การพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง โดยใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียม

Development of Shoreline Change Model Using Satellite Imagery

ศิริลักษณ์ พฤกษ์ปิติกุล[1*] วราทิพย์ บัวแก้ว[1] และ ณัทธร แก้วภู่[1]
Siriluk Prukpitikul[1*] Varatip Buakaew[1] and Nuttorn Kaewpoo[1]

บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลเป็นปัญหาที่พบได้ตลอดแนวชายฝั่งของประเทศไทย โดยมีสาเหตุทั้งจากปัจจัยทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลในประเทศไทยโดยใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะช่วยในการแก้ไขปัญหาชายฝั่งในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาครั้งนี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ปี พ.ศ. 2542-2552 IKONOS ปี พ.ศ. 2546-2547 SPOT ปี พ.ศ. 2550 และ THEOS ปี พ.ศ. 2552 ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Model) ศึกษาบริเวณตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลองทั้งสองชนิดมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเป็นอย่างมาก โดยที่แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเหมาะกับการพยากรณ์ในพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบจากคลื่นลมมากและไม่มีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการพยากรณ์และจำเป็นต้องใช้ข้อมูลตั้งต้นจากภาพดาวเทียม ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีความเหมาะสมกับการพยากรณ์ที่ต้องการความถูกต้องมากกว่าเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่มีคำสั่งให้ใส่ตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจำนวนมาก เช่น ข้อมูลคลื่น ตะกอน กระแสน้ำ ลักษณะพื้นท้องทะเล และลักษณะของสิ่งปลูกสร้างในบริเวณนั้น เป็นต้น แต่ข้อจำกัดของแบบจำลองนี้คือราคาที่ค่อนข้างสูงและต้องใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามจำนวนมาก

[1] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษา 5 ธันวาคม 2550 เลขที่ 120 หมู่ 3 อาคารรวมหน่วยราชการ (อาคาร B) ชั้น 7 ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

[1] Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization) 120 The Government Complex Commemorating His Majesty, the King's 80th Birthday Anniversary, 5th December, B.E. 2550 (2007) Building B 7th Floor, Chaeng Wattana Road, Lak Si District Bangkok 10210, Thailand.

[*] ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): siriluk@gistda.or.th

โดยสรุปเห็นได้ว่าการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมจะช่วยสนับสนุนในการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลพื้นฐานที่เป็นปัจจุบันที่สำคัญในการปรับแก้ (Calibration) และยืนยัน (Verification) ความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถพัฒนาแบบจำลองเพื่อเป็นระบบบริหารจัดการในระยะยาวและเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงแนวเส้นชายฝั่งในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง, แบบจำลองคณิตศาสตร์, ภาพถ่ายดาวเทียม

ABSTRACT

Presently, the coastal region suffers severe erosion in a complex problem accumulating over a long period of time. The erosion problem continues to exist and has become even more severe in some areas. The study, the establishment of the monitoring system, the development of prediction model and solutions for the problem of coastal erosion require data from satellite images available from the past til present. This study aims to develop the appropriate shoreline prediction model for the coast of Thailand. The development procedure are integrated technology consist of a time series of shoreline vectors from various satellite images such as LANDSAT (1999-2009), IKONOS (2003-2004), SPOT (2007), THEOS (2008) together with mathematical model and digital shoreline analysis model. The study area is located in Tambol Klongwan, Muang district, Prachuapkhirikhan province. The result shows that these two models are proper for shoreline prediction in the critical area namely the digital shoreline analysis model is suitable for coastal area where has less impact from strong wind and wave and not in the urban area while mathematical model can be used in the area where has coastal construction and in urban area. The input data of digital shoreline analysis model depends on satellite image while mathematical model need more data from the field survey. However, the accuracy of shoreline prediction from these two models depends on the number and resolution of satellite imagery and physical data from the field survey. In conclusion, the integration of digital shoreline analysis model, mathematical model and satellite imagery will be a good alternative to support the coastal zone management in term of prediction situation. It is hoped that this shoreline prediction model will be one solution for long-term management and planning in the coastal zone of Thailand.

Key words: digital shoreline analysis model, mathematical model, satellite imagery

บทนำ

ปัญหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในประเทศไทย มีสาเหตุทั้งจากปัจจัยทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ การบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลเพื่อลดปัญหาดังกล่าว เป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญเร่งด่วน แนวทางหนึ่งคือการเตรียมการเพื่อรองรับปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยใช้เครื่องมือที่น่าเชื่อถือ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการผสมผสานเทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมร่วมกับแบบจำลองต่างๆ ที่มีคุณสมบัติในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในอนาคตได้ โดยมีแนวความคิดว่าข้อมูลดาวเทียมเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจริงและมีความต่อเนื่อง สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับแก้ (Calibration) และยืนยัน (Validation) ความถูกต้องของแบบจำลองได้เป็นอย่างดี

ชายฝั่งทะเลของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่รอบอ่าวไทยและทะเลอันดามัน เป็นระยะทางรวมประมาณ 2,614 กิโลเมตร โดยแบ่งเป็นพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทย 1,660 กิโลเมตร และชายฝั่งทะเลอันดามัน 954 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 23 จังหวัด ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสัณฐานชายฝั่งคือ การกระทำของธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์ โดยการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่ง ทั้งการกัดเซาะและการทับถม ล้วนแล้วแต่มีผลมาจากการเคลื่อนย้ายของตะกอนดินและทรายจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่ง เพื่อให้เกิดความสมดุลของสภาพแวดล้อมในระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อใดที่ตะกอนชายฝั่งถูกกระแสน้ำพัดพาออกจากพื้นที่ในปริมาณเท่ากับตะกอนที่กระแสน้ำพัดพาเข้ามาในพื้นที่ ชายฝั่งจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง สำหรับปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง เช่น การทรุดตัวของแผ่นดิน และการยกตัว/จมตัวของแผ่นเปลือกโลก โดยการเคลื่อนย้ายของตะกอนดินและทรายมีสาเหตุมาจากความถี่และความรุนแรงของปัจจัยต่างๆ เช่น ลม กระแสน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง คลื่น ความลาดชัน น้ำใต้ดิน ลักษณะทางธรณีวิทยา พายุ ปริมาณตะกอนแม่น้ำ ในส่วนของการกระทำของมนุษย์ในรูปของกิจกรรมต่างๆ เช่น การสร้างที่อยู่อาศัย การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินชายฝั่งทะเล ทำให้เสียสมดุลของกระบวนการชายฝั่งตามธรรมชาติ โดยเฉพาะการสร้างสิ่งก่อสร้างยื่นลงทะเล เช่น เขื่อนกันทรายและคลื่น (Jetty) กำแพงกันคลื่น (Seawall) รอดักทราย (Groin) เขื่อนกันคลื่น (Breakwater) และการถมดิน (Landfill) (สมปรารถนา, 2545)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ได้ทำการวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทยโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552 พบว่าการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนอกจากจะช่วยสนับสนุนให้การดำเนินการวิเคราะห์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่งจริงๆ ในภาพรวมทั้งฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามัน ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นแล้ว ยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานได้มากกว่าการดำเนินโดยหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง ซึ่งจะกระทำได้ครอบคลุมบางพื้นที่เท่านั้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งได้แก่ ปัจจัยทางธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ เช่น คลื่นลมและอิทธิพลของลมมรสุม รูปแบบการไหลเวียนของกระแสน้ำ การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลและอุณหภูมิน้ำทะเล การเกิดพายุหมุนเขตร้อนและคลื่นพายุซัดฝั่ง ลักษณะธรณีสัณฐานและลักษณะตะกอนชายฝั่ง โครงสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่ง และการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่ง เป็นต้น ทั้งนี้ปัจจัยใดจะมี

ผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งอย่างไรนั้น ก็ขึ้นอยู่กับพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามปัจจัยหลักๆ ตามที่ได้กล่าวข้างต้น (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), 2553)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) มีแนวความคิดว่าการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง โดยประยุกต์ใช้ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียมเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนเพื่อบริหารจัดการชายฝั่งในระยะยาวให้เกิดประสิทธิภาพได้ในอนาคต โดยทำการเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการพยากรณ์แนวชายฝั่งในอนาคตด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง และแบบจำลองคณิตศาสตร์ โดยแบบจำลองแนวชายฝั่งเป็นแบบจำลองที่ใช้พยากรณ์แบบ 3 ทิศทาง โดยเกี่ยวข้องกับพิกัดตำแหน่งของแนวเส้นชายฝั่ง (X, Y) กับเวลาจากอดีตถึงอนาคต โดยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลขด้วยการสร้างเส้น transect ตั้งฉากกับเส้น baseline แล้ววิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งในแต่ละเส้น transect ซึ่งนำไปสู่การพยากรณ์แนวชายฝั่งในอนาคตด้วยการใช้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตำแหน่งและเวลาของข้อมูล ($y = mx+c$) โดยที่ m คืออัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง, c คือจุดตัดแกน y, y คือตำแหน่งชายฝั่ง และ x คือเวลา ทั้งนี้รูปแบบการวิเคราะห์จะใช้แนวคิดการแบ่งส่วนของเส้นชายฝั่งแบบไดนามิก โดยเก็บรักษาความต่อเนื่องของแนวชายฝั่งด้วยการแบ่งเป็นส่วนสายกล่าวคือตำแหน่งสุดท้ายของส่วนแรกจะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของส่วนที่สองและต่อๆ ไป

ส่วนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายกระบวนการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่งและการพัฒนาชายฝั่งโดยคำนวณจากรูปแบบของคลื่นและกระแสน้ำ เพื่อก่อให้เกิดผลของการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายตามแนวชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงสัณฐานชายฝั่งและแนวชายฝั่งในระยะยาว หลักการคำนวณเป็นแบบ 2 ทิศทางซึ่งอยู่บนระบบแกน X และ Y หากปริมาณตะกอนที่ไหลเข้าระบบเท่ากันกับปริมาณตะกอนที่ไหลออกก็จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ในทางกลับกันหากตะกอนที่ไหลเข้าระบบน้อยกว่าตะกอนที่ไหลออกก็จะก่อให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่เขตเทศบาลตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีสะพานท่าเทียบเรือเชื่อมฝั่งขนาด กว้าง × ยาว 10 × 420 เมตร มีเขื่อนกันคลื่นโค้งความยาว 700 เมตรจำนวน 1 ตัว และมีเขื่อนกันคลื่นขนาดเล็ก (Detached Breakwaters) จำนวน 12 ตัว ซึ่งก่อสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2547 (ภาพที่ 2)

2. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

1. ภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ความละเอียดภาพ 15 เมตร ปี พ.ศ. 2552 และ 2553

2. ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-5 ความละเอียดภาพ 10 เมตร ปี พ.ศ. 2550

3. ภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ความละเอียดภาพ 1 เมตร ปี พ.ศ. 2546 และ 2547

4. ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ความละเอียดภาพ 30 เมตร ปี พ.ศ. 2542-2552

5. ข้อมูลแผนที่ของกรมแผนที่ทหาร (Topographic Maps) มาตราส่วน 1:50,000 ระวางจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ภาพที่ 2 บริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างประกอบด้วยสะพานท่าเทียบเรือเชื่อมฝั่งขนาด กว้าง×ยาว 10×420 เมตร เขื่อนกันคลื่นโค้งความยาว 700 เมตร จำนวน 1 ตัว และมีเขื่อนกันคลื่นขนาดเล็ก (Detached Breakwaters) จำนวน 12 ตัว

6. ข้อมูลพิกัดแผนที่ (ทางราบ, ทางดิ่ง และหมุดหลักฐานแผนที่)

7. ข้อมูลสภาพแวดล้อมทางสมุทรศาสตร์ ได้แก่ ข้อมูลคลื่น ความชันชายหาด ความลึกของพื้นท้องทะเล ความลึกน้ำและพิกัดเรือ ขนาดเฉลี่ยของตะกอน

3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. คัดเลือกภาพที่ไม่มีเมฆ หรือมีเมฆบดบังบริเวณชายฝั่งเล็กน้อย จากนั้นปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียม (Geometric Correction) ให้มีความถูกต้องด้านทิศทางและอ้างอิงได้กับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร แล้วกำหนดจุดบังคับภาคพื้นดิน (Ground Control Point : GCP) ให้กระจายทั่วทั้งภาพ และเลือกจุดที่ปรากฏชัดเจนทั้งบนข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและบนแผนที่ภูมิประเทศ จุดบังคับภาคพื้นดินทั้งหมด จะถูกกำหนดเป็นพิกัดตามเส้นโครงแผนที่แบบ ทรานสเวอร์สเมอร์เคเตอร์ เขตกริด 47 มีพื้นหลักฐานทางราบ ถือตามระบบ WGS 1984 แล้วจัดทำข้อมูลใหม่เพื่อให้ค่าระดับสีเทา (Digital Number) ใกล้เคียงกับข้อมูลต้นฉบับ โดยวิธีประมาณค่าของจุดภาพแบบ Bilinear Interpolation

2. จำแนกประเภทข้อมูล (Image Classification) เพื่อหาแนวเส้นชายฝั่ง โดยการแปลด้วยสายตา (Visual Interpretations) จากช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) เพื่อแยกข้อมูลดินและน้ำออกจากกัน

3. สำรวจข้อมูลภาคสนามสำหรับใช้ในแบบจำลอง ได้แก่ ข้อมูลคลื่น ความชันชายหาด ความลึกของพื้นท้องทะเล ความลึกน้ำและพิกัดเรือ ขนาดเฉลี่ยของตะกอน

4. วิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง ด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Shoreline Analysis Model)

5. พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่งตามขั้นตอนดังภาพที่ 3 และแบบจำลองคณิตศาสตร์ ตามขั้นตอนในภาพที่ 4

ผลการศึกษา

1. อัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งบริเวณพื้นที่ศึกษา

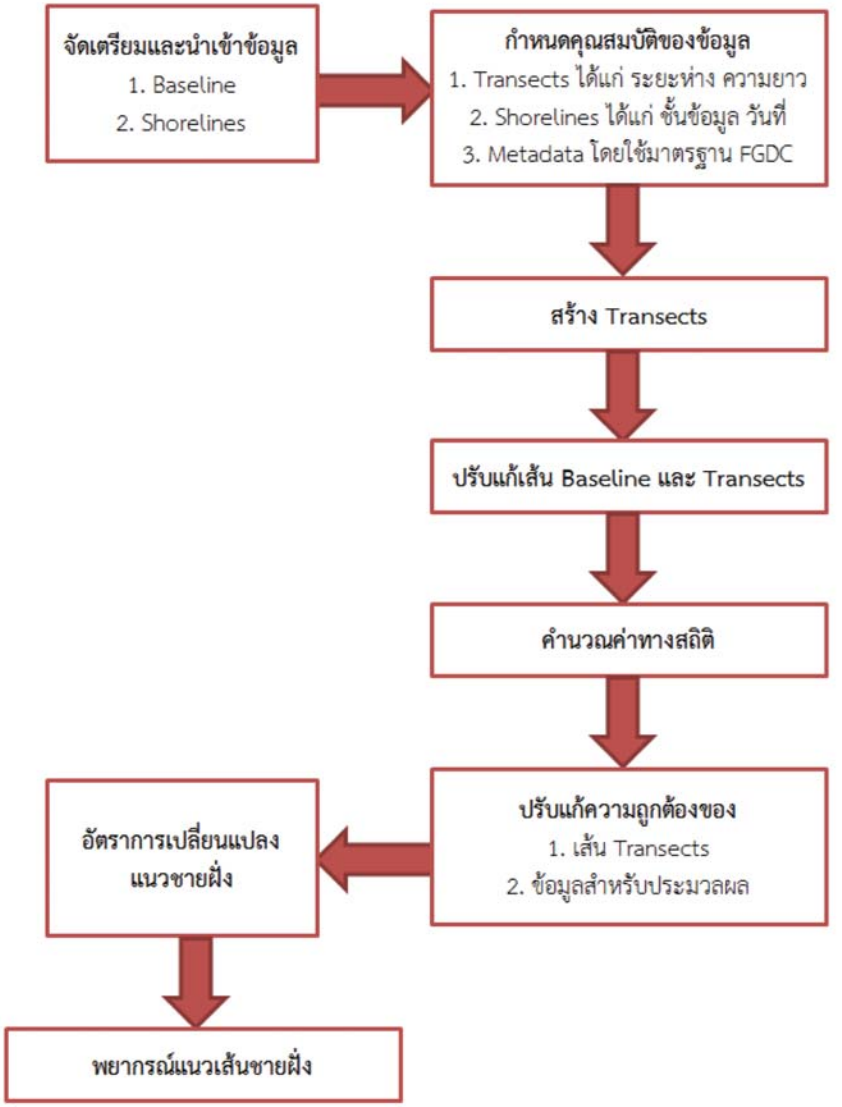
จากการศึกษาพบว่าระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552 พื้นที่ศึกษามีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งเฉลี่ย 2.48 เมตรต่อปี อัตราการทับถมเฉลี่ย 4.11 เมตรต่อปี โดยมีอัตราการทับถมชายฝั่งมากที่สุดที่ 8.13 เมตรต่อปี และมีการกัดเซาะชายฝั่งมากที่สุดที่ 4.41 เมตรต่อปี ทั้งนี้พบว่าพื้นที่ชายฝั่งทะเลในโซน A ไม่มีการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง แต่ในพื้นที่ชายฝั่งโซน B ซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้นหลังจากปี พ.ศ. 2550 มีการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 5)

2. การปรับแก้ความถูกต้องของแบบจำลอง

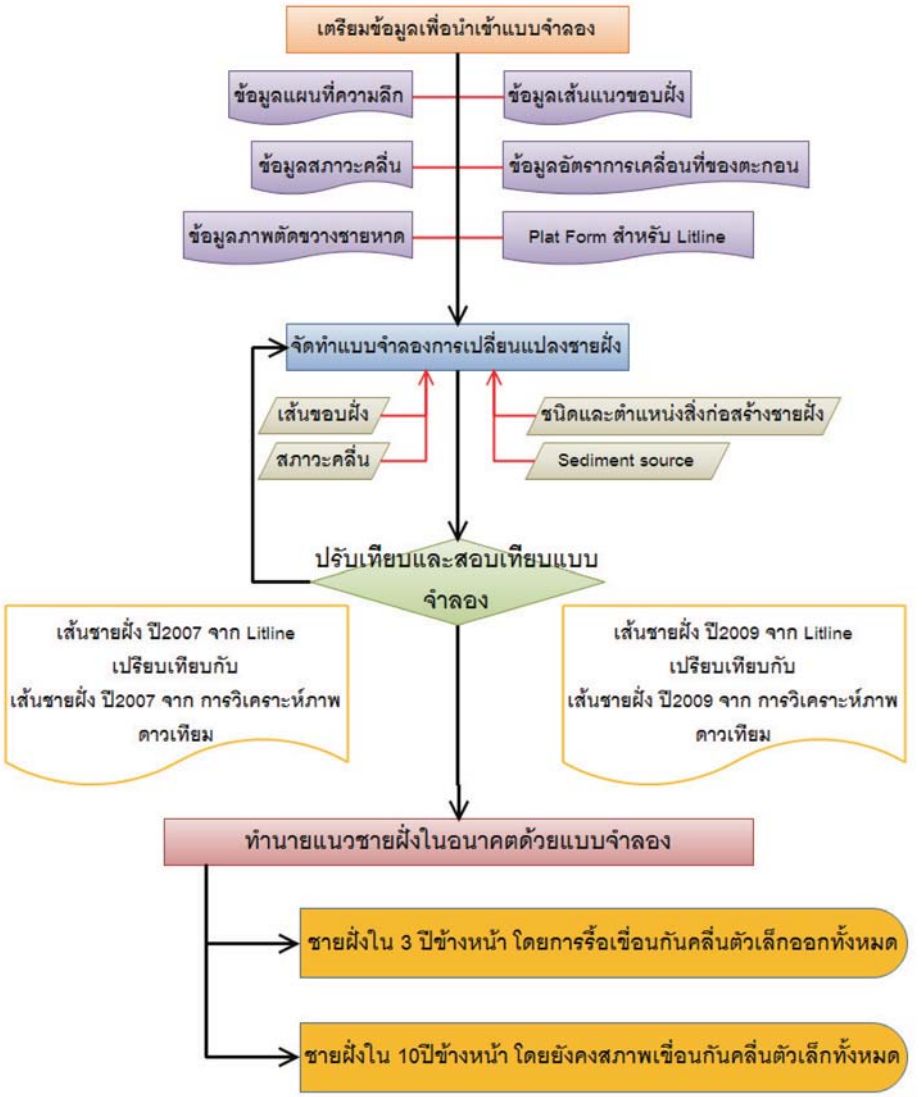
2.1 การปรับแก้ความถูกต้องของแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model)

ในการปรับแก้ความถูกต้องจำเป็นต้องใช้ข้อมูลตั้งต้นในแบบจำลองด้วย จึงได้เลือกใช้ข้อมูลแนวชายฝั่งที่ได้จากภาพดาวเทียม LANDSAT-5 TM ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2550 เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่องยาวนาน โดยนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง

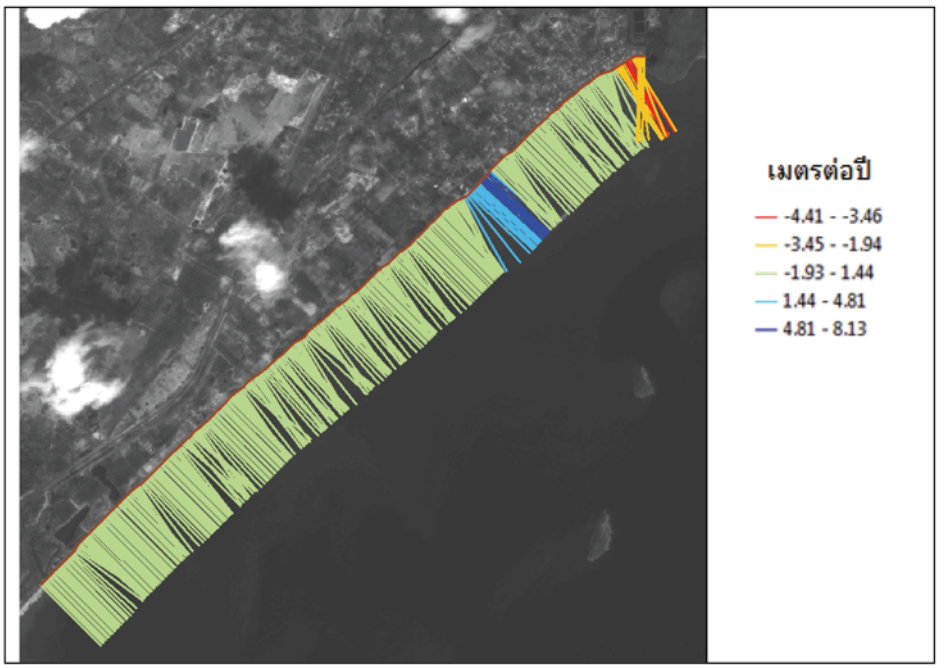
เพื่อนำไปสู่ข้อมูลอนาคตในปี พ.ศ. 2552 จากนั้นนำข้อมูลที่คำนวณได้ มาปรับเทียบกับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จริงจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ปี พ.ศ. 2552 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษาโซน A ซึ่งเป็นบริเวณที่ไม่มีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้น มีแนวเส้นชายฝั่งทับซ้อนกันสนิท ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 100 (ภาพที่ 6 และ 7) แต่ในพื้นที่โซน B ซึ่งมีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้น เส้นชายฝั่งทั้งสองเส้นไม่ซ้อนทับกัน ให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 0.70 (ภาพที่ 6 และ 8) ในส่วนนี้จึงได้นำสมการที่ใช้สำหรับคำนวณหาความสัมพันธ์ของข้อมูลมาใช้คำนวณหาค่าความสัมพันธ์รวมของพื้นที่ทั้ง 2 โซน พบว่าให้ค่าความถูกต้องร้อยละ 13.62 (ภาพที่ 9)



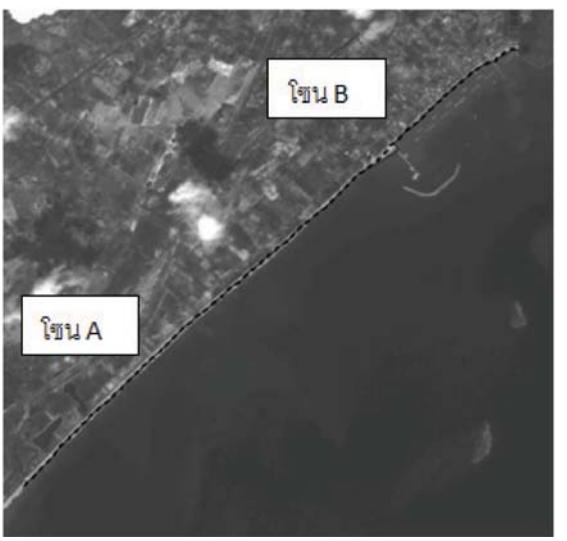
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model)



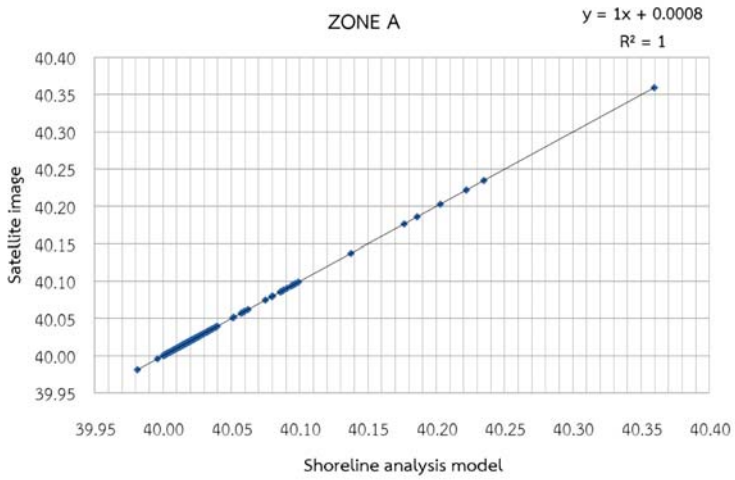
ภาพที่ 4 ขั้นตอนการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)



ภาพที่ 5 อัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งบริเวณตำบลคลองวาฬ อำเภอเมือง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2552 โดยวิเคราะห์จากภาพดาวเทียม LANDSAT-5 TM ร่วมกับแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model)



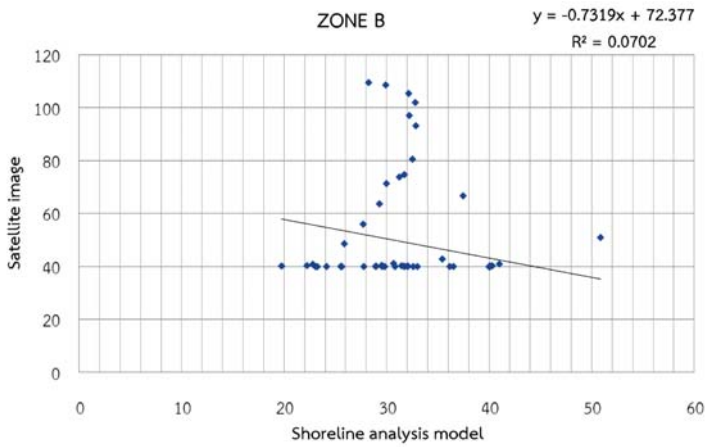
ภาพที่ 6 เปรียบเทียบแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model) - เส้นทึบ กับที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM – เส้นประ



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model) กับที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ของพื้นที่โซน A

• = ระยะห่างของจุดตัดของเส้นชายฝั่งกับ transect แต่ละเส้น โดยวัดจาก baseline

– = เส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จาก satellite image กับ shoreline analysis model โดยมีค่าเป็น Y = 1X+0.0008 และ $R^2 = 1$

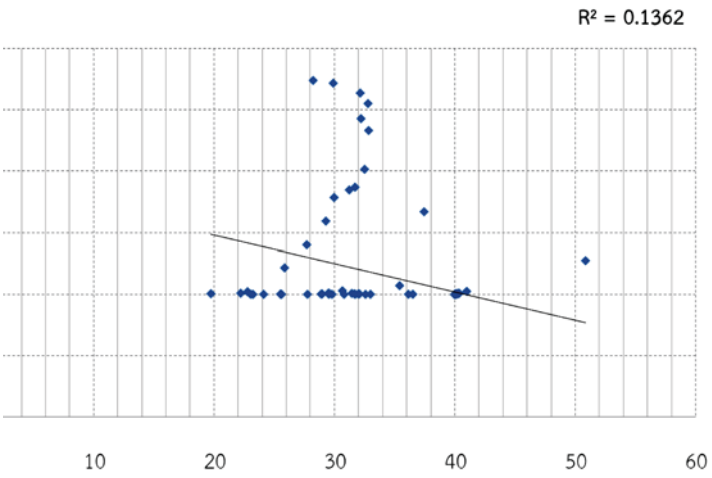


ภาพที่ 8 เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model) กับที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM ของพื้นที่โซน B

โดยที่

• = ระยะห่างของจุดตัดของเส้นชายฝั่งกับ transect แต่ละเส้น โดยวัดจาก baseline

– = เส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จาก satellite image กับ shoreline analysis model โดยมีค่าเป็น Y = -0.7319X+72.377 และ $R^2 = 0.0702$



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบค่าความสัมพันธ์ของแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model) กับที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5 TM โดยที่

• = ระยะห่างของจุดตัดของเส้นชายฝั่งกับ transect แต่ละเส้น โดยวัดจาก baseline

– = เส้นแนวโน้มความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้จาก satellite image กับ shoreline analysis model โดยมีค่าเป็น $Y = -0.9205X+77.55$ และ $R^2 = 0.1362$

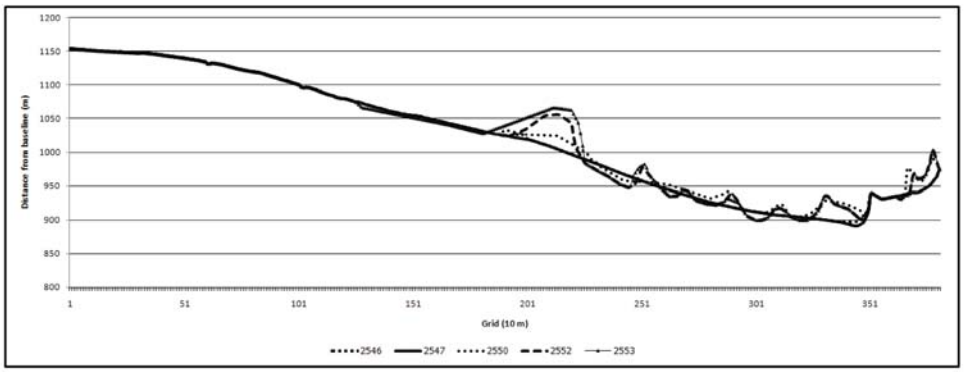
2.2 การปรับแก้ความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากการศึกษาพบว่าเมื่อทำการซ้อนทับภาพถ่ายดาวเทียม IKONOS ปี พ.ศ. 2546 กับภาพถ่ายดาวเทียม THEOS ปี พ.ศ. 2553 (ภาพที่ 10) พบว่าชายหาดบริเวณพื้นที่ศึกษามีค่าค่อนข้างเสถียร ไม่มีการกัดเซาะแต่อย่างใด โดยเส้นชายหาดของปี พ.ศ. 2546 และ 2547 มีการซ้อนทับกันสนิท แต่หลังจากมีการก่อสร้างท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่น ในปี พ.ศ. 2550 พบว่าชายหาดด้านหลังเขื่อนกันคลื่นมีการกัดเซาะชายฝั่งเกิดขึ้นเล็กน้อย ซึ่งเป็นผลมาจากการเลี้ยวเบนของคลื่น

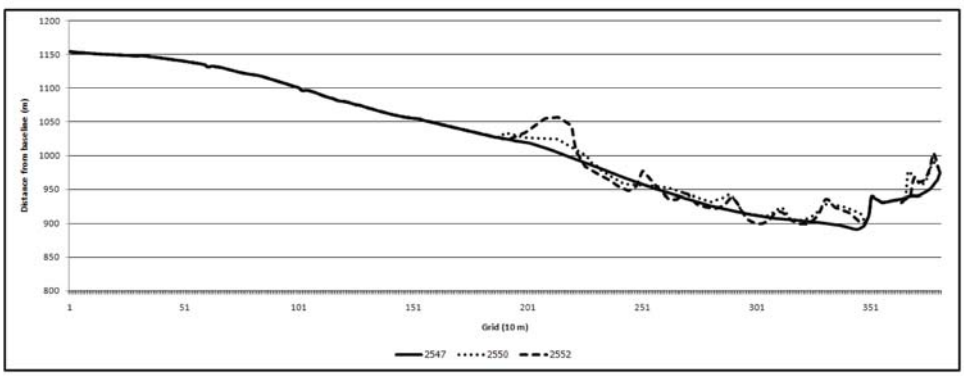
ทั้งนี้ เมื่อวิเคราะห์แล้วพบว่า เส้นขอบฝั่งที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ คือเส้นชายฝั่งของปี พ.ศ. 2547, 2550 และ 2552 (ภาพที่ 11) โดยใช้เส้นขอบฝั่งของปี พ.ศ. 2547 เป็นข้อมูลตั้งต้น จากนั้นใช้เส้นขอบฝั่งของปี พ.ศ. 2550 เป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับปรับแก้ (Calibration) และใช้เส้นขอบฝั่งของปี พ.ศ. 2552 เป็นข้อมูลสำหรับสอบเทียบแบบจำลองคณิตศาสตร์อีกครั้ง (Verification)

หลังจากที่ได้ปรับแก้ความถูกต้อง (Calibration) ของแบบจำลองแล้ว พบว่าเส้นชายฝั่งที่ได้จากการพยากรณ์ มีการทับถมและการกัดเซาะที่เกิดขึ้นในบริเวณท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่นตัวใหญ่เกือบทับกันสนิทกับเส้นขอบฝั่งที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม (ภาพที่ 12)

ในส่วนของการสอบเทียบ (Verification) โดยใช้เส้นขอบฝั่งปี พ.ศ. 2550 ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-5 มาเป็นตัวตั้ง ในการพยากรณ์เส้นขอบฝั่งปี พ.ศ. 2552 เมื่อเสร็จสิ้นจึงทำการเปรียบเทียบเส้นขอบฝั่งปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จาก



ภาพที่ 10 ผลการเปรียบเทียบเส้นชายฝั่งระหว่างปี พ.ศ. 2546-2550



ภาพที่ 11 เส้นขอบฝั่งของปี พ.ศ. 2547, 2550 และ 2552

ภาพที่ 12 เส้นขอบฝั่งปี พ.ศ. 2550 (เส้นทึบ) ขอบฝั่งจริง (เส้นประ) ทำนาย

ภาพถ่ายดาวเทียม ผลพบว่า แบบจำลองที่ใช้มีความเหมาะสม เพราะเส้นขอบฝั่งที่ได้จากการคำนวณ (เส้นประ) และที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียม (เส้นทึบ) มีตำแหน่งใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 13)

3. การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง

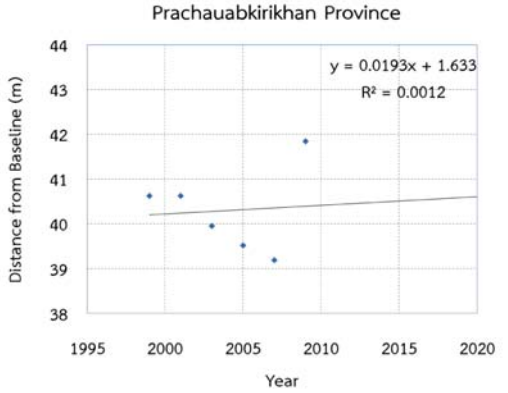
3.1 การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งด้วยแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model)

เมื่อทำการปรับแก้ค่าความถูกต้องของแบบจำลองแนวชายฝั่งแล้ว พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในพื้นที่ศึกษามีค่าเป็น $Y = 0.0193x + 1.633$ (ภาพที่ 14.1) โดยแนวโน้มของพื้นที่ศึกษาโดยรวมมีโอกาสเกิดการทับถมชายฝั่งมากขึ้น และเมื่อทำการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2562 พบว่า พื้นที่ศึกษามีพื้นที่กัดเซาะเข้าไปในแผ่นดินเฉลี่ย 40.58±0.0012 เมตร (ภาพที่ 14.2) ทั้งนี้เมื่อนำเส้นชายฝั่งที่ได้จากการพยากรณ์มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์แล้วนำมาซ้อนทับกับภาพถ่ายดาวเทียม จะมีลักษณะดังที่แสดงในภาพที่ 14.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้น (โซน B) จะมีการกัดเซาะชายฝั่งเกิดขึ้นด้วย

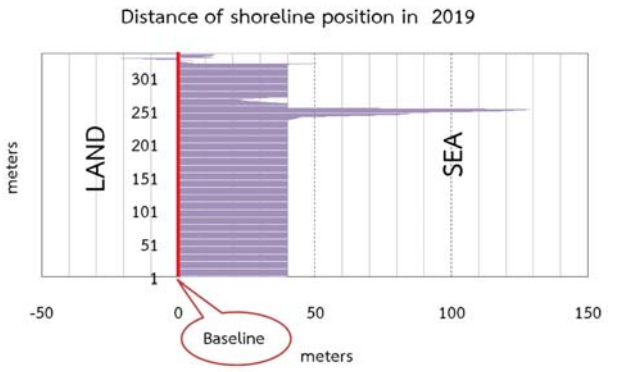
3.2 การพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

หลังจากที่ปรับแก้ความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์แล้ว ผู้วิจัยได้ทดลองพยากรณ์แนวเส้นชายฝั่งในอนาคตขึ้น โดยใช้เส้นขอบฝั่งของปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นตัวตั้งต้น และทำนายอีก 10 ปีข้างหน้า พบว่า แนวชายฝั่งจะเกิดการทับถมบริเวณท่าเรือคลองวาฬมากขึ้นทางด้านใต้ ส่วนบริเวณด้านเหนือของท่าเรือจะเกิดการกัดเซาะชายฝั่งเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 15)

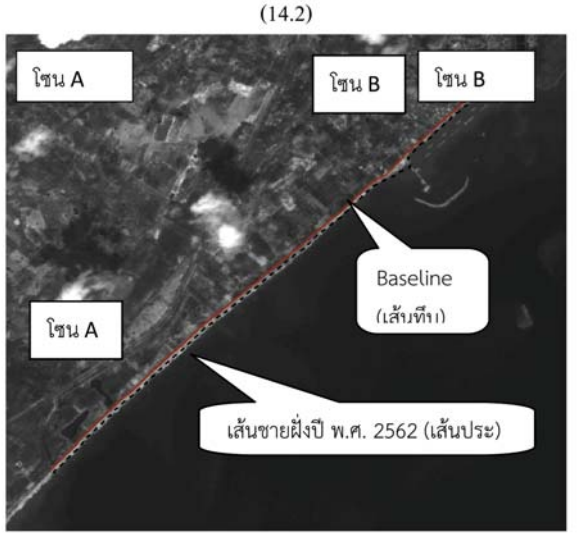
ภาพที่ 13 เส้นขอบฝั่งปี พ.ศ. 2552 (เส้นทึบ) ขอบฝั่งจริง (เส้นประ) ทำนาย



(14.1)



(14.2)



(14.3)

ภาพที่ 14 แสดงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งเฉลี่ยรายปีของพื้นที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (14.1) ระยะทางที่เกิดการทับถมและกัดเซาะชายฝั่งในปี พ.ศ. 2562 (14.2) และลักษณะเส้นชายฝั่งของพื้นที่ศึกษาในปี 2562 (เส้นประ) (14.3)

ภาพที่ 15 แสดงเส้นขอบฝั่งปี พ.ศ. 2562 (เส้นประ)

สรุปและวิเคราะห์วิจารณ์ผล

จากการศึกษาเห็นได้ว่าการใช้แบบจำลองเพื่อพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง เป็นสิ่งที่เป็นประโยชน์อย่างมาก และเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลภาพดาวเทียมจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองได้มากยิ่งขึ้นด้วย ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลภาพดาวเทียมเป็นข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่กว้างและมีความต่อเนื่องจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ปรับแก้และยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองได้เป็นอย่างดี

ในส่วนของแบบจำลองแนวชายฝั่ง (Digital Shoreline Analysis Model) ซึ่งเน้นหลักที่ต้องนำข้อมูลภาพดาวเทียมในอดีตมาใช้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในอนาคต ซึ่งหากข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่มีความละเอียดของภาพสูง จะยิ่งส่งผลให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น แต่ด้วยแบบจำลองดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในอดีต หากข้อมูลที่ทำการพยากรณ์ในอนาคตไม่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรงหรือมีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้นก็จะทำให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากขึ้น ดังเช่นจากพื้นที่ศึกษาเห็นได้ชัดว่าในอดีตที่ผ่านมาระหว่างปี พ.ศ. 2547-2550 พื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งน้อยมาก เมื่อทำการปรับเทียบค่าความถูกต้องของแบบจำลองจะมีค่าสูง โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 100 แต่หลังจากปี พ.ศ. 2550 เป็นต้นมา ได้มีการก่อสร้างสิ่งปลูกสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่งขึ้นในบางพื้นที่ เมื่อทำการพยากรณ์เพื่อปรับเทียบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่าในพื้นที่ที่มีสิ่งปลูกสร้างเกิดขึ้น แนวเส้นชายฝั่งที่ได้ไม่ซ้อนทับกันสนิทเหมือนกับพื้นที่ศึกษาในฝั่งที่ไม่มีสิ่งปลูกสร้าง จึงทำให้ความถูกต้องลดลง จนมีค่าความถูกต้องเพียงร้อยละ 0.07 เท่านั้น ทั้งนี้เมื่อทำการวิเคราะห์ภาพรวมทั้งพื้นที่ศึกษา จึงส่งผลให้ความถูกต้องของข้อมูลเท่ากับร้อยละ 13.62 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้แบบจำลองนี้ เหมาะกับการศึกษาในพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพมากนัก รวมถึงยังเหมาะต่อการนำมาใช้เป็นเครื่องมือตัดสินใจในภาพรวมก่อนที่จะดำเนินการศึกษาเชิงลึกต่อไป

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เป็นการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

กับการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งมาใช้ในการพยากรณ์ อาทิ ข้อมูลลักษณะพื้นท้องทะเล ข้อมูลคลื่นลม ข้อมูลลักษณะตะกอนทราย เป็นต้น จากนั้นจะนำข้อมูลภาพดาวเทียมมาปรับแก้และยืนยันความถูกต้องอีกครั้งหนึ่ง จึงทำให้ผลของการพยากรณ์เส้นชายฝั่งในอนาคตมีความแม่นยำมากขึ้น ดังเช่น Thach *et al*. (2007) ได้ทำการศึกษาสภาพอุทกพลศาสตร์และอุตุนิยมวิทยา ในบริเวณ Cat Hai Island ประเทศเวียดนาม พบว่าผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมต่อการนำมาใช้เพื่อศึกษามาตราการการป้องกันและแก้ไขต่อไป Ranga Rao *et al*. (2009) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงและการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง Ennore ทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอินเดีย ที่ได้รับอิทธิพลจากการสร้างท่าเทียบเรือและเขื่อนกันคลื่น โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คำนวณอัตราการเคลื่อนตัวของตะกอนตามแนวชายฝั่ง พบว่าผลของแบบจำลองเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ Saengsupavanich *et al*. (2009) ยังได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ร่วมกับภาพถ่ายทางอากาศในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อศึกษาสิ่งแวดล้อมและวิศวกรรมชายฝั่งต่อการจัดการท่าเทียบเรือที่มีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่ง แล้วสามารถคำนวณหาพื้นที่ที่ชายหาดถูกกัดเซาะได้เป็นอย่างดี สำหรับข้อจำกัดของแบบจำลองคณิตศาสตร์คืองบประมาณค่าใช้จ่ายในการจัดทำแบบจำลองที่มีราคาค่อนข้างสูง ทั้งในส่วนของซอฟแวร์และข้อมูลที่ใช้ประกอบการศึกษา

โดยสรุปแล้วการนำแบบจำลองคณิตศาสตร์มาประยุกต์ร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม สามารถช่วยสนับสนุนในการบริหารจัดการพื้นที่ชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลพื้นฐานปัจจุบันที่มีความสำคัญในการปรับแก้ (Calibration) และยืนยัน (Verification) ความถูกต้องของแบบจำลองคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถพัฒนาแบบจำลอง เพื่อเป็นระบบบริหารจัดการในระยะยาวและเป็นประโยชน์ในการพยากรณ์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงแนวเส้นชายฝั่งในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง. 2545. การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งลุ่มน้ำปากพนัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2553. **การวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทยโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ระยะที่ 1 (ฉบับผู้บริหาร).**

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

Saengsupavanich, C., Chonwattana, S. and Naimsampao, T. 2009. Coastal erosion through integrated management: A case of Southern Thailand. **Ocean and Coastal Management** 52: 307-316.

Thach, N. N., Truc, N. N. and 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** 23: 244-252.