชายฝั่งที่มีการสะสมตัวความยาวประมาณ 7.5 กิโลเมตร หรือประมาณ 3.9% พบได้ในบริเวณชายฝั่งหาดปราณบุรี ชายฝั่งเขากะโหลก อ.ปราณบุรี อ่าวประจวบคีรีขันธ์ อ.เมือง ชายฝั่งบ้านทางสาย อ.บางสะพานส่วนที่เหลืออีก 73.8% เป็นชายฝั่งคงสภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลมีทั้งการกัดเซาะและสะสมตัว จะเห็นได้ว่าชายฝั่งที่มีการกัดเซาะของจังหวัดทั้ง 41.5 กิโลเมตร ล้วนเป็นพื้นที่ชายฝั่งที่มีความสำคัญ ส่วนมากเป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งเศรษฐกิจ ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะมีพื้นที่ชายฝั่งที่มีการกัดเซาะเพิ่มสูงขึ้น (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

2.2.1 สาเหตุการกัดเซาะชายฝั่งทะเลของประเทศไทย

สาเหตุของการกัดเซาะชายฝั่งนั้นมีอยู่มากกมาย ทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ (ราชศักดิ์, 2552) ความเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินชายฝั่งทะเลและเกิดการขยายตัวด้านโครงสร้างพื้นฐาน อาทิ โครงการถมทะเลเพื่อพัฒนาพื้นที่เป็นแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นแหล่งท่องเที่ยว การแปรสภาพป่าชายเลนมาเป็นนากุ้งหรือนาเกลือ การสร้างบ้านพักอาศัย การสร้างท่าเทียบเรือ ต่าง ๆ ซึ่งล้วนแต่ทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศตามธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม บริเวณชายฝั่ง (กรมเจ้าท่า, 2548) ปกติการเปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะคงไว้ซึ่งระบบสมดุลของชายฝั่งเป็นเรื่องปกติที่เกิดเป็นประจำ แต่เมื่อไรที่การเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นแล้วไม่คืนกลับสู่สภาพเดิมตามธรรมชาติ ชายฝั่งบริเวณนั้นจัดเป็นชายฝั่งที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ชายฝั่งที่ตะกอนถูกพัดพาออกไปและไม่มีตะกอนมาเติมเต็มอีกกลายเป็นชายฝั่งถูกกัดเซาะ ซึ่งมีอยู่หลายพื้นที่ทั้งทางด้านอ่าวไทยและทางด้านทะเลอันดามัน การกัดเซาะชายฝั่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่ชายฝั่งมากที่สุด (สิน, 2550)

2.2.1.1 การใช้ประโยชน์พื้นที่ชายฝั่งอย่างไม่เหมาะสมหรือผิดประเภท ระบบนิเวศทางธรรมชาติกลายเป็นพื้นที่ชุมชน ที่อยู่อาศัย พื้นที่พาณิชยกรรมและพื้นที่พัฒนาทางเศรษฐกิจของท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลนเป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งเป็น ส่งผลให้เกิดการสูญเสียดุลยภาพตามธรรมชาติของชายฝั่งทะเลและทำให้เกิดการกัดเซาะได้มากขึ้น

2.2.1.2 การขาดปริมาณตะกอนสะสมตัวตามแนวชายฝั่งทะเล ตะกอนที่ถูกพัดพามากับแม่น้ำใหญ่หลายสายจะถูกกักเก็บไว้เหนือเขื่อนหลายๆแห่ง ทำให้ปริมาณตะกอนที่จะมาสะสมตัวตามแนวชายฝั่งทะเลลดลง ทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งมากขึ้น

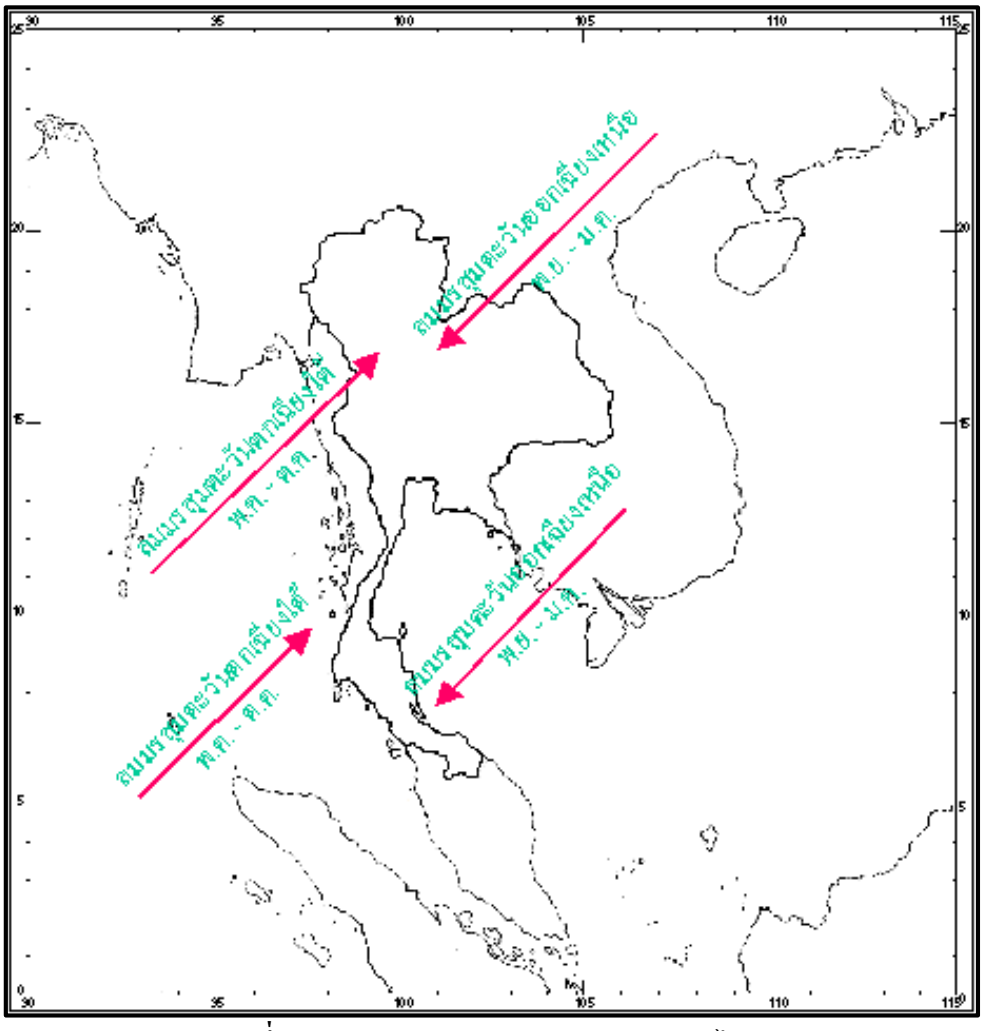
2.2.1.3 การพัฒนาพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล การพัฒนานิคมอุตสหากรรมด้านอ่าวไทย โดยทำการถมทะเลและสร้างสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ในทะเล ซึ่งกีดขวางกระบวนการเคลื่อนตัวของมวลทรายชายฝั่งทะเล การดูดน้ำบาดาลมาใช้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ชายฝั่งทะเลเกิดปัญหาแผ่นดินทรุด และมักมีปัญหาการกัดเซาะแนวชายฝั่งทะเล

2.2.1.4 กระบวนการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลตามธรรมชาติ อันเกิดจากอิทธิพลของคลื่นกระแสน้ำ น้ำขึ้น-น้ำลง ลมและพายุ เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการพัดพาและเคลื่อนที่ของตะกอนตามแนวชายฝั่งทะเล ก็ส่งผลต่อการกัดเซาะแนวชายฝั่งทะเลได้เหมือนกัน ตัวอย่าง เช่น

ลมมรสุม (Monsoon) เป็นการหมุนเวียนส่วนหนึ่งของลมที่พัดตามฤดูกาล คือลมประจำฤดู เป็นลมแน่ทิศและสม่ำเสมอ สาเหตุใหญ่ๆ เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของพื้นดิน และพื้นน้ำในฤดูหนาวอุณหภูมิของพื้นดินเย็นกว่า อุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทร อากาศเหนือพื้นน้ำจึงมีอุณหภูมิสูงกว่า และลอยตัวขึ้นสู่เบื้องบน อากาศเหนือทวีปซึ่งเย็นกว่าไหลไปแทนที่ ทำให้เกิดเป็นลมพัดออกจากทวีป พอถึงฤดูร้อนอุณหภูมิของดินภาคพื้นทวีปร้อนกว่าน้ำในมหาสมุทร เป็นเหตุให้เกิดลมพัดในทิศทางตรงข้าม ลมมรสุมที่มีกำลังแรงจัดที่สุดได้แก่ ลมมรสุมที่เกิดในบริเวณภาคใต้ และภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ประเทศไทยอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด ดังแสดงในรูปที่ 2-8

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมประเทศไทย ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม โดยมีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูง ในซีกโลกใต้บริเวณมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งพัดออกจากศูนย์กลางเป็นลมตะวันออกเฉียงใต้ และเปลี่ยนเป็นลมตะวันตกเฉียงใต้เมื่อพัดข้ามเส้นศูนย์สูตร มรสุมนี้จะนำมวลอากาศชื้นจากมหาสมุทรอินเดียมาสู่ประเทศไทย ทำให้มีเมฆมากและฝนชุกทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณชายฝั่งทะเล และเทือกเขาด้านรับลมจะมีฝนมากกว่าบริเวณอื่น

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ หลังจากหมดอิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้ว ประมาณกลางเดือนตุลาคม จะมีมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ มรสุมนี้มีแหล่งกำเนิดจากบริเวณความกดอากาศสูงบนซีกโลกเหนือแถบประเทศมองโกเลียและจีน จึงพัดพาเอามวลอากาศเย็น และแห้งจากแหล่งกำเนิดเข้ามาปกคลุมประเทศไทย ทำให้ท้องฟ้าโปร่ง อากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป โดยเฉพาะภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนภาคใต้จะมีฝนชุกโดยเฉพาะภาคใต้ฝั่งตะวันออก เนื่องจากมรสุมนี้นำความชุ่มชื้นจากอ่าวไทยเข้ามาปกคลุม การเริ่มต้นและสิ้นสุดมรสุมทั้งสองชนิดอาจผันแปรไปจากปกติได้ในแต่ละปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

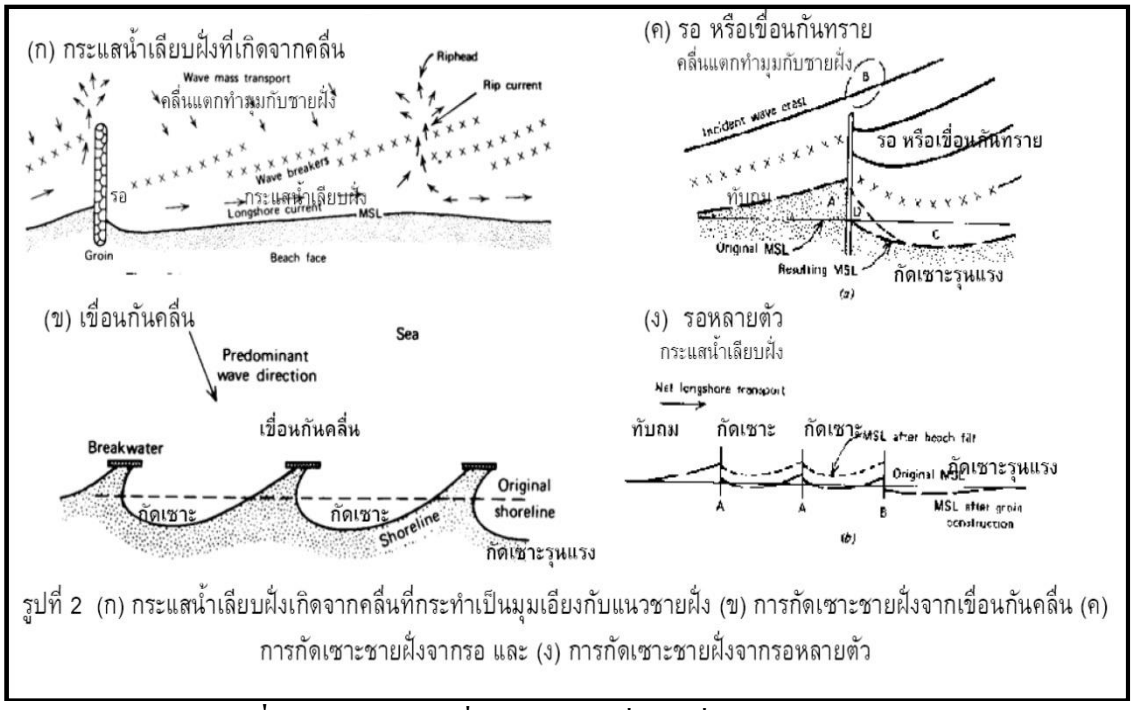


รูปที่ 2-8 แสดงทิศทางลมมรสุมของประเทศไทย

(อ้างอิงจาก : กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550)

2.2.1.5 การขาดระบบข้อมูลพื้นฐาน ข้อมูลที่จำเป็นต่อการติดตามตรวจสอบ และประเมินสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่บริเวณชายฝั่งของไทยยังขาดระบบการจัดเก็บและรวบรวมที่มีความต่อเนื่องและทันสมัย เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลโดยเฉพาะข้อมูลของลมและคลื่นในทะเล จึงต้องมีการใช้ข้อมูลลมที่วัดได้จากสถานีบนฝั่งมาปรับเทียบให้ถูกต้องตรงกับข้อมูลลมในทะเลแทน ซึ่งปัจจุบันมีการตรวจวัดอยู่บ้างเพียงบางบริเวณ จากนั้นจึงคำนวณหาความสูง คาบเวลา และทิศทางของคลื่นในทะเลเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการศึกษาและทำการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการประเมินและติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลในทั้งระยะสั้นและระยะยาว (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551)

2.2.1.6 การกัดเซาะของชายฝั่งจากสิ่งก่อสร้างริมทะเล เมื่อคลื่นเคลื่อนเข้าหาฝั่งจะเกิดกระแสน้ำที่ไหลเลียบไปตามแนวชายหาดซึ่งจะพัดพาทรายให้เคลื่อนที่ไปด้วย ถ้ามีสิ่งก่อสร้างกีดขวางกระแสน้ำ ทรายก็จะตกทับถมที่โครงสร้างนั้น ขณะที่อีกด้านหนึ่งที่ไม่มีทรายไปหล่อเลี้ยงก็จะเกิดการเสียสมดุลและถูกกัดเซาะอย่างรุนแรง (สมบูรณ์, 2553) ดังแสดงในรูปที่ 2-9 โดยทั่วไปแล้วตะกอนทรายจะเดินทางจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ และจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้หมุนเวียนอย่างต่อเนื่องโดยมีลมมรสุมและกระแสน้ำชายฝั่ง (longshore current) แต่ถ้ามีโครงสร้างที่รุกล้ำลงไปในทะเลเป็นตัวรบกวนสมดุลตะกอนอย่างรุนแรง (ราชศักดิ์, 2552) คลื่นเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ และการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่ง ซึ่งทำให้ชายฝั่งทะเลเปลี่ยนแปลงไปในรูปของการกัดเซาะหรือการทับถม การเคลื่อนไหวของอนุภาคน้ำและตะกอนบริเวณพื้นท้องทะเล มีอัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนในแต่ละทิศทาง (gross transport) ไม่เท่ากัน โดยถูกพัดพาไปมาโดยคลื่นและกระแสน้ำและส่วนหนึ่งของตะกอนจะมีการเคลื่อนตัวสุทธิ (net transport) ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งตามแนวชายฝั่งทะเลขนานชายฝั่ง (longshore transport) และการเคลื่อนตัวเข้า-ออกจากชายฝั่ง (onshore-offshore transport) (อิศราพร, 2544)



รูปที่ 2 (ก) กระแสน้ำเลียบฝั่งเกิดจากคลื่นที่กระทำเป็นมุมเอียงกับแนวชายฝั่ง (ข) การกัดเซาะชายฝั่งจากเขื่อนกันคลื่น (ค) การกัดเซาะชายฝั่งจากรอ และ (ง) การกัดเซาะชายฝั่งจากรอหลายตัว

รูปที่ 2-9 แสดงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจากสิ่งก่อสร้างริมทะเล

(อ้างอิงจาก : สมบูรณ์, 2553)

ผลการศึกษาการพังทะลายของชายหาดภาคใต้จากสิ่งก่อสร้างริมทะเล ผลการศึกษาพบว่าชายฝั่งภาคใต้ตั้งแต่ จ.นราธิวาสขึ้นไปจนถึง อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช ตะกอนทรายมีการเคลื่อนที่สุทธิไปในทิศทางเหนือ ดังสังเกตได้จากทิศทางการงอกของสันทรายปากแม่น้ำต่างๆ เช่น ที่แหลมตะลุมพุก ปากทะเลสาบสงขลา ปากคลองสะกอม การสร้างคันดักทรายหรือรอที่ปากคลองพังกาด อ.ปากพนัง ทำให้ทรายมาทับถมทางทิศใต้ของตัวรอ ขณะเดียวกันก็เกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรงทางทิศเหนือ และลุกลามไปจนถึงแหลมตะลุมพุก เขื่อนกันคลื่นเป็นตัวการทำให้การพังทลายของชายฝั่งรุนแรง นั่นเป็นเพราะไปเปลี่ยนทิศทางของคลื่นและทรายไม่สามารถเคลื่อนที่ไปหล่อเลี้ยงชายฝั่งในบริเวณถัดไปได้ เช่น บริเวณบ้านนาทับ บ้านเก้าเส้ง หาดแก้ว กล่าวได้ว่าการพังทลายของชายฝั่งภาคใต้อยู่ในภาวะวิกฤติ กำแพงตลิ่งไม่เป็นผลดีกับชายฝั่ง เพราะแรงปะทะทำให้เกิดเป็นละอองไอน้ำเค็มฟุ้งกระจายไปทำลายอาคารบ้านเรือนและพืชพรรณ เช่น บริเวณปากคลองระบายน้ำชะอวด-แพรกเมือง อ.หัวไทร ชายฝั่งบ้านหน้าสตนที่อยู่ทางทิศเหนือก็ถูกกัดเซาะอย่างรวดเร็ว จึงมีการสร้างกำแพงตลิ่งขึ้นซึ่งทำให้ชายหาดหายไปในเวลาอันสั้น และกำแพงเองก็ทรุดตัวแตกร้าวเช่นกัน (สมบูรณ์, 2553) การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นแม่น้ำ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการพังทลายของชายฝั่งะเลเนื่องจากตะกอนที่จะมาทับถมมีปริมาณน้อยลง เพราะตะกอนถูกกักไว้ที่เขื่อนหรือฝาย การสร้างกำแพงกันคลื่น (seawall) เขื่อนดักตะกอน (groin) เขื่อนหินทิ้ง (revetment) และแนวหินทิ้ง (riprap) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ใกล้เคียงได้ เพราะตะกอนที่เคยพัดมาสะสมถูกกัดและตกตะกอนอยู่ที่เขื่อนดักตะกอน และยังทำให้ความลาดชันของชายหาดสูงขึ้นซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งมากขึ้น การก่อสร้างกำแพงปากแม่น้ำ (jetty) ทำให้ตะกอนถูกส่งไปไกลจากบริเวณชายฝั่งมากกว่าปกติ ทำให้ตะกอนสูญเสียออกไปจากระบบ ส่งผลให้ตะกอนที่ตกทับถมบริเวณชายหาดมีน้อยลง การก่อสร้างท่าเทียบเรือบริเวณชายฝั่ง ทำให้เกิดร่องน้ำลึกที่ขวางกั้นการไหลของตะกอนบริเวณชายฝั่ง เป็นสิ่งกีดขวางการพัดพาของกระแสน้ำและตะกอนบริเวณชายฝั่ง และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของทิศทางคลื่นอีกด้วย (ปกรณ์ สุวานิช. 2552.) การก่อสร้างท่าเทียบเรือหรือ เขื่อนกันทรายปากแม่น้ำ ดูผิวเผินเหมือนเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า เพราะชาวประมงสามารถออกทะเลได้ตลอดทั้งปีไม่ต้องกังวลกับสันดอนและปากแม่น้ำตื้นเขิน มีแหล่งจอดพักเรือในฤดูมรสุม และทางการไม่ต้องเสียงบประมาณในการขุดลอกปากแม่น้ำบ่อยๆ แต่โครงสร้างที่ยื่นออกไปในทะเลทั้งหลาย กลับเป็นตัวดักตะกอน และส่งผลต่อชายหาดถัดไปทำให้ได้รับตะกอนน้อยลง ชายหาดจึงถูกกัดเซาะลึกเข้าไปเรื่อยๆจนถึงจุดสร้างความเดือดร้อน จึงทำให้ทางการท้องถิ่นจึงแก้ปัญหาเร่งด่วนโดยการก่อสร้างเขื่อนหินทิ้งกันคลื่น (breakwater) รอดักทราย (groin) กำแพงกันคลื่น (seawall) ไส้กรอกทราย (sand sausage) และโครงสร้างทางวิศวกรรมอีกมากมาย เป็นต้น เพื่อป้องกันความเสียหายจากการถูกคลื่นกัดเซาะในท้องถิ่น แต่ดูเหมือนว่ายิ่งแก้ไข

เหมือนเป็นการซ้ำเติม และนั่นคือการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่ปลายเหตุ และไม่ต่างอะไรกับตัวโดมิโนที่ล้มกันต่อไปไม่รู้จบ เพราะการป้องกันในที่หนึ่งจะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปเรื่อยๆตลอดแนวชายฝั่ง (ราชศักดิ์, 2552)

2.3 เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศกับงานวิจัยทางด้านชายฝั่งทะเล

เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-Informatics) เป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ในการรวบรวมข้อมูล กรรมวิธีข้อมูล การวิเคราะห์ การแปลตีความหมาย การประมวลผล การเผยแพร่ และการใช้ข่าวสารภูมิศาสตร์ เพื่อให้เราสามารถสร้างภาพ และเข้าใจ*ข้อมูลเชิงพื้นที่*ของโลก(geospatial data) ที่เราอาศัยอยู่ได้เป็นอย่างดี ทำให้ได้ข่าวสารที่ถูกต้อง และทันสมัย สามารถใช้ประกอบและสนับสนุนการตัดสินใจเกี่ยว กับการจัดการ บริหารด้านสาธารณะ และด้านการบริการเชิงธุรกิจต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สุรชัย, 2555) โดยการบูรณาการความรู้และเทคโนโลยีทางด้านการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) เป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ทันสมัยต่อเหตุการณ์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อใช้ในการจัดการฐานข้อมูล และระบบกำหนดตำแหน่งโลก (GPS) เพื่อหาตาแหน่งที่ถูกต้องบนพื้นโลก เพื่อประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เกษตร ผังเมือง การจราจรและการขนส่ง ความมั่นคงทางการทหาร ภัยธรรมชาติ เป็นต้น ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศสามารถนำมาประกอบการวางแผนการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2552)

ข้อมูลจากดาวเทียมมีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในการนำไปใช้ในการศึกษาด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง การแพร่กระจายของตะกอนในทะเล คุณภาพหน้าบริเวณชายฝั่ง การติดตามและประเมินพื้นที่เพาะเลี้ยงชายฝั่ง พื้นที่นาเกลือ รวมทั้งอุณหภูมิพื้นผิวทะเล ซึ่งให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ทางการประมงและการเดินเรือเป็นอย่างยิ่ง ส่วนทรัพยากรธรรมชาติตามชายฝั่งและในทะเล เช่น หินปะการัง,ไม้ป่าชายเลน,ปริมาณคลอโรฟิลด์, การทับถมเป็นตะกอนนั้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการหาทำเลที่เหมาะสมในการพัฒนาให้เป็นท่าเรือ หรือสถานที่สำหรับการท่องเที่ยว หรือด้านการประมง ภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง สามารถแยกแยะพื้นที่ที่มีลักษณะต่างๆ เช่น พื้นที่เสื่อมโทรม สามารถใช้ในการวางแผนเพื่อฟื้นฟู การพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวได้ รวมทั้งการตรวจตราพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางน้ำ สามารถตรวจตราปัญหามลพิษหรือสารเคมีที่ปนเปื้อนทั้งในอากาศและบนพื้นผิวน้ำ ซึ่งดาวเทียมจะโคจรเป็นประจำทุกวัน ทำให้การแก้ปัญหาทาได้อย่างทันท่วงที (สุรชัย, 2555) การศึกษาการปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ในปี พ.ศ.

2549 ถึง 2550 ในการศึกษาได้ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-5 และจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนข้อมูลทางสมุทรศาสตร์และอุตุนิยมวิทยา เพื่อศึกษาพื้นที่ที่เกิด การเปลี่ยนแปลงในช่วงก่อนและหลัง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2551) การศึกษาหาอัตราการกัดเซาะและสาเหตุ และมาตราการป้องกันการสูญเสียชายฝั่ง โดยเส้นชายฝั่งที่ใช้ศึกษา จากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพดาวเทียม บริเวณที่ศึกษา คือ ปากแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำเพชรบุรี ตลอดแนวชายฝั่งจังหวัดสมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ และบริเวณชายฝั่งภาคใต้ที่ปากทางเข้าทะเลสาบสงขลา แหลมตาชี จังหวัดปัตตานี และปากแม่น้ำบางนราและโกลก จังหวัดนราธิวาส จากการศึกษาพบว่า ชายฝั่งใหญ่ถูกกัดเซาะในอัตราที่น่าเป็นห่วง (สุภัทท์, 2532) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการกัดเซาะชายฝั่งกับปัจจัยทางด้านอุทกศาสตร์ – อุตุนิยมวิทยา บริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิ และใช้ข้อมูลภาพดาวเทียม LANDSAT-5TM เพื่อหาอัตราการกัดเซาะของชายฝั่ง โดยกระบวนการทางระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (นพพล, 2551) การใช้ GIS ในการรวมพื้นที่ตามช่วงเวลา และการแสดงผลความละเอียดสูงอาจตอบสนองความต้องการจากผู้มีอำนาจตัดสินใจ สำหรับการจัดการเขตชายฝั่งทะเลที่มีประสิทธิภาพที่ดี และการทำนายอัตราการกัดเซาะเนื่องจากการบุกรุกที่ดินของน้ำทะเล (Brown et al, 2006)

2.4 แบบจำลองคณิตศาสตร์ (LITPACK) กับงานวิจัยทางด้านชายฝั่งทะเล

แบบจำลอง LITPACK เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ ถูกพัฒนาขึ้นโดย Danish Hydraulic Institute (DHI) ประเทศเดนมาร์ก ที่ใช้อธิบายกระบวนการหลักๆ ในพื้นที่ใกล้ชายฝั่ง โดย LITPACK ได้รวมแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับ การเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง และการพัฒนาชายฝั่ง รวมอยู่ใน LITPACK เพื่อความหลากหลาย ของการประยุกต์การจัดการวิศวกรรมชายฝั่ง เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง เพื่อการออกแบบส่งเสริมการจัดการยุทธ์ศาสตร์ในการบริหารชายฝั่ง ไม่ว่าจะเป็นส่วนท้องถิ่นหรือระดับภูมิภาค ใช้เทคนิคการประเมินการเคลื่อนที่ของตะกอนที่มีความถูกต้องด้วยเครื่องมือที่เข้าใจง่าย เพื่อคำนวณในหลากหลายรูปแบบของคลื่นและกระแสน้ำ ก่อให้เกิดผลการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ของตะกอนทรายตามแนวชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงสัณฐานชายฝั่ง และแนวชายฝั่งในระยะยาว ใช้หน้าต่างการจัดการกับข้อมูลนำเข้าและผลการคำนวณ ซึ่งจะมีเครื่องมือเฉพาะสำหรับการเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง โดยแบบจำลองใช้หลักการคำนวณ Continuity equation ซึ่งอยู่บนระบบแกน X และ Y หากปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าระบบเท่ากันกับปริมาณตะกอนที่ไหลออก ก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในทางกลับกัน หาก

ตะกอนที่ไหลเข้าระบบน้อยกว่าตะกอนที่ไหลออก ก็จะก่อให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง ดังสมการในการคำนวณการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

2.4.1 สมการที่การเคลื่อนที่ของตะกอน (LITDRIFT)

$$\tau_b - \frac{d}{dy}\left[\rho E D \frac{du}{dy}\right] = -\frac{ds_{xy}}{dy} + \tau_w + \tau_{cur}$$ .....สมการที่ (1)

เมื่อ τ_b = การเคลื่อนที่ของตะกอน

ρ = ความหนาแน่นของน้ำ

E = ค่าสัมประสิทธิ์ของการตกตะกอน

D = ความลึก

u = ความเร็วคลื่น

y = ตำแหน่งใดๆ (หรือ Grid point)

s_{xy} = ขนาดของตะกอน

τ_w = ทิศทางลม

τ_{cur} = ทิศทางคลื่น

2.4.2 สมการแนวโน้มทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งในระยะยาว

$$dQ(X) = \frac{dQ}{d\theta}(x, \theta 0)$$ .....สมการที่ (2)

เมื่อ Q = อัตราการเคลื่อนที่ระหว่าง Xi และ Xi+1

dQ = การเปลี่ยนแปลงของอัตราการเคลื่อนที่ที่สัมพันธ์กับการวางตัวของชายฝั่ง

θ = มุมของการวางตัวของชายฝั่งกับเส้นฐาน

2.4.3 สมการการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (LITLINE)

$$\frac{\partial y_c(x)}{\partial t} = -\frac{1}{h_{act}(x)}\frac{\partial Q(x)}{\partial x} + \frac{Q_{sou}(x)}{h_{act}(x)\Delta x}$$ .....สมการที่ (3)

เมื่อ $y_c(x)$ = ระยะเส้นขอบฝั่งที่วัดจากเส้น Baseline

t = เวลา

$h_{act}(x)$ = ความสูงของรูปตัด Profile หาด ตะกอนเกิดการเคลื่อนที่

$Q(x)$ = อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอน ที่เปลี่ยนแปลงไปตามกริด x

x = ตำแหน่งใดๆ (หรือ Grid point)

Δx = ความกว้างของแต่ละ Grid point

Q_{sou} = ปริมาณตะกอนที่เพิ่มเข้าสู่ระบบนอกเหนือจากการเคลื่อนที่ของตะกอนตามธรรมชาติ (DHI, 2008)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาชายหาดในช่วงฤดูมรสุมและการพัฒนาขีดความสามารถที่มีต่อการทำนาย เป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเขตชายฝั่งทะเล การศึกษาการพังทลายของชายหาด กระบวนการการเพิ่มในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยซอฟต์แวร์ LITPACK ของ DHI เพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานวิทยาชายหาด โดยการปรับตัวของพารามิเตอร์การสอบเทียบ และใช้วิธีทางสถิติร่วมกัน พบการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดชายหาดถูกคำนวณ โดยใช้แบบจำลองแสดงให้เห็นการกัดเซาะที่รุนแรงบริเวณหน้าหาดควบคู่กับการสะสมในบริเวณที่เป็นสันทราย (Shamji et al, 2010) LITPACK เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ในแพคเกจซอฟต์แวร์ MIKE พัฒนาโดย Danish Hydraulic Institute (DHI) สำหรับการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอนที่ในกระแสคลื่น (LITDRIFT) และเป็นเครื่องมือที่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในอนาคต ที่มีผลมาจากการสร้างระบบป้องกันชายฝั่ง (LITLINE) เช่น เขื่อนกันคลื่น และรอดักทรายเป็นต้น บริเวณที่ศึกษาคือ Cat Hai Island ประเทศเวียดนาม ซึ่งทำการวิเคราะห์สภาพอุทกพลศาสตร์ และอุตุนิยมวิทยา พบว่าผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมต่อการใช้เป็นมาตราการป้องกันและแก้ไขต่อไป (Thach et al, 2007) การศึกษาสิ่งแวดล้อมและวิศกรรมชายฝั่งต่อการจัดการท่าเทียบเรือที่มีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่ง โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ LITPACK ร่วมกับ ภาพถ่ายทางอากาศ มาประยุกต์ร่วมกันเพื่อทำนายตำแหน่งของแนวชายฝั่งในอนาคตในบริเวณที่ศึกษา คือ ท่าเทียบเรือมาบตาพุด ซึ่งบริเวณท่าเทียบเรือมีสถานที่พักผ่อนหย่อนใจ และชุมชนตั้งอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียง (Saengsupavanich et al, 2008) การบูรณาการเพื่อรับมือกับปัญหาการกัดเซาะโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ LITPACK ตามแนวชายฝั่งทะเล

จังหวัดนครศรีธรรมราช ชี้ให้เห็นว่าแนวชายหาดถูกกัดเซาะ 5 เมตร ต่อปี ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความล้มเหลวของวิธีการต่างที่ใช้เพื่อลดการกัดเซาะในอดีต (Saengsupavanich et al, 2009) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง Ennore ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดีย ที่ได้รับอิทธิพลจากการสร้างท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่น โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ LITPACK ในการคำนวณอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่ามีการสูญเสียตะกอนสุทธิมากกว่าการทับถมสองเท่าในพื้นที่ศึกษา ซึ่งทำให้เกิดกัดเซาะแนวชายฝั่งข้างๆท่าเทียบเรืออย่างรุนแรง และพบว่าผลของแบบจำลองเป็นที่น่าพอใจ (Ranga et al, 2009) การศึกษาลักษณะและปริมาณการเคลื่อนที่ของมวลทราย รวมทั้งการตกตะกอนทับถมและการพังทลายของชายฝั่งจังหวัดชลบุรี โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินการเคลื่อนที่ของมวลทรายในทิศทางขนานชายฝั่ง พบว่าอัตราการพังทลายสูงสุดไม่เกิน -3 เมตรต่อปี และอัตราการทับถมสูงสุดไม่มากกว่า 3 เมตรต่อปี พิจารณาได้ว่ามีค่าต่ำ พื้นที่ชายฝั่งในจังหวัดชลบุรีจึงเป็นพื้นที่ที่ไม่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาพธรรมชาติ อย่างไรก็ตามเมื่อมีการถมทะเลและการสร้างท่าเทียบเรือขึ้น ชายฝั่งบริเวณใกล้เคียง จะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นด้วย (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, 2538) การศึกษาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งรอบอ่าวปัตตานี โดยการสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ แทนแนวชายฝั่งรอบอ่าวปัตตานี ตั้งแต่ปี ค.ศ.1988 ถึง ค.ศ.1995 นำไปสร้างแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งด้วยฟังก์ชันสปายน์ (spline function) เพื่อหาสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันที่กำหนดไปพยากรณ์ ผลการศึกษาทำให้ได้รูปแบบจำลองในอนาคตคาดว่าถ้าสภาพการณ์การเปลี่ยนแปลงเป็นในลักษณะเช่นนี้ อ่าวอาจจะปิดได้ในช่วง 24 ปีข้างหน้า (คณิต, 2541) ทำการศึกษาการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง ตั้งแต่บ้านตันหยงเปาว์ ถึงบ้านบางตาวา จังหวัดปัตตานี โดยแบบจำลอง GENESIS ผลการศึกษาพบว่าโครงสร้างชายฝั่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งพื้นที่ศึกษา โดยเขื่อนกันทรายร่องน้ำช่วยป้องกันการตื้นเขินของร่องน้ำ และกำแพงกันคลื่นช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เป็นตัวขวางกั้นการพัดพาตะกอน และเร่งให้เกิดการกัดเซาะฝั่งทางชายฝั่งตอนบน ทำให้สภาวะสมดุลตะกอนเปลี่ยนไป และเกิดการกัดเซาะแนวชายฝั่ง หากไม่มีการดำเนินการใดๆ คาดว่าภายในเวลาประมาณปี 2558 จะถูกกัดเซาะเข้ามาถึงบริเวณบ้านตันหยงเปาว์ และปี 2573 จะมีการกัดเซาะชายฝั่งร่นเข้ามาประมาณ 220 เมตร ด้วยอัตราการกัดเซาะสูงสุด 8.6 เมตรต่อปี (วันชัย, 2548) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง บริเวณแหลมตาชี จังปัตตานี ที่เกิดจากอิทธิพลของสิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันการพัดพาของตะกอน โดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่นยึดหลักเดียวกับ GENESIS ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งที่เกิดขึ้นจากการสร้างสิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันการพัดพาตะกอนตามแนวชายฝั่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้กับสิ่งก่อสร้างเท่านั้น ส่วนการ

เปลี่ยนแปลงในส่วนอื่นๆ ก็จะเป็นไปตามธรรมชาติ และการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งบริเวณที่ติดกับสิ่งก่อสร้างโดยเฉพาะปริมาณการสะสมตัวของตะกอนจะขึ้นอยู่กับความรุนแรงและทิศทางของคลื่น โดยถ้าคลื่นที่ทำให้ตะกอนสะสมตัวมีความรุนแรงมากกว่าคลื่นที่เกิดการพัดพาตะกอนออกไปจากบริเวณสิ่งก่อสร้าง ก็จะทำให้การสะสมตัวของตะกอนมากขึ้น (สุวิมล, 2537)

2.5 สภาพทั่วไปและข้อมูลพื้นฐานของเทศบาลตำบลคลองวาฬ

2.5.1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์

2.5.1.1 ที่ตั้ง

องค์การบริหารส่วนตำบลประกอบด้วยจำนวนหมู่บ้านที่มีพื้นที่อยู่ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลเดิมทั้งหมู่บ้าน 8 หมู่บ้าน และจำนวนหมู่บ้านที่มีพื้นที่อยู่ในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลบางส่วน 1 หมู่บ้าน ที่ทำการองค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬ ตั้งอยู่ ณ หมู่ที่ 9 ตำบลคลองวาฬ มีระยะทางห่างจากที่ว่าการอำเภอเมืองประจวบคีรีขันธ์ ประมาณ 12 กิโลเมตร

2.5.1.2 ขนาดเนื้อที่

องค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬมีเนื้อที่ทั้งหมด 56,875 ไร่ หรือ 91 ตารางกิโลเมตร

2.5.1.3 อาณาเขต

ทิศเหนือ ติดต่อกับ องค์การบริหารส่วนตำบลเกาะหลัก

ทิศใต้ ติดต่อกับ องค์การบริหารส่วนตำบลห้วยทราย

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ เทศบาลตำบลคลองวาฬและทะเลอ่าวไทย

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ ประเทศสหภาพเมียนมาร์

2.5.1.4 ลักษณะภูมิประเทศ

องค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬ มีสภาพพื้นที่ลาดเอียงจากเทือกเขาตะนาวศรีทางด้านทิศตะวันตกไปสู่ทะเลอ่าวไทยทางด้านทิศตะวันออก สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ด้านทิศเหนือมีร่องหนองสำโหรง และลำห้วยร่องแก้วไหลผ่าน ด้านทิศใต้มีคลองหว้าโทนไหลผ่าน พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้เป็นพื้นที่การเกษตร บ้านคลองวาฬ หมู่ที่ 1 มีพื้นที่ทั่วไปเป็นที่ราบ ด้านตะวันออกที่ติดกับอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ชายหาดยาวตลอดแนวและฝั่งตรงข้ามคลองวาฬที่

ติดทะเลมีภูเขาคลองวาฬสูงประมาณ 1,000 ฟุต ยาวประมาณ 800 เมตร พื้นที่ที่ราษฎรปลูกสร้างบ้านเรือนอยู่อาศัยแล้ว ส่วนใหญ่จะเป็นสวนมะพร้าว

2.5.1.5 ลักษณะภูมิอากาศ

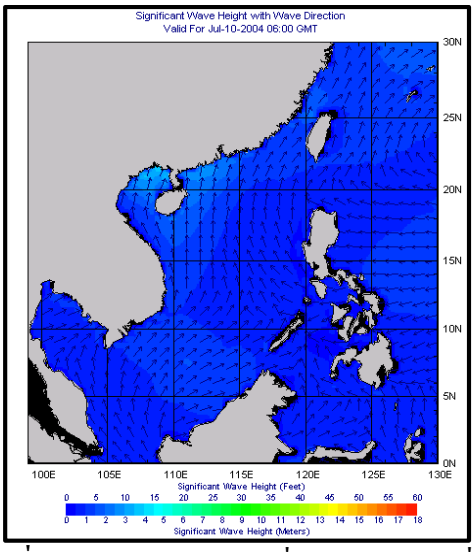
บ้านคลองวาฬ ตั้งอยู่ชายทะเลจึงทำให้อากาศเย็นสบายตลอดปี มีฤดู 3 ฤดู คือ

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่ เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม รวม 5 เดือน

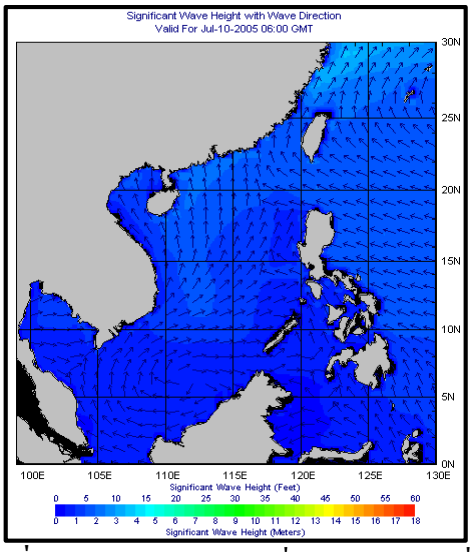
ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่ เดือนพฤศจิกายน ถึง เดือนมกราคม รวม 3 เดือน

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่ เดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนพฤษภาคม รวม 4 เดือน (องค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬ, 2555)

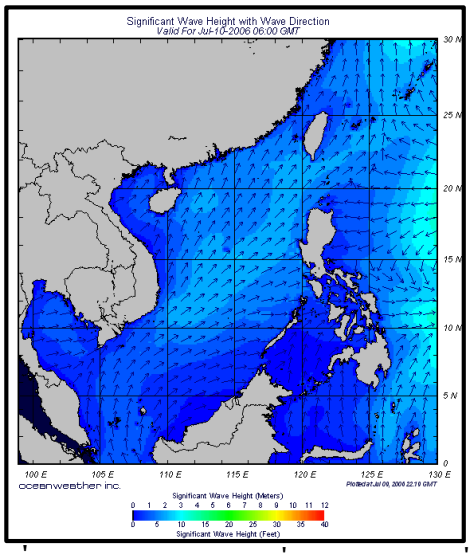
และพบว่าในช่วง 6 ปีของช่วงฤดูกาลข้อมูลที่ศึกษาพบว่าทิศทางของคลื่นในอ่าวไทยมีลักษณะไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าสภาวะอากาศและสภาวะคลื่นไม่มีความแปรปรวน ข้อมูลในช่วงฤดูกาลนี้จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำเข้าในแบบจำลอง (อ้างอิงจาก : http://www.oceanweather.com) ดังแสดงในรูปที่ 2-10 ถึง 2-16



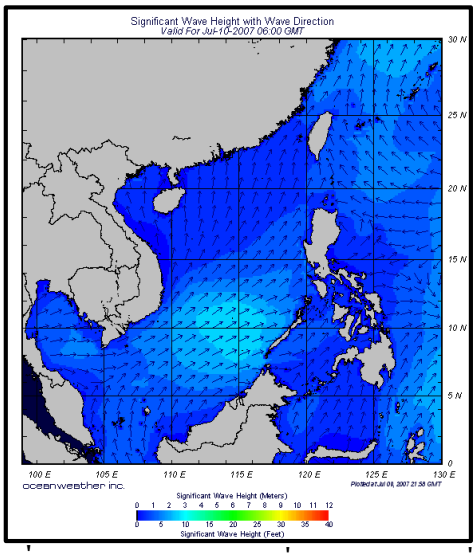
รูปที่ 2-10 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547



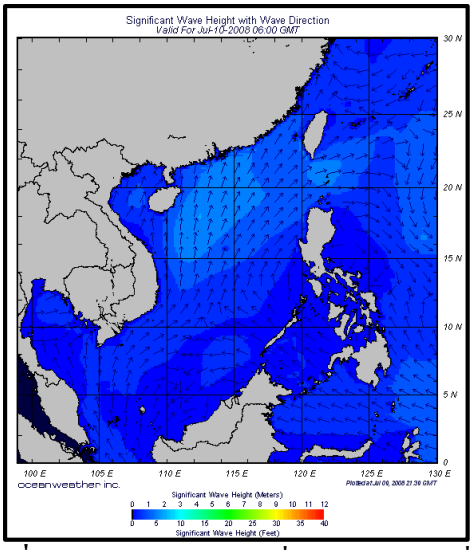
รูปที่ 2-11 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2548



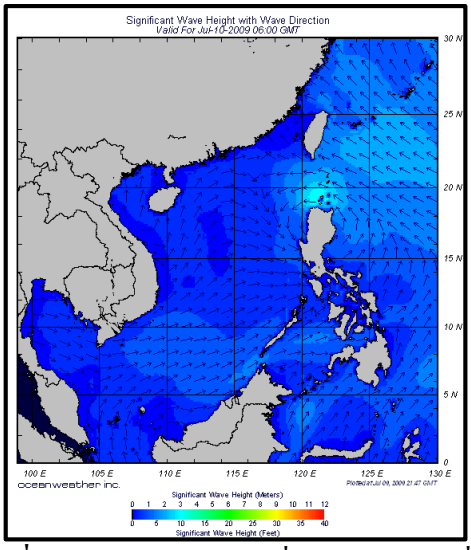
รูปที่ 2-12 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549



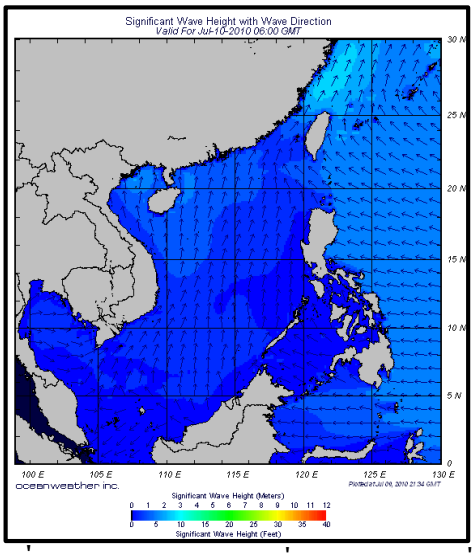
รูปที่ 2-13 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2550



รูปที่ 2-14 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551



รูปที่ 2-15 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552



รูปที่ 2-16 แสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่น
เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553

2.5.2 สภาพเศรษฐกิจและสังคม

2.5.2.1 อาชีพ

เนื่องจากบ้านคลองวาฬ หมู่ที่ 1 เป็นพื้นที่ที่มีทั้งภูเขาและติดกับทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ดังนั้นชาวบ้านจึงสามารถประกอบอาชีพได้หลากหลาย ดังนี้

1. อาชีพการทำประมง ได้แก่ การทำประมงน้ำตื้น ประมงน้ำลึก เรือปั่นไดเพื่อจับปลาหมึกการวางลอบจับปลาหมึก เรือวางอวนปู เป็นต้น

2. การแปรรูปอาหารทะเลตากแห้ง เช่น ปลาหมึกตากแห้ง การทำปลาเค็มตากแห้ง การทำปลาจิ้งจังและปลาสายไหมตากแห้ง และการทำกะปิ เป็นต้น

3. การทำนากุ้ง

4. การเลี้ยงสัตว์ เช่น โค ไก่ เป็นต้น

5. อาชีพเกษตรกรรม เช่น การปลูกสวนมะพร้าว การปลูกผักสวนครัว การปลูกมันเทียน เป็นต้น

6. ล่องเรือตกปลา ตกหมึก มีเรือตกปลาให้เช่าเป็นอาชีพที่พัฒนามาจากการทำประมง ทำให้มีรายได้เสริมเพิ่มขึ้นและจัดเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนที่ส่งเสริมการท่องเที่ยวอีกทางหนึ่งของชุมชนที่ต้องการ การสนับสนุนด้านองค์ความรู้ และจัดตั้งเป็นกลุ่มอาชีพเพื่อที่จะได้สอดแทรกความรู้เกี่ยวกับท้องทะเล และการอนุรักษ์ผืนทะเล แก่นักท่องเที่ยวเพื่อคงไว้ซึ่งธรรมชาติทางทะเลที่สวยงามและทรงคุณค่าสืบต่อไป

7. เรือยอร์ชให้เช่า ดำน้ำ ดูปะการัง บริเวณเกาะพิง และเกาะพัง เกาะจาน อยู่หน้าชายหาดคลองวาฬ เป็นจุดดำน้ำชมปะการังน้ำตื้น

8. อาชีพอื่น ๆ เช่น บ้านพักตากอากาศริมทะเล รีสอร์ทริมทะเล ร้านอาหารริมทะเล รับราชการ ค้าขายทั่วไป และอาชีพรับจ้าง ฯลฯ

2.5.2.2 ศาสนา

ประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่บ้านคลองวาฬนับถือศาสนาพุทธ มีผู้นับถือศาสนาพุทธร้อยละ 99.90 ของจำนวนประชากร มีวัดจำนวน 1 วัด คือ วัดคลองวาฬ มีฐานะเป็นพระอารามหลวง (องค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬ, 2555)

2.5.3 ธรณีวิทยา

ลักษณะภูมิประเทศทั่วไปของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นพื้นที่ที่มีความลาดเอียงจากทิศตะวันตก ซึ่งเป็นเทือกเขาตะนาวศรีอันเป็นเทือกเขากั้นระหว่างพรมแดนไทยกับพม่าลงสู่ด้านตะวันออก ซึ่งเป็นอ่าวไทย และมีเทือกเขาและภูเขากระจัดกระจายทั่วไป บริเวณเทือกเขาตะนาวศรีมีหินอัคนีชนิดหินแกรนิตเป็นหินฐานแกนกลางซึ่งส่วนใหญ่อยู่ติดกับหินตะกอนยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน บริเวณเชิงขอบเทือกเขาด้านตะวันออก เป็นภูเขาเตี้ยและแนวภูเขาโดดที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินปูน นอกนั้นเป็นหินปูนเนื้อโดโลไมต์ หินเชิร์ต และหินโดโลไมต์ ส่วนบริเวณที่เป็นหุบเขา ที่ราบ และที่ลุ่ม เป็นตะกอนน้ำพา และตามบริเวณชายฝั่งมีการสะสมตัวของตะกอนยุคควอเทอร์นารี

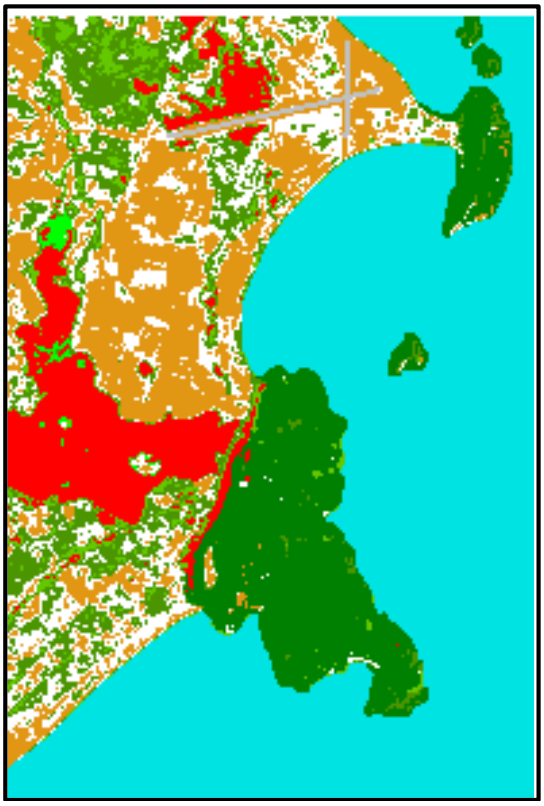
ชั้นหินในบริเวณบ้านคลองวาฬนั้นป็นหินในยุคเพอร์เมียน อยู่ในกลุ่มหินราชบุรี ประกอบด้วยหินปูน สีเทาถึงเทาเข้ม เป็นชั้นถึงไม่แสดงชั้น มีหินเชิร์ตเป็นกระเปาะ หินปูนเนื้อโดโลไมต์ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวก ฟิวซูลินิด แบรคิโอพอด ปะการัง แอมโมนอยด์ และ ไครนอยด์ พบหินทรายและหินดินดานบ้าง หมวดหินนี้อายุประมาณ 245-286 ล้านปี พบกระจายตัวทางทิศเหนือบริเวณเขาหุบปลาก้าง ด้านทิศตะวันตกของบ้านหนองพลับ อำเภอหัวหิน ต่อเนื่องไปในเขตจังหวัดเพชรบุรี และพบทางขอบตะวันออกของพื้นที่ถึงอ่าวไทย โดยกระจายตัวบริเวณบ้านดอยยายหนู บ้านเขาแดง เกาะขี้นก เกาะกูรำ อำเภอหัวหิน และทางตอนกลางของพื้นที่พบบริเวณบ้านอ่าวน้อย บ้านคลองวาฬ เกาะอีแอ่น เกาะพัง และเกาะจาน รวมทั้งยังพบกระจายตัวเป็นหย่อมๆ ทางตอนใต้ของพื้นที่บริเวณด้านตะวันออกของบ้านร่อนทอง บ้านทองมงคล บ้านช้างแรก และบ้านไชยราช อำเภอบางสะพานน้อย

ตะกอนในพื้นที่บ้านคลองวาฬ เป็นตะกอนที่อยู่ในยุคควอเทอร์นารี พบได้ตามภูมิประเทศที่เป็นที่ลาดเชิงเขา ที่ลาดลอนลื่น และที่ราบลุ่มแม่น้ำ เป็นตะกอนสันทรายเก่า มี

ส่วนประกอบของ ทราย เนื้อปานกลางถึงหยาบ พบกระจายตัวบริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่ โดยส่วนใหญ่บริเวณทิศตะวันออกของบ้านกุยเหนือ อำเภอกุยบุรี และพบกระจายตัวเป็นแนวเหนือใต้ตั้งแต่บ้านอ่าวน้อย ถึงบ้านคลองวาฬ และตะกอนชายหาด ประกอบด้วย ทราย กรวด ทรายแป้ง เปลือกหอย เศษปะการัง และเศษซากพืช พบกระจายตัวในพื้นที่ติดกับอ่าวไทย ตั้งแต่บริเวณอำเภอหัวหิน จนถึงอำเภอบางสะพาน (กรมทรัพยากรธรณี, 2551)

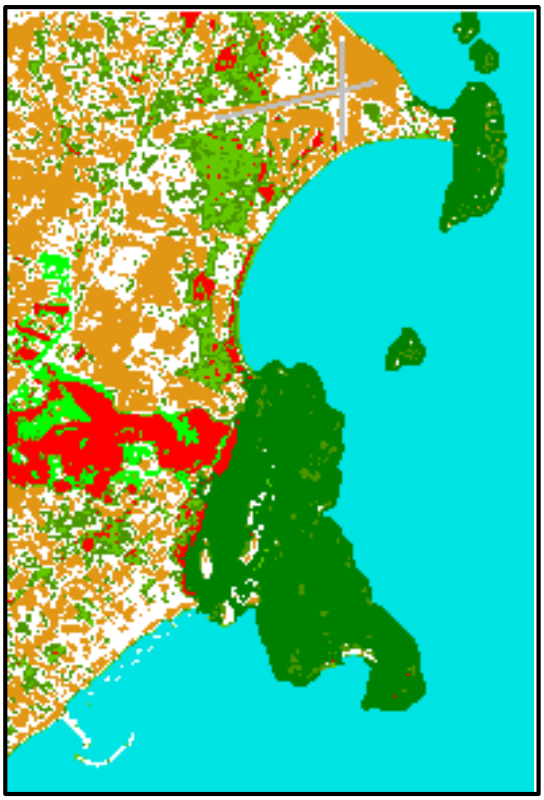
2.5.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จำแนกประเภทพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในตำบลเกาะหลักและตำบลคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-5 TM ปี พ.ศ. 2530 และ 2552 ถูกเลือกเพื่อทำการจำแนกโดยวิธี unsupervised การคำนวณขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินใช้วิธี pixel based สามารถจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 8 ประเภท ได้แก่ 1.พื้นที่เกษตรกรรม 2.พื้นที่ป่าไม้บนเขาและเกาะ 3.พื้นที่ป่าชายเลน 4.สนามบิน 5.พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง 6.พื้นที่ดินเปิดโล่ง 7.พื้นที่น้ำทะเล 8.พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและแหล่งน้ำ เปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1.84 และ 0.58 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและแหล่งน้ำมีขนาดพื้นที่ลดลง 2.95 ตารางกิโลเมตร (สุนทรี และคณะ, 2553) ดังแสดงในรูปที่ 2-17 และ 2-18



รูปที่ 2-17 แสดงการจำแนกประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2530

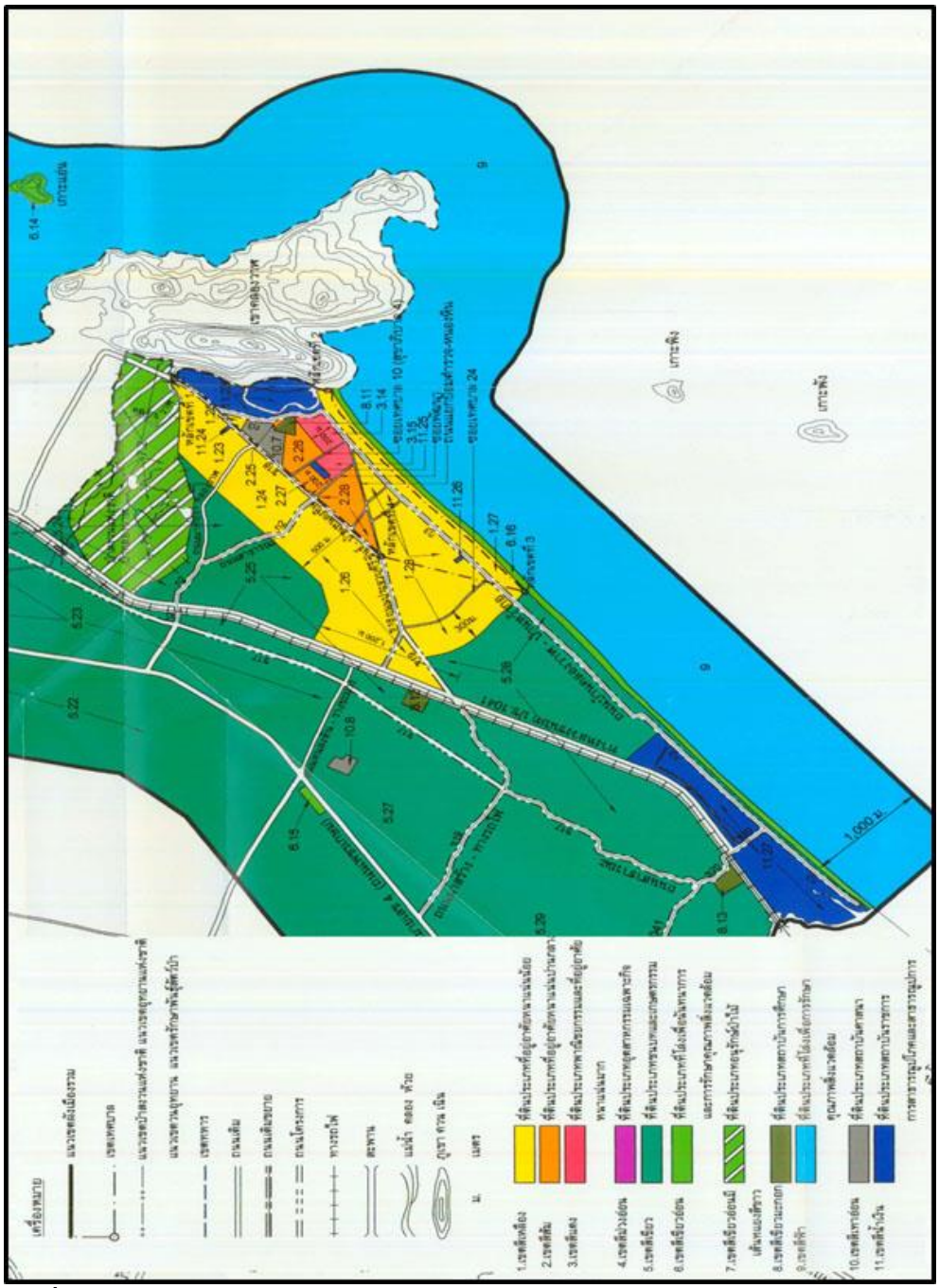
(อ้างอิงจาก : สุนทรี และคณะ, 2553)



รูปที่ 2-18 แสดงการจำแนกประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552

(อ้างอิงจาก : สุนทรี และคณะ, 2553)

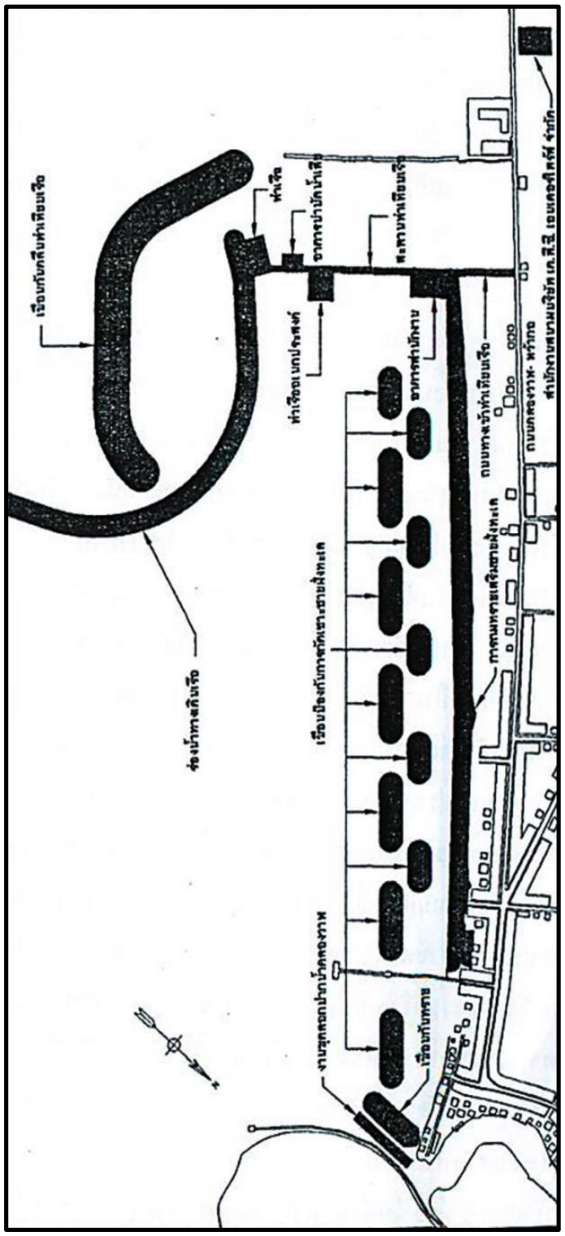
กรมโยธาธิการและผังเมืองได้จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ตำบลคลองวาฬ ออกเป็น 11 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 2-19



รูปที่ 2-19 แสดงแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทท้ายกฎกระทรวง บริเวณตำบลคลองวาฬ พ.ศ. 2554 (ปรับปรุงจาก : กรมโยธิการและผังเมือง, 2554)

2.5.5 ลักษณะโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือคลองวาฬ

ลักษณะท่าเทียบเรือ เป็นท่าเทียบเรือเชื่อมฝั่งมีความยาวประมาณ 420 เมตร มีความกว้าง 10 เมตร บริเวณพื้นที่โครงการท่าเทียบเรือประกอบด้วย ท่าเทียบเรือประมง เขื่อนกันคลื่นโค้ง 1 ตัว ความยาวประมาณ 700 เมตร เขื่อนกันคลื่นขนาดเล็ก 12 ตัว ร่องน้ำทางเดินเรือ และพื้นที่อาคารเอนกประสงค์ ดังแสดงในรูปที่ 2-20



รูปที่ 2-20 แสดงลักษณะโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือคลองวาฬ

(อ้างอิงจาก : เค.พี.ซี. เอนเตอร์ไพร้ส์, 2548)

2.6 การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment : EIA) คือ การใช้หลักวิชาการในการคาดการณ์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทั้งมีข้อดีและข้อเสียของการดำเนินโครงการพัฒนา ที่จะมีผลต่อสิ่งแวดล้อมในทุกๆ ด้าน ทั้งทางทรัพยากรธรรมชาติ ทางเศรษฐกิจ และสังคม เพื่อจะได้หาทางป้องกันและแก้ไขในผลกระทบในทางลบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นให้เกิดน้อยที่สุด (สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม, 2555)

การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment : EIA) คือ เครื่องมือเพื่อใช้ในการตัดสินใจในการดำเนินโครงการพัฒนาต่างๆ ให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมภายใต้มาตรฐานและ/หรือสังคมยอมรับ เพื่อให้เกิดความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อมจึงเกิดขึ้น (กิตติชัย ดวงมาลย์, 2556)

ตามประกาศกระทวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ประกาศ ณ วันที่ 24 เมษายน พ.ศ. 2555 ได้กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการของส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจหรือเอกชน ที่ต้องจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์วิธีการและระเบียบปฏิบัติตามบัญชีท้ายประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะยกตัวอย่างโครงการที่เกี่ยวกับประเภทโครงการหรือกิจการเกี่ยวกับท่าเทียบเรือ และกิจการที่มีการก่อสร้างหรือขยายสิ่งกสร้างบริเวณหรือในทะเล ดังตารางที่ 2-1 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555)

ตารางที่ 2-1 กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ และแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (เฉพาะที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อที่ศึกษา)

ประเภทโครงการหรือกิจการ	ขนาด	หลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติ
ท่าเทียบเรือ	รับเรือขนาดตั้งแต่ 500 ตันกรอส หรือความยาวหน้าท่าตั้งแต่ 100 เมตร หรือมีพื้นทที่ท่าเทียบเรือรวม ตั้งแต่ 1,000 ตารางเมตร ขึ้นไป	ให้เสนอในขั้นขออนุมัติหรือขออนุญาตโครงการ
ท่าเทียบเรือสำราญกีฬา	ที่รองรับเรือได้ตั้งแต่ 50 ลำ หรือ 1,000 ตารางเมตร ขึ้นไป	ให้เสนอในขั้นขออนุมัติหรือขออนุญาตโครงการ
การถมที่ดินในทะเล	ทุกขนาด	ให้เสนอในขั้นขออนุมัติหรือขออนุญาตโครงการ
การก่อสร้างหรือขยายสิ่งก่อสร้างบริเวณหรือในทะเล 1. กำแพงริมชายฝั่งติดแนวชายฝั่ง 2. รอดักทราย เขื่อนกันทรายและคลื่น รอบังคับกระแสน้ำ 3. แนวเขื่อนกันคลื่นนอกฝั่งทะเล	ความยาวตั้งแต่ 200 เมตร ขึ้นไปทุกขนาด	ให้เสนอในขั้นขออนุมัติหรือขออนุญาตโครงการ

(อ้างอิงจาก : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2555)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยถึงการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากโครงสร้างชายฝั่ง ในพื้นที่ศึกษาเขตเทศบาลตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการวิจัยการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของชายฝั่ง และทำนายการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคต โดยการศึกษาในครั้งนี้ มีลำดับและขั้นตอนและวิธีวิจัยดังนี้

3.1 วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ

3.1.1 ข้อมูลที่ใช้ดำเนินการวิจัย (Data)

3.1.1.1 ภาพดาวเทียม IKONOS รายละเอียดภาพ 1 เมตร บริเวณ คลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บันทึกภาพ วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 (ปีก่อนที่จะมีการสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง)

3.1.1.2 ภาพดาวเทียม SPOT-5 รายละเอียดภาพ 10 เมตร บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บันทึกภาพ วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2550 (ปีที่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง)

3.1.1.3 ภาพดาวเทียม THAICHOTE รายละเอียดภาพ 15 เมตร บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ บันทึกภาพ วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2553 (ปีหลังจากที่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง)

3.1.1.4 ข้อมูลแผนที่ของกรมแผนที่ทหาร (Topographic maps) มาตราส่วน 1:50,000 ระวางจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

3.1.1.5 ระบบพิกัดแผนที่ (ทางราบ, ทางดิ่ง และหมุดหลักแผนที่) หมุดหลักฐาน GPS389 และหมุด GPS390

3.1.1.6 ข้อมูลคลื่นราย 3 ชั่วโมง ของกรมอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยความสูงคลื่น, คาบของคลื่น

3.1.1.7 ข้อมูลมาตราน้ำ น่านน้ำไทย ของกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ สถานีเกาะหลัก (ประจวบคีรีขันธ์) วันที่ 15 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547 เวลา 10.00 น., วันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2550 เวลา 10.00 น. และ วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2553 เวลา 10.00 น.

3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจพื้นที่ศึกษา (Field Survey)

3.1.2.1 เรือสำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.1.2.2 อุปกรณ์สำหรับการหยั่งน้ำเพื่อทำ Bathymetry: Echo Sounder **รุ่น** Echotrac DF3200 MKIII + Laptop Computer และ Software

3.1.2.3 อุปกรณ์แสดงพิกัดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ยี่ห้อ GARMIN รุ่น 60CSX และ DGPS ยี่ห้อ CSI WIRELESS รุ่น DGPS max

3.1.2.4 อุปกรณ์เก็บข้อมูลระดับความชันชายหาด (Beach profile) : กล้องวัดมุม Total Station ของ GOWIN รุ่น TKS202

3.1.2.5 อุปกรณ์เก็บชนิดและขนาดตะกอนทราย (Grab)

3.1.2.6 เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา (Laptop)

3.1.3 ซอฟท์แวร์ (Software)

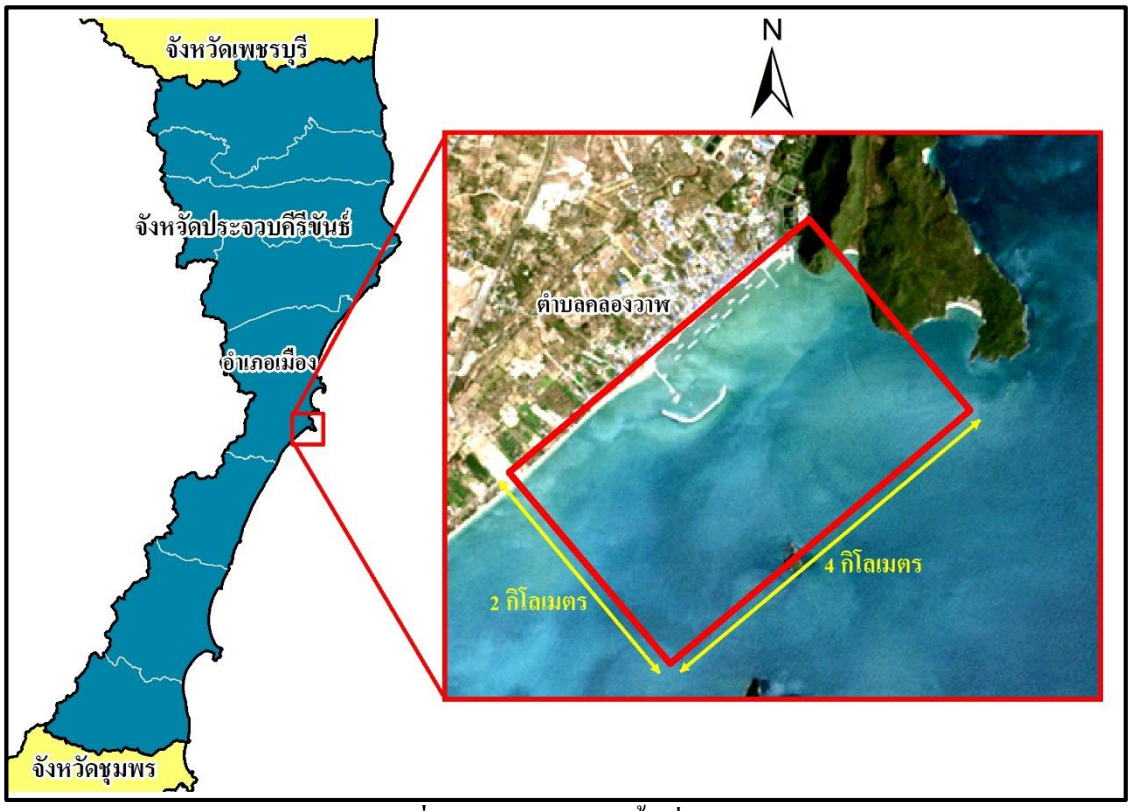
3.1.3.1 โปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่และภาพดาวเทียม

3.1.3.2 แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านชายฝั่ง LITPACK

3.1.3.3 โปรแกรมชุดไมโครซอฟต์ออฟฟิศ (Microsoft Word และ Microsoft Excel)

3.2 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อยู่ห่างจากตัวเมืองประมาณ 10 กิโลเมตร ซึ่งพบว่ามีการสร้างโครงสร้างทางวิศวกรรมยื่นลงไปในทะเล คือ สะพานท่าเทียบเรือชายฝั่งความยาวประมาณ 420 เมตร มีความกว้างประมาณ 10 เมตร และมีการก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นโค้ง 1 ตัว ความยาวประมาณ 700 เมตร ด้านหน้าของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่นขนาดเล็กอีก 12 ตัว ก่อสร้างอยู่ทางด้านทิศเหนือ ของสะพานท่าเทียบเรือ เพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งที่มีผลมาจากสะพานท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่นโค้งขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษา

3.3 วิธีและขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 ทบทวนการศึกษาที่เกี่ยวข้อง และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ

3.3.1.1 รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทั้งปัจจัยที่อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง

3.3.2 สำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา

3.3.2.1 เก็บข้อมูลหยั่งน้ำ เพื่อทราบความลึกท้องทะเล (Bathymetry) ในพื้นที่ 3.8 x 2 ตารางกิโลเมตร

1. ติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการหยั่งน้ำ โดยการประกอบเครื่อง Echo Sounder ไว้ที่กาบเรือ บริเวณกึ่งกลางลำเรือ พร้อมติดตั้งเสาอากาศ (Differential Global Positioning System : DGPS) ให้ตรงกับตำแหน่งของ เสาที่ประกอบ Echo Sounder หลังจากนั้น ต่อสาย data link เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค

2. ทำการตรวจสอบความถูกต้องของค่าความลึก โดยใช้แผ่นโลหะที่สะท้อนสัญญาณคลื่นเสียง ผูกยึดด้วยเชือกหรือสลิง และมีเครื่องหมายบอกระยะทุกๆ 1 เมตร หย่อนลงตามแนวดิ่งให้ตรงกับหัวของ Echo sounder เพื่ออ่านค่าที่สะท้อนสัญญาณจากเครื่อง Echo sounder และเทียบกับเครื่องหมายที่ทำไว้ที่เชือกยึดแผ่นโลหะ โดยทำการทดสอบทุกๆระยะ 1 เมตร จนถึงความลึก 6 เมตร

3. เริ่มทำการหยั่งน้ำและบันทึกข้อมูล โดยทำการวิ่งเรือตามแนวที่ได้วางแผนการเก็บข้อมูล และได้โหลดแนวการวิ่งเรือลงไว้ในคอมพิวเตอร์แล้ว และต้องควบคุมเรือให้อยู่ในแนวสำรวจ โปรแกรมจะรับข้อมูลค่าพิกัดเรือจาก (DGPS) โดยรับข้อมูลทุกๆ 1 วินาที ข้อมูลที่สำรวจถูกบันทึกด้วยโปรแกรมสำรวจ ประกอบด้วยเวลา ตำแหน่งเรือ และระดับความลึกของน้ำ

4. นำข้อมูลที่ได้จากการหยั่งน้ำมาตรวจสอบความถูกต้อง และนำมาหักลบเลขน้ำที่ได้จากการจดบันทึกระดับน้ำบริเวณท่าเรือคลองวาฬ ซึ่งเป็นบรรทัดวัดระดับน้ำของกรมขนส่งทางน้ำ

3.3.2.2 เก็บข้อมูลระดับความชันชายหาด (Beach profile) สำรวจระดับความลาดชันของชายหาด โดยอ้างอิงค่าพิกัดทางราบและค่าระดับความสูงจากหมุดหลักฐาน GPS389 และหมุด GPS390 ซึ่งตั้งอยู่บนท่าเรือประมงอ่าวคลองวาฬ รังวัดตามแนวชายฝั่งทะเลไปทางด้านใต้ของท่าเรือประมงอ่าวคลองวาฬ จนถึงบ้านหว้ากอ แล้วเข้าบรรจบเพื่อตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อนที่หมุด GPS390

3.3.2.3 ทำการเก็บตะกอน 3 ตัวอย่าง ณ ขอบฝั่ง ความลึก 1 เมตร และความลึก 2 เมตร เพื่อเป็นตัวอย่างตะกอนและนำไปวิเคราะห์หาขนาดเฉลี่ย และชนิดของตะกอน

3.3.3 วิเคราะห์แนวชายฝั่งในอดีตและปัจจุบัน

วิเคราะห์เส้นชายฝั่ง ด้วยโปรแกรมสำรวจข้อมูลระยะไกล (RS) ร่วมกับโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากข้อมูลดาวเทียมที่ได้เตรียมไว้เพื่อเตรียมนำเข้าสู่แบบจำลอง

3.3.3.1 การปรับลดรายละเอียดจุดภาพของภาพ (Image resolution resampling) ของภาพดาวเทียม IKONOS จาก 1 เมตร เป็น 15 เมตรต่อจุดภาพ และภาพดาวเทียม SPOT-5 จาก 10 เมตร เป็น 15 เมตรต่อจุดภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีรายละเอียดจุดภาพที่เท่ากับภาพดาวเทียม THAICHOTE คือ 15 เมตร

3.3.3.2 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric correction) เป็นการปรับแก้ค่าพิกัดเพื่อให้ข้อมูลภาพดาวเทียมมีพิกัดบนผิวโลกตามตำแหน่งภูมิประเทศจริง ในการศึกษาเลือกระบบ WGS_1984_UTM_ZONE_47N โดยใช้ข้อมูลแผนที่ของกรมแผนที่ทหารเป็นจุดอ้างอิง

3.3.3.3 การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล (Image enhancement) เป็นการเน้นรายละเอียดความชัดเจนของข้อมูลภาพ เพื่อเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุ ทำให้สังเกตเห็นวัตถุต่างชนิดกันได้มากขึ้น โดยเลือกมาเฉพาะแบนด์ NIR (Near-Infrared) ของภาพดาวเทียมทั้ง 3 ภาพ และใช้วิธี Percent Clip โดยให้ค่า min และ max เท่ากับ 0.25

3.3.3.4 การจำแนกประเภทข้อมูล (Image classification) ในการศึกษาขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่แปลข้อมูลเส้นชายฝั่ง (Shoreline) จากข้อมูลดาวเทียมที่แสดงแบบแบนด์เดียว คือแบนด์ NIR (Near-Infrared) โดยทำการแปลด้วยสายตา (Visual interpretations) และทำการแปลแยกพื้นดินและพื้นน้ำออกจากกันด้วยวิธี Digitize ที่มาตราส่วน 1:2,500 เท่ากันทุกภาพของทุกภาพดาวเทียม

3.3.3.5 ทำการปรับแก้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งของเส้นแนวชายฝั่ง จากข้อมูลมาตราน้ำ น่านน้ำไทย ของกรมอุทกศาสตร์ ด้วยวิธี Creating feature โดยใช้เส้นชายฝั่งที่ได้จากการวิเคราะห์จากภาพดาวเทียม มาผ่านคำสั่ง Copying parallel line features ด้วยโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อปรับตำแหน่งของเส้นชายฝั่งที่พิกัดบนแผนที่ให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.3.4 การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์

3.3.4.1 การจัดเตรียมข้อมูล

1. เตรียมข้อมูลแผนที่ความลึก (Bathymetry) โดยการนำเข้าข้อมูลหยั่งน้ำเข้าสู่แบบจำลอง โดยระบุขอบเขตให้ครอบคลุมพื้นที่ที่ทำการวิจัย กำหนดขนาดและจำนวนกริด ทำการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Interpolation) ด้วยวิธีการ Spline เพื่อให้โปรแกรมคำนวณแผนที่ความลึกให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่การวิจัย

2. เตรียมข้อมูลคลื่น เป็นข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และได้นำมาปรับแก้ทิศทางของคลื่นให้เข้ากับทิศทางที่ใช้ในแบบจำลอง คือทิศทางที่คลื่นเคลื่อนที่เข้ามาหาฝั่ง และทำการกรอกข้อมูลสภาวะคลื่นลงในแบบจำลอง

3. เตรียมข้อมูลความชันชายหาดและรูปตัดชายหาด โดยใช้แผนที่ความลึกที่ได้เตรียมไว้ ต้องกำหนดมุมให้สัมพันธ์กับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น ในการวิจัยครั้งนี้ต้องเลือกกริดชายหาดที่เป็นแนวธรรมชาติซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากสิ่งก่อสร้างชายฝั่งต่างๆ และทำการกำหนดเวลาให้สอดคล้องกับเวลาของคลื่น และทำการกรอกข้อมูลลงในแบบจำลอง

4. เตรียมข้อมูลอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอน เป็นการคำนวณอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนรายปีโดยใช้โมดูล LITDRIFT เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้อง และ

ตรวจหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการเตรียมข้อมูล และได้ค่าความลึกที่ตะกอนไม่มีการเคลื่อนที่ (Active depth) ไว้สำหรับกรอกในขั้นตอนการเตรียมเส้นขอบฝั่ง

5. เตรียมตารางการอัตราเคลื่อนตัวของตะกอน โดยนำข้อมูลรูปตัดชายหาด และอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอน มาจัดเตรียมให้อยู่ในรูปของตาราง (Transportation table)

6. เตรียมเส้นแนวชายฝั่ง โดยเส้นแนวชายฝั่งได้มาจากขั้นตอนการวิเคราะห์แนวชายฝั่งด้วยภาพถ่ายดาวเทียม และนำมาแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำมาใช้ได้กับโมดูล LITLINE และทำการกรอกข้อมูลให้ครบ

7. เตรียมรูปแบบ (Platform) สำหรับทำการประมวลผลแบบจำลอง เพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผลแบบจำลอง โดยการนำภาพจากดาวเทียมที่ทำการปรับแก้พิกัดแล้ว เข้ามาซ้อนเป็นภาพพื้นหลัง ในขั้นตอนนี้จะต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่บริเวณที่ทำการวิจัย (ขอบเขตของระบบในแบบจำลอง) โดยศึกษาเฉพาะขอบเขตของหาดทราย และโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือและเคลื่อนกันคลื่นเท่านั้น และกำหนดตำแหน่งเส้นฐานของชายฝั่ง และนำเข้าเส้นขอบฝั่งที่เตรียมมาซ้อนทับเข้าไป และสุดท้ายนำเข้าแนวรูปตัดชายหาดซ้อนทับเข้าไป

3.3.4.2 การประมวลผลแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (รูปที่ 3 – 2)

หลังจากที่ได้ทำการเตรียมข้อมูลเพื่อจะทำการประมวลผลด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อทำนายการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอนาคตด้วยแบบจำลอง LITPACK โดยใช้โมดูล LITLINE

1. นำเข้าเส้นขอบฝั่งปีที่เก่าที่สุดเป็นปีตั้งต้น (พ.ศ. 2547)

2. แปลงค่าข้อมูลคลื่นเฉลี่ยรายปีให้เป็น ข้อมูลคลื่นเฉลี่ยราย 3 ปี เพื่อที่จะทำนายเส้นแนวชายฝั่งให้ไปถึงปี (พ.ศ. 2550) ซึ่งเป็นปีที่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือในบริเวณพื้นที่วิจัย ในการแปลงข้อมูลคลื่นนั้นได้เลือกวิธีการแบบ Linear Simulation เพราะจากการค้นคว้าข้อมูลสภาวะคลื่นย้อนหลังในพื้นที่ศึกษาพบว่าสภาวะคลื่นค่อนข้างจะเหมือนๆกันในทุกปี จึงใช้ข้อมูลคลื่นเฉลี่ยรายปี 1 ปี มาเป็นตัวแทนในการพยากรณ์

3. กำหนดข้อมูล ตำแหน่งโครงสร้างต่างๆในพื้นที่ลงไปในแบบจำลอง เช่น สะพานท่าเทียบเรือโดยกำหนดให้เป็นลักษณะของ Jetty และเขื่อนกันคลื่น (Break water)

3.3.4.3 ปรับแก้และสอบเทียบแบบจำลอง

1. การปรับแก้ โดยการนำเส้นขอบฝั่ง พ.ศ. 2547 ที่เป็นแนวชายฝั่งตามธรรมชาติที่ยังไม่มีการก่อสร้างโครงสร้างต่างๆ โดยมาประมวลผลด้วยแบบจำลองให้ได้เส้นชายฝั่ง พ.ศ. 2550 ซึ่งเป็นปีที่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างต่างๆในพื้นที่วิจัย และนำมาเปรียบเทียบกับเส้นชายฝั่งที่

ได้จากการวิเคราะห์ด้วยภาพดาวเทียม โดยใช้วิธีหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation: r) เพื่อหาระดับของความสัมพันธ์ของเส้นชายฝั่งจากทั้งสองวิธี และทำการปรับแก้ตัวแปรต่างๆจนได้ระดับของความสัมพันธ์กันในระดับสูงขึ้นไป คือ ค่า r ตั้งแต่ 0.70 – 1.00

2. การสอบเทียบแบบจำลอง ทำการพยากรณ์เส้นชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 โดยใช้เส้นชายฝั่ง พ.ศ. 2550 ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยภาพจากดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้น เพื่อเริ่มทำการประมวลผลแบบจำลอง และกำหนดโครงสร้างทางวิศวกรรมต่างๆ ลงในแบบจำลอง เพื่อพยากรณ์เส้นชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 ในกรณีที่ยังคงมีโครงสร้างทางวิศวกรรมอยู่ในพื้นที่ศึกษา และทำการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) กับเส้นชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 จากการวิเคราะห์ด้วยภาพดาวเทียมอีกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันความถูกต้องให้กับแบบจำลอง

3.3.4.4 พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างชายฝั่งใดๆ

1. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในปีปัจจุบัน (พ.ศ.2553) ในกรณีที่ไม่มีการสร้างเขื่อนกันคลื่นหน้าสะพานท่าเทียบเรือ

2. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในอีกสิบปีข้างหน้า (พ.ศ.2563) ในกรณีที่ยังมีเขื่อนกันคลื่นทั้งหมด และสะพานท่าเทียบเรืออยู่เหมือนเดิม

3. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในอีกสิบปีข้างหน้า (พ.ศ.2563) ในกรณีที่รื้อเขื่อนกันคลื่นทั้งหมด และสะพานท่าเทียบเรือออกไป

3.3.5 แสดงผลและการนำเสนอข้อมูล

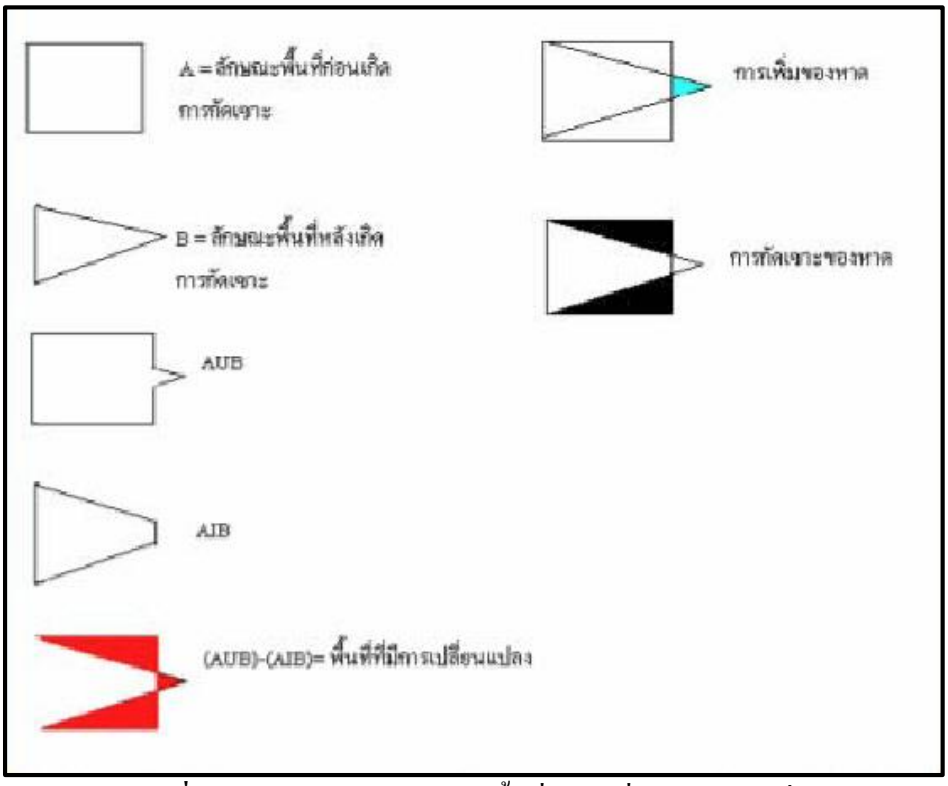
3.3.5.1 คำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

- พื้นที่กัดเซาะ (Erosion) = (A – (A intersect B)
- พื้นที่ทับถม (Accretion) = [(A union B) – (A intersect B)] – A

A คือ พื้นที่บริเวณชายฝั่งก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง

B คือ พื้นที่บริเวณชายฝั่งหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง

ดังแสดงในรูปที่ 3-2



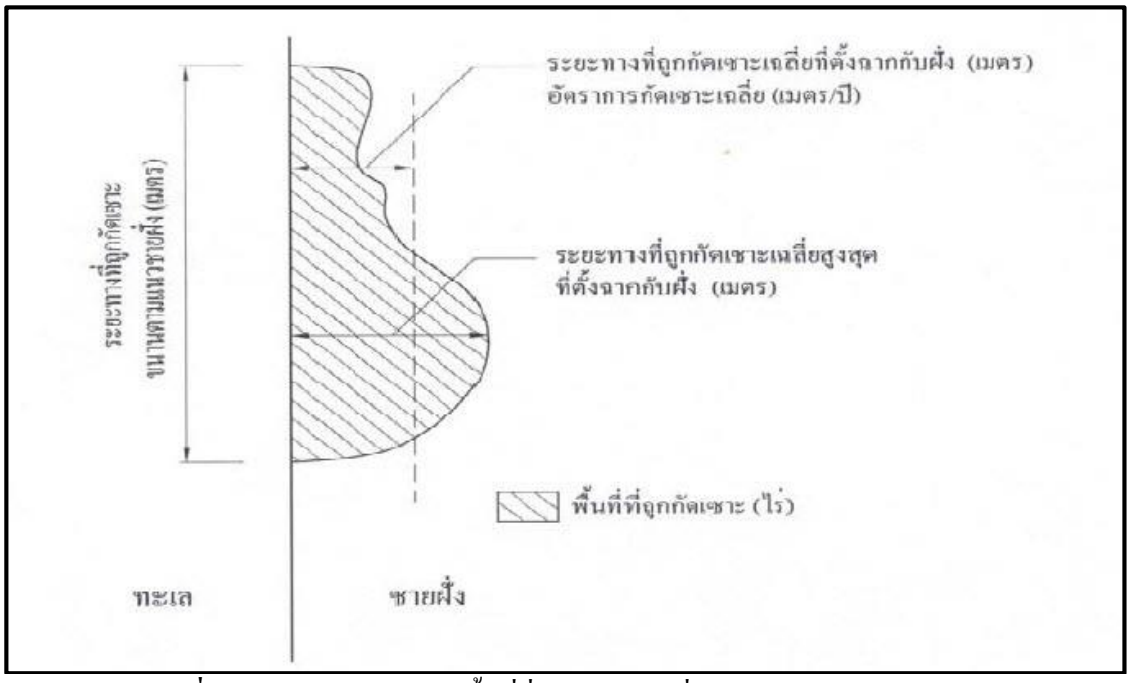
รูปที่ 3-2 แสดงสูตรการคำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

(อ้างอิงจาก : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2549)

3.3.5.2 การคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง

- ระยะทางที่ตั้งฉากกับฝั่ง (ม.) = พื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ (ตร.ม.)/ระยะทางตามแนวชายฝั่งของพื้นที่ (ม.)

- อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (ม./ปี) = ระยะทางที่ตั้งฉากกับฝั่ง (ม.)/ระยะเวลาที่เปรียบเทียบ (ปี) ดังแสดงในรูปที่ 3-3



รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะของพื้นที่ซึ่งถูกกัดเซาะที่เกิดหลังจากการวิเคราะห์ และตัวแปรที่ใช้คำนวณระยะทางที่ตั้งฉากกับฝั่ง

(อ้างอิงจาก : กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2554; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2547)

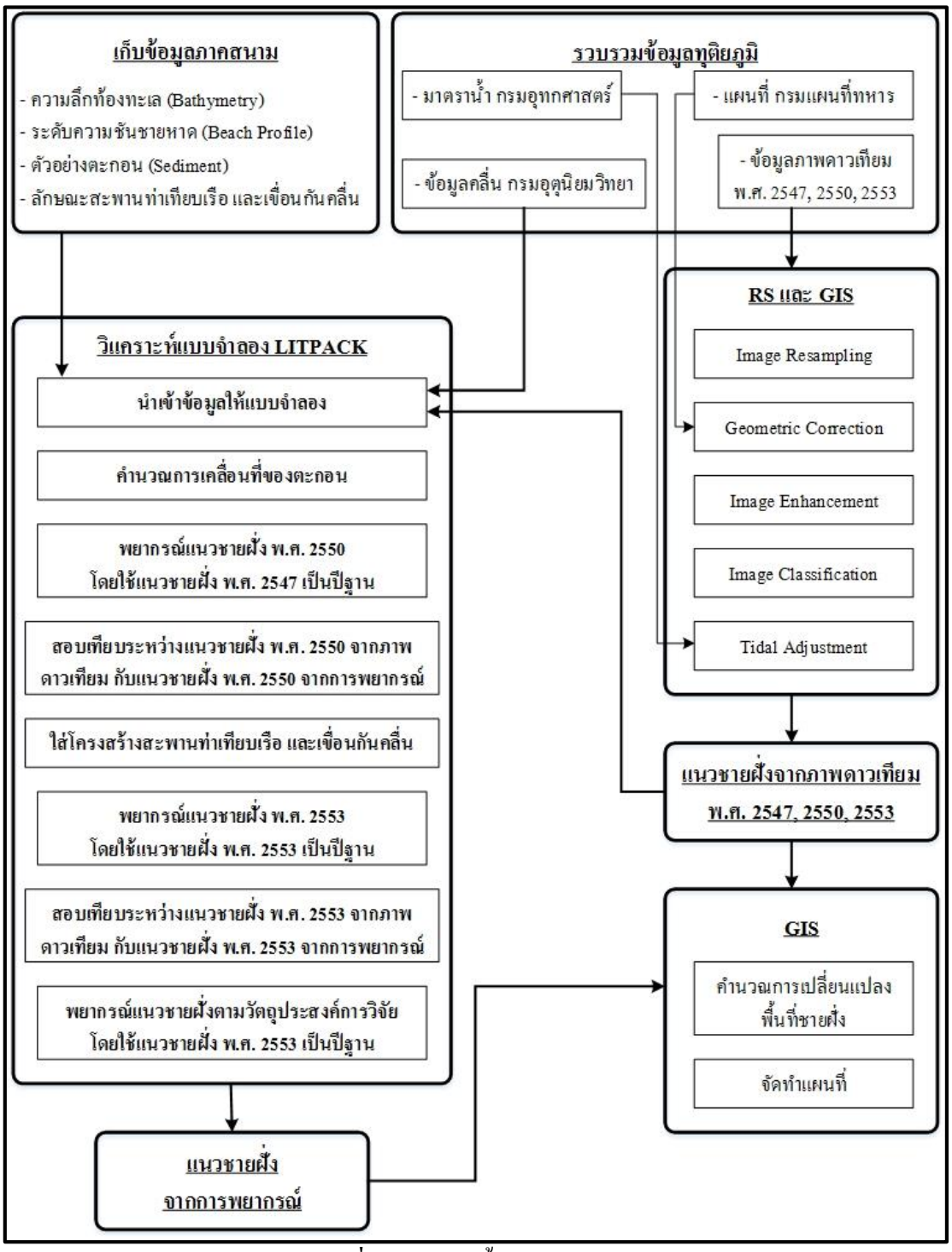
3.3.5.3 นำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์คำนวณ ให้อยู่ในรูปของการนำเสนอข้อมูลซึ่งสามารถแสดงได้หลายแบบ เช่น ตาราง กราฟ แผนภาพ และแผนที่

3.3.6 สรุปผล

สรุปผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลของโครงสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่งในพื้นที่วิจัย

3.3.7 แผนผังแสดงวิธีและขั้นตอนการวิจัย

จากขั้นตอนการวิจัยดังขั้นต้นสามารถจัดทำแผนผังสรุปวิธีและขั้นตอนการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 วิธีและขั้นตอนการวิจัย

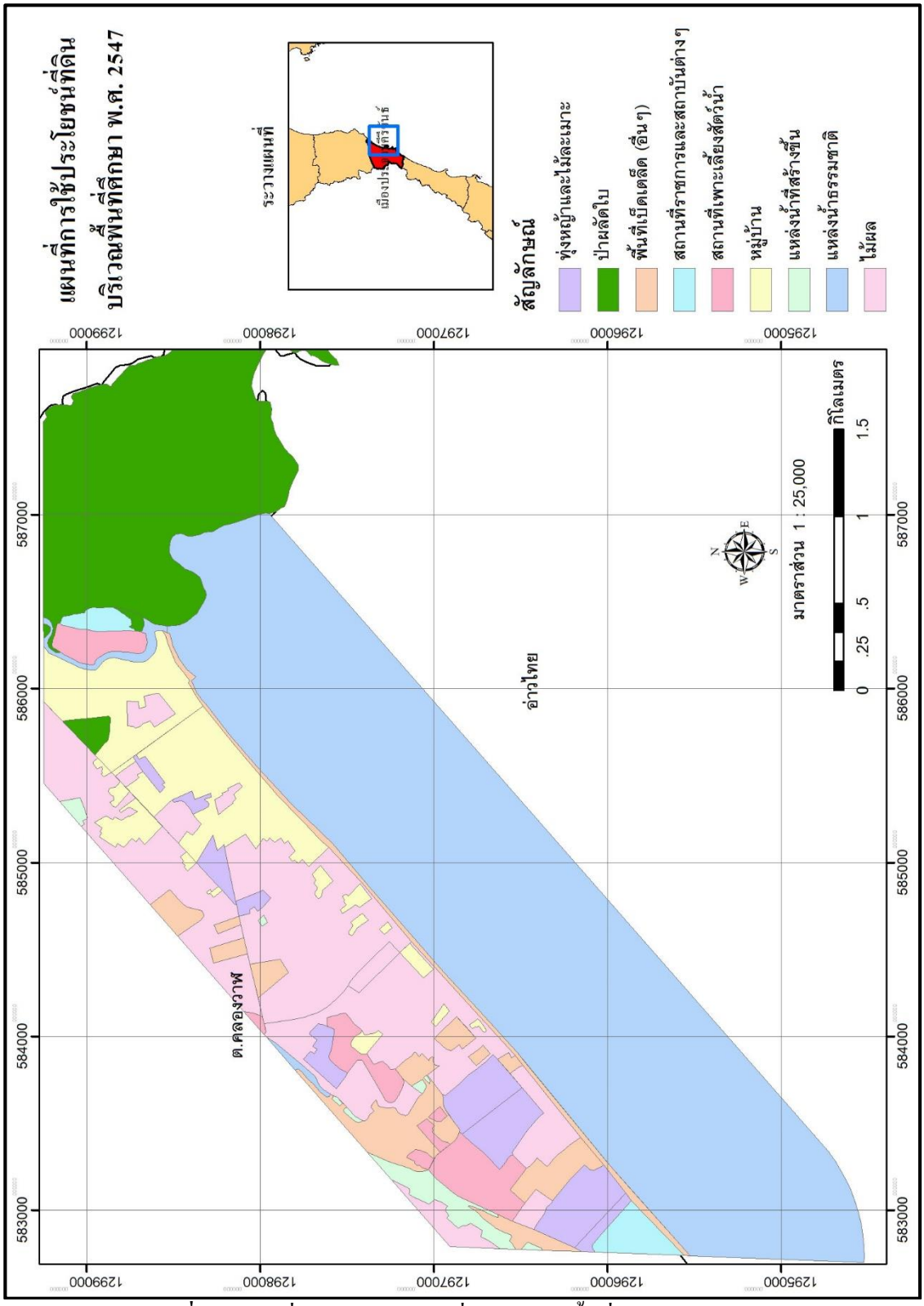
บทที่ 4
ผลการศึกษาและอภิปราย

ผลการศึกษาการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งชายฝั่งคลองวาฬ เป็นระยะทางประมาณ 4 กิโลเมตร ในครั้งนี้ โดยการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเป็นปัจจัยหนึ่งสำหรับสนับสนุนผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง LITPACK โดยผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง LITPACK ประกอบด้วย การวิเคราะห์ความลึกของท้องน้ำ (Bathymetry map) การวิเคราะห์ขนาดตะกอน การวิเคราะห์ผังกระจายคลื่นเฉลี่ยรายปี (Average annual wave) การวิเคราะห์รูปตัดชายหาด (Cross-shore profile) การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอนรายปี (Net annual sediment) การวิเคราะห์เส้นชายฝั่งย้อนหลัง (Previous times shoreline) ซึ่งข้อมูลที่กล่าวมานี้สำหรับใช้ในการนำเข้าข้อมูลให้กับแบบจำลอง ผลการสอบเทียบแบบจำลอง แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

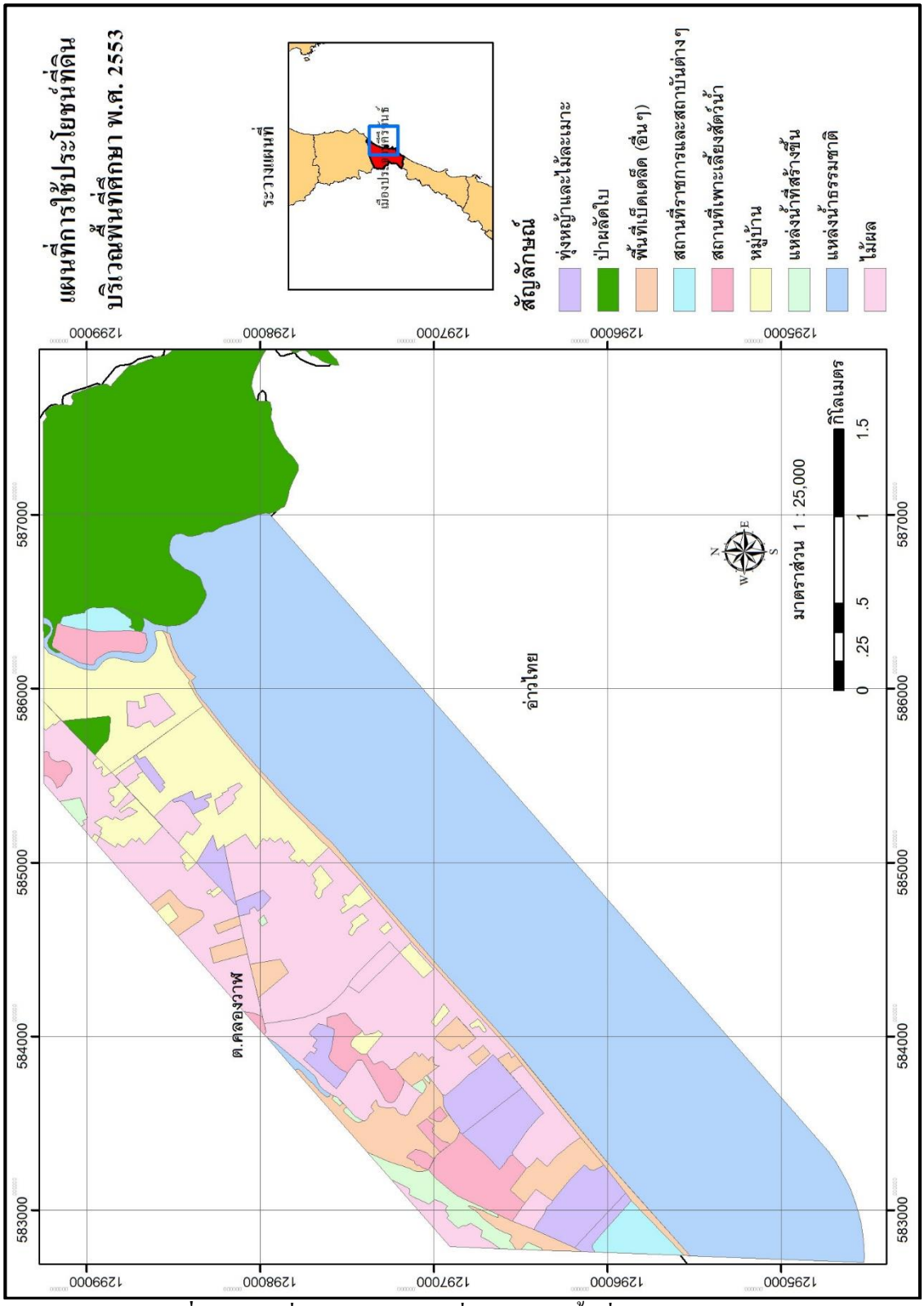
4.1 ผลการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเล

การใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเล มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการชายฝั่งทะเล จากการศึกษาพบว่าการถมที่ดินบริเวณริมชายหาดและริมแม่น้ำ เพื่อการก่อสร้างบ้านพักอาศัย หรือโรงแรม และรีสอร์ท ทำให้พื้นที่ชายฝั่งได้เปลี่ยนจากพื้นที่ธรรมชาติกลายเป็นพื้นที่ชุมชน ซึ่งเป็นการกีดขวางกระบวนการเคลื่อนตัวของตะกอนจากบนบกลงสู่ทะเลได้ตามธรรมชาติ มีผลให้เกิดการสูญเสียดุลยภาพตามธรรมชาติของชายฝั่งทะเล

และจากการศึกษาลักษณะทางธรณีสัณฐานบริเวณบ้านคลองวาฬมีลักษณะเป็นหินปูนและตะกอนในพื้นที่มีลักษณะเป็นตะกอนสันทรายเก่า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้เกิดชายฝั่ง จากการสลายตัวผุพังของวัตถุต้นกำเนิดและถูกพัดพาหรือไหลลงมาตามแม่น้ำลำคลองลงสู่ทะเลสะสมตัวอยู่ตามแนวชายฝั่ง แต่จากลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมแม่น้ำลำคลองส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเป็นที่อยู่อาศัย มีการถมที่ทำถนน ซึ่งทำให้การสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดลดลง ส่งผลให้ตะกอนที่คอยลงมาเติมบริเวณชายฝั่งทะเลลดลง และเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ชายฝั่งทะเลบ้านคลองวาฬถูกกัดเซาะเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 4-1 และ 4-2 และตารางที่ 4-1



รูปที่ 4-1 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2547



รูปที่ 4-2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2553

ตารางที่ 4-1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553

การใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเลบริเวณบ้านคลองวาฬ							
		พ.ศ. 2547		พ.ศ. 2553		การเปลี่ยนแปลง	
LU_CODE	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	Area_Rai	%	Area_Rai	%	Area_Rai	%
A4	ไม้ผล	1,177.78	16.20	1,159.85	15.95	-17.93	-0.25
A9	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	210.55	2.90	222.45	3.06	11.89	0.16
F2	ป่าผลัดใบ	1,246.33	17.14	1,246.33	17.14	0.00	0.00
M1	ทุ่งหญ้าและไม้ละเมาะ	299.72	4.12	299.72	4.12	0.00	0.00
M4	พื้นที่เบ็ดเตล็ด (อื่นๆ)	355.48	4.89	350.56	4.82	-4.92	-0.07
U2	หมู่บ้าน	571.19	7.86	582.15	8.01	10.96	0.15
U3	สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ	79.58	1.09	79.58	1.09	0.00	0.00
W1	แหล่งน้ำธรรมชาติ	3,250.70	44.72	3,250.70	44.72	0.00	0.00
W2	แหล่งน้ำที่สร้างขึ้น	78.20	1.08	78.20	1.08	0.00	0.00
	รวม	7,269.54	100.00	7,269.54	100.00		

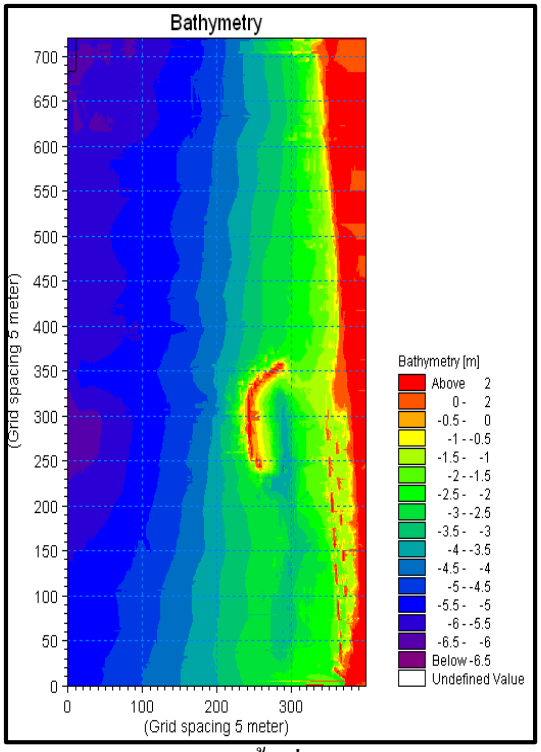
หมายเหตุ เครื่องหมาย (-) หมายถึงพื้นที่ลดลง (+) หมายถึงพื้นที่เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยมาก ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4-1 ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจึงมีอิทธิพลต่อการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่ศึกษานี้น้อยมาก

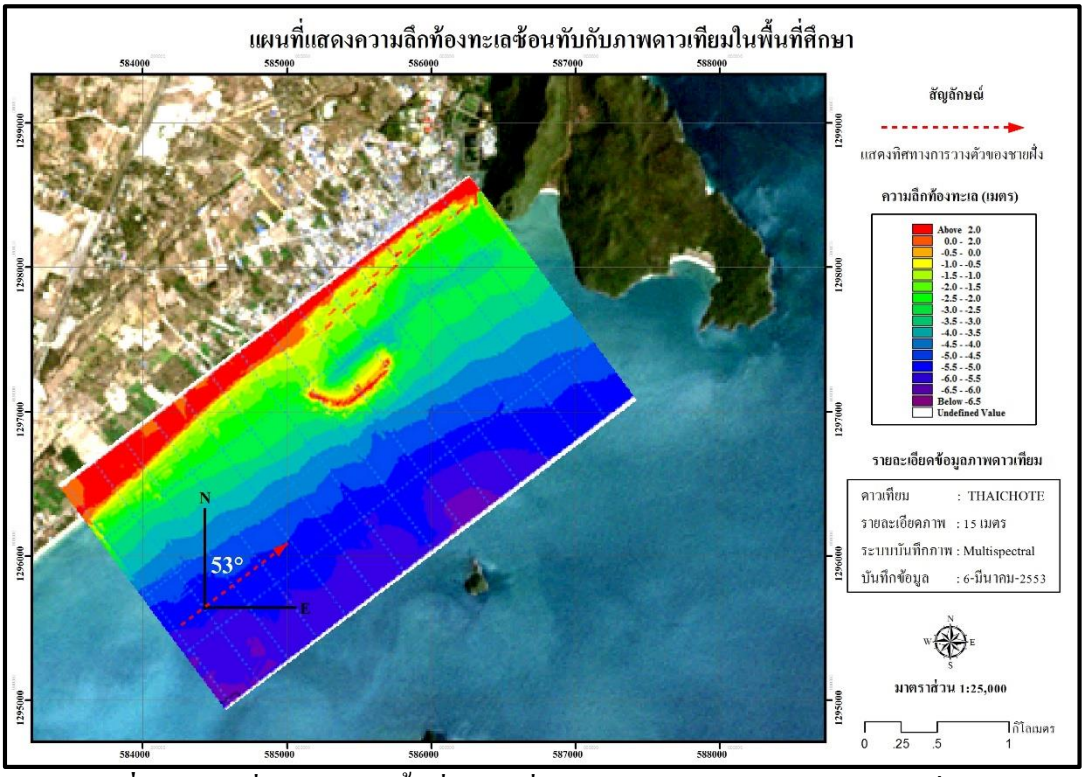
4.2 การวิเคราะห์ความลึกของท้องน้ำ (Bathymetry map)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลการหยั่งน้ำในพื้นที่ศึกษาด้วยอุปกรณ์เครื่องหยั่งน้ำ (Echo Sounder) ไปตามแนวสำรวจ(line transect) ความยาวออกไปในทะเล 2 กิโลเมตร ที่กำหนดไว้อยู่ในแนวตั้งฉากกับแนวชายฝั่งทะเล มีระยะห่างระหว่างแนวสำรวจทุกๆ 200 เมตร แล้วนำข้อมูลมาหักลบกับความลึกของน้ำด้วยค่าระดับน้ำขึ้น-ลง และนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรม LITPACK โปรแกรมคำนวณแผนที่ความลึก และทำการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Interpolation) ด้วยวิธีการ Spline เพื่อให้คำนวณแผนที่ความลึกให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่การวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 4-3 และเมื่อทำการ

ปรับแก้ให้มีทิศทางตรงกับแนวชายฝั่งจริงโดยที่แนวชายฝั่งมีทิศทางในการวางตัวด้วยมุม 53 องศาเทียบกับทิศเหนือจริง ดังแสดงในรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-3 แสดงความลึกในพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลภาคสนาม



รูปที่ 4-4 แผนที่ความลึกในพื้นที่ศึกษาเมื่อทำการปรับทิศให้ตรงกับแนวชายฝั่งจริง

4.3 การวิเคราะห์ขนาดตะกอน

เพื่อหาความสัมพันธ์การกระจายของเม็ดทราย และขนาดตะกอนทรายตามแนวชายฝั่ง ที่มีผลต่ออัตราการเคลื่อนที่ของตะกอน ถ้าหากอนุภาคตะกอนมีขนาดเล็ก ปริมาณที่ทรายเคลื่อนที่จะมาก แต่หากตะกอนมีขนาดใหญ่ อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอนจะมีค่าน้อย (นรินทร์, 2555) ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างตะกอนและนำไปวิเคราะห์หาขนาดเม็ดทรายเฉลี่ย ผลการวิเคราะห์ตะกอนทรายชายหาดบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่ามีขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อเปรียบเทียบกับตะกอนของชายหาดภาคใต้โดยทั่วไป โดยมีขนาด D50 ประมาณ 0.6 mm ดังแสดงในรูปที่ 4-5

SOIL ENGINEERING LABORATORY

PROJECT
LAB NO
FILE NO

SIEVE ANALYSIS

SOIL SAMPLE
TEST NO
DATE
TESTED BY
CHECKED BY
SAMPLE DATE

LOCATION. LAT. N.
BORING NO. LONG. E.
SAMPLE NO. ST.S1
SPECIFIC GRAVITY , Go
TYPE OF SEDIMENTS **SAND**

DRY WT. OF ORIGINAL SAMPLE			SAMPLE PREWASHED : YES	NO
167.1	gm.	156.3	DRY WT. AFTER PREWASHING	123.8
32.5		32.5	WASHING LOSS 72.2 - 0.0	10.8
134.6		123.8		

SIEVE NO.	SIEVE OPENING mm.	WT. SIEVE gm.	WT.SIEVE + SOIL gm.	WT.SOIL RETAINED gm.	PERCENT RETAINED	CUMULATIVE PERCENT	PERCENT FINER
5	4.000	364.4	366.3	01.90	01.41	01.41	98.59
10	2.000	333.1	341.2	08.10	06.02	07.43	92.57
18	1.000	300.2	332.4	32.20	23.92	31.35	68.65
25	0.710	284.4	300.9	16.50	12.26	43.61	56.39
35	0.500	272.0	300.3	28.30	21.03	64.63	35.37
45	0.355	265.8	276.6	10.80	08.02	72.66	27.34
60	0.250	238.9	249.7	10.80	08.02	80.68	19.32
80	0.180	235.7	245.1	09.40	06.98	87.67	12.33
120	0.125	235.8	241.3	05.50	04.09	91.75	08.25
170	0.090	228.9	229.2	00.30	00.22	91.97	08.03
230	0.063	226.4	226.4	00.00	00.00	91.97	08.03
270	0.053	225.4	225.4	00.00	00.00	91.97	08.03
325	0.045	227.5	227.5	00.00	00.00	91.97	08.03
400	0.038	210.4	210.4	00.00	00.00	91.97	08.03
PAN		194.9	194.9	10.80	08.03	100.00	
				134.60			

WT. PASSING NP. 400 SIEVE , A 0.00 gm.	ERROR ORIGINAL WT. - TOTAL WT. RETAINED, 134.6 - 134.6 = 0.0 gm.
WASHING LOSS WT. , g 10.80 gm.	PERCENT ERROR (gm.) / ORIGINAL WT. (gm.)
TOTAL WT. PASSING NO. 400 SIEVE 10.80 gm.	

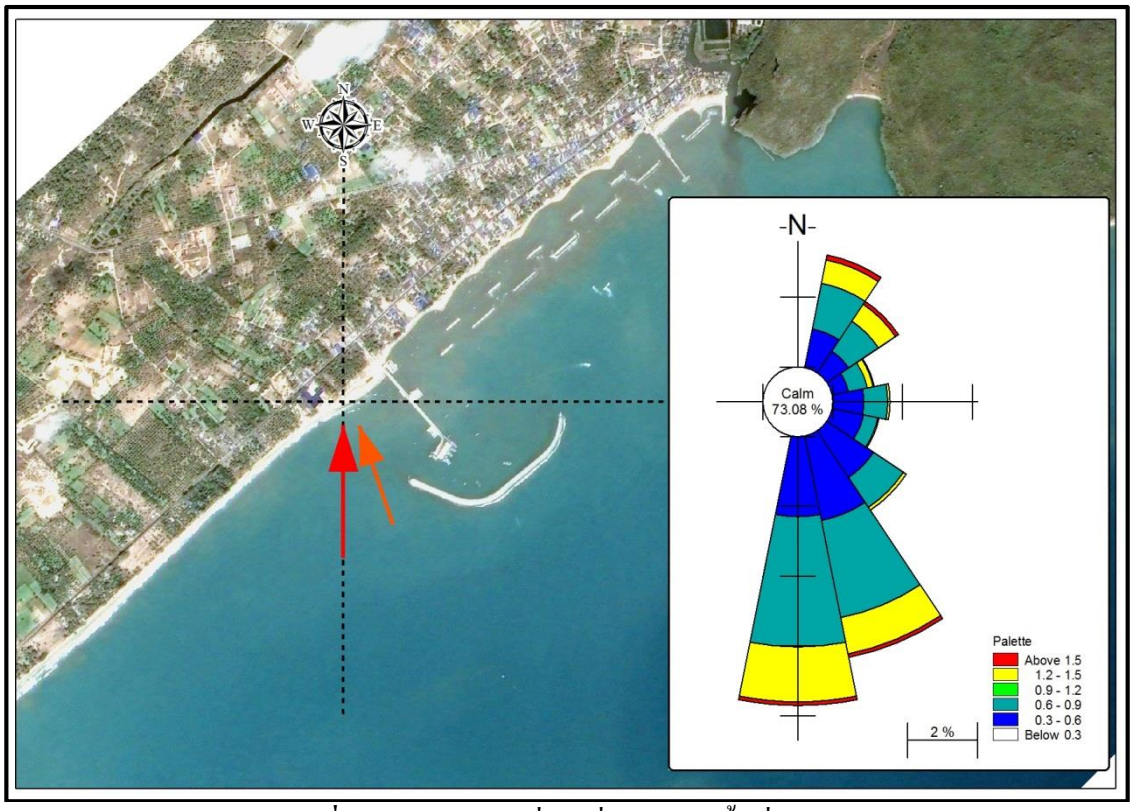
REMARKS :

GRAVELS	(>2.00)	1.41 %	GRAVELS	(>2.00)	1.41 %
SAND	(2.00-.063)	90.56 %	SAND	(2.00-.063)	90.56 %
MUD	(<.063)	8.03 %	SILT	(.063-.0039)	0.00 %
		100.00 %	CLAY	(<.0039)	8.03 %
					100.00 %

รูปที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน

4.4 การวิเคราะห์ผังกระจายคลื่นเฉลี่ยรายปี (Average annual wave)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลคลื่นที่นำมาใช้ในการทำแบบจำลอง จากแบบจำลองของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้ทำการทำนายคลื่นด้วยข้อมูลลม (Wave Hindcasting) ณ บริเวณความลึก 9 เมตร (หรือประมาณ 20 กิโลเมตรจากฝั่ง) หลังจากที่ได้ข้อมูลมาแล้ว จำเป็นต้องมีการปรับแก้ทิศทางของคลื่น เนื่องจากทิศทางที่ใช้ในแบบจำลอง คือ ทิศทางที่คลื่นเคลื่อนที่มา (Coming from) จากนั้นจึงทำการจัดข้อมูลคลื่นให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้ได้ในแบบจำลอง ดังแสดงในรูปที่ 4-6

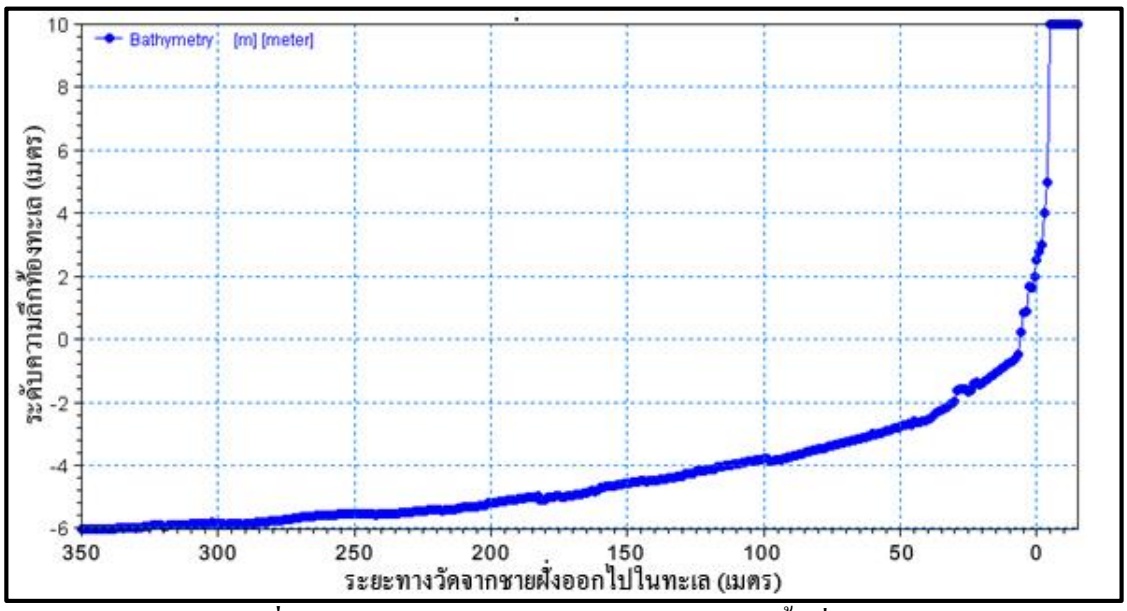


รูปที่ 4-6 ผังกระจายคลื่นเฉลี่ยรายปีในพื้นที่ศึกษา

จากรูปที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่า ในพื้นที่ศึกษา มีทิศทางหลักที่คลื่นเคลื่อนที่เข้าสู่พื้นที่ศึกษานั้นมาจากทางทิศใต้ (S) และทิศตะวันออกเฉียงใต้ค่อนมาทางใต้ (SSE) คลื่นที่มีความสูงน้อยกว่า 0.30 เมตร ซึ่งถือว่าเป็นช่วงที่คลื่นสงบ มีระยะเวลา 73.08% ของทั้งปี โดยทิศทางที่คลื่นพัดพานี้จะส่งผลต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนไปในทิศทางเดียวกัน

4.5 การวิเคราะห์รูปตัดชายหาด (Cross-shore profile)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ข้อมูลที่สำคัญสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลอง คือข้อมูลรูปตัดชายหาด (Cross-shore profile) เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระดับความลาดชันของชายหาดโดยการทำรังวัด อ้างอิงค่าพิกัดทางราบและค่าพิกัดความสูงจากหมุดหลักฐาน GPS389 และหมุด GPS390 บริเวณสะพานท่าเทียบเรือของอ่าวคลองวาฬ โดยการศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่ที่เป็นความลึกหาดตามแนวธรรมชาติ ซึ่งไม่ได้รับอิทธิพลจากสิ่งก่อสร้างใดๆ มาเป็นตัวแทนของพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 4-7

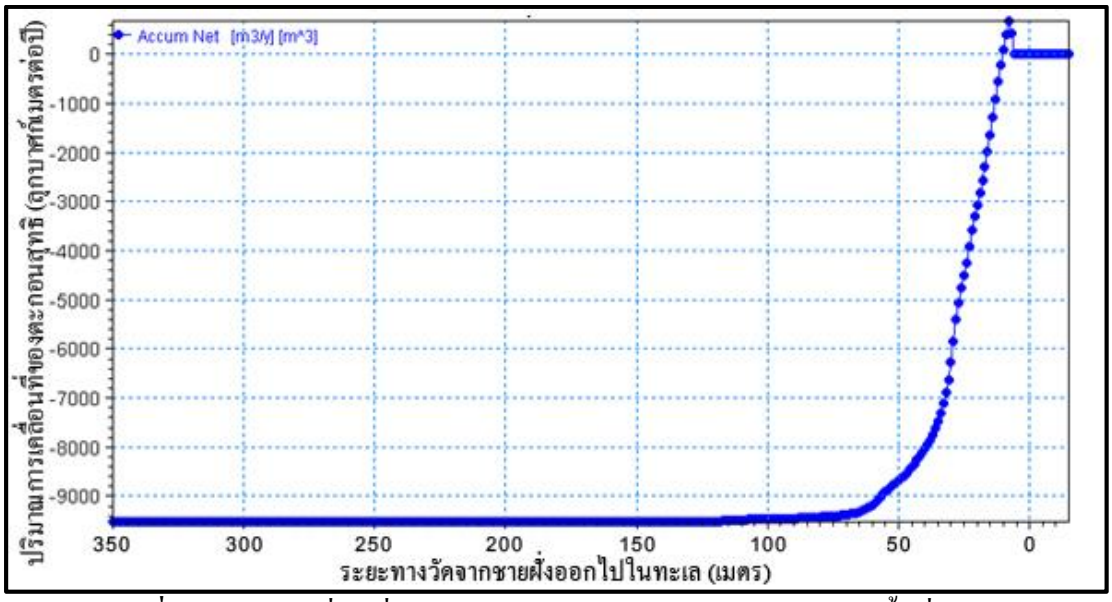


รูปที่ 4-7 รูปตัดชายหาด (Cross-shore profile)ในพื้นที่ศึกษา

รูปตัดชายหาดแสดงถึงสัณฐานของชายหาด โดยวัดตั้งฉากกับแนวชายฝั่งไปถึงเขตที่พื้นทะเลได้รับอิทธิพลจากคลื่น มีความสำคัญอย่างมากต่อการศึกษากระบวนการทางชายฝั่ง บริเวณอิทธิพลของคลื่นเป็นเขตที่นับจากสันทรายบนฝั่งหรือแนวหน้าผาไปถึงจุดในทะเลที่คลื่นมีอิทธิพลเพียงเล็กน้อยต่อการเคลื่อนที่ของตะกอน ข้อมูลรูปตัดชายหาดจึงมีความสำคัญต่อการคำนวณการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง การตอบสนองต่อคลื่น อัตราการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ของทรายในและนอกชายฝั่ง และการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของขนาดทรายตามระยะทางที่ห่างจากฝั่ง และการออกแบบโครงสร้างชายฝั่ง (เครือข่ายเฝ้าระวังรักษาชายหาด, 2556) เพราะรูปร่างของชายหาดและการตอบสนองต่อคลื่น เป็นผลให้เกิดการเคลื่อนที่ของทรายตามแนวชายฝั่งที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปทรงของชายหาด ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลองเพื่อคำนวณการเคลื่อนที่ของตะกอนในพื้นที่วิจัย

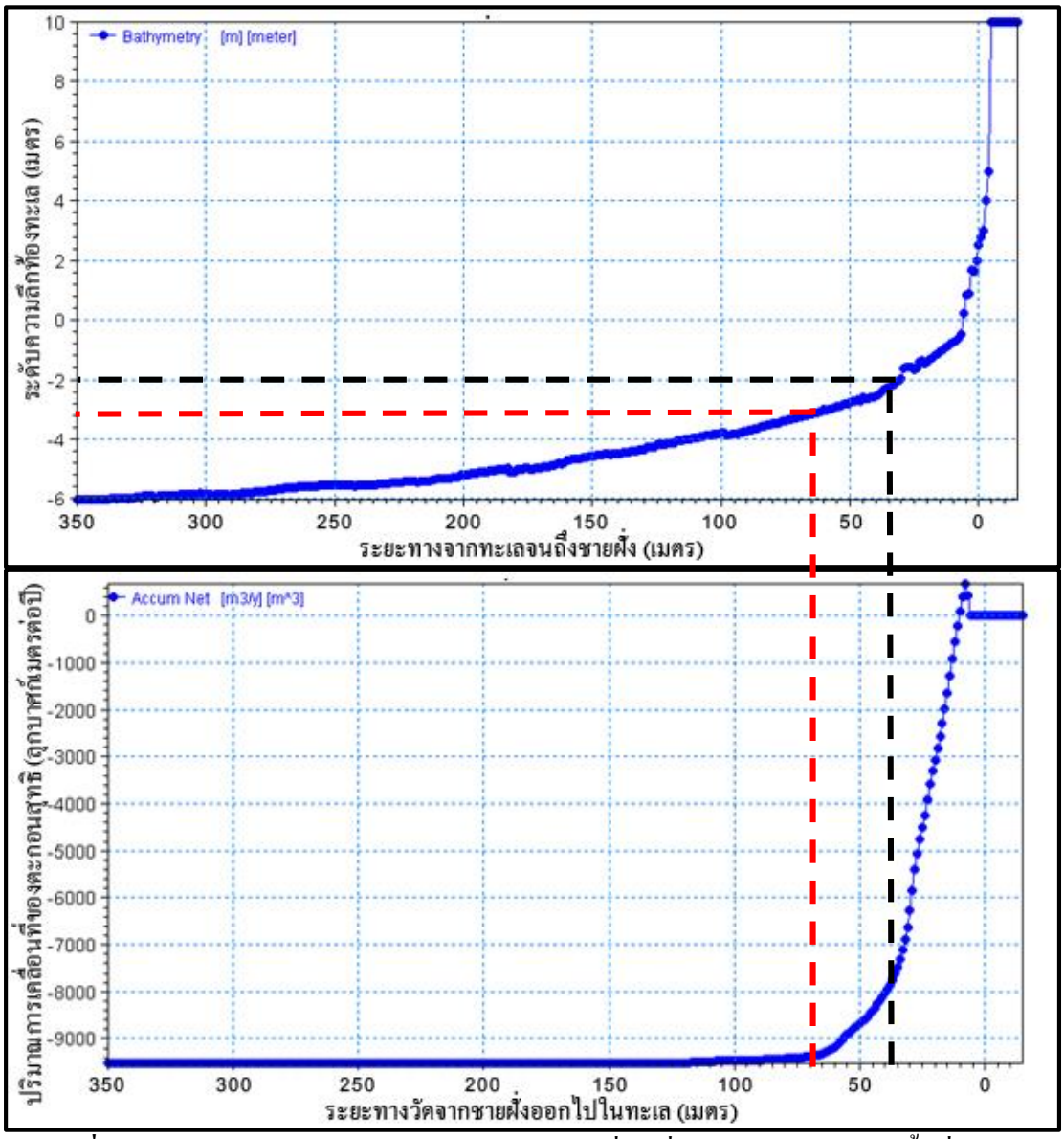
4.6 การวิเคราะห์ข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอนรายปี (Net annual sediment)

คำนวนการเคลื่อนตัวของตะกอนรายปี (LIDRIFT) ในพื้นที่ศึกษา ได้จากการคำนวณข้อมูลคลื่นรายปี และข้อมูลรูปตัดชายหาด ดังแสดงในรูปที่ 4-8



รูปที่ 4-8 รูปการเคลื่อนที่ของตะกอนรายปี (Net annual sediment)ในพื้นที่ศึกษา

จากรูปที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกอนสุทธิรายปี มีค่าประมาณ 9,700 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ทิศทางการเคลื่อนที่สุทธิเคลื่อนที่จากทางทิศใต้ขึ้นสู่ทิศเหนือซึ่งสัมพันธ์กับทิศทางของคลื่น และลักษณะการเคลื่อนตัวของตะกอน จะถูกจำกัดด้วยความลึก คือ หากความลึกยิ่งมาก คลื่นยิ่งมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนตัวของตะกอนน้อย ดังนั้นการเคลื่อนที่ของตะกอนจะมีอัตราสูง ณ บริเวณใกล้ชายฝั่ง และจะไม่เคลื่อนที่เลย เมื่อห่างฝั่งออกไป



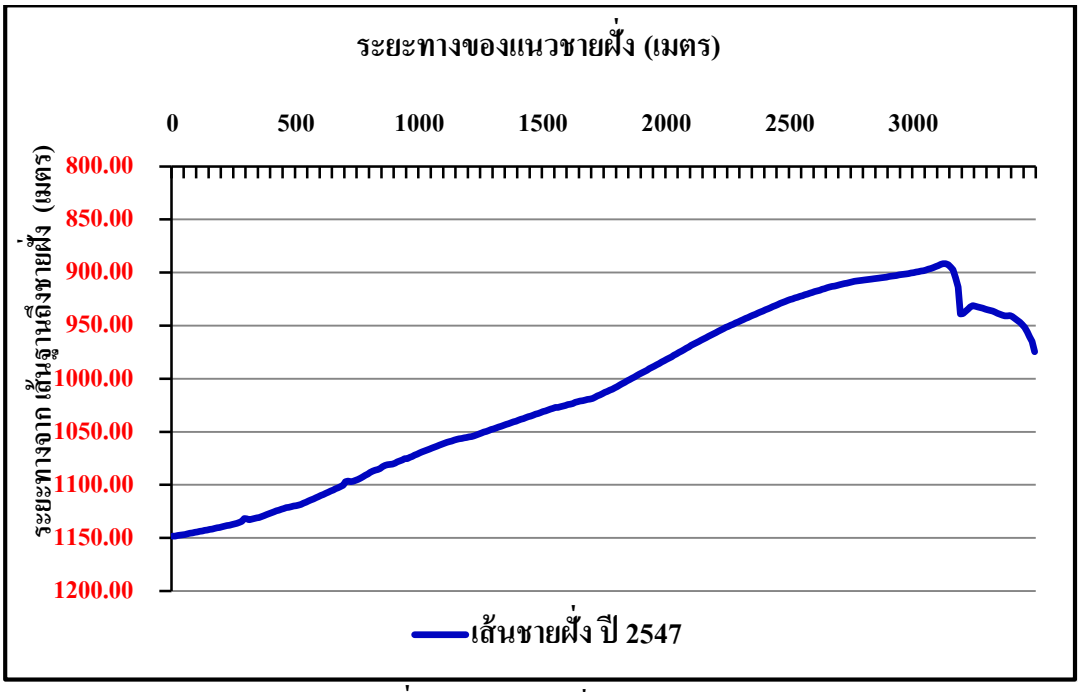
รูปที่ 4-9 รูปการเปรียบเทียบรูปตัดชายหาดกับการเคลื่อนที่ของตะกอนทราย ในพื้นที่ศึกษา เพื่อหาตำแหน่งความลึกที่ตะกอนหยุดการเคลื่อนที่ (Active depth)

จากรูปที่ 4-9 พบว่าตำแหน่งความลึกที่ตะกอนหยุดการเคลื่อนที่ (Active depth) มีค่าประมาณ 3.20 เมตร จากผิวน้ำ (เส้นประสีแดง) และตะกอนที่เคลื่อนที่ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ความลึกน้อยกว่า 2 เมตร จากผิวน้ำ (เส้นประสีดำ)

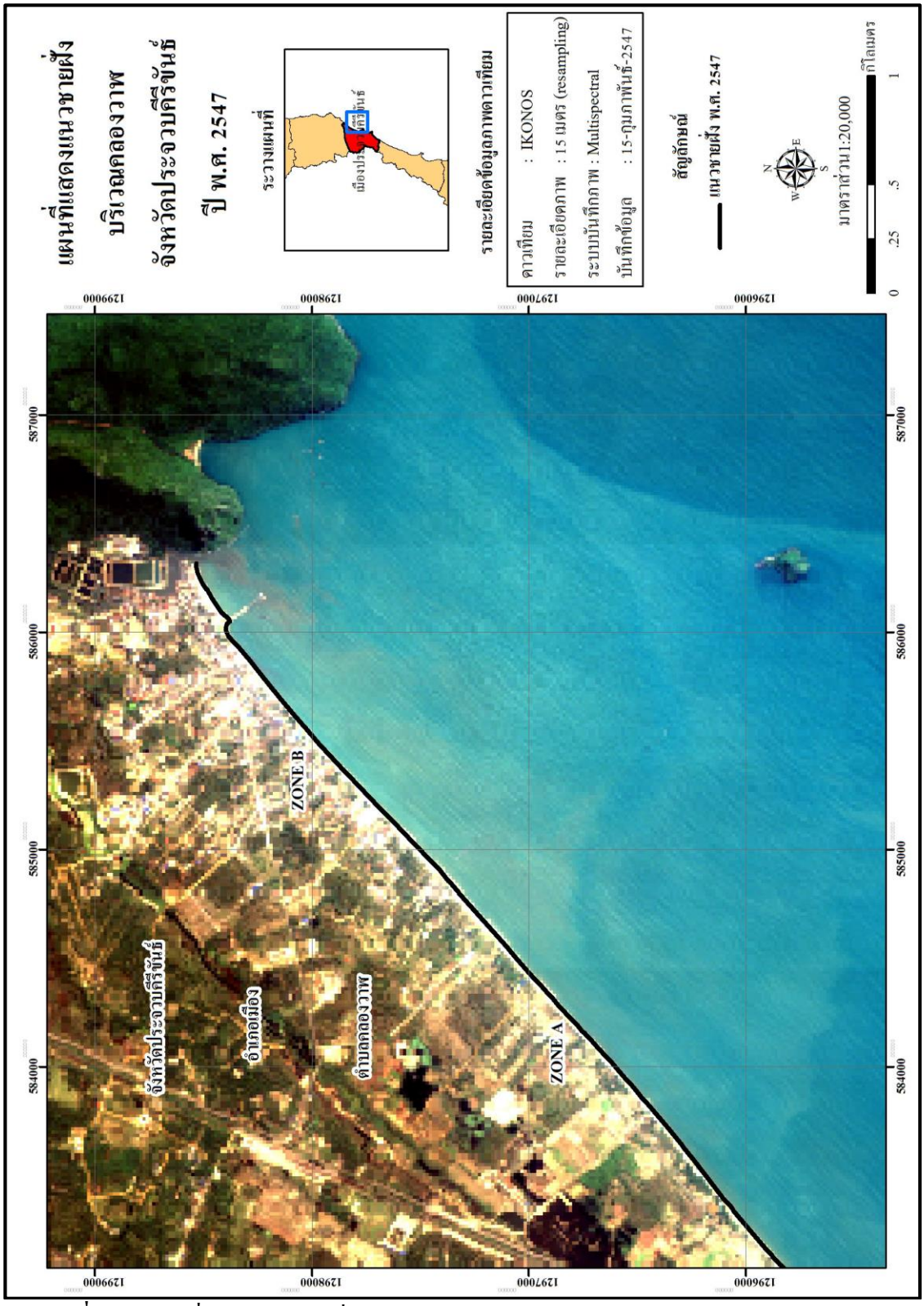
4.7 การวิเคราะห์เส้นชายฝั่งย้อนหลัง (Previous times shoreline)

เส้นแนวชายฝั่งย้อนหลังได้จากการแปลตีความด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมย้อนหลัง คือ ปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2553 ที่ได้ทำการ resampling ให้มีความละเอียดของ pixel เท่ากัน เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งบริเวณพื้นที่โครงการ ใช้เป็นข้อมูลยืนยันตำแหน่งแนวชายฝั่ง และปรับแก้สำหรับแบบจำลองคณิตศาสตร์

4.7.1 เส้นแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากการวิเคราะห์ด้วยภาพดาวเทียม ซึ่งเป็นปีที่ยังไม่มีการก่อสร้างโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น พบว่าแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2547 ชายฝั่งค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงตลอดแนวชายฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ 4-10 และ 4-11

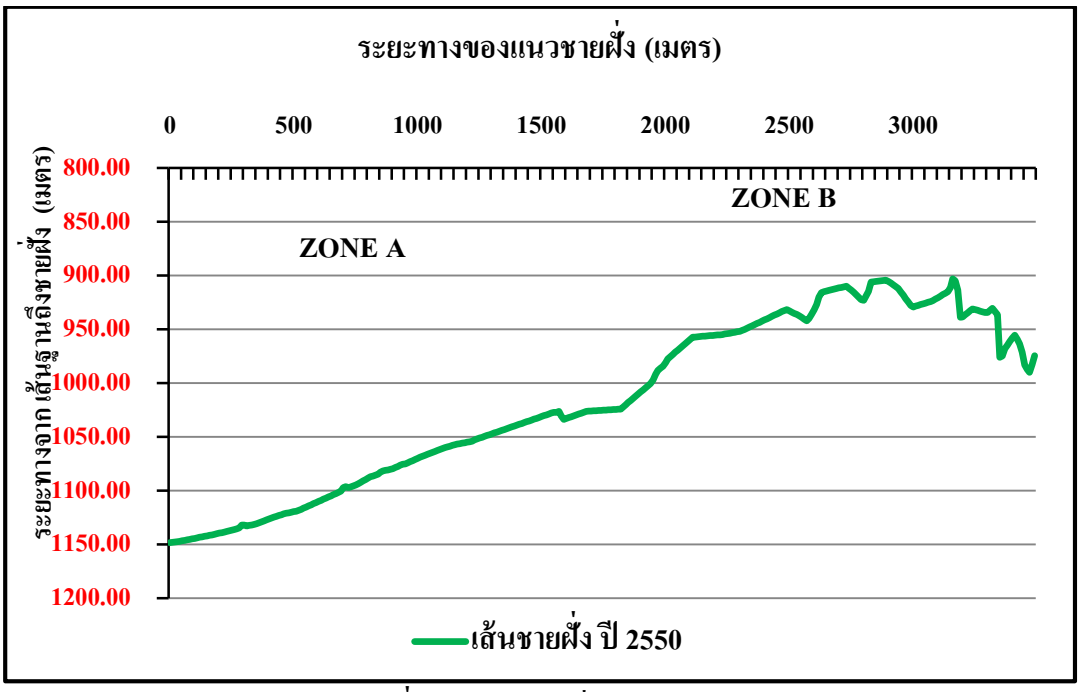


รูปที่ 4-10 แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547

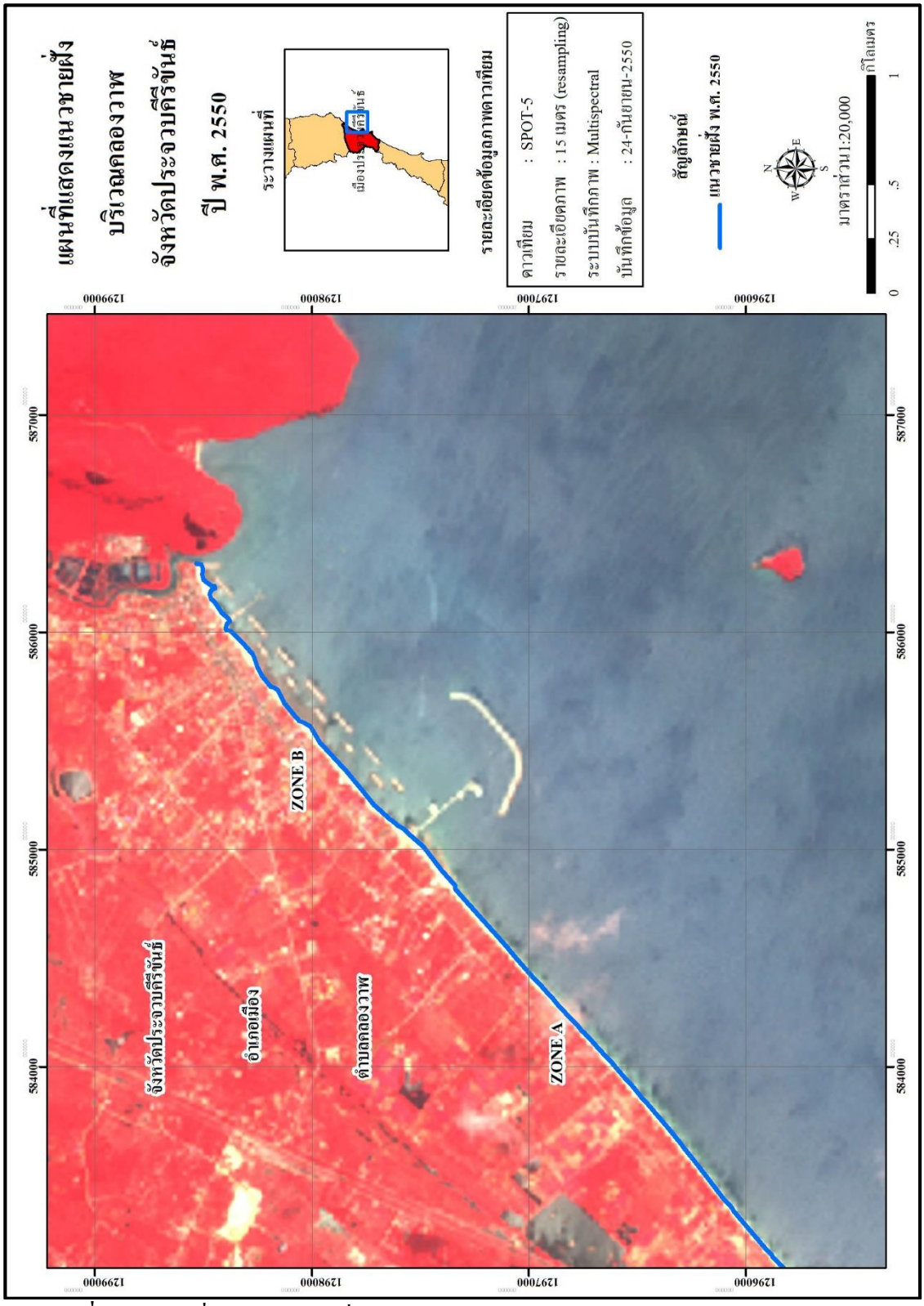


รูปที่ 4-11 แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2547 วิเคราะห์จากข้อมูลภาพดาวเทียม IKONOS

4.7.2 เส้นแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2550 จากการวิเคราะห์ด้วยภาพดาวเทียม ซึ่งเป็นปีที่มีการก่อสร้างโครงสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นเสร็จแล้ว พบว่าแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2550 ใน Zone A คือ บริเวณที่อยู่ทางใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ พบว่าชายฝั่งค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชายฝั่งตลอดแนวไปจนถึงสะพานท่าเทียบเรือ ส่วนใน Zone B คือ บริเวณที่อยู่ทางด้านตอนเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่นในบริเวณนี้ พบว่าชายฝั่งบริเวณนี้มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงและชายฝั่งเกิดการกัดเซาะและเว้าแหว่งอย่างรุนแรง ดังแสดงในรูปที่ 4-12 และ 4-13

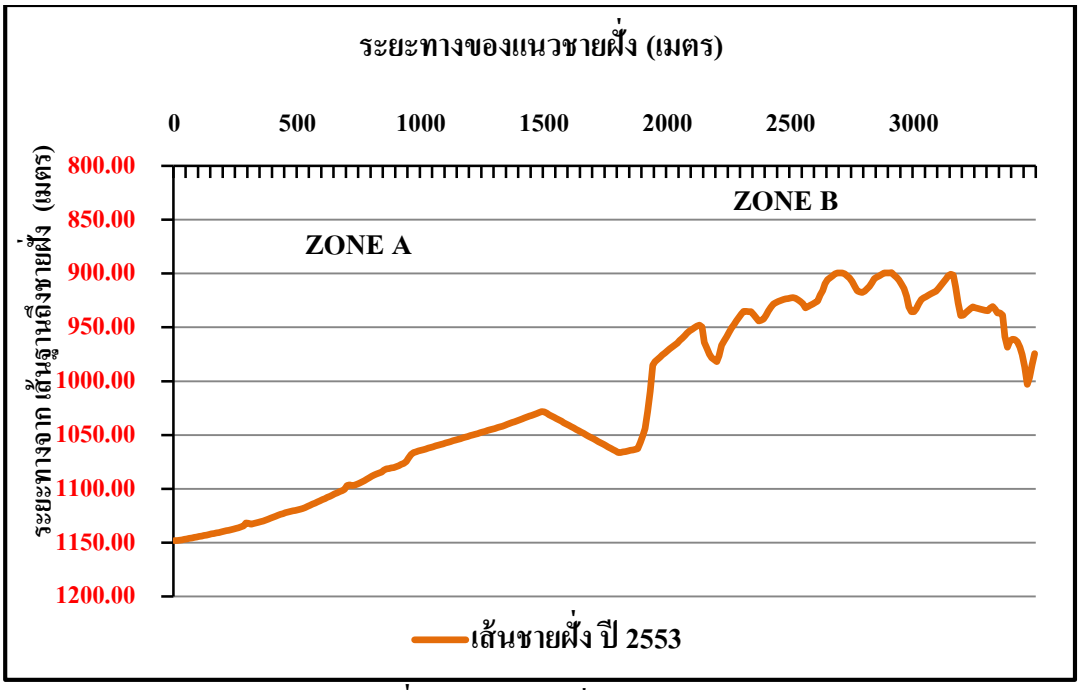


รูปที่ 4-12 แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2550

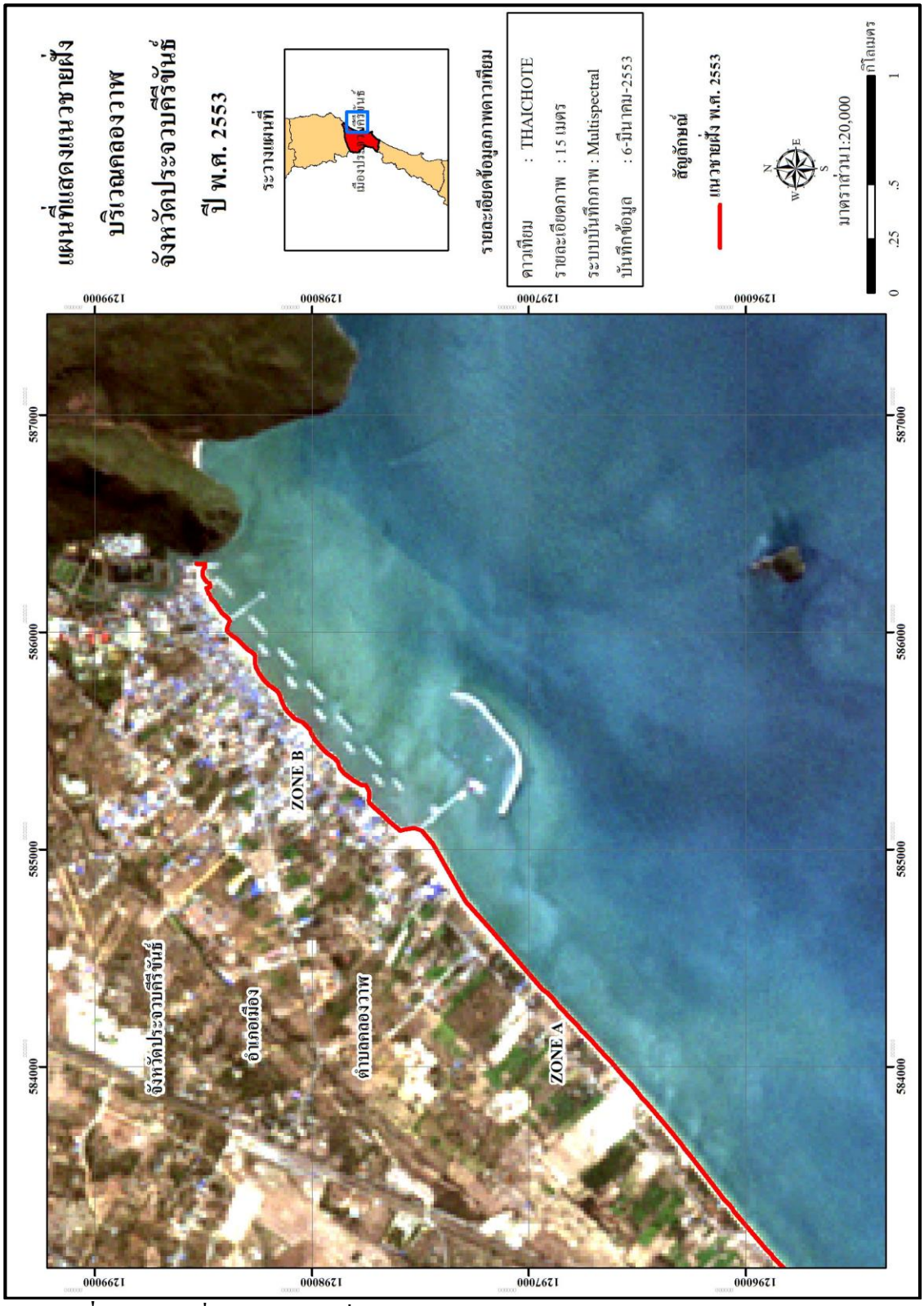


รูปที่ 4-13 แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2550 วิเคราะห์จากข้อมูลภาพดาวเทียม SPOT-5

4.7.3 เส้นแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการวิเคราะห์ด้วยภาพดาวเทียม ซึ่งเป็นปีที่ได้รับผลกระทบจากการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นมาแล้วเป็นเวลา 3 ปี พบว่าแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 ใน Zone A คือ บริเวณที่อยู่ทางใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ พบว่าชายฝั่งยังคงสภาพเป็นเส้นตรงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชายฝั่ง แต่จะพบว่ามีการทับถมของทรายบริเวณที่ติดกับสะพานท่าเทียบเรือฝั่งทิศใต้ ส่วนใน Zone B คือ บริเวณที่อยู่ทางด้านตอนเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่นในบริเวณนี้ พบว่าชายฝั่งบริเวณนี้มีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงและชายฝั่งเกิดการกัดเซาะอย่างรุนแรง โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ติดกับสะพานท่าเทียบเรือทางฝั่งทิศเหนือ และพบชายฝั่งถูกกัดเซาะเว้าแหว่งบริเวณช่องว่างระหว่างเขื่อนกันคลื่นแต่ละตัว ดังแสดงในรูปที่ 4-14 และ 4-15

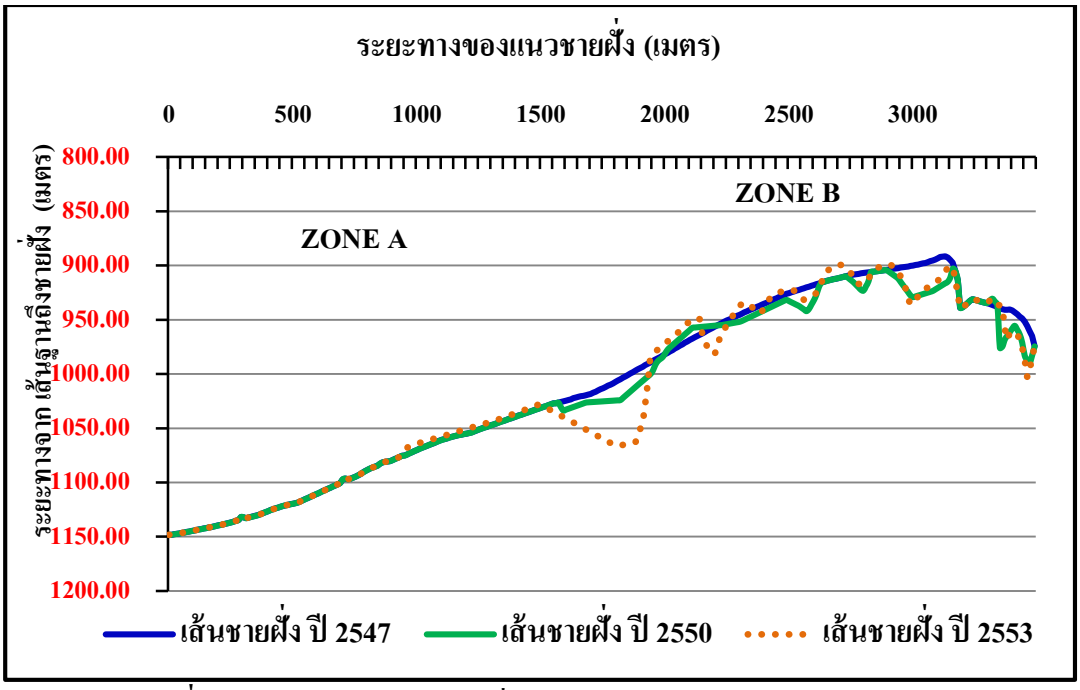


รูปที่ 4-14 แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553

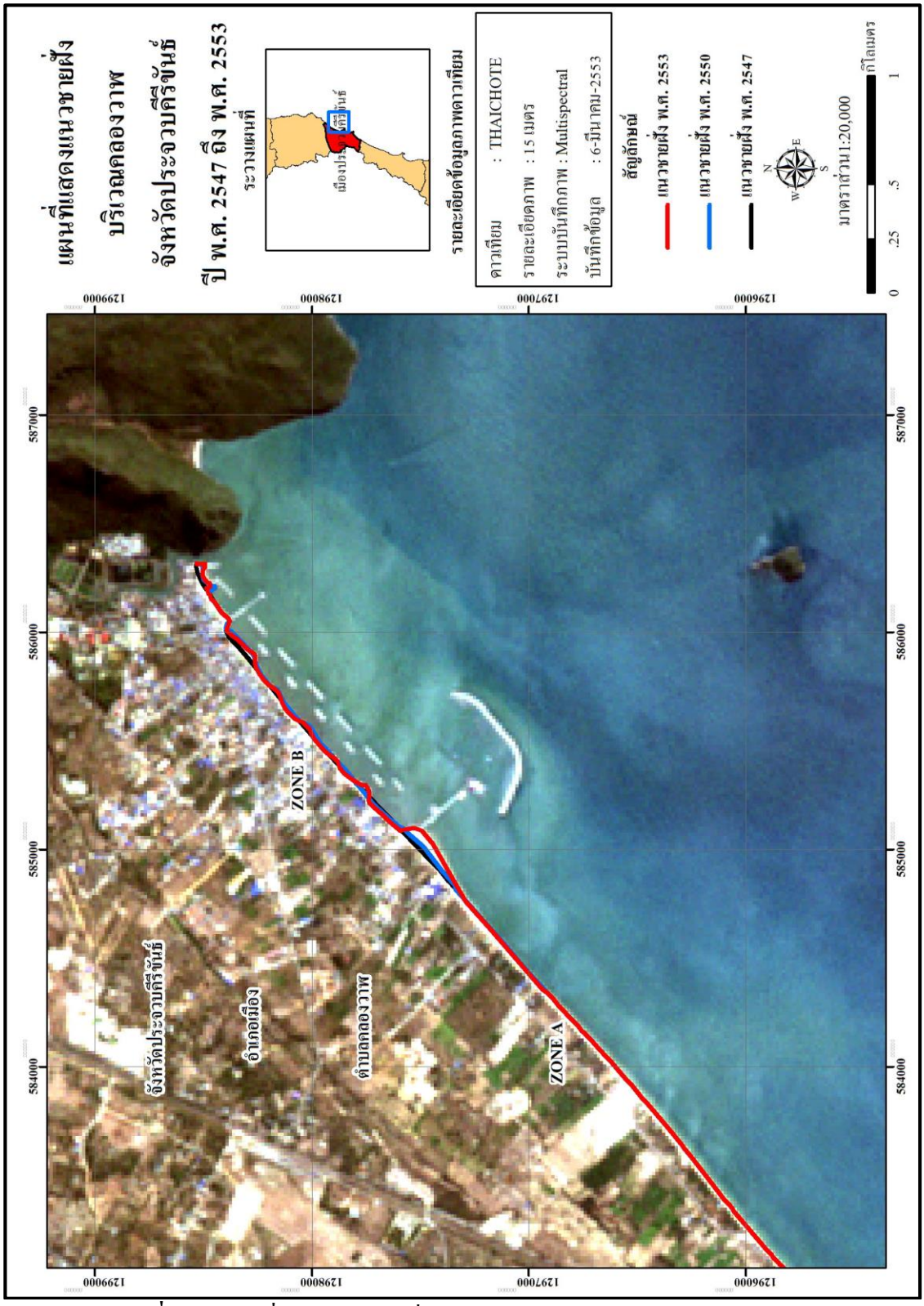


รูปที่ 4-15 แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 วิเคราะห์จากข้อมูลภาพดาวเทียม THEOS

4.7.4 จากการซ้อนทับข้อมูลเส้นชายฝั่งย้อนหลังระหว่างปี พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2553 ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งได้อย่างชัดเจน พบว่าชายฝั่งใน Zone A คือ บริเวณที่อยู่ทางใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ ตั้งแต่ พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2553 ชายฝั่งจะค่อนข้างซ้อนทับกันเกือบสนิท และมีการทับถมของทรายเพิ่มขึ้นทางด้านทิศใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ ซึ่งเป็นบริเวณ Zone A นี้ไม่ได้รับผลจากการสร้างสะพานท่าเทียบเรือเพราะทิศทางคลื่นเฉลี่ยรายปีมีทิศทางเคลื่อนที่จากใต้ขึ้นเหนือ ส่วนชายฝั่งใน Zone B คือ บริเวณที่อยู่ทางด้านตอนเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่นในบริเวณนี้ จะเห็นได้ชัดเจนว่าชายฝั่งเริ่มไม่มีความเป็นชายฝั่งคงสภาพ ค่อยๆถูกกัดเซาะและรุนแรงขึ้นเรื่อยๆตลอดระยะเวลา ตั้งแต่ พ.ศ. 2550 ถึง พ.ศ. 2553 ดังแสดงในรูปที่ 4-16 และ 4-17



รูปที่ 4-16 เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2553

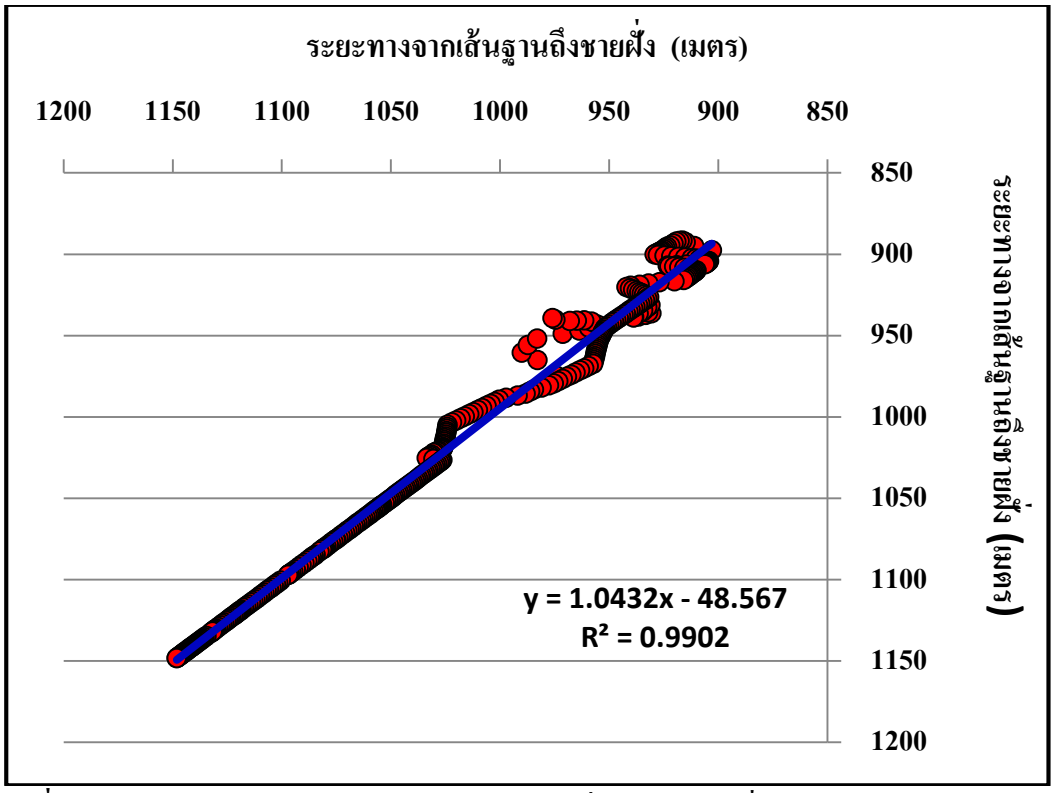


รูปที่ 4-17 แผนที่แสดงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2547, พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2553

4.8 ผลการสอบเทียบแบบจำลอง

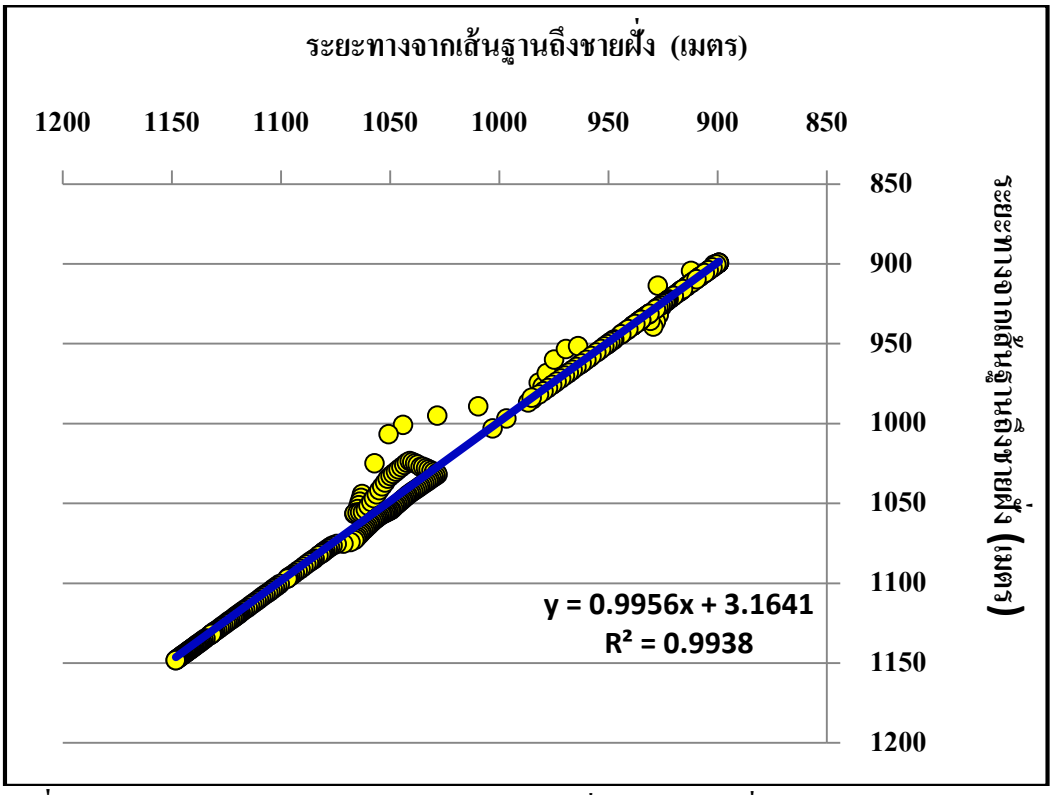
ขั้นตอนในการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่สำคัญ คือการปรับแก้และสอบเทียบแบบจำลอง

4.8.1 ใช้เส้นแนวชายฝั่ง ปี พ.ศ. 2550 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมมาหาค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่งโดยใช้วิธีหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) กับเส้นแนวชายฝั่ง ปี พ.ศ. 2550 ที่ได้จากแบบจำลอง โดยใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้นให้กับแบบจำลอง ผลที่ได้ปรากฏว่าเส้นแนวชายฝั่งที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม และที่ได้จากแบบจำลองมีตำแหน่งใกล้เคียงกัน และเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จาก ข้อมูลภาพดาวเทียม กับแบบจำลอง มีค่า $Y = 1.0432X - 48.567$ และ $R^2 = 0.9902$ ซึ่งแสดงว่าค่าตัวแปรที่ปรับแก้ในแบบจำลองนั้นมีระดับของความสัพันธ์อยู่ในระดับสูง จากผลการวิจัยในขั้นตอนนี้ทำให้ทราบว่าตัวแปรที่มีผลต่อความแตกต่างของค่าความสัมพันธ์มากที่สุด คือ ตำแหน่งความลึกที่ตะกอนหยุดการเคลื่อนที่ (Active depth) ดังแสดงในรูปที่ 4-18



รูปที่ 4-18 เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2550 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมกับที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

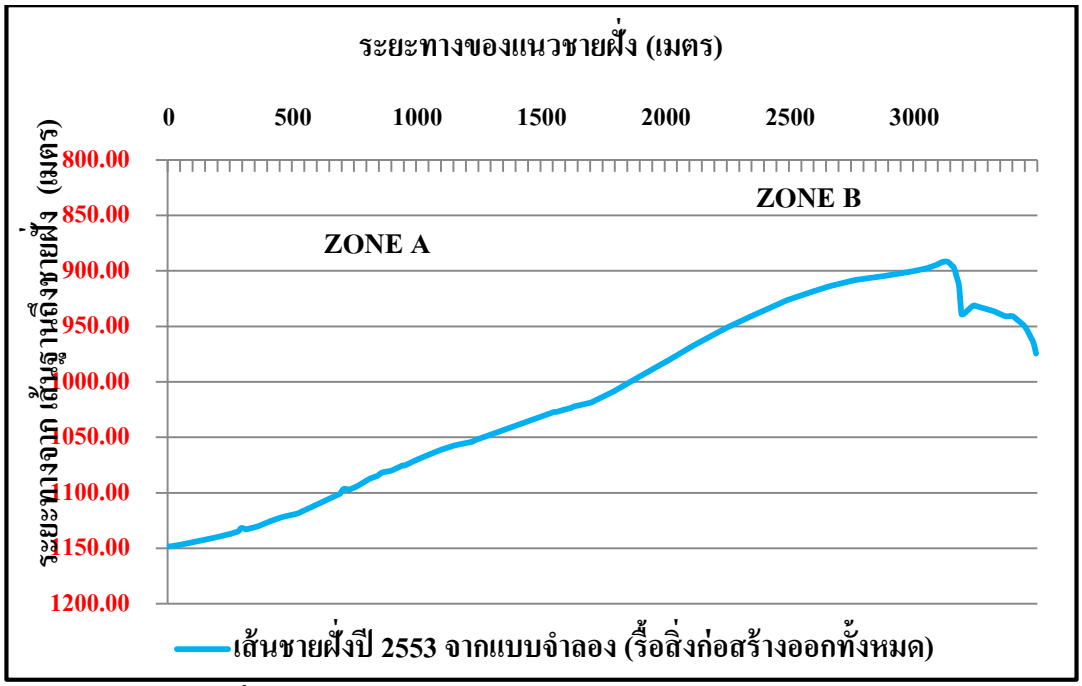
4.8.2 เส้นแนวชายฝั่ง ปี พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมมาหาค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่ง โดยใช้วิธีหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) กับเส้นแนวชายฝั่ง ปี พ.ศ. 2553 ที่ได้จากแบบจำลอง โดยใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2550 จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้นให้กับแบบจำลอง ผลที่ได้ปรากฏว่าเส้นแนวชายฝั่งที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม และที่ได้จากแบบจำลองมีตำแหน่งใกล้เคียงกัน และเส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จาก ข้อมูลภาพดาวเทียม กับแบบจำลองมีค่า $Y = 0.9956X + 3.1641$ และ $R^2 = 0.9938$ ซึ่งแสดงว่าค่าตัวแปรที่ปรับแก้ในแบบจำลองนั้นมีระดับของความสัพันธ์อยู่ในระดับสูง ที่จะใช้ในการพยากรณ์แนวชายฝั่งในอนาคต ดังแสดงในรูปที่ 4-19



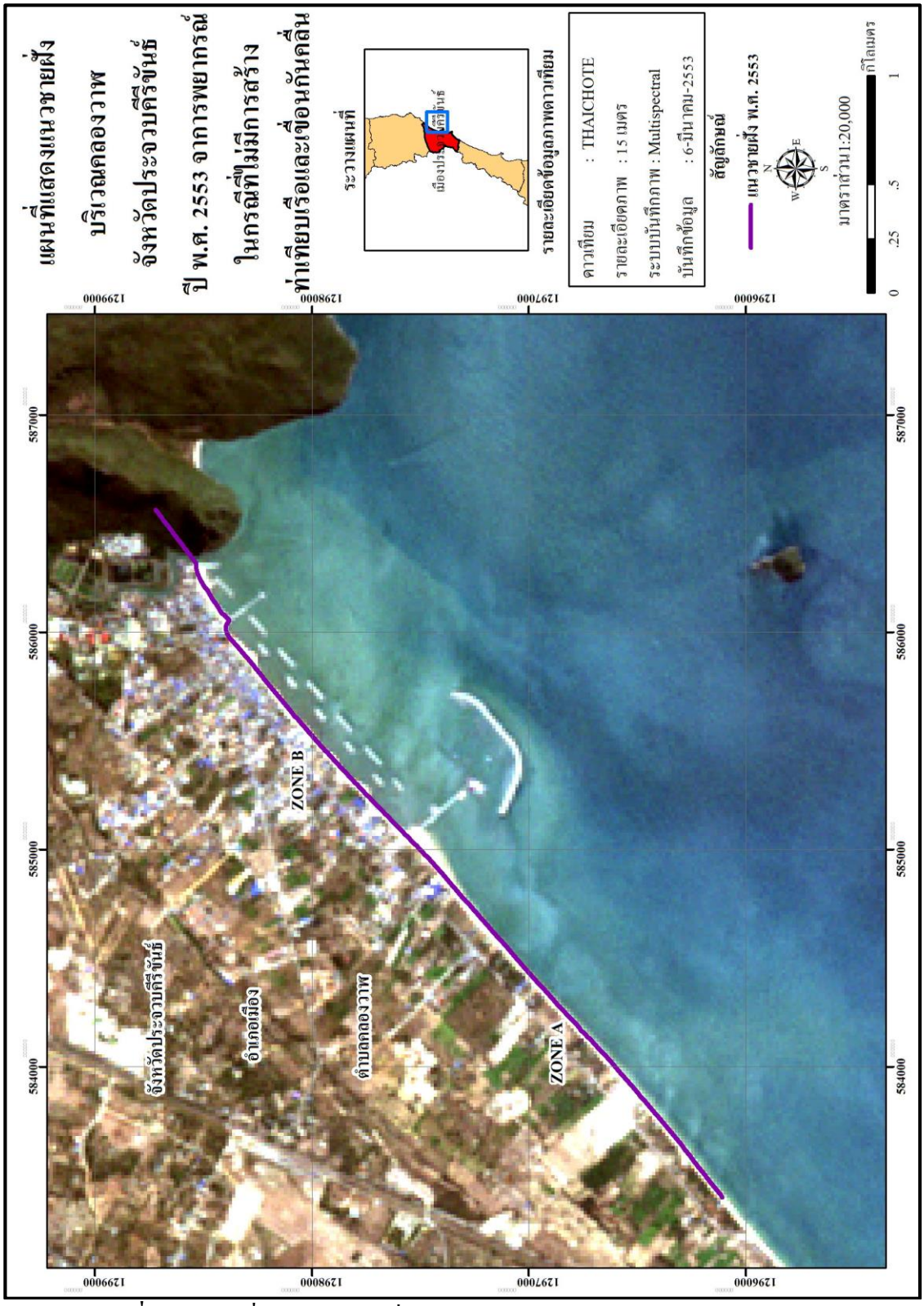
รูปที่ 4-19 เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมกับที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์

4.9 ผลการพยากรณ์แนวชายฝั่งจากแบบจำลอง

4.9.1 เส้นแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น โดยใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้นให้กับแบบจำลอง พบว่าแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 หากไม่มีสะพานท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่น ใน Zone A คือ บริเวณที่อยู่ทางใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ พบว่าชายฝั่งยังคงสภาพเป็นเส้นตรงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชายฝั่งตลอดแนวไปถึงบริเวณ Zone B คือ บริเวณที่อยู่ทางด้านตอนเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่น แสดงให้เห็นว่าหากไม่มีสะพานท่าเทียบเรือไปขวางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำและตะกอนทราย ทำให้มีตะกอนทรายไปหล่อเลี้ยงชายฝั่งทั้งบริเวณ Zone A และ Zone B ก็จะไม่เกิดการเสียสมดุลของชายฝั่ง ดังแสดงในรูปที่ 4-20 และ 4-21

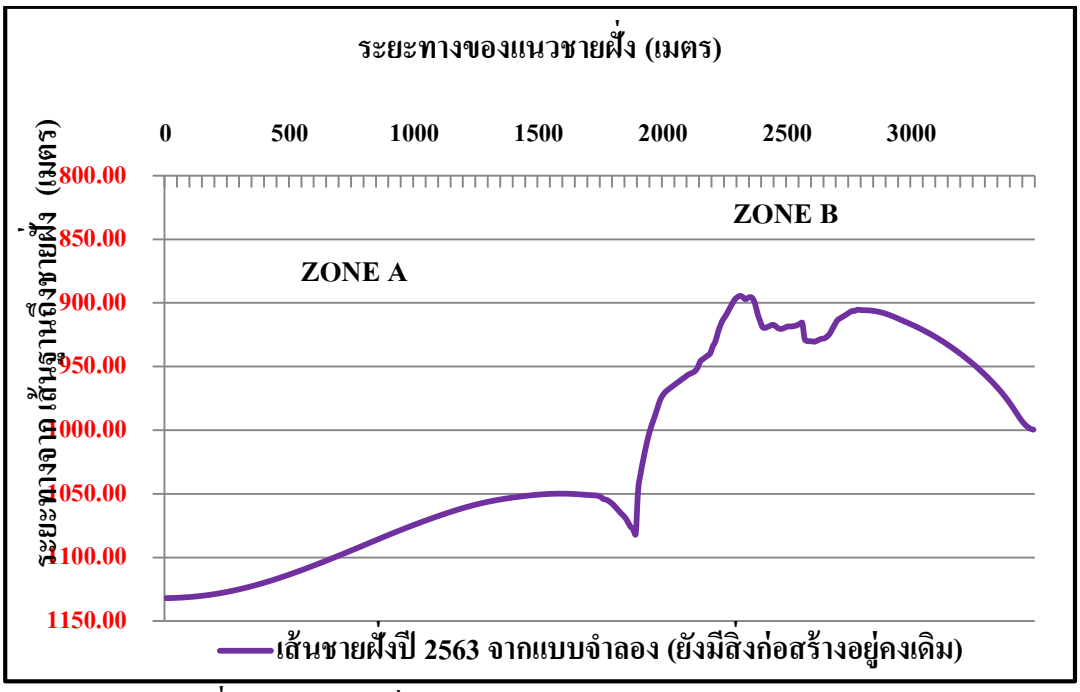


รูปที่ 4-20 แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่รื้อสิ่งก่อสร้างออกทั้งหมด



รูปที่ 4-21 แผนที่แสดงแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ไม่มีการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

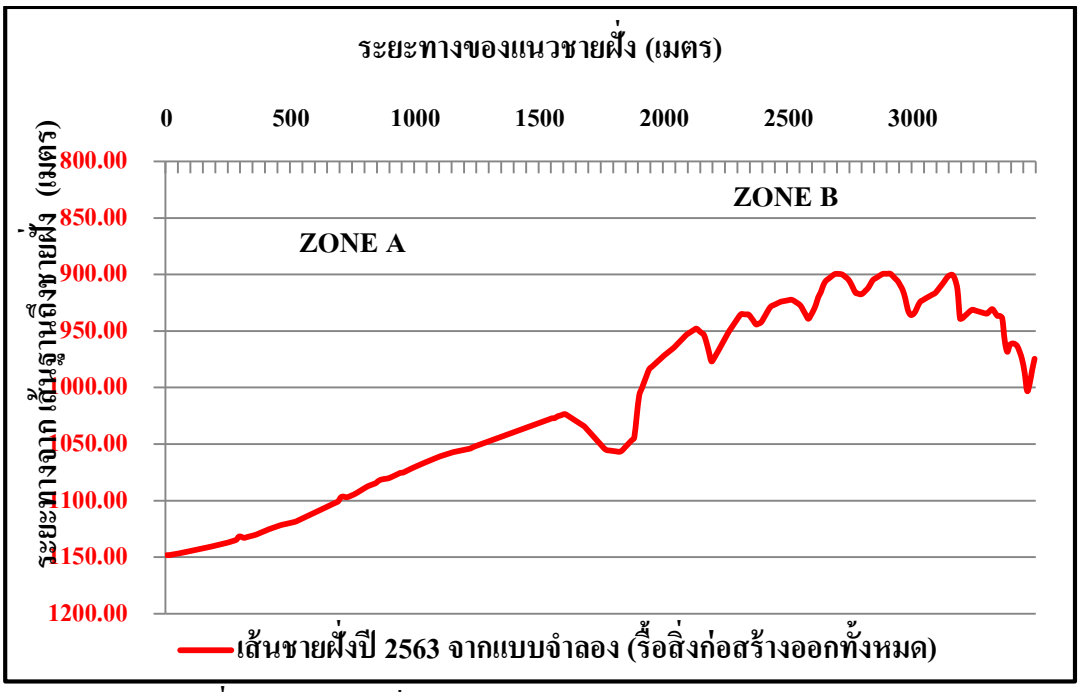
4.9.2 เส้นแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น โดยใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้นให้กับแบบจำลอง พบว่าแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2563 หากยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นอยู่ พบว่าใน Zone A คือ บริเวณที่อยู่ทางใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ พบว่าชายฝั่งยังคงสภาพเป็นเส้นตรง แต่พบว่ามีการทับถมของทรายเป็นจำนวนมากบริเวณที่ติดกับทางด้านใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ เนื่องจากสะพานท่าเทียบเรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำที่พัดพาทรายมาจากทางทิศใต้ และในส่วนของ Zone B คือ บริเวณที่อยู่ทางด้านตอนเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่น พบว่าชายฝั่งยิ่งถูกกัดเซาะอย่างรุนแรงบริเวณที่ติดกับทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ เนื่องมาจากทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือขาดตะกอนหรือทรายที่จะคอยมาเติมในพื้นที่ และพบชายฝั่งมีลักษณะเว้าแหว่งบริเวณระหว่างเขื่อนกันคลื่นตัวเล็ก เนื่องมาจากเขื่อนกันคลื่นทำหน้าที่คอยลดพลังงานคลื่นที่เข้ามากระทบชายฝั่ง และทำให้ตะกอนตกหลังเขื่อนกันคลื่น แต่ในบริเวณ Zone B ไม่มีตะกอนไหลเข้ามาหล่อเลี้ยงในพื้นที่จึงทำให้ชายฝั่งเกิดการเสียสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 4-22 และ 4-23



รูปที่ 4-22 แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

รูปที่ 4-23 แผนที่แสดงแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

4.9.3 เส้นแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด โดยใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้นให้กับแบบจำลอง พบว่าแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2563 หากรื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด พบว่าใน Zone A คือ บริเวณที่อยู่ทางใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ พบว่าชายฝั่งยังคงสภาพเป็นเส้นตรงและค่อยๆปรับสมดุลลของชายฝั่งกลับเข้ามาเรื่อยๆ และในส่วนของ Zone B คือ บริเวณที่อยู่ทางด้านตอนเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่น พบว่าชายฝั่งที่เคยถูกกัดเซาะอย่างรุนแรงบริเวณที่ติดกับทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือค่อยๆถูกกัดเซาะลดลง และพยายามปรับแนวชายฝั่งให้เข้าสู่สมดุล เนื่องมาจากทางไม่มีสะพานท่าเทียบมาขัดขวางการเข้ามาเติมของตะกอนทรายในพื้นที่ Zone B จึงทำให้ชายฝั่งเกิดเริ่มมีการปรับสมดุล ดังแสดงในรูปที่ 4-24 และ 4-25

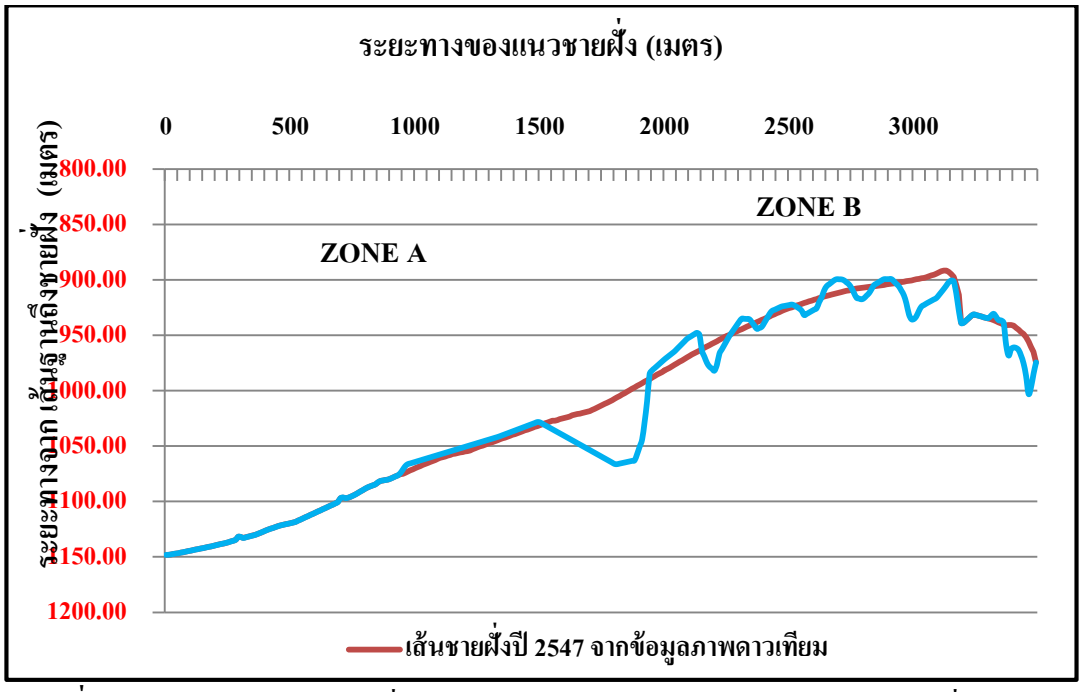


รูปที่ 4-24 แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง
ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด

รูปที่ 4-25 แผนที่แสดงแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด

4.10 ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

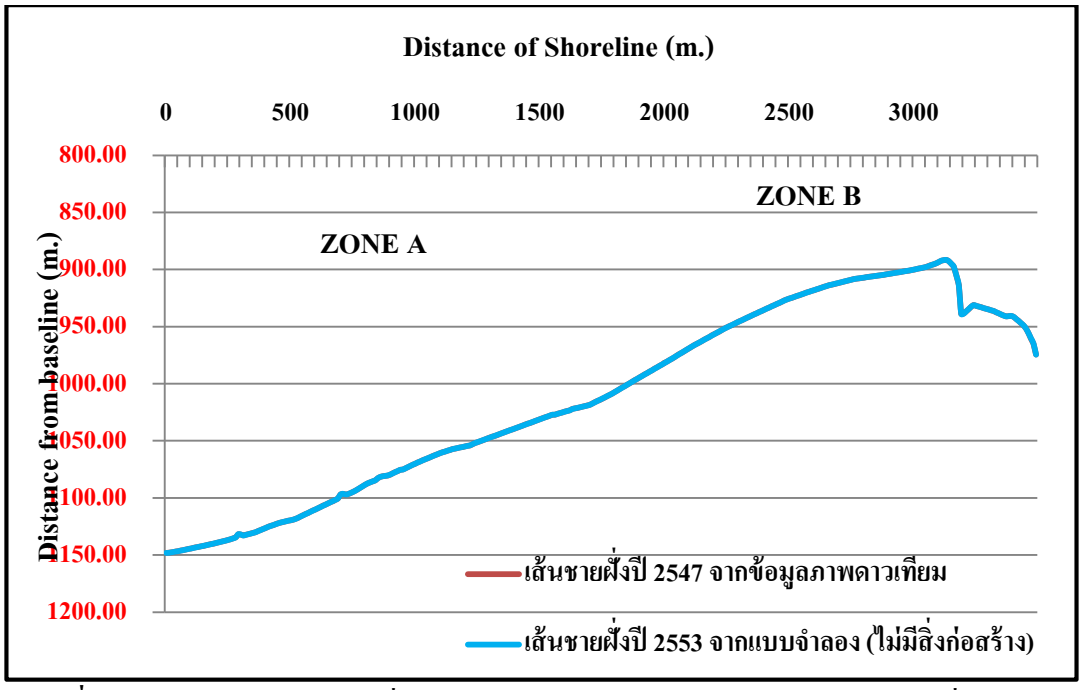
4.10.1 ชายฝั่งในปี พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น เมื่อใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 3.76 ไร่ พื้นที่ทับถม 12.23 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 0.93 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 1.99 เมตรต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 4-26 และ 4-27



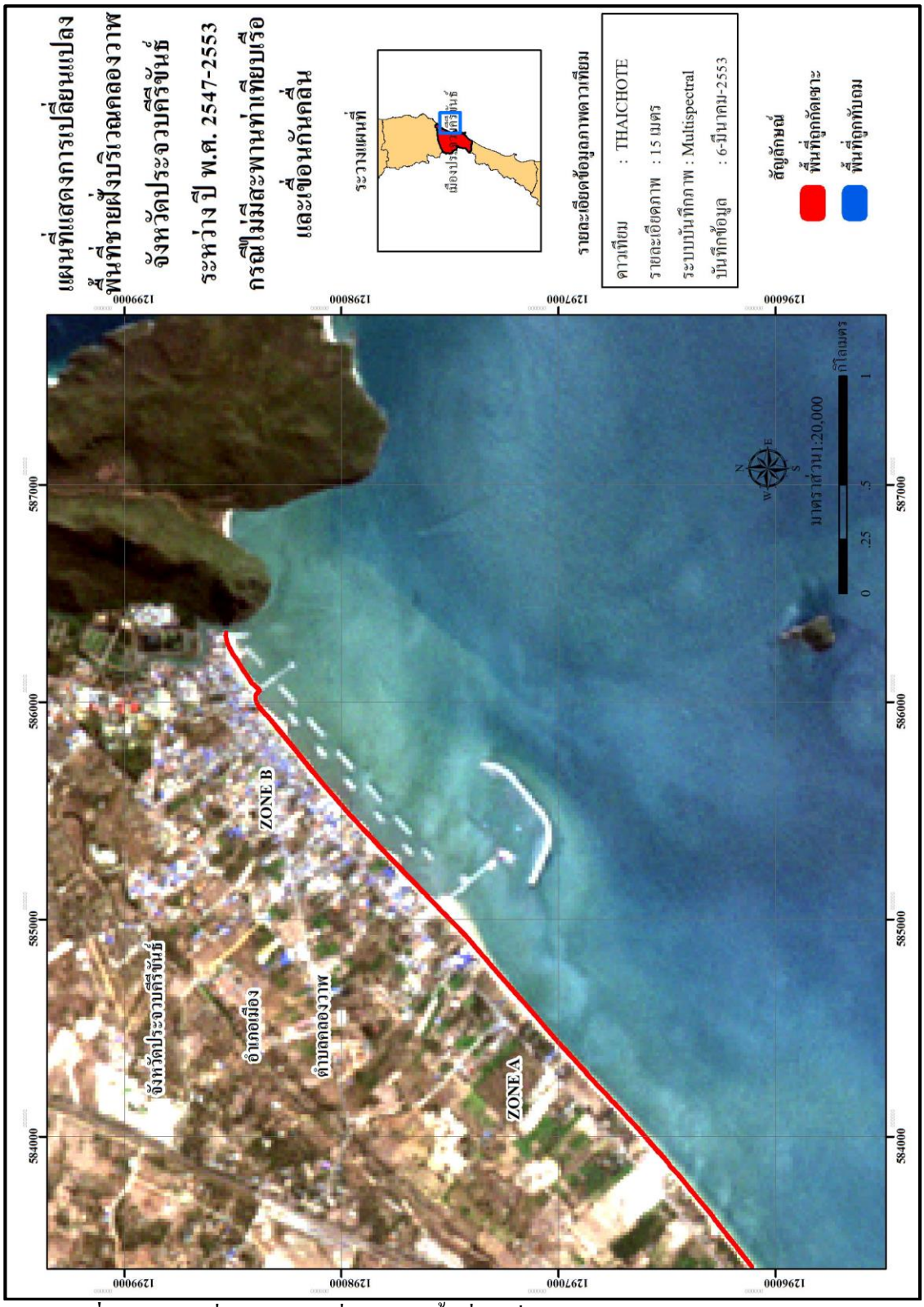
รูปที่ 4-26 เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

รูปที่ 4-27 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 กรณีมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

4.10.2 ชายฝั่งในปี พ.ศ. 2553 ในกรณีที่ในพื้นที่ศึกษาไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่น เมื่อใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 0.68 ไร่ พื้นที่ทับถม 0.01 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา น้อยกว่า 1 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา น้อยกว่า 1 เมตรต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 4-28 และ 4-29

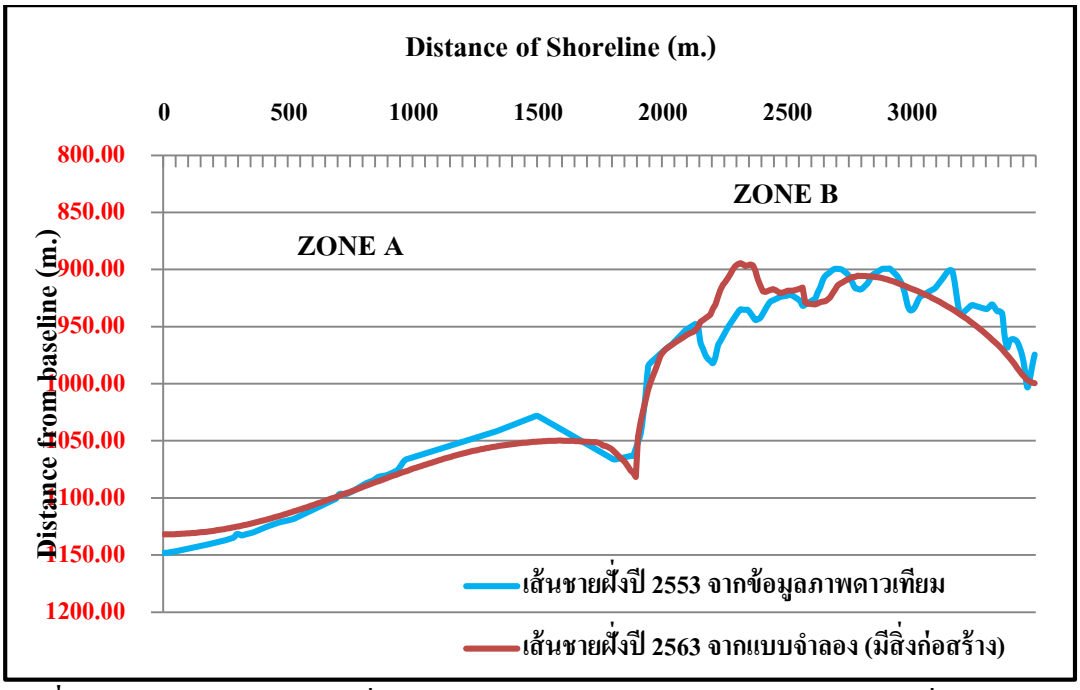


รูปที่ 4-28 เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2547 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง กรณีไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น



รูปที่ 4-29 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 กรณีไม่มีสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

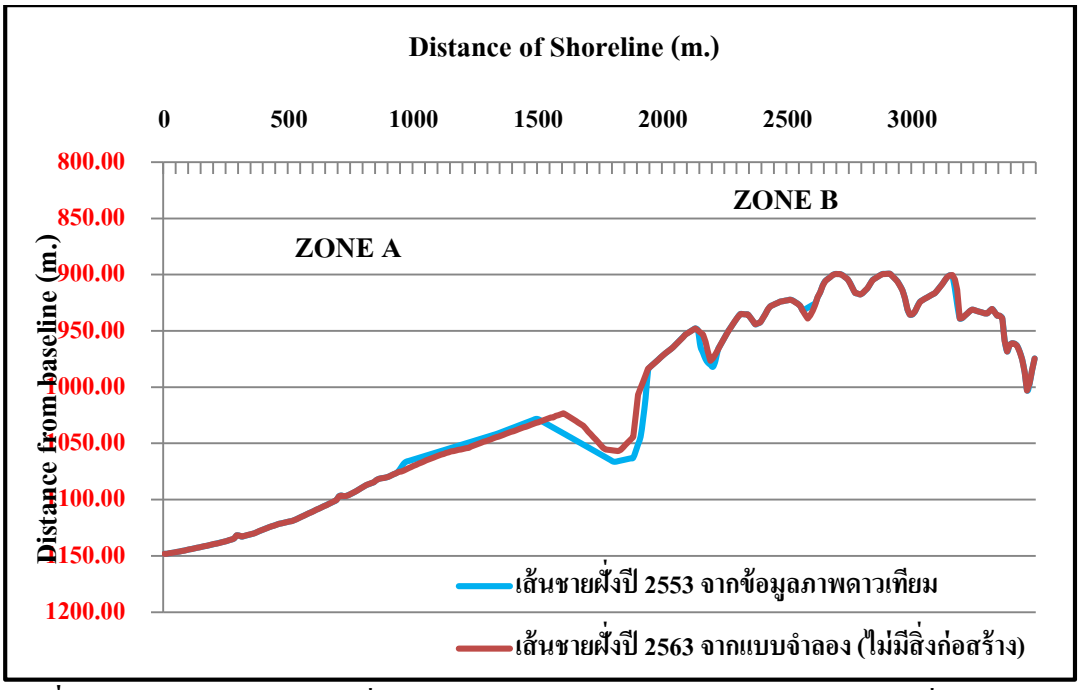
4.10.3 ชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น เมื่อใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 12.74 ไร่ พื้นที่ทับถม 12.84 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 2.13 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 1.86 เมตรต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 4-30 และ 4-31



รูปที่ 4-30 เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง กรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

รูปที่ 4-31 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2563 กรณีไม่มีสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

4.10.4 ชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด เมื่อใช้แนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 5. 09 ไร่ พื้นที่ทับถม 1.50 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 0.77 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 0.21 เมตรต่อปี ดังแสดงในรูปที่ 4-32 และ 4-33



รูปที่ 4-32 เปรียบเทียบแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2553 จากข้อมูลภาพดาวเทียม กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลอง กรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด

แอ

รูปที่ 4-33 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่าง พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2563 กรณีที่รื้อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด

4.11 สรุปผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง

4.11.1 ผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 ในกรณีที่มีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น พบว่าในช่วงเวลา 6 ปี พื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง จะมีค่าความแตกต่างของการกัดเซาะและทับถมในช่วงกว้าง ดังตารางที่ 4-2 แต่ที่มีค่าของการทับถมมากกว่าการกัดเซาะนั้น เพราะว่าส่วนใหญ่ทรายจะไปทบทับถมอยู่เฉพาะทางด้านใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ และไปเกิดการกัดเซาะทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือและระหว่างช่องว่างของเขื่อนกันคลื่น ดังแสดงในรูปที่ 4-27

4.11.2 ผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 ในกรณีที่ไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น พบว่าในช่วงเวลา 6 ปี พื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง แทบจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลง และมีค่าความแตกต่างของการกัดเซาะและทับถมในช่วงแคบ ดังตารางที่ 4-2

4.11.3 ผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2563 ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น พบว่าในช่วง 10 ปี หลังจากปี พ.ศ. 2553 นั้นพื้นที่และอัตราการกัดเซาะมีค่าเพิ่มมากขึ้นบริเวณทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือเมื่อเทียบกับ ปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 ในกรณีที่มีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ส่วนพื้นที่และอัตราทับถมมีค่าค่อนข้างคงที่บริเวณทางด้านใต้ของสะพานท่าเทียบเรือเมื่อเทียบกับ ปี พ.ศ. 2547 และ พ.ศ. 2553 ในกรณีที่มีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น แสดงให้เห็นว่าถ้ายังคงให้มีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นอยู่อีก ในอีก 10 ปีข้างหน้าหลังจากปี พ.ศ. 2553ชายฝั่งก็จะยิ่งถูกกัดเซาะรุนแรงมากขึ้น ในอัตรา 2.13 เมตรต่อปี ดังตารางที่ 4-2

4.11.4 ผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด พบว่าในช่วง 10 ปี หลังจากปี พ.ศ. 2553 นั้นพื้นที่และอัตราการกัดเซาะมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ในข้อ 4.11.3 แสดงให้เห็นว่าถ้ารื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมดชายฝั่งจะค่อยๆมีการปรับสมดุลของชายฝั่งให้มีค่าความแตกต่างของการกัดเซาะและทับถมลดลง และเข้าสู่ความเป็นชายฝั่งคงสภาพอีกครั้ง เหมือนกับกรณีที่ไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ในข้อ 4.11.2 ดังตารางที่ 4-2

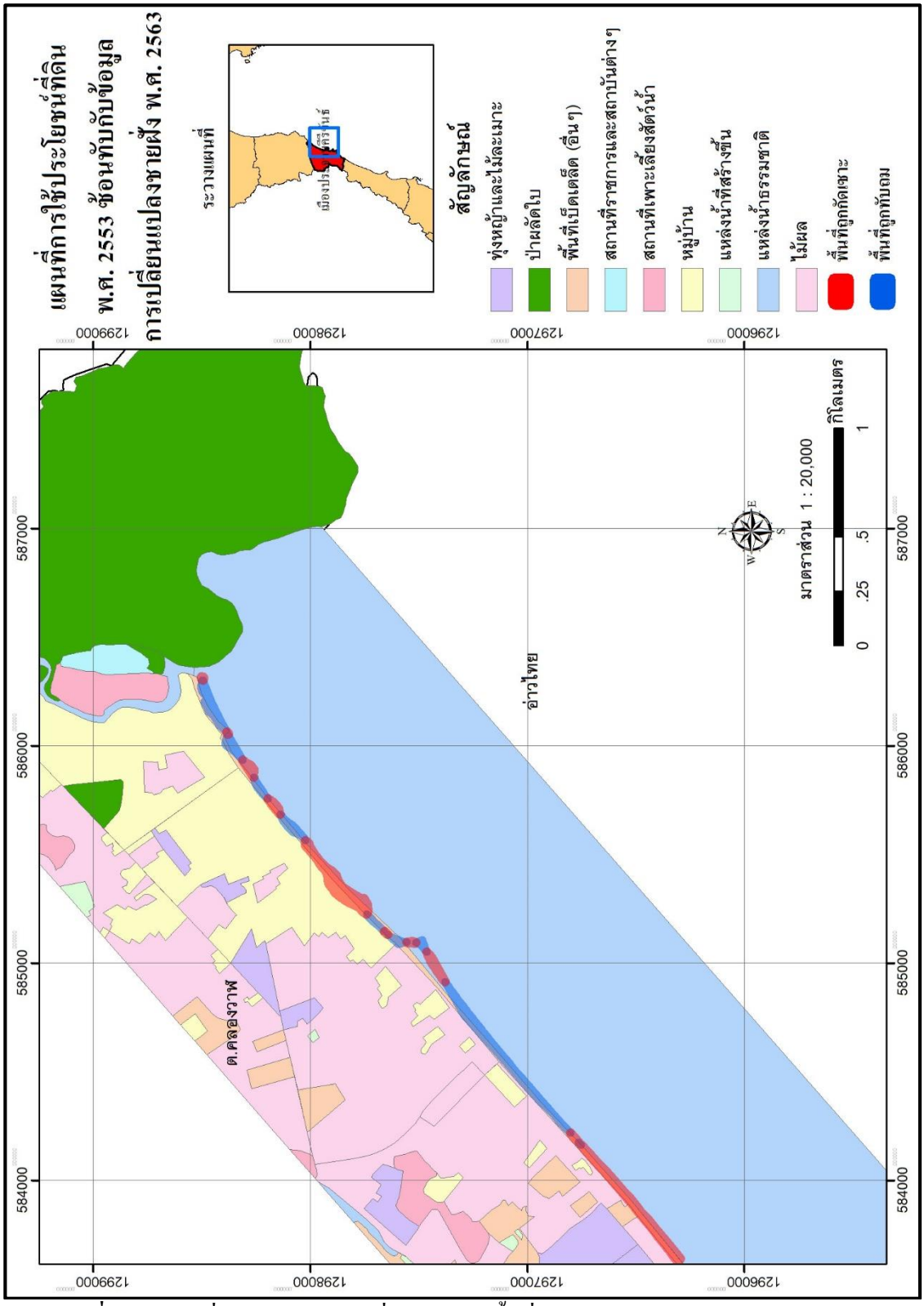
ตารางที่ 4-2 แสดงการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง								
ปี	พื้นที่กัดเซาะ			พื้นที่ทับถม			อัตราการกัดเซาะ	อัตราการทับถม
มี/ไม่มี สิ่งก่อสร้าง	ตาราง เมตร	ตาราง กิโลเมตร	ไร่	ตาราง เมตร	ตาราง กิโลเมตร	ไร่	เมตรต่อปี	เมตรต่อปี
พ.ศ. 2547-2553 มีสิ่งก่อสร้าง	6,014.65	0.01	3.76	19,566.58	0.02	12.23	0.93	1.99
พ.ศ. 2547-2553 ไม่มีสิ่งก่อสร้าง	1,091.39	0.00	0.68	15.45	0.00	0.01	0.00	0.00
พ.ศ. 2553-2563 มีสิ่งก่อสร้าง	20,385.07	0.02	12.74	20,542.18	0.02	12.84	2.13	1.86
พ.ศ. 2553-2563 ไม่มีสิ่งก่อสร้าง	8,143.55	0.01	5.09	2,404.26	0.00	1.50	0.77	0.21

4.12 ผลการวิเคราะห์พื้นที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งซ้อนทับกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2553 ในหัวข้อที่ 4.1 ทำให้ทราบว่ามีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอะไรบ้างในบริเวณพื้นที่ศึกษา และนำมาซ้อนทับกับพื้นที่กัดเซาะชายฝั่งในอีก 10 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2563) ในกรณีที่ได้รับผลกระทบจากสะพานท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่น เพื่อวิเคราะห์ว่ามีพื้นที่ชายฝั่งบริเวณใดบ้างที่จะได้รับผลกระทบ

พบว่าบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่ง คือ บริเวณชุมชน และหมู่บ้านที่อยู่ริมชายฝั่งทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ จะถูกกัดเซาะและลุกลามเข้าไป ลึกกว่า 80 เมตร คิดเป็นอัตรากัดเซาะ 8 เมตรต่อปี ซึ่งจัดว่าเป็นชายฝั่งที่มีอัตรากัดเซาะรุนแรง ตามการแบ่งลักษณะความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่ง (สิน และคณะ,2544) เป็นระยะทางกว่า 500 เมตร และอาจทำให้เกิดการเสียหายของทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ดังแสดงในรูปที่ 4-34



รูปที่ 4-34 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2553 ซ้อนทับกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง พ.ศ. 2563 กรณีมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ระบบ GIS ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง พื้นที่ศึกษา : บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย

5.1 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาเห็นได้ว่า การใช้แบบจำลอง LITPACK ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสำหรับชายฝั่งที่มีลักษณะเป็นหาดทราย และมีการใช้แบบจำลอง LITPACK นี้กับชายฝั่งหาดทรายประเทศไทย และประเทศเวียดนามซึ่งมีระบบนิเวศชายฝั่งคล้ายกับประเทศไทย เพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในอนาคตเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์อย่างมาก และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยปรับแก้ข้อมูลพื้นฐานและยืนยันพิกัดให้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากยิ่งขึ้น

5.1.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลง

5.1.1.1 ผลการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ผลการวิจัยพบว่ามีการทับถมเพิ่มมากขึ้นบริเวณทางด้านทิศใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ ส่วนบริเวณทางด้านทิศเหนือของสะพานท่าเทียบเรือพบว่าแนวชายฝั่งไม่มีความเป็นชายฝั่งคงสภาพ และถูกกัดเซาะเพิ่มมากขึ้น และมีลักษณะเว้าแหว่งตามช่องว่างระหว่างเขื่อนกันคลื่นตัวเล็ก เนื่องจากทิศทางหลักของคลื่นรายปีมีทิศทางจากใต้ไปเหนือ ส่งผลให้ตะกอนทรายที่เคลื่อนที่ไปตกทับถมอยู่บริเวณด้านทิศใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ เนื่องจากแนวสะพานท่าเทียบเรือความยาว 1380 เมตร วางตัวตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง เป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอน ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ว่าถ้ามีสิ่งก่อสร้างกีดขวางกระแสน้ำทรายก็จะตกทับถมที่โครงสร้างนั้น (สมบูรณ์, 2553) และพื้นที่การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี

พ.ศ.2553 เทียบกับปี พ.ศ.2547 พบว่ามีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 3.76 ไร่ คิดเป็นอัตราการกัดเซาะ 0.93 เมตรต่อปี และมีพื้นที่ที่ถูกทับถม 12.23 ไร่ คิดเป็นอัตราการทับถม 1.99 เมตรต่อปี

5.1.1.2 ผลการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งปี พ.ศ.2553 ที่ได้จากการพยากรณ์โดยแบบจำลอง LITPACK ในกรณีที่ไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ผลศึกษาพบว่าแนวชายฝั่งค่อนข้างมีความเป็นชายฝั่งคงสภาพ ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับแนวชายฝั่งของปี พ.ศ.2547 เนื่องจากไม่มีสิ่งก่อสร้างมาขัดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอน ตะกอนจึงเคลื่อนที่เข้าออกจากแนวชายฝั่งได้ตามปกติตามฤดูกาล โดยมีพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเพียงเล็กน้อยเป็นไปตามปัจจัยปกติตามธรรมชาติในปี พ.ศ.2553 เทียบกับปี พ.ศ.2547 พบว่ามีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 0.68 ไร่ คิดเป็นอัตราการกัดเซาะ ไม่ถึง 1 เมตรต่อปี และมีพื้นที่ที่ถูกทับถม 0.01 ไร่ คิดเป็นอัตราการทับถม ไม่ถึง 1 เมตรต่อปี สอดคล้องกับข้อมูลที่ว่ากระบวนการตามธรรมชาติส่งผลต่อการกัดเซาะแนวชายฝั่งทะเลได้เหมือนกัน เช่น ลมมรสุม (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551)

5.1.1.3 ผลการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งปี พ.ศ.2563 ที่ได้จากการพยากรณ์โดยแบบจำลอง LITPACK ในกรณีที่ยังคงมีสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ผลการศึกษาพบว่าในอีก 10 ปีข้างหน้าเกิดการทับถมเพิ่มมากขึ้นบริเวณด้านทิศใต้ของสะพานท่าเทียบเรือ ส่วนบริเวณทางด้านทิศเหนือของสะพานท่าเทียบเรือพบว่าแนวชายฝั่งไม่มีความเป็นชายฝั่งคงสภาพ และถูกกัดเซาะที่รุนแรงมากขึ้น โดยฉพาะบริเวณด้านทิศเหนือที่ติดอยู่กับสะพานท่าเทียบเรือพบว่าพื้นที่ถูกกัดเซาะอย่างรุนแรง และแนวชายฝั่งมีลักษณะเว้าแหว่งตามช่องว่างระหว่างเขื่อนกันคลื่นตัวเล็กที่อยู่ด้านทิศเหนือของเขื่อนกันคลื่น เนื่องจากทิศทางหลักของคลื่นรายปีมีทิศทางจากใต้ไปเหนือ ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของตะกอนคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางของคลื่นที่พัดมา สอดคล้องกับข้อมูลที่ว่าแรงกระทำจากคลื่น เป็นปัจจัยสำคัญในการพัดพาทรายให้เคลื่อนที่ไปตามแนวชายฝั่ง (French, 1997) ไปตกทับถมอยู่บริเวณด้านทิศใต้ของสะพานท่าเทียบเรือเนื่องจากแนวสะพานท่าเทียบเรือความยาว 1380 เมตร วางตัวตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง เป็นตัวขัดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอน และพื้นที่การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 เทียบกับปี ค.ศ. 2553 พบว่ามีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 12.74 ไร่ คิดเป็นอัตราการกัดเซาะ 2.13 เมตรต่อปี และมีพื้นที่ที่ถูกทับถม 12.84 ไร่ คิดเป็นอัตราการทับถม 1.86 เมตรต่อปี

5.1.1.4 ผลการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการพยากรณ์โดยแบบจำลองคณิตศาสตร์ ในกรณีที่มีการรื้อถอนสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่าในอีก 10 ปีข้างหน้าชายฝั่งมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลงเมื่อเทียบกับกรณีที่ยังคงมีสิ่งก่อสร้างอยู่เหมือนเดิม ไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับแนวชายฝั่งของปี พ.ศ. 2553 เนื่องจากได้มีการรื้อถอนสิ่งก่อสร้างออกทั้งหมด ทำให้ตะกอนเคลื่อนที่เข้าออกแนวชายฝั่ง

ตามการพัดพาของคลื่นเข้าสู่ภาวะปกติ และพบว่าสภาพของแนวชายฝั่งค่อยๆปรับสภาพเข้าสู่สมดุล มีความเป็นชายฝั่งคงสภาพมากขึ้น เหมือนกับกรณีที่ไม่มีการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น ในข้อ 5.1.2โดยมีพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเพียงเล็กน้อยเป็นไปตามปัจจัยปกติตามธรรมชาติในปี ค.ศ. 2563 เทียบกับปี ค.ศ. 2553 พบว่ามีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 5.09 ไร่ คิดเป็นอัตราการกัดเซาะ 0.77 เมตรต่อปี และมีพื้นที่ที่ถูกทับถม 1.50 ไร่ คิดเป็นอัตราการทับถม 0.21 เมตรต่อปี สอดคล้องกับข้อมูลที่ว่า สภาวะสมดุลพลวัต คือการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเฉลี่ยจะมีค่าคงที่ (สมบูรณ์, 2553)

5.1.1.5 ผลจากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินทำให้ทราบว่าในช่วง ปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2553 มีการเปลี่ยนแปลงลดลงจากพื้นที่ไม้ผล กลายไปเป็นหมู่บ้านชุมชน และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลต่อการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดที่จะคอยไปเป็นตะกอนที่ถูกชะล้างไหลลงไปตามแม่น้ำไปเติมบริเวณชายฝั่งลดลง ก็ส่งผลทำให้ชายฝั่งถูกกัดเซาะได้เช่นกัน ตรงกับข้อมูลที่ว่า การขาดปริมาณตะกอนสะสมตัวตามแนวชายฝั่งทะเลทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งมากขึ้น (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551) และเมื่อนำพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในปี พ.ศ. 2563 มาซ้อนทับลงบนข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา พ.ศ. 2553 ทำให้ทราบว่า ในอีก 10 ปีข้างหน้า คือ พ.ศ. 2563 หมู่บ้านที่อยู่ริมชายฝั่งทางด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ จะถูกกัดเซาะและลุกลามเข้าไป ลึกกว่า 80 เมตร เป็นระยะทางกว่า 500 เมตร ซึ่งเป็นผลกระทบมาจากการสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น และการขาดปริมาณตะกอนสะสมตัวตามแนวชายฝั่ง

การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสร้างสิ่งก่อสร้างแนวชายฝั่ง จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้ชายฝั่งทะเลไม่มีความเป็นชายฝั่งคงสภาพในบริเวณที่อยู่ติด หรือใกล้กับสิ่งก่อสร้าง โดยเฉพาะการสะสมตัวของตะกอนจะขึ้นอยู่กับทิศทางของคลื่น ถ้ามีสิ่งก่อสร้างไปตั้งขวางหรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนที่เคลื่อนที่ตามการพัดพาของคลื่น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าสะพานท่าเทียบเรือมีลักษณะเหมือนกับรอดักทรายขนาดใหญ่ที่สร้างต่อเนื่องบนชายหาดและยื่นออกไปในทะเล ซึ่งไม่สามารถป้องกันการพัดพาทรายออกนอกชายฝั่งนทิศทางตั้งฉากกับฝั่งในช่วงเวลาที่เกิดคลื่นลมพายุรุนแรง และทำให้เกิดการขาดแคลนตะกอนทรายและเกิดการกัดเซาะชายหาดด้านที่กระแสน้ำชายฝั่งไหลผ่านคือด้านทิศเหนือของตัวสะพานท่าเทียบเรือ และในบางเวลาพื้นที่ที่มีรอดักทรายแบบแนวตรงอาจทำให้เกิดการก่อตัวของกระแสน้ำย้อนกลับ ที่ไหลแรงเป็นทางแคบๆจากฝั่งออกสู่ทะเลด้วยความเร็วสูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตต่อคนที่ว่ายน้ำอยู่ริมชายหาด หลังจากสะพานท่าเทียบเรือได้ถูกสร้างขึ้นมาได้มีการส้รางเขื่อนกันคลื่นขนาดเล็กอีก 10 ตัว อยู่ทางด้านทิศเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ เพื่อทำการป้องกันการกัดเซาะชายหาดบริเวณด้าน

ทิศเหนือของตัวสะพานท่าเทียบเรือ แต่จากการศึกษาด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์กลับพบว่า เขื่อนกันคลื่นยิ่งทำให้ชายฝั่งที่อยู่ด้านทิศเหนือของสะพานท่าเทียบเรือถูกกัดเซาะเข้าไปเป็นลักษณะเว้าแหว่งคล้ายวงพระจันทร์ตามช่องว่างของเขื่อนกันคลื่น เพราะจริงๆแล้วหน้าที่หลักของเขื่อนกันคลื่น เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้ามากระทบกับเขื่อนกันคลื่นคลื่นจะเกิดการเลี้ยวเบน และคอยดักตักกอนไว้ให้ตกด้านหลังเขื่อนกันคลื่น ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ว่าคลื่นที่เข้ามาปะทะกับเขื่อนกันคลื่นจะเกิดการเลี้ยวเบน และทำให้ด้านหลังของเขื่อนสงบจากคลื่น และเกิดการตกสะสมของทราย (สมบูรณ์, 2553) แต่เมื่อคลื่นและกระแสน้ำที่เคลื่อนที่เข้าไม่ได้พาตะกอนไหลเข้ามาด้วย จึงทำให้พื้นที่ด้านเหนือของสะพานท่าเทียบเรือขาดการเติมของตะกอน และจากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินก็ทำให้ทราบว่าไม่มีการเติมของตะกอนจากบนบกลงมาสู่ทะเล เพราะการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณริมแม่น้ำที่จะไลหลงมาสู่ทะเลนั้นถูกเปลี่ยนเป็นหมู่บ้านและสิ่งปลูกสร้างจึงทำให้ไม่มีการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด ซึ่งจากการค้นคว้าลักษณะทางธรณีสัณฐานบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นส่วนใหญ่จะเป็นหินปูนและตะกอนทรายเก่า ซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดสำคัญที่ทำให้เกิดชายฝั่ง และยังเป็นการทำให้ทัศนียภาพบริเวณด้านนอกของชายหาดไม่น่าดู ส่วนการเปลี่ยนแปลงบริเวณอื่นๆที่ไม่ได้อยู่ใกล้หรือติดกับสิ่งก่อสร้างก็จะเป็นไปตามปัจจัยปกติตามธรรมชาติ

เพราะฉะนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้สาเหตุที่เลือกใช้แบบจำลอง LITPACK เพราะว่าเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับชายฝั่งแบบหาดทราย โดยสามารถกำหนดลักษณะของโครงสร้างทางวิศวกรรมให้กับแบบจำลองได้ และสามารถพยากรณ์ผลกระทบที่อาจจะเกิดจากโครงสร้างทางวิศวกรรมในอนาคตได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่ประเทศเวียดนามที่ว่าแบบจำลอง LITPACK สำหรับการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกอน และเป็นเครื่องมือที่สามารถพยากร์กการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งในอนาคต (Thach et al, 2007) และแบบจำลอง LITPACK ยังสามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการบูรณาการเพื่อรับมือกับปัญหาการกัดเซาะโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศร่วมกับแบบจำลอง LITPACK จังหวัดนครศรีธรรมราช (Saengsupavanich et al, 2009) จึงสามารถยืนยันได้ว่าแบบจำลอง LITPACK สามารถใช้กับชายฝั่งของประเทศไทยได้เช่นเดียวกัน และจากการศึกษาสรุปได้ว่าชายฝั่งบริเวณคลองวาฬที่ถูกกัดเซาะนั้นมีผลมาจากการก่อสร้างสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่น และวิธีการบรรเทาให้ชายฝั่งให้มีการกัดเซาะลดลงทำได้โดยการรื้อสะพานท่าเทียบเรือ และเขื่อนกันคลื่นออกทั้งหมด เพื่อให้ชายฝั่งได้ปรับตัวกลับคืนสู่สมดุลตามธรรมชาติอีกครั้ง ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการป้องกันแก้ไขการพังทลายของชายฝั่ง คือการระงับการก่อสร้างสิ่งรุกล้ำทะเลชายฝั่งออกไป เพื่อทำให้สมดุลของตะกอนทรายชายฝั่งกลับคืนสู่ธรรมชาติ (สมบูรณ์, 2553)

5.2 ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

5.2.1 เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณในการทำวิจัย จึงทำการเก็บข้อมูลภาคสนามเพียง 1 ครั้งเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลอง ดั้งนั้นจึงควรทำการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อเป็นตัวแทนของทั้ง 2 ฤดูกาลเพิ่มเติม คือ ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

5.2.2 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดให้ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมเพื่อยืนยันตำแหน่งแนวชายฝั่งในอดีตและปัจจุบันให้กับแบบจำลอง แต่ด้วยข้อจำกัดของข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีนั้นเป็นข้อมูลดาวเทียมต่างประเภทและต่างรายละเอียดเชิงพื้นที่ จึงทำให้ต้องมีการปรับแก้เพื่อลดรายละเอียดเชิงพื้นที่ของข้อมูลภาพดาวเทียมให้เท่ากับรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำที่สุดของข้อมูลภาพดาวเทียมที่มี ดังนั้นจึงควรทำการเลือกข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ให้เท่ากัน หรือใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อลดขั้นตอนการทำการวิจัยและเพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

5.2.3 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดให้ใช้ข้อมูลคลื่นเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลอง เพื่อคำนวณทิศทางและการเคลื่อนที่ของตะกอน ซึ่งข้อมูลคลื่นที่ใช้ได้มาจากแบบจำลอง WAM ของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นข้อมูลคลื่นน้ำลึกที่อยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 20 กิโลเมตร ดังนั้นจึงควรจะมีข้อมูลคลื่นที่ตรวจวัดได้จากบริเวณน้ำตื้นใกล้ฝั่งซึ่งเป็นคลื่นที่ส่งผลกระทบต่อบริเวณแนวชายฝั่งมากที่สุด แต่ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลคลื่นที่ตรวจวัดได้ในลักษณะนี้โดยตรง เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

5.2.4 ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เป็นแบบเชิงพาณิชย์จึงทำให้มีข้อจำกัดเรื่องลิขสิทธิ์ แต่ในปัจจุบันได้มีแบบจำลองที่มีการแจกฟรี (Open source) เช่น GENESIS (Generalized Model For Simulating Shoreline Change) หรือ DSAS (Digital Shoreline Analysis) และอื่นๆ เป็นต้น ดังนั้นผู้ที่สนใจจะทำการวิจัยในลักษณะนี้แต่มีข้อจำกัดเรื่องลิขสิทธิ์ของแบบจำลองที่เป็นเชิงพาณิชย์ ก็สามารถเลือกใช้แบบจำลองที่มีการแจกฟรีได้ ซึ่งเป็นทางเลือกใหม่ที่ใช้งบประมาณน้อยกว่า แต่อาจจะใช้ระยะเวลาที่มากกว่าบางแบบจำลอง และอาจจะทำไม่ได้ทุกอย่างเหมือนกับแบบจำลองที่เป็นเชิงพาณิชย์

5.2.5 ในกาวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้แบบจำลอง LITPACK ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับชายฝั่งทะเลที่มีลักษณะเป็นชายหาด และเหมาะสำหรับการศึกษาในพื้นที่มีมีระบบนิเวศชายฝั่งเพียงแบบเดียว ซึ่งเป็นข้อจำกัดของแบบจำลอง ดังนั้นถ้าจะทำการวิจัยให้ครอบคลุมทั่วทั้งชายฝั่งของประเทศไทย ก็ควรจะมีการใช้แบบจำลองปะเภทอื่นเข้ามาร่วมในการทำการวิจัยด้วย เพราะระบบนิเวศชายฝั่งของประเทศไทยมีหลายแบบ เช่น หาดทราย หาดหิน และหาดโคลน เป็นต้น

5.2.6 การบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลให้ได้ผลดีนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ที่เกิดปัญหา ซึ่งวิธีต่างๆก็มีข้อดีและข้อเสียอยู่ในตัวเอง ดังนั้นการพิจารณาทางเลือกในการวางแผนจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาต้องนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ให้ครบถ้วนและละเอียดรอบคอบ โดยต้องพิจารณาร่วมกับความเหมาะสมและความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งในด้านของเทคนิคและวิธีการต่าง เช่น ทางด้านวิศวกรรมขั้นสูงไปจนถึงวิธีการแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย รวมไปถึงควรจะต้องมีการเผยแพร่ข้อมูล การถ่ายทอดองค์ความรู้ และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้ที่มีความรู้ในด้านต่างๆ ทั้งภาครัฐภาคเอกชนและภาคประชาชนที่เกี่ยวข้องและมีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ ได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน เพื่อให้การพิจารณาทางเลือกในการจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลประสบผลสำเร็จและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชนชายฝั่งทะเล

การประยุกต์ระบบ GIS ร่วมกับแบบจำลอง LITPACK เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง
พื้นที่ศึกษา : บริเวณคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย
THE INTEGRATION OF GIS AND LITPACK MODEL FOR SHORELINE PREDICTION:
A CASE STUDY OF KHLONG WAN, PRACHUAP KHIRI KHAN, THAILAND

ณัทธร แก้วภู่ 5236825 ENTM/M

วท.ม. (เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : กาญจนา นาคะภากร, D. Tech. Sc., นาฏสุดา ภูมิจำนงค์, Ph.D., เชาวลิต ศิลปทอง, Ph.D.

บทสรุปแบบสมบูรณ์

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีความยาวชายฝั่งทะเลประมาณ 2,614 กิโลเมตร แบ่งออกเป็นฝั่งอ่าวไทย 1,660 กิโลเมตร และฝั่งอันดามัน 954 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 23 จังหวัด (กรมเจ้าท่า, 2548) ซึ่งมีลักษณะสภาพทางภูมิศาสตร์แตกต่างกันออกไป ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทั้งในรูปแบบของการกัดเซาะ และการทับถม โดยมีตัวการสำคัญ คือ คลื่น ลม และกระแสน้ำ แต่ในปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นกับชายฝั่งทะเลของประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งอย่างรวดเร็วและรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากกิจกรรมการพัฒนาหรือการขยายตัวด้านโครงสร้างพื้นฐานต่างๆของมนุษย์ ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ขัดแย้งกับสภาพแวดล้อมชายฝั่ง ทำให้เกิดการเสียดุลยภาพตามธรรมชาติของชายฝั่ง ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่ชายหาด แหล่งท่องเที่ยว หรือสถานที่สำคัญต่างๆ ทำให้รัฐต้องเสียงบประมาณหรือค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการก่อสร้างป้องกันและฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่ได้รับความเสียหาย (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2551) ตัวอย่างการสร้างโครงสร้างป้องกันชายฝั่งในลักษณะต่าง เช่น กำแพงกันคลื่นขนานกับฝั่ง (Sea Wall), การปูพื้นหาดด้วยหินหรือคอนกรีต (Revetment) แนวหินหัวหาดขนานกับชายฝั่ง

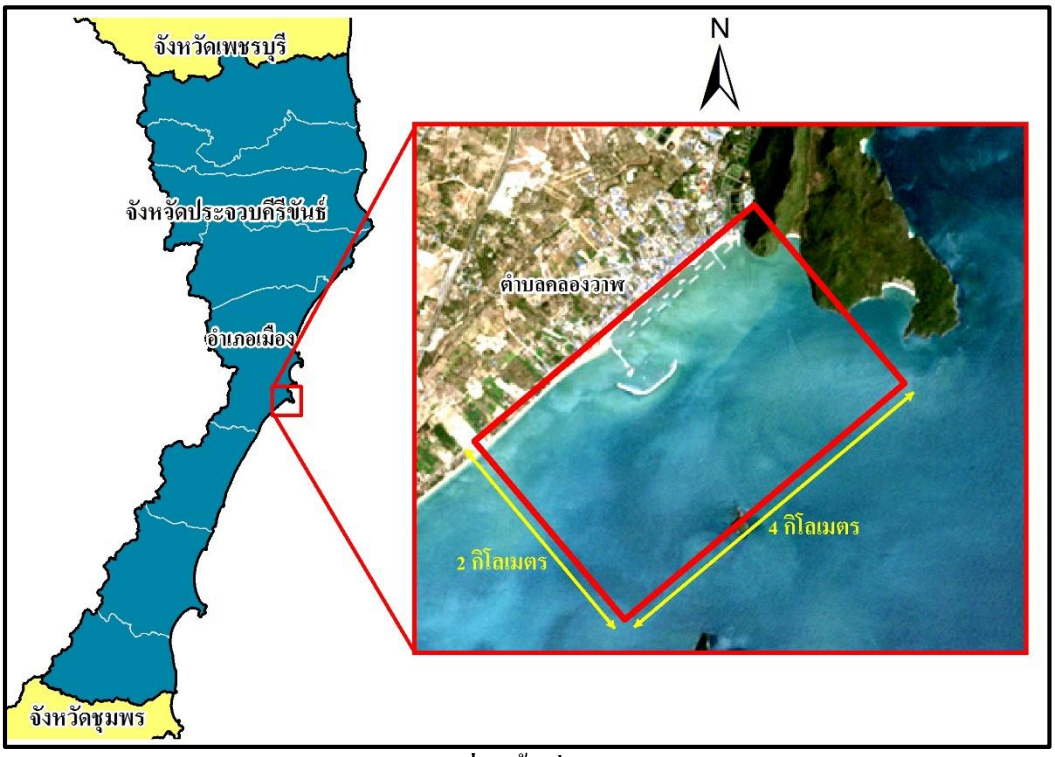
(Headland), กำแพงกันคลื่นนอกชายฝั่ง (Breakwater) รอดักทรายตั้งฉากกับชายฝั่ง (Groins), เขื่อนกันทรายปากแม่น้ำ (Jetty) เป็นต้น (ปกรณ์, 2552)

ในปัจจุบันพบว่าวิธีการและแนวทางที่สามารถรับมือการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่หนึ่งอาจใช้ไม่ได้ผลในอีกพื้นที่หนึ่ง ดังนั้นสิ่งแรกที่จำเป็นในการปกป้องชายฝั่ง คือการรวบรวมข้อมูลของพื้นที่อย่างละเอียดและต้องวิเคราะห์หาสาเหตุของการกัดเซาะชายฝั่งที่แท้จริงให้ได้ เพื่อที่จะแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งได้อย่างตรงจุด ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) และแบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านชายฝั่ง โดยเทคโนโลยีที่กล่าวมาทั้งสองนี้สามารถวิเคราะห์สอดคล้องกันได้อย่างลงตัว โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อการปรับแก้ข้อมูลพื้นฐาน (Calibration) และยืนยันพิกัด (Verification) ให้แก่แบบจำลองคณิตศาสตร์ ส่วนแบบจำลองคณิตศาสตร์นั้นมีความสามารถในการคาดการณ์ลักษณะของเส้นแนวชายฝั่งในอนาคต หากมีการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่งใดๆ เพื่อที่จะประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และแบบจำลองคณิตศาสตร์ทางชายฝั่ง ในการแก้ไขปัญหาและบริหารจัดการปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งของประเทศไทย

วิธีการศึกษาวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในเขตพื้นที่เทศบาลตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ อยู่ห่างจากตัวเมืองประมาณ 10 กิโลเมตร ซึ่งพบว่ามีการสร้างโครงสร้างทางวิศวกรรมยื่นลงไปในทะเลคือ สะพานท่าเทียบเรือชายฝั่งความยาวประมาณ 420 เมตร มีความกว้างประมาณ 10 เมตร และมีการก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นโค้ง 1 ตัว ความยาวประมาณ 700 เมตร ด้านหน้าของสะพานท่าเทียบเรือ และมีการสร้างเขื่อนกันคลื่นขนาดเล็กอีก 12 ตัว ก่อสร้างอยู่ทางด้านทิศเหนือ ของสะพานท่าเทียบเรือ เพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งที่มีผลมาจากสะพานท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่นโค้งขนาดใหญ่



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ขั้นตอนการวิจัย

1. เก็บข้อมูลและสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา โดยทำการหยั่งน้ำเพื่อวัดลักษณะท้องทะเลและความลึกน้ำ โดยใช้อุปกรณ์หยั่งน้ำ (echo-sounder) ติดไว้กับกาบเรือ และทำการวิ่งเรือตามแนวที่ได้กำหนดไว้ บันทึกข้อมูลด้วยคอมพิเวตอร์และชุดโปรแกรมสำรวจทุกๆ 1 วินาที เก็บข้อมูลความชันชายหาด (beach-profile) เป็นการสำรวจระดับของความชันของชายหาดโดยอ้างอิงค่าพิกัดทางราบและค่าระดับความสูงจากหมุดหลักฐาน GPS389 และGPS390 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณสะพานท่าเทียบเรือประมงอ่าวคลองวาฬ และทำการเก็บตัวอย่างตะกอนพื้นท้องทะเล ที่ความลึก 1 เมตร และ 2 เมตร เพื่อวิเคราะห์หาขนาดเฉลี่ย และชนิดของตะกอน

2. ทำการวิเคราะห์แนวชายฝั่งในอดีตและปัจจุบัน ด้วยโปรแกรมสำรวจระยะไกล (remote sensing) ร่วมกับโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากข้อมูลภาพดาวเทียม เริ่มต้นด้วยการปรับรายละเอียดของจุดภาพ (image resolution resampling) เพื่อให้ได้ข้อมูลภาพดาวเทียมที่มีรายจุดภาพเท่ากัน และทำการปรับแก้ค่าพิกัด(geometric correction) เพื่อให้ข้อมูลภาพดาวเทียมมีพิกัดบนผิวโลกตรงตามตำแหน่งภูมิประเทศจริง ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ WGS_1984_UTM_ZONE_47N โดยใช้ข้อมูลแผนที่ของกรมทหารเป็นจุดอ้างอิง และทำการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล (image enhancement) เพื่อเน้นรายละเอียดความชัดเจนของข้อมูลภาพ

และทำการจำแนกประเภทข้อมูล (image classification) เพื่อแปลตีความข้อมูลเส้นแนวชายฝั่ง โดยใช้วิธีการแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation)

3. การจัดทำแบบจำลอง แบ่งเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ 1.การเตรียมข้อมูลและนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลอง 2.การประมวลผลแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง 3.การปรับแก้และสอบเทียบแบบจำลอง 4.การจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งตามสถานการณ์

4. คำนวนพื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และแสดงผลข้อมูลที่ได้

สมการ

1. LITDRIFT คือ สมการที่ใช้วิเคราะห์และอธิบายการเคลื่อนที่ของตะกอน ซึ่งมีความสำคัญต่อการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาชายฝั่งทะเล

$$\tau_b - \frac{d}{dy}\left[\rho E D \frac{du}{dy}\right] = -\frac{ds_{xy}}{dy} + \tau_w + \tau_{cur}$$

สมการที่ 1 การเคลื่อนที่ของตะกอน (LITDRIFT)

τ_b คือ การเคลื่อนที่ของตะกอน, ρ คือ ความหนาแน่นของน้ำ, E คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของการตกตะกอน, D คือ ความลึก, u คือ ความเร็วคลื่น, y คือ ตำแหน่งใดๆ (หรือ Grid point), s_{xy} คือ ขนาดของตะกอน, τ_w คือ ทิศทางลม, τ_{cur} คือ ทิศทางคลื่น (DHI, 2008)

2. LITLINE คือ สมการที่ใช้วิเคราะห์และอธิบายกระบวนการการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ซึ่งมีความสัพันธ์กับสมการ LITDRIFT

$$\frac{\partial y_c(x)}{\partial t} = -\frac{1}{h_{act}(x)}\frac{\partial Q(x)}{\partial x} + \frac{Q_{sou}(x)}{h_{act}(x)\Delta x}$$

สมการที่ 2 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (LITLINE)

$y_c(x)$ คือ ระยะเส้นขอบฝั่งที่วัดจากเส้น Baseline, t คือ เวลา, $h_{act}(x)$คือ ความสูงของรูปตัด Profile, $Q(x)$ คือ อัตราการเคลื่อนที่ของตะกอน ที่เปลี่ยนแปลงไปตามกริด, x คือ ตำแหน่งใดๆ (หรือ Grid point), Δx คือ ความกว้างของแต่ละ Grid point, Q_{sou} คือ ปริมาณตะกอนที่เพิ่มเข้าสู่ระบบนอกเหนือจากการเคลื่อนที่ของตะกอนตามธรรมชาติ (Thach et al., 2007)

3. สมการคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง

พื้นที่กัดเซาะ = (A – (A intersect B) **สมการที่ 3**

พื้นที่ทับถม = [(A union B) – (A intersect B)] – A **สมการที่ 4**

A คือ พื้นที่บริเวณชายฝั่งก่อนเกิดการเปลี่ยนแปลง และ B คือ พื้นที่บริเวณชายฝั่งหลังเกิดการเปลี่ยนแปลง (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2551)

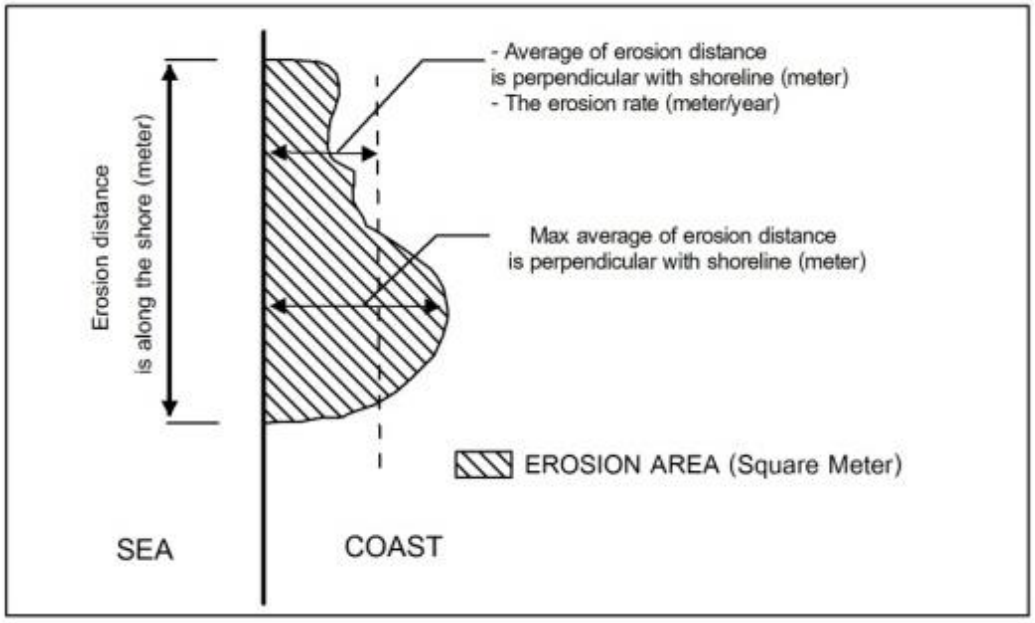
4. คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง

ระยะทางที่ตั้งฉากกับฝั่ง (ม.) = พื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ (ตร.ม.)/ระยะทางตามแนวชายฝั่งของพื้นที่ (ม.)

(สมการที่ 5)

อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง (ม./ปี) = ระยะทางที่ตั้งฉากกับฝั่ง (ม.)/ระยะเวลาที่เปรียบเทียบ (ปี)

(สมการที่ 6)



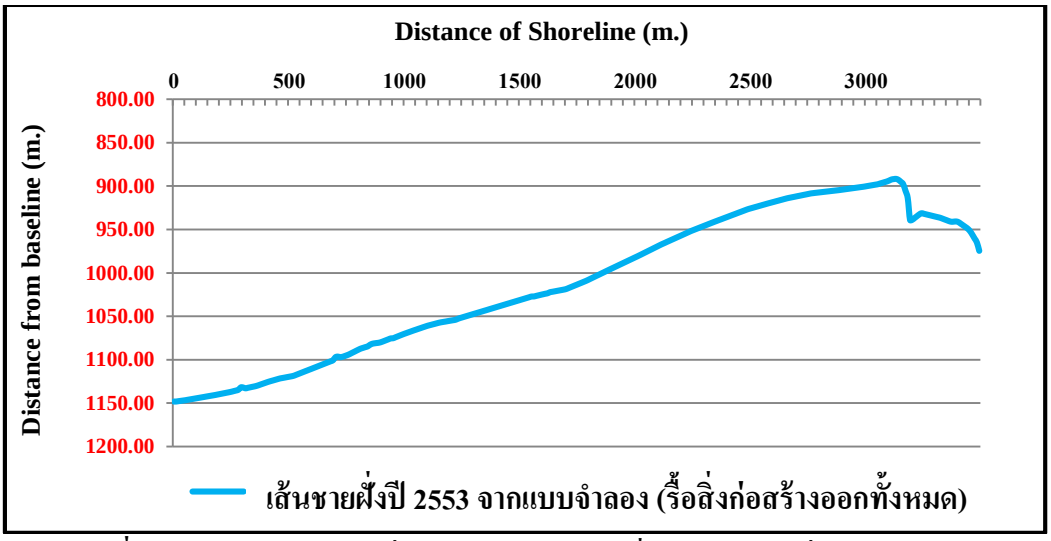
รูปที่ 2 สมการคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2554)

ผลการวิจัย

ผลการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชาฝั่งชายหาดคลองวาฬ เป็นระยะทางประมาณ 3,800 เมตรในครั้งนี้ ประกอบด้วย แผนที่ความลึก (Bathymetry map) ขนาดตะกอน ผังกระจายคลื่น (Wave rose map) รูปตัดชายหาด (Beach profile) ข้อมูลการเคลื่อนที่ของตะกอนรายปี (Net annual sediment) เส้นชายฝั่งย้อนหลัง (Previous times shoreline) ซึ่งข้อมูลที่กล่าวมานี้สำหรับใช้ในการกรอกข้อมูลให้กับแบบจำลอง ผลการสอบเทียบแบบจำลอง แบบจำลองการเลี่ยนแปลงชายฝั่ง และพื้นที่การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

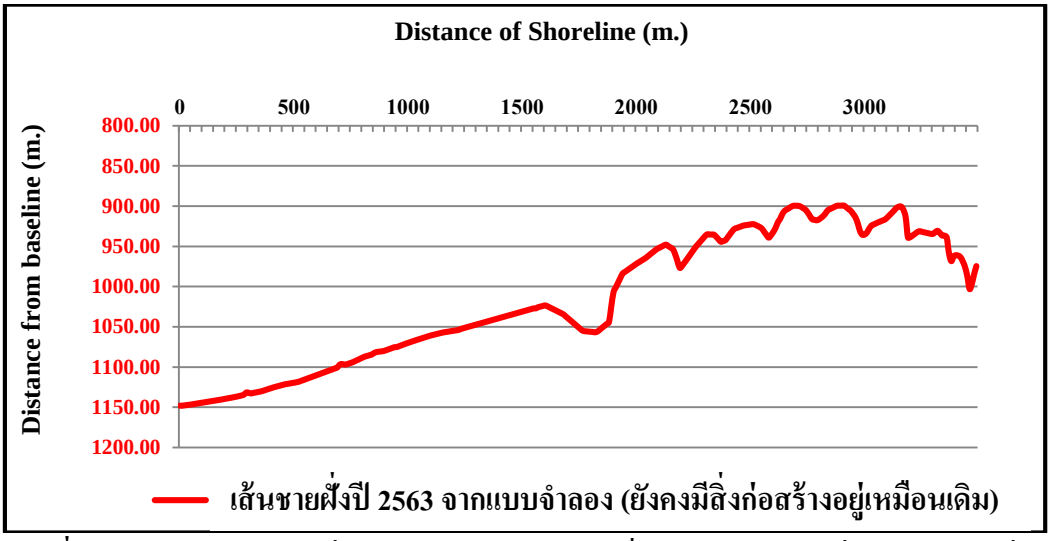
แนวชายฝั่งจากแบบจำลอง

1. แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ในกรณีที่ไม่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างใดๆ โดยใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2547 ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นแนวชายฝั่งตั้งต้น



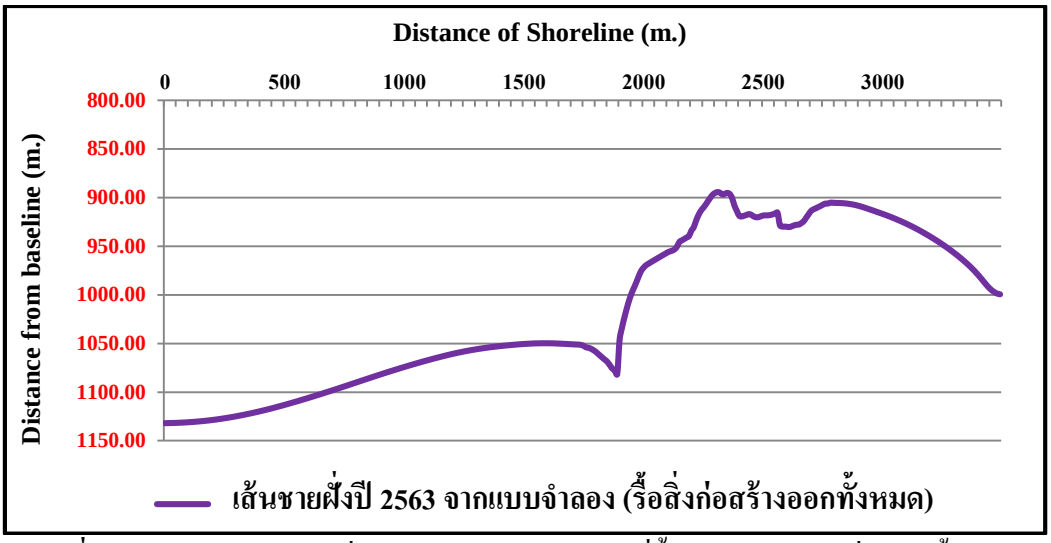
รูปที่ 3 กราฟแสดงแนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ในกรณีที่ไม่มีการสร้างสิ่งก่อสร้างใดๆ

2. แนวชายฝั่งในปี ค.ศ. 2563 ในกรณีที่ยังคงมีโครงสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง โดยใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นแนวชายฝั่งตั้งต้น



รูปที่ 4 กราฟแสดงแนวชายฝั่งในปี ค.ศ. 2563 ในกรณีที่ยังคงมีโครงสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง

3. แนวชายฝั่งในปี ค.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อโครงสร้างชายฝั่งออกทั้งหมด โดยใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นแนวชายฝั่งตั้งต้น



รูปที่ 5 กราฟแสดงแนวชายฝั่งในปี ค.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อโครงสร้างชายฝั่งออกทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

1. ชายฝั่งในปี ค.ศ. 2553 ในกรณีที่มีโครงสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง เมื่อใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2547 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 3.76 ไร่ พื้นที่ทับถม 12.23 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 0.93 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 1.99 เมตรต่อปี

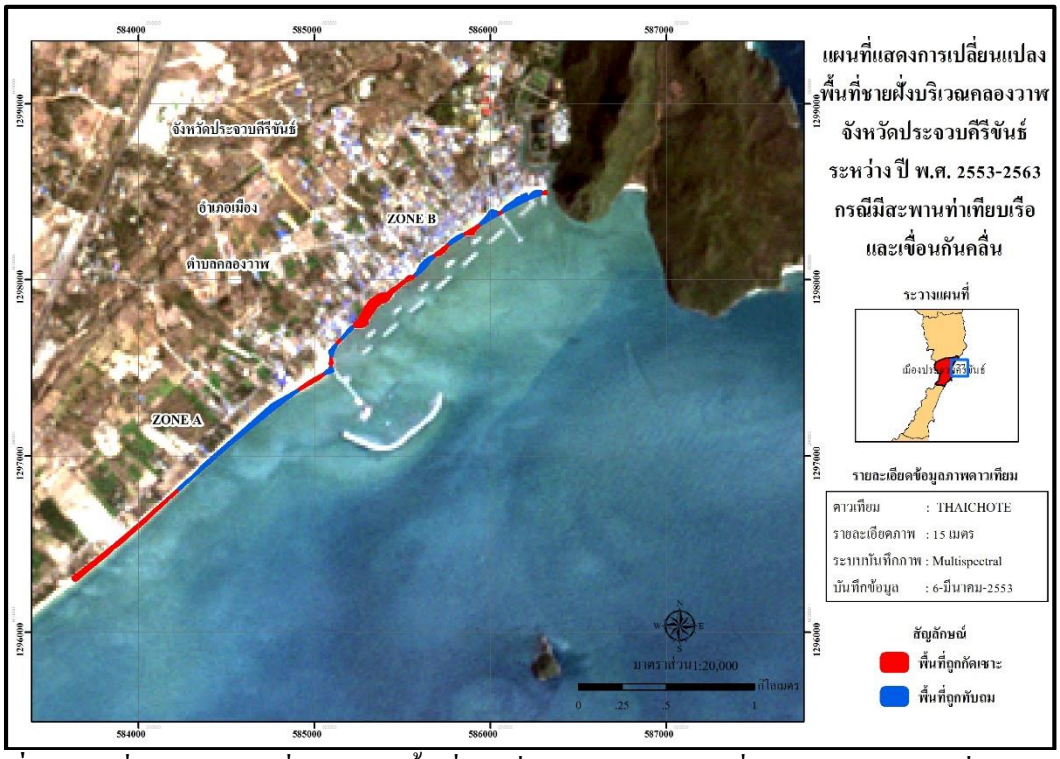
2. ชายฝั่งในปี ค.ศ. 2553 ในกรณีที่ในพื้นที่ศึกษาไม่ได้มีการสร้างสิ่งก่อสร้างใดๆ เมื่อใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2547 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 0.68 ไร่ พื้นที่ทับถม 0.01 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษาไม่ถึง 1 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา ไม่ถึง 1 เมตรต่อปี

3. ชายฝั่งในปี ค.ศ. 2563 ในกรณีที่ยังคงมีโครงสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง เมื่อใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง พ.ศ. 2563 ที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 12.74 ไร่ พื้นที่ทับถม 12.84 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 2.13 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 1.86 เมตรต่อปี

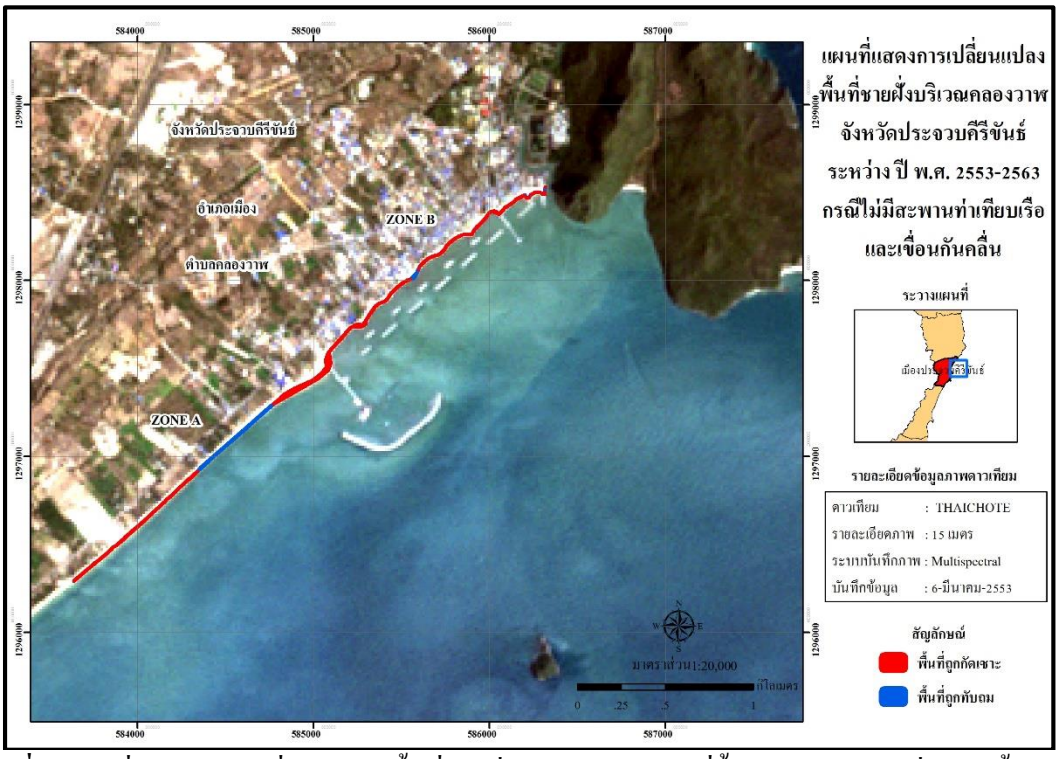
4. ชายฝั่งในปี ค.ศ. 2563 ในกรณีที่รื้อโครงสร้างชายฝั่งออกทั้งหมด เมื่อใช้แนวชายฝั่ง ค.ศ. 2553 ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียม เป็นแนวชายฝั่งตั้งต้นเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงพื้นที่แนวชายฝั่ง กับแนวชายฝั่ง ค.ศ. 2563 ที่ได้จากการจำลองด้วยแบบจำลอง พบว่าในพื้นที่การศึกษา มีพื้นที่กัดเซาะ 5. 09 ไร่ พื้นที่ทับถม 1.50 ไร่ และมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 0.77 เมตรต่อปี อัตราทับถมเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา 0.21 เมตรต่อปี

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์พื้นที่และอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่ง					
ปี (พ.ศ.)	กรณีศึกษา	พื้นที่กัดเซาะ (ตารางเมตร)	พื้นที่ทับถม (ตารางเมตร)	อัตรากัดเซาะ (เมตรต่อปี)	อัตราทับถม (เมตรต่อปี)
2547-2553	มีสิ่งก่อสร้าง	6,015	19,567	0.93	1.99
	ไม่มีสิ่งก่อสร้าง	1,091	15.5	0.00	0.00
2553-2563	มีสิ่งก่อสร้าง	20,385	20,542	2.13	1.86
	ไม่มีสิ่งก่อสร้าง	8,144	2,404	0.77	0.21



รูปที่ 6 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งในปี 2563 กรณีที่ยังคงมีโครงสร้างสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง



รูปที่ 7 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งในปี 2563 กรณีที่รื้อโครงสร้างชายฝั่งออกทั้งหมด

สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการวิจัยเห็นได้ว่า การใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่งเป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์อย่างมาก และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองได้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ช่วยปรับแก้ข้อมูลพื้นฐานและยืนยันพิกัดให้กับแบบจำลองคณิตศาสตร์มีความแม่นยำในการพยากรณ์มากยิ่งขึ้น และพบว่าการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสร้างสิ่งก่อสร้างแนวชายฝั่ง จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณที่อยู่ติด หรือใกล้กับสิ่งก่อสร้าง โดยเฉพาะการสะสมตัวของตะกอนจะขึ้นอยู่กับทิศทางของคลื่น ถ้ามีสิ่งก่อสร้างไปตั้งขวางหรือขัดขวางการเคลื่อนที่ของตะกอนที่เคลื่อนที่ตามการพัดพาของคลื่น ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้พบว่าสะพานท่าเทียบเรือมีลักษณะเหมือนกับรอดักตะกอน ทำให้เกิดการขาดแคลนตะกอนทรายและเกิดการกัดเซาะด้าที่กระแสน้ำชายฝั่งไหลผ่านคือด้านทิศเหนือของตัวสะพานท่าเทียบเรือ และมีเขื่อนกันคลื่นขนาดเล็กอีก 10 ตัว อยู่ทางด้านทิศเหนือของสะพานท่าเทียบเรือ ทำให้ชายหาดที่อยู่ด้านทิศเหนือของเขื่อกันคลื่นจึงกลายเป็นชายฝั่งที่ไม่มีความคงสภาพ เกิดการกัดเซาะและเว้าแหว่งคล้ายวงพระจันทร์ตามช่องว่างของเขื่อนกันคลื่น ส่วนการเปลี่ยนแปลงบริเวณอื่นๆที่ไม่ได้อยู่ใกล้หรือติดกับสิ่งก่อสร้างก็จะเป็นไปตามปัจจัยปกติตามธรรมชาติ

ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแบบจำลองคณิตศาสตร์ เพื่อพยากรณ์แนวชายฝั่ง จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. เนื่องจากการวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดเรื่องงบประมาณในการทำวิจัย จึงทำการเก็บข้อมูลภาคสนามเพียง 1 ครั้งเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลสำหรับนำเข้าสู่แบบจำลอง ดั้งนั้นจึงควรทำการเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อเป็นตัวแทนของทั้ง 2 ฤดูกาลเพิ่มเติม คือ ช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

2. ในการวิจัยครั้งนี้ ได้กำหนดให้ใช้ข้อมูลคลื่นเพื่อนำเข้าสู่แบบจำลอง เพื่อคำนวณทิศทางและการเคลื่อนที่ของตะกอน ซึ่งข้อมูลคลื่นที่ใช้ได้มาจากแบบจำลอง WAM ของกรมอุตุนิยมวิทยาซึ่งเป็นข้อมูลคลื่นน้ำลึกที่อยู่ห่างจากฝั่งประมาณ 20 กิโลเมตร ดังนั้นจึงควรจะมีข้อมูลคลื่นที่ตรวจวัดได้จากบริเวณน้ำตื้นใกล้ฝั่งซึ่งเป็นคลื่นที่ส่งผลกระทบต่อบริเวณแนวชายฝั่งมากที่สุด แต่ในประเทศไทยยังไม่มีข้อมูลคลื่นที่ตรวจวัดได้ในลักษณะนี้โดยตรง เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

3. การบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลให้ได้ผลดีนั้น มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ที่เกิดปัญหา ซึ่งวิธีต่างๆก็มีข้อดีและข้อเสียอยู่ในตัวเอง ดังนั้นการพิจารณาทางเลือกในการวางแผนจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาต้องนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ให้ครบถ้วนและละเอียดรอบคอบ โดยต้องพิจารณาร่วมกับความเหมาะสมและความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม เศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งในด้านของเทคนิคและวิธีการต่าง เช่น ทางด้านวิศวกรรมขั้นสูงไปจนถึงวิธีการแบบภูมิปัญญาชาวบ้าน ทำให้ได้วิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย รวมไปถึงควรจะต้องมีการเผยแพร่ข้อมูล การถ่ายทอดองค์ความรู้ และการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้ที่มีความรู้ในด้านต่างๆ ทั้งภาครัฐภาคเอกชนและภาคประชาชนที่เกี่ยวข้องและมีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ ได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน เพื่อให้การพิจารณาทางเลือกในการจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลประสบผลสำเร็จและสอดคล้องกับความต้องการของชุมชนชายฝั่งทะเล

THE INTEGRATION OF GIS AND LITPACK MODEL FOR SHORELINE PREDICTION: A CASE STUDY OF KHLONG WAN, PRACHUAP KHIRI KHAN, THAILAND

NUTTORN KAEWPOO 5236825 ENTM/M

M.Sc. (TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)

THESIS ADVISORS COMMITTEE: KANCHANA NAKHAPAKORN, D.Tech.Sc. (REMOTE SENSING AND GIS), NATHSUDA PUMIJUMNONG, Ph.D. (NATURAL SCIENCE)

EXTENDED SUMMARY

INTRODUCTION

Thailand's coastline is approximately 2,614 kilometers in length with 1,660 kilometers along the Gulf of Thailand and 954 kilometers along the Andaman Sea covering 23 provinces (Marine Department, 2005) which differ from one another geographically. Changes are constantly taking place along the coastline areas in the forms of erosion and accretion, with key factors being waves, winds and currents. However, current problems occurring with Thailand's shorelines have accelerated with increased severity, especially concerning changes caused by development activities or structural expansion created by humans, i.e. developments contrasting with the coastal environments, thereby resulting in loss of natural coastal balance and damage to beaches, tourist attraction sites, etc. with great significance. The government has to allocate a considerable amount of budget for building hard structures to prevent and restore damaged coastal areas (Department of Marine and Coastal Resources, 2008). Examples of preventive structures are sea walls, revetment, headland, breakwaters, groins and jetties (Pakorn, 2009). It has been found that some methods for handling

coastal erosion may work in one area, but may not work in another. Hence, the first important issue in coastal protection is to gather detailed data in the area and analyze the true causes of the coastal erosion. In this paper, Geographic Information System (GIS) and coastal mathematical models are utilized. The two aforementioned technologies are capable of consistency with each other. GIS is for the calibration of basic data and coordinate verification of the mathematical model which is capable of predicting future shorelines with the construction of any coastal structures. GIS and the coastal mathematical model can be used for solving problems and managing Thailand's coastal erosion problem.

METHODS

Study area

The study area is located at the Khlong Wan area, 10 kilometers from Mueang District, Prachuab Khiri Khan Province (Figure 1). The following engineering structures were found to have been built protruding into the sea: a wharf at 420 meters long and 10 meters wide; 1 curved breakwater at 700 meters long in front of the wharf; 12 small breakwaters to the north of the wharf to prevent coastal erosion.

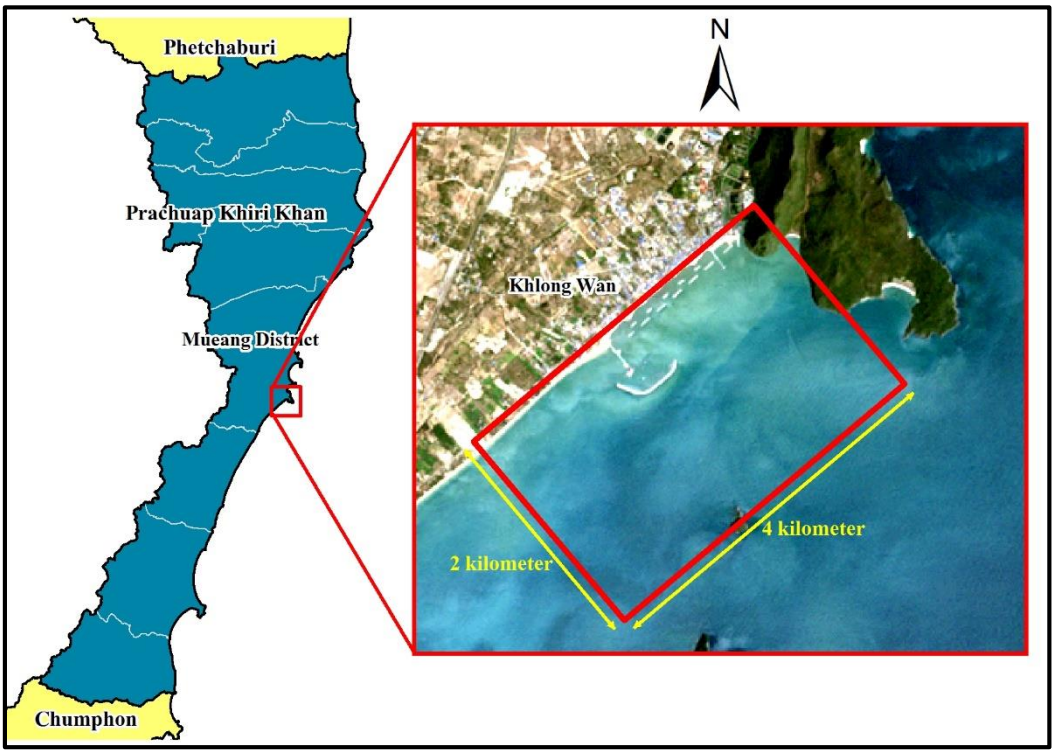


Figure 1 the study area

Methodology

1. Data collection and field survey were conducted in the study area. Data on sea characteristics and water depth were obtained using an echo sounder installed by the boat running along a designated path. The acquired data were recorded by a computer and survey programs every second. Beach profile was surveyed with reference to the horizontal and vertical coordinates of Peg No. GPS389 and GPS390 located at the Khlong Wan Bay Fishing Wharf. Sediment samples were collected at depths of 1 and 2 meters to analyze sediment average size and sediment types.

2. Analysis of previous and current shorelines was performed by using remote sensing software combined with the GIS program obtained from satellite images, beginning with image resolution resampling to obtain satellite image data with the same pixels, and geometric corrections were performed to obtain satellite images of the actual geographic position. In this research, data from maps of the Royal Thai Survey Department, WGS_1984_UTM_ZONE_47N, were used as the reference point. Image enhancement was performed to emphasize the details of image data. Image

classification was performed to interpret coastline data using the visual interpretation method.

3. The construction of the model can be divided into four main steps: 1) Data preparation and inputting data in the model; 2) Coastal change model processing; 3) Model correction and calibration; 4) Situational coastal change simulation.

4. Calculation of the area and coastal changes with findings displayed.

Equation/Mathematical model

1. LITDRIFT provides a powerful tool for sediment budget analysis, which is of paramount importance to all coastal morphology studies.

$$\tau b - \frac{d}{dy}\left[\rho E D \frac{du}{dy}\right] = -\frac{dsxy}{dy} + \tau w + \tau cur \quad \tau b - \frac{d}{dy}\left[\rho E D \frac{du}{dy}\right] = -\frac{dsxy}{dy} + \tau w + \tau cur$$

Equation 1 Sediment Transportation (LITDRIFT)

τb τb : bed shear stress due to the long-shore current, ρ ρ : density of water , E E : momentum exchange coefficient, D D : water depth, u u : long-shore current velocity, y y : shore-normal coordinates, sxy sxy : shear component of the radiation stress, τw τw : driving forces due to wind and τcur τcur : coastal current (DHI, 2008).

2. LITLINE is a powerful and reliable tool design and optimization of many coastal engineering projects, which is based upon the results from LITDRIFT

$$\frac{\partial yc(x)}{\partial t} = -\frac{1}{hact(x)}\frac{\partial Q(x)}{\partial x} + \frac{Qsou(x)}{hact(x)\Delta x} \quad \frac{\partial yc(x)}{\partial t} = -\frac{1}{hact(x)}\frac{\partial Q(x)}{\partial x} + \frac{Qsou(x)}{hact(x)\Delta x}$$

Equation 2 Shoreline Change (LITLINE)

$yc(x)$ $yc(x)$ distance from the baseline to the coastline, t t : time, $hact(x)$ $hact(x)$: height of the active cross-shore profiles, $Q(x)$ $Q(x)$: long-shore transport of sediment expressed in volumes, x x : long-shore position, Δx Δx : long-shore discretization step and $Qsou$ $Qsou$: source/sink term expressed in volume/Δx Δx (Thach et.al, 2007).

3. The erosion and accretion area calculation

Erosion area = (A - (A x B)) (**Equation 3**)

Accretion area = [(A u B) – (A x B)] – A (**Equation 4**)

A is the area before change, B is the area after change (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2008)

4. The erosion and accretion rate calculation (Figure 2)

Distance is perpendicular with shoreline (meter) = Erosion area (meter^2) / Distance is along the shore (meter) (**Equation 5**)

The change rate (meter/year) = Distance is perpendicular with shoreline (meter) / Time (year) (**Equation 6**)

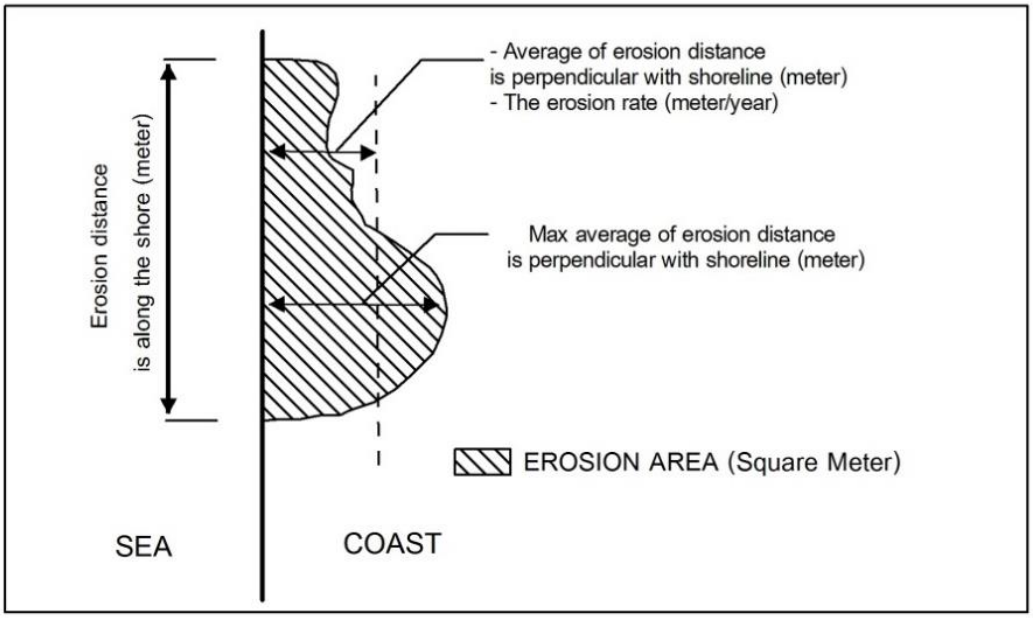


Figure 2 The erosion and accretion rate calculation (Department of Marine and Coastal Resources, 2011).

RESULTS

Coastal changes along the 3800-meter shoreline of Khlong Wan comprised a bathymetry map, sediment size, wave rose map, beach profile, net annual sediment and previous time shoreline. These data were used as input data for the mathematical model, the results of the calibration testing model, shoreline change model and areas with shoreline changes.

Shorelines from LITPACK model

1. The shoreline of 2010 in cases where there were no constructions of structures used the shoreline of 2004 acquired from satellite image data as the starting shoreline (Figure 3).

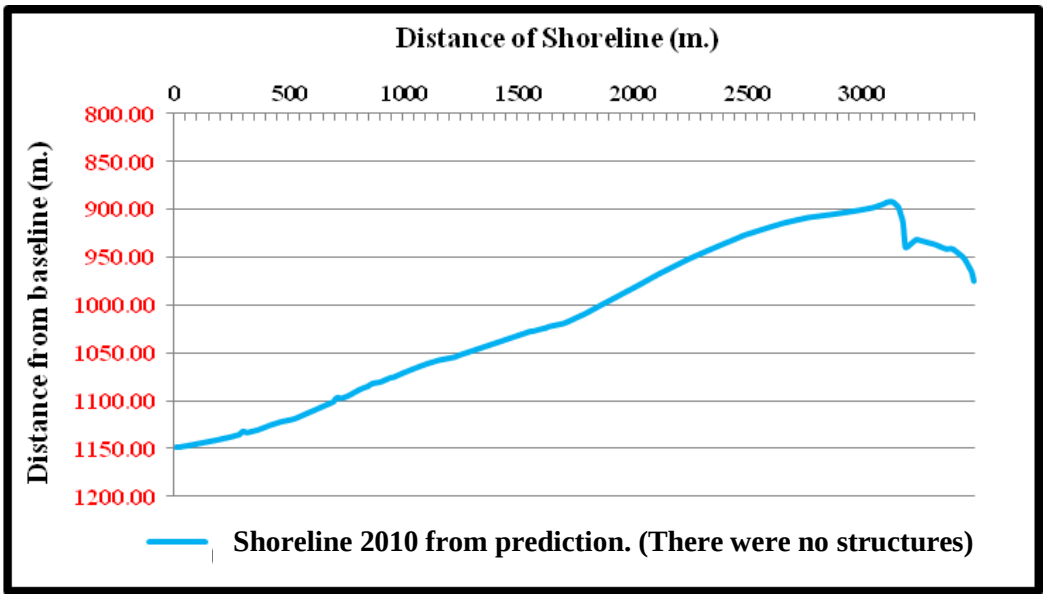


Figure 3 The shoreline of 2010 in cases where there were no constructions of structure.

2. The shoreline of 2020 in cases where coastal structures remained as present used the shoreline of 2010 acquired from satellite image data as the starting shoreline (Figure 4).

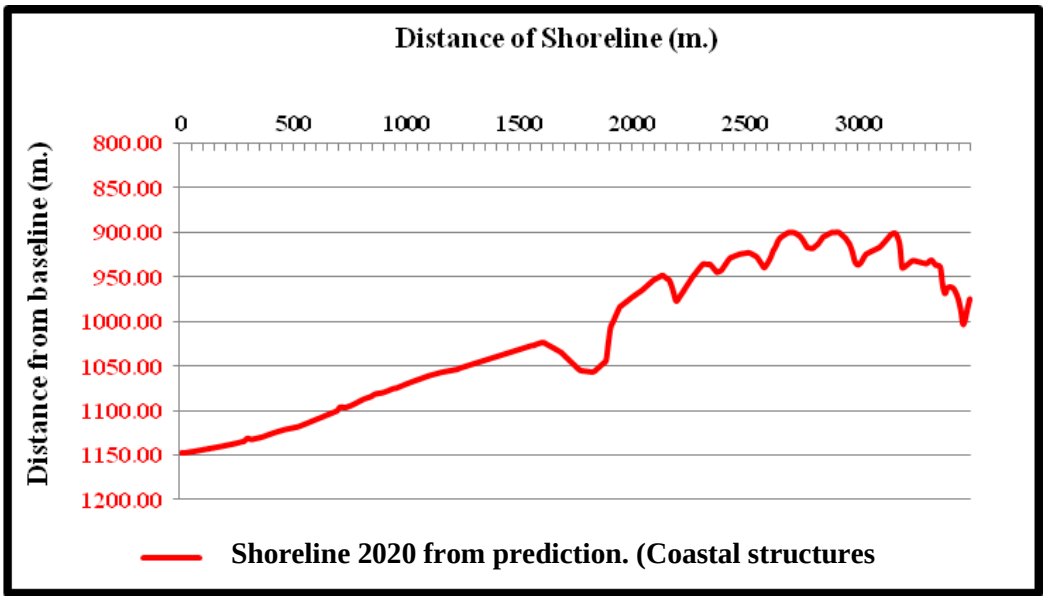


Figure 4 The shoreline of 2020 in cases where coastal structures remained as present.

3. The shoreline of 2020 in cases where all coastal structures had been removed using the shoreline of 2010 acquired from the satellite image data as the starting shoreline (Figure 5).

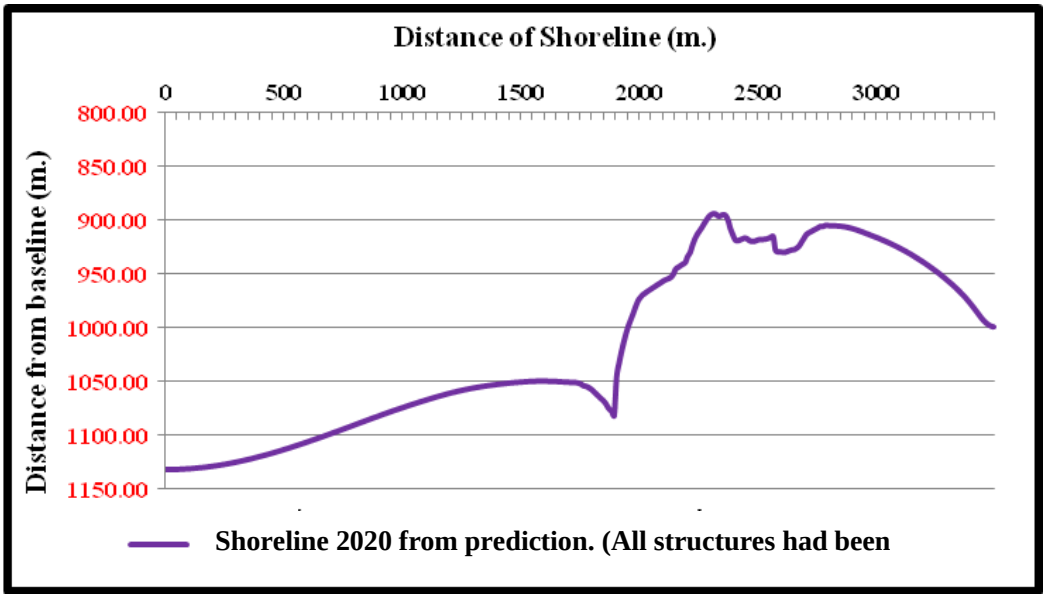


Figure 5 The shoreline of 2020 in cases where all coastal structures had been removed.

Coastal Change Analysis Results

1. In case of 2010 shoreline where there were coastal structures with the shoreline of 2004 acquired from satellite image data being used as the starting shoreline to calculate changes to the shoreline with the shoreline of 2010 acquired from satellite image data, the study area was found to have an area of erosion of 6,015 square meters, an accretion area of 19,567 square meters, an average erosion rate of 0.93 meters per year and an average accretion rate of 1.99 meters per year (Table 1).

2. In case of 2010 shoreline where no structures had been built with the shoreline of 2004 acquired from satellite image data being used as the starting shoreline to calculate change to shoreline with the shoreline of 2010 acquired from simulation with a model, the study area was found to have an erosion area of 1,091 square meters, an accretion area of 15.5 square meters, an average erosion rate of less than one meter per year and an average accretion rate of less than one meter per year.

3. In case of 2020, shoreline where coastal structures were present and when the shoreline of 2010 acquired from the satellite image data was used as the starting shoreline to calculate changes in shoreline with the shoreline of 2020 acquired from simulation with a model, the study area was found to have an erosion area of 20,385 square meters, an accretion area of 20,542 square meters, an average erosion rate of 2.13 meters per year and an average accretion rate of 1.86 meters per year (Figure 6).

4. With regard to the coastal change in 2020 in case where all coastal structures had been removed and when the shoreline of 2010 acquired from satellite image data was used as the starting shoreline to calculate changes to shoreline areas with the shoreline of 2020 acquired from simulation with a model, the study area was found to have an erosion area of 8,144 square meters, an accretion area of 2,404 square meters, an average erosion rate of 0.77 meters per year and an average accretion rate of 0.21 meters per year (Figure 7).

Table 1. Coastal Area Change

Coastal Area Change					
Year	Scenario	Erosion Area (Square Meter)	Accretion Area (Square Meter)	Erosion Rate (Meter/Year)	Accretion Rate (Meter/Year)
2004-2010	structure	6,015	19,567	0.93	1.99
	No structure	1,091	15.5	0.00	0.00
2010-2020	structure	20,385	20,542	2.13	1.86
	No structure	8,144	2,404	0.77	0.21

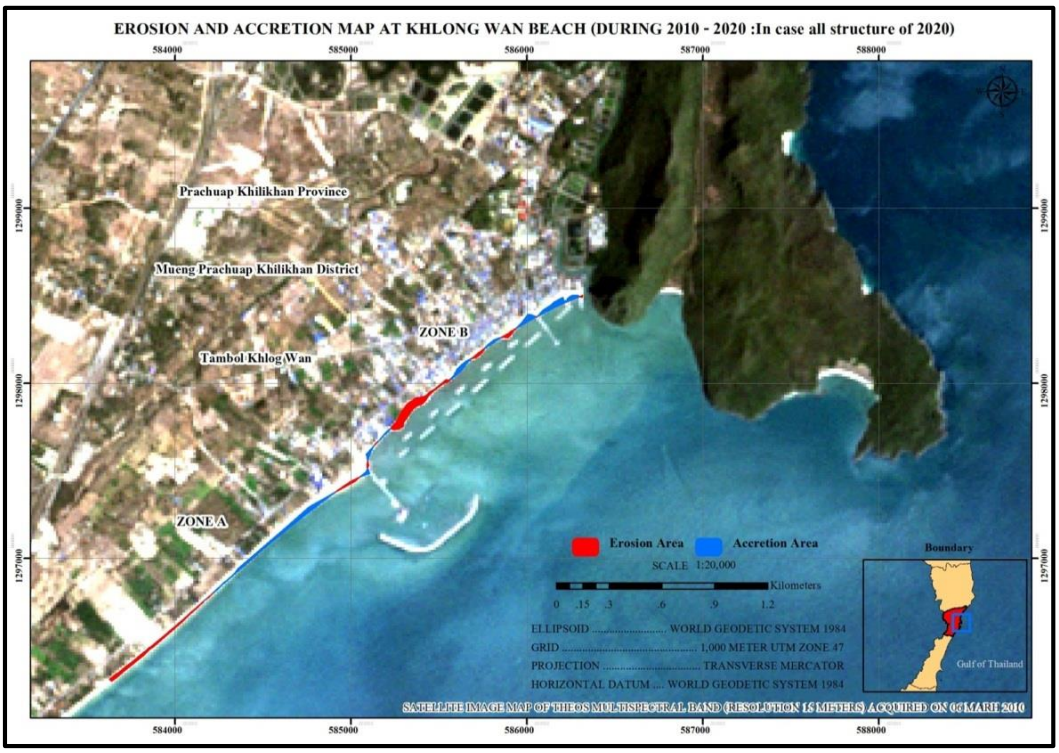


Figure 6 The coast in 2020, in cases where coastal structures were present.

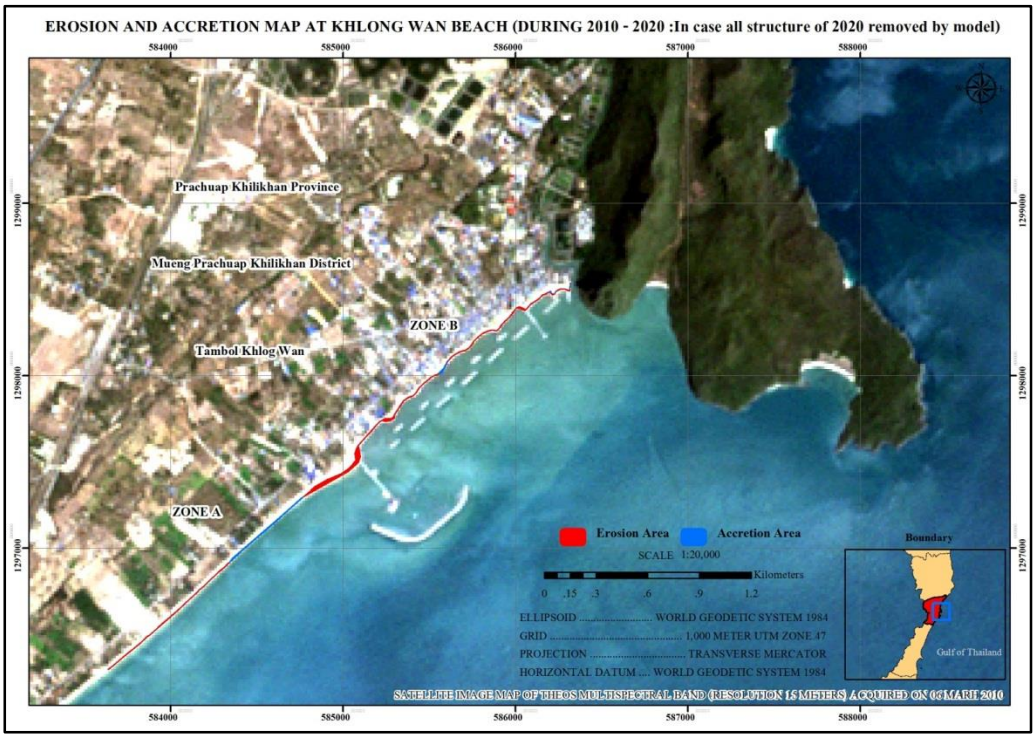


Figure 7 The coast in 2020 in cases where all coastal structures had been removed.

CONCLUSION

The results of the study showed that use of mathematical models to predict shorelines was highly useful and greatly increased the efficiency of models when implemented with the Geographic Information System (GIS) because the GIS helped correct basic data and confirmed coordinates for mathematical models for greater predictive accuracy. The findings of this study demonstrate that shoreline changes caused by construction along the shoreline will cause changes only to the areas adjacent to or near the structures, especially regarding accretion of sediments which will be dependent on the direction of currents. If structures obstruct sediments moving according to the flow of currents, i.e. in this study where the wharf was found to have characteristics of being a groin for collecting sediment; this will be deficient sand, sediment and erosion will occur on the side where coastal currents flow, i.e. the north side of the wharf. Furthermore, there were also ten small breakwater dams to the north of the wharf, causing the beach to the north of the breakwaters to lack stability and undergo erosion with crescent-shaped indents along the gaps between the breakwaters. Other areas, either nearby or adjacent structures will change according to normal factors

in nature.

RECOMMENDATIONS

The recommendations for implementation of the Geographic Information System with mathematical models to predict shorelines in this study were as follows:

1. Due to limitations of research funding, field data were collected only once for entry into the model. Therefore, additional data should be collected to represent two more seasons, during the southwestern and northeastern monsoon seasons, in order to enhance the accuracy of the model.

2. This study entered wave data into models to calculate sediment direction and movement. Wave data were acquired from WAM models by the Thai Meteorological Department, which was data on deep-water waves approximately twenty kilometers from the coast. Therefore, wave data which can be measured from shallow waters near to the coast, which were waving with the most impact on coastal areas should be collected. However, Thailand has no wave data which can be directly measured in this way to increase the precision and accuracy of the model.

3. A number of methods are available for managing coastal zones with good effects, depending on the characteristics of the areas with problems and each method has both advantages and disadvantages. Therefore, consideration of available options for planning, management, prevention and problem-solving must analyze related data completely and thoroughly with consideration given to suitability, engineering, economic, social and environmental feasibility together with the aspects of techniques and various methods, such as advanced engineering to methods of indigenous wisdom/intellect in order to acquire various methods for solving problems. Furthermore, data, knowledge and experience should be disseminated and exchanged among persons in various fields of knowledge in the government, private and public sector who are involved as stakeholders, so options can be considered for the prevention and solution of problems from coastal changes in line with the needs of coastal communities.

รายการอ้างอิง

กรมเจ้าท่า. (2548). *ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย*; ค้นหา 2 มกราคม 2554, จาก http://www.md.go.th

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2550*). ร่างพระราชบัญญัติส่งเสริมการบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง*. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2551). *ยุทธศาสตร์การจัดการป้องกันและแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง*. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. (2554). *การจัดการการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในประเทศไทย*. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการนานาชาติด้านการกัดเซาะชายฝั่ง. กระทรวงรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมทรัพยากรธรณี. (2551). *การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี: จังหวัดระจวบคีรีขันธ์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติละสิ่งแวดล้อม. หน้า 22-23.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2554). *แผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินตามที่ได้จำแนกประเภทท้ายกฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมืองประจวบคีรีขันธ์ พ.ศ. 2554*. กรุงเทพฯ: กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย.

กรมอุตุนิยมวิทยา.(2550). *หนังสืออุตุนิยมวิทยา : ลมมรสุม*; ค้นหา 23 ธันวาคม 2553, จาก http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=52

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2555). *ประกาศกระทวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดประเภทและขนาดของโครงการหรือกิจการซึ่งต้องจัดทำรายงาน การวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม และหลักเกณฑ์ วิธีการ ระเบียบปฏิบัติและแนวทางการจัดทำรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม*, ค้นหาเมื่อ 16 ตุลาคม 2555, จาก http://www.onep.go.th/eia/images/3law/35type.PDF

กิตติชัย ดวงมาลย์. (2556). *ความจริงที่ต้องรู้ เกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบ*, ค้นหา 16 ตุลาคม 2556, จาก ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม หาวิทยาลัยกษตรศาสตร์ เว็บไซต์: http://www.ku.ac.th/web2012

คณิต ไข่มุกด์. (2541). *แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งรอบอ่าวปัตตานี (Pattani bay coastal changing model*. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

เค.พี.ซี. เอนเตอร์ไพร้ส์. (2548). *โครงการก่อสร้างเขื่อนและท่าเทียบเรือร่องน้ำคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์*. กรุงเทพฯ: บริษัท เค.พี.ซี. เอนเตอร์ไพร้ส์ จำกัด.

เครือข่ายเฝ้าระวังรักษาชายหาด. (2556). *การเคลื่อนที่ของตะกอนทรายชายฝั่ง : (Longshore Sediment Transport)*. ค้นหา 16 ตุลาคม 2556, จาก http://www.bwn.psu.ac.th/sediment.html

เครือข่ายเฝ้าระวังรักษาชายหาด. (2556). *สัณฐานของหาดทราย : (Beach Profile)*. ค้นหา 16 ตุลาคม 2556, จาก http://www.bwn.psu.ac.th/beach_prof.html

ชะเลงศักดิ์ เชื้ออรวรรณ. (2554). *ภูมิอากาศ (Climate)*, ค้นหา 29 กันยายน 2554, จาก กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม โรงเรียนสายน้ำผึ้งในพระอุปถัมภ์ฯ เว็บไซต์: http://www.sainampeung.ac.th/chalengsak/units/unit5/chapter5/chapter5_3/europe/europe_3_climate.htm

เชิดวงศ์ แสงศุภวานิช. (2555). *Introduction to Oceanography*, ค้นหา 15 ตุลาคม 2555, จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เว็บไซต์: http://www.imc.src.ku.ac.th/personnel

นพพล อรุณรัตน์. (2551). *การกัดเซาะชายฝั่งที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านอุทก-อุตุนิยมวิทยาบริเวณอ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช (Coastal erosion related to hydro-meteorological regimes in pakphanang bay, Nakhon Si Thammarat province)*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล.

นรินทร์ บุญตานนท์. (2555). *Sediment Transport: การพัดพาตะกอน*. เอกสารประกอบการเรียนวิชาชลธีวิทยา สววท211 ปีการศึกษา 2554, ค้นหา 15 ตุลาคม 2555, จากคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เว็บไซต์: http://www.en.mahidol.ac.th/elearning/upload/ENST211_2012_Lec8.pdf

ปกรณ์ สุวานิช. (2552). *การจัดการธรณีพิบัติภัย*. เอกสารประกอบการเรียนวิชาการจัดการธรณีพิบัติภัย ปีการศึกษา 2552. หน้าที่ 131-140. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

เผด็จ สีจันทร์. (2548). *ที่ดินชายทะเลและพื้นที่ชายทะเล*. เอกสารเผยแพร่สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ฉบับที่ 4. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ราชศักดิ์ นิลศิริ. (2552). *ชายฝั่งกัดเซาะ : วิกฤติทะเลกลืนกินแผ่นดิน*. นิตยาสาร National Geographic ฉบับที่ 98 หน้า 108 -125 กุมภาพันธ์ 2552.

วันชัย จันทร์ละเอียด. (2548). *การประเมินการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งตั้งแต่บ้านตันหยงเปาว์ถึงบ้านบางตาวาจังหวัดปัตตานี โดยแบบจำลอง GENESIS*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิศิษฐ์ สุขจิตร. (2552). *น้ำขึ้นน้ำลงเกิดขึ้นจากอะไร*, ค้นหา 29 กันยายน 2554, จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร เว็บไซต์: http://www.space.mict.go.th/knowledge.php?id=tide

สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. (2538). *การศึกษาลักษณะและปริมาณการเคลื่อนที่ของมวลทรายรวมทั้งการตกตะกอนทับถมและการพังทลายของชายฝั่งจังหวัดชลบุรี (Study on behavior and rate of littoral drift, and shoreline accretion/erosion of Chonburi province)*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.

สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย. (2548). *ศัพท์บัญญัติและนิยามสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์. (2553). *การพังทะลายของชายหาดภาคใต้จากสิ่งก่อสร้างริมทะเล*, ค้นหาเมื่อ 14 กรกฎาคม 2553, จาก คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เว็บไซต์: http://www.geocities.com/psboon02/bwn.html

สิน สินสกุล, สุวัฒน์ ติยะไพรัช, นิรันดร์ ชัยมณี และบรรเจิด อร่ามประยูร. (2544). *การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งด้านทะเลอันดามัน*. กรุงเทพฯ: กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

สิน สินสกุล. (2550) *การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลไทย*. นิตยสาร สสวท. ปีที่ 35 ฉบับที่ 146 หน้า 17-19.

สุนทรี ทราพันธ์, มณฑล อนงค์พรยศกุล, ลิขิต ชูชิต, และภูวดล โดยดี. (2553). *การประยุกต์การสารวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษา การใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเลบางพื้นที่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์*, แหล่งที่มา ค้นหา 29 กันยายน 2554, จาก http://kucon.lib.ku.ac.th

สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ. (2532). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง (Coastal morphology with emphasis on coastal erosion and coastal deposition)*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. (2555). *ความก้าวหน้าเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ*, ค้นหา 23 กรกฎาคม 2555, จาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) เว็บไซต์: http://km.gistda.or.th.

สุวลักษณ์ สาธุมนัสพันธ์. (2555). *การจัดการชายฝั่ง: การบูรณาการสู่ความยั่งยืน*. นครปฐม: สำนักพิมพ์มาหวิทยาลัยมหิดล

สุวิมล แซ่โง่ว. (2537). *การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่ง บริเวณแหลมตาชี จังปัตตานี ที่เกิดจากอิทธิพลของสิ่งก่อสร้างเพื่อป้องกันการพัดพาของตะกอน*. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. (2541). *ลักษณะชายฝั่งทะเลของไทย*. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ทเคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2549). *ผลกระทบจากคลื่นสูงระหว่างวันที่ 20-23 ธันวาคม 2549 ต่อการกัดเซาะชายฝั่ง ในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา และนราธิวาส*. กรุงเทพฯ:กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2551). *การติดตามการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี51*. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 57 หน้า.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์*. กรุงเทพ: กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม. (2555). *ระบบการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย*, ค้นหา 15 ตุลาคม 2555, จาก สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เว็บไซต์: http://www.onep.go.th

องค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬ. (2555). *ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญขององค์การบริหารส่วนตำบลคลองวาฬ*, ค้นหา 16 มกราคม 2556, จาก http://www.klongwan.go.th

อิศราพร อิทธโร. (2544). *สภาพการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลบางขุนเทียน*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Brown, I., Jude, S., Koukoulas, S., Nicholls, R., Dickson, M., & Walkden, M. (2006). *Dynamic simulation and visualization of coastal erosion*. Computer Environment and Urban Systems. ฉบับที่ 30. หน้า 840-860.

Coastal Engineering Manual. (2006). *US Army Corps of Engineers*, ค้นหา 15 ตุลาคม 2555, จาก http://users.coastal.ufl.edu/~sheppard/eoc6430/Coastal_Engineering_Manual.htm

DHI. (2008). *Litpack course notes: littoral drift coastline evolution modeling*. Danish Hydraulic Institute.

French, P.W. (1997). *Coastal and estuarine management*. London; Routledge Environmental Management Series.

Ranga Rao, V., Ramana Murthy, M. V., Bhat, M., & Reddy, N. T. (2009). *Littoral sediment transport and shoreline changes along Ennore on the southeast coast of India: Field observations and numerical modeling*. Geomorphology. ฉบับที่ 112. หน้า 158-166.

Saengsupavanich, C., Seenprachawnog, U., Gallardo, W. G., & Shivakoti, G. P. (2008). *Port-induced erosion prediction and valuation of a local recreational beach*. Ecological Economics. ฉบับที่ 67. หน้า 93-103.

Saengsupavanich, C., Chonwattana, S., & Naimsampao, T. (2009). *Coastal erosion through integrated management: a case of southern Thailand*. Ocean & Coastal Management. ฉบับที่ 52. หน้า 307-316.

Shamji, V. R., Shahul Hameed, T. S., Kurian, N. P., & Thomas, K. V. (2010). *Application of numerical modeling for morphological changes in a high - energy beach during the south-west monsoon*. Current Science. ฉบับที่ 98. หน้า 691-695.

Thach, N. N., Truc, N. N., & Hau, L. P. (2007). *Studying shoreline change by using LITPACK mathematical model: case study in Cat Hai Island, Hai Phong City, Vietnam*. VNU Journal of Science. Earth Sciences. ฉบับที่ 23. หน้า 244-252.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายณัทธร แก้วภู่
วัน เดือน ปีเกิด	23 ธันวาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา ประเทศไทย
วุฒิการศึกษา	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ พ.ศ. 2547-2551 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เทคโนโลยีการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง)
ทุนการศึกษา/ทุนวิจัย/รางวัลที่ได้	ทุนสนับสนุนการทำวิจัยบางส่วนจากสมาคมศิษย์เก่าคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยการศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
การเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ	Kaewpoo, N., Nakhapakorn, K., Pumjumnong, N. & Silapathong, C. (2012, November). The integration of GIS and mathematical model for shoreline prediction. Oral session presented at ACRS 2012, Pattaya, Thailand.
ที่อยู่ปัจจุบัน	32/207 ซ.วัชรพล ถ.รามอินทรา แขวงท่าแร้ง เขตบางเขน กทม. 10230 โทรศัพท์ 086-272-4220 E-mail: nuttorn_nut@hotmail.com
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบันและสถานที่ทำงาน	(พ.ศ. 2551-2556) นักภูมิสารสนเทศ, ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติ, สำนักประยุกต์และบริการภูมิสารสนเทศ, สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โทรศัพท์ 02-141-4533 E-mail: nuttorn@gistda.or.th