



การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง  
และพยากรณ์เส้นชายฝั่ง กรณีศึกษา: อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา  
The Use of Mathematical Model for Analyzing Shoreline Change Rate and  
Forecast Shoreline A Case Study: Singhanakorn District, Songkhla Province

ทวิศักดิ์ รักษ์สุวรรณ  
Tawisak Ruksuwan

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Marine and Coastal Resources Management  
Prince of Songkla University  
2557  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลง ชายฝั่งและพยากรณ์เส้นชายฝั่ง กรณีศึกษา: อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน	นายทวิศักดิ์ รัชส์สุวรรณ
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

---

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

..... (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ สิทธิเจริญชัย)	.....ประธานกรรมการ (รองศาสตราจารย์ ดร.ประวิทย์ ไตว์ฒนะ)
	.....กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ สิทธิเจริญชัย)
	.....กรรมการ (ดร.วิโรจน์ ละอองมณี)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ  
ทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง

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

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อำนาจ สิทธิเจริญชัย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....

(นายทวีศักดิ์ รัชส์สุวรรณ)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ  
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นายทวิศักดิ์ รักษ์สุวรรณ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์	การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งและพยากรณ์เส้นชายฝั่ง กรณีศึกษา: อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน	นายทวิศักดิ์ รักษ์สุวรรณ
สาขาวิชา	การจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง
ปีการศึกษา	2556

### บทคัดย่อ

การเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งทะเลซึ่งเป็นผลมาจากการกัดเซาะ และทับถมของตะกอนบริเวณชายฝั่งทะเลเป็นปรากฏการณ์หนึ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยลมและคลื่น การพยากรณ์โดยทั่วไปเป็นการนำข้อมูลคลื่นและลมมาใช้ในการคำนวณ และประเมินการเปลี่ยนแปลงโดยใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีโมเดลทางคณิตศาสตร์หลายโมเดลที่พัฒนาจากต่างประเทศ โดยมีราคาค่อนข้างสูงและมีความยุ่งยากในการใช้งาน

การศึกษาค้นคว้าโมเดลคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลเป็นการศึกษาหาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ซึ่งเป็นการหาผลลัพธ์ที่เกิดจากตัวกระทำ ทั้งนี้มีผู้ดำเนินการอยู่บ้างในพื้นที่ที่ศึกษาซึ่งให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันไป

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการใช้สมการคณิตศาสตร์สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและการเชื่อมต่อจุดเพื่อใช้สมการพหุนามแบบต่างๆในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ซึ่งพบว่าสมการพหุนามมีความเหมาะสมในการพยากรณ์เส้นแนวชายฝั่งในแต่ละตีกี (กำลังของตัวแปร) ที่แตกต่างกันมากกว่าสมการถดถอยเชิงเส้น ทั้งนี้การพยากรณ์เส้นชายฝั่งที่ดี ควรทดสอบสมการก่อนนำไปใช้ ว่าสมการพหุนามกำลังใดจะมีความเหมาะสมในแต่ละแนวจุดที่ศึกษา นอกจากนี้ความถูกต้องและแม่นยำของการประเมินขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลและคุณภาพของผลที่ได้จากการหาแนวขอบเขตชายฝั่งทะเล ซึ่งควรใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ภาพ (Image Processing) แนวชายฝั่งที่ถูกต้องตามระดับน้ำทะเลปานกลางด้วย

<b>Thesis Title</b>	The Use of Mathematical Model for Analyzing Shoreline Change Rate and Forecast Shoreline A Case Study: Singhanakorn District, Songkhla Province
<b>Author</b>	Mr.Tawisak Ruksuwan
<b>Major Program</b>	Marine and Coastal Resources Management
<b>Academic Year</b>	2013

### ABSTRACT

The shoreline change is a result of coastal erosion and deposition of sediment caused by wind and tidal which is one of the natural phenomena. Generally, mathematical models using daily wind speed and wave data are applied to forecast the change. Several imported models are expensive and difficult to use.

Some mathematical models were employed to forecast the shoreline change in this study which gave the somewhat different results from other investigators at same study areas.

This study is the comparison between simple linear regression model and polynomial model in estimating of shoreline formation. It was found that the polynomial model gave a better result than simple linear regression. However, an appropriate power degree of polynomial model should be tested at any transaction line. In addition, the enough shoreline data and quality of shoreline data, using image processing for shoreline detection and accurate measure sea level correction, would show the accurate result.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการรูป	(10)
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 บทนำต้นเรื่อง	1
1.2 การตรวจเอกสาร	2
1.2.1 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่ง	2
1.2.2 การกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทย	6
1.3 คำถามวิจัย	10
1.4 สมมุติฐาน	10
1.5 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	11
1.6 ขอบเขตของการศึกษา	11
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	11
2. วิธีการวิจัย	
2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	12
2.2 พื้นที่ศึกษา	13
2.3 วิธีการวิจัย	14
2.3.1 ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล	14
2.3.2 ขั้นตอนจัดทำแผนที่	16
2.3.3 ขั้นตอนการคำนวณด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น	17
2.3.4 ขั้นตอนการคำนวณหาระยะห่าง	18
2.3.5 ขั้นตอนการคำนวณระยะห่างชายฝั่งปี ค.ศ.2010 และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	18

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.6	19
ขั้นตอนการสร้างสมการพหุคูณตำแหน่งชายฝั่งด้วย สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย	
2.3.7	20
ขั้นตอนการสร้างสมการพหุคูณตำแหน่งชายฝั่งด้วยวิธีสมการพหุนาม	
2.3.8	20
ขั้นตอนการเปรียบเทียบความถูกต้องของการพหุคูณด้วยวิธีสมการพหุนาม	
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย	
3.1 ผลการวิจัย	21
3.2 วิจารณ์ผลการวิจัย	29
4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	
4.1 สรุปผล	40
4.2 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	45
ภาคผนวก ข	56
ประวัติผู้เขียน	67



## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
(3-1) แสดงการเปรียบเทียบและเลือกใช้สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่ง	22
(ก-1 a) คุณลักษณะดาวเทียม Landsat 7	46
(ก-1 b) แสดงข้อมูลรายละเอียดของระบบบันทึกภาพ	46
(ก-2 a) ตัวอย่างการคำนวณตำแหน่งจุดควบคุมจากภาพถ่าย และแผนที่ที่ตรงกับภาพถ่ายจากดาวเทียม	48
(ก-2 b) ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนทาง X ในการคำนวณตำแหน่งจุดภาพ	48
(ก-2 c) ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนทาง Y ในการคำนวณตำแหน่งจุดภาพ	48
(ก-2 d) ตารางแสดงการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน Root Squared Error	49

## รายการรูป

รูป		หน้า
(1-1)	แสดงพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะชายฝั่งทั่วประเทศ	6
(2-1)	พื้นที่ศึกษาเส้นชายฝั่งอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา	13
(2-2)	แสดงภาพถ่ายดาวเทียม (a) ปี ค.ศ.1990, (b) ปี ค.ศ. 2002, (c) ปี ค.ศ.2009 และ (d) ปี ค.ศ.2010	15
(2-3)	แสดงการดิจิทัลเส้นชายฝั่ง (a) ปี ค.ศ 1990, (b) ปี ค.ศ. 2002, (c) ปี ค.ศ. 2009 และ (d) ปี ค.ศ. 2010	16
(2-4)	แสดงเส้นชายฝั่งปี ค.ศ.1990, 2002, 2009 และ เส้นแนวฐานชายฝั่งปี ค.ศ.1999 โดยนำข้อมูลเข้าโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	17
(3-1)	แสดงการเปลี่ยนแปลงตามแนวหักโค้งของชายฝั่ง	21
(3-2)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 1-4 (กำลัง 3)	30
(3-3)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 5-12 (กำลัง 2)	30
(3-4)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 13-16 (กำลัง 3)	31
(3-5)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 17-20 (กำลัง 1 หรือ 4)	31
(3-6)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 21-23 (กำลัง 4)	32
(3-7)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 24-26 (กำลัง 3)	32
(3-8)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 27-30 (กำลัง 3 หรือ 4)	33
(3-9)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 31-33 (กำลัง 4)	33
(3-10)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 34-54 (กำลัง 3)	34
(3-11)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 55-62 (กำลัง 4)	34
(3-12)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 63-70 (กำลัง 3)	35
(3-13)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 71-74 (กำลัง 1)	35
(3-14)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 75-78 (กำลัง 4)	36
(3-15)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 79-81 (กำลัง 3)	36
(3-16)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 82-84 (กำลัง 4)	37
(3-17)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 85-91 (กำลัง 3)	37
(3-18)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 92-99 (กำลัง 2)	38
(3-19)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 100-103 (กำลัง 1)	38
(3-20)	แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 104-106 (กำลัง 4)	39

### รายการรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
(ก-1) แสดงลักษณะของดาวเทียม Landsat 7	45
(ก-2) แสดงตำแหน่งจุดควบคุมจากภาพถ่ายจากดาวเทียมและแผนที่ที่ตรงกับภาพถ่ายจากดาวเทียม	47
(ก-3) แสดงการคำนวณระยะเส้นชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง	49
(ก-4) แสดงการวัดระยะห่างโดยใช้เครื่องมือ Coordinate Capture	51
(ก-5 a) แสดงข้อมูลนำเข้าโปรแกรม	52
(ก-5 b) แสดงสมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการถดถอยเชิงเส้น	53
(ก-5 c) สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการพหุนามกำลัง 2	54
(ก-5 d) สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการพหุนามกำลัง 3	55
(ก-5 e) สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการพหุนามกำลัง 4	56

## บทที่ 1

### บทนำ (Introduction)

#### 1.1 บทนำต้นเรื่อง

ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งโดยธรรมชาติจะมีความรุนแรงขึ้นหรือไม่ เกิดจากองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ ตัวการที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ เช่น คลื่น ลม และตัวถูกกัดเซาะ คือ ชายฝั่งซึ่งมีต้นกำเนิดที่แตกต่างกันตามลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งจะทำให้รูปแบบการกัดเซาะในแต่ละพื้นที่มีลักษณะแตกต่างกัน การกัดเซาะชายฝั่งอาจเกิดได้ตามธรรมชาติโดยกระบวนการชายฝั่ง (Coastal Process) ที่เริ่มต้นจากลมซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดคลื่นและกระแสน้ำ เมื่อลม คลื่น และกระแสน้ำเข้าสู่ฝั่งก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง เนื่องจากตะกอนทรายชายฝั่งถูกลมพัดพาไปสะสมบนฝั่งก่อตัวเป็นสันทราย นอกจากนี้เป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งเป็นตัวเร่งหรือลดความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่ง เช่น การถมทะเล สร้างท่าเทียบเรือ ขุดลอกร่องน้ำ (สุวลักษณ์ สารุมนัสพันธ์ 2554)

การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งในปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ตัวกระทำเป็นข้อมูลนำเข้าโปรแกรม โดยใช้ข้อมูลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดกระบวนการชายฝั่ง เช่น ความสูงคลื่น ข้อมูลคาบเวลาของการเกิดคลื่น ข้อมูลทิศทางและความเร็วลม ฯลฯ โปรแกรมที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเช่น MIKE21 ที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัท Danish Hydraulic Institute (DHI) ประเทศเดนมาร์ก โดยมีผลลัพธ์จากการใช้โปรแกรมซึ่งแสดงการจำลองการเคลื่อนที่ของตะกอน และแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งที่เกิดจากข้อมูลนำเข้าโปรแกรม

เนื่องจากแบบจำลองดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูง มีความยุ่งยากซับซ้อนในการใช้งาน และต้องเสียเวลาในการรวบรวมข้อมูลที่มีจำนวนข้อมูลมาก อีกทั้งยังเป็นโปรแกรมที่พัฒนาและใช้งานมากในชายฝั่งเขตอบอุ่นหรือเขตกึ่งร้อน ทำให้มีการคิดค้นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้งานง่ายเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งในต่างประเทศ ได้แก่ วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression), วิธีสมการพหุนาม (Polynomial) ฯลฯ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาศึกษากับเส้นชายฝั่งในประเทศไทยเพื่อวัดความถูกต้องของแบบจำลองซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและวิธีสมการพหุนามนั้นได้มุ่งเน้นศึกษาถึงตัวถูกกระทำ คือ ชายฝั่ง และสามารถพยากรณ์แนวโน้มเส้นชายฝั่งในอนาคต ซึ่งจะแตกต่างกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ MIKE21 ที่มุ่งเน้นนำตัวกระทำ คือ การนำข้อมูลคลื่น ลม และกระแสน้ำมาเป็นตัวแปรในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในปัจจุบัน การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้จึงเป็นการค้นคว้าหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยได้จัดแยกเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) และการใช้

วิธีสมการพหุนาม (Polynomial) โดยทดสอบกับแนวชายฝั่งของอำเภอสิงหนคร ซึ่งมีลักษณะแนวชายฝั่งเว้าแหว่งผสมกับลักษณะเชิงเส้นตรง และบริเวณชายฝั่งดังกล่าวปราศจากการรบกวนของมนุษย์ นอกจากนี้ได้ใช้แบบจำลองที่สร้างด้วยวิธีสมการพหุนามเนื่องจากมีจำนวนข้อมูลแนวเส้นชายฝั่งน้อย จึงเป็นวิธีการประมาณค่าของข้อมูลที่หายไป (Missing Data) ข้อมูลที่ได้นอกจากจะสามารถอธิบายการเกิดการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณอำเภอสิงหนครแล้ว ยังสามารถใช้พยากรณ์การกัดเซาะชายฝั่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับกลุ่มอนุรักษ์ชายฝั่ง ตลอดจนหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง ทั้งนี้จะได้กำหนดทิศทางของการจัดการที่ถูกต้องได้อีกด้วย

## 1.2 การตรวจเอกสาร

### 1.2.1 การใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่ง

ในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ช่วยในการสังเคราะห์เส้นชายฝั่งจะต้องนำภาพถ่ายจากดาวเทียมหรือภาพถ่ายทางอากาศ (Raster Data) มาแปลงเป็นข้อมูลเชิงเส้น (Vector Data) โดยแบ่งการตรวจเอกสารออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

#### 1. การใช้วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

ปี ค.ศ. 1991 Robert Dolan et al. ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion ได้ทำการศึกษาแนวชายฝั่งเป็นระยะทาง 65 กิโลเมตรบริเวณนอกชายฝั่ง ซึ่งอยู่ทางเหนือของแคลิฟอร์เนียจาก Cape Hatteras จนถึง Oregon โดยใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ปี 1852, 1917, 1945, 1958, 1962, 1968, 1974, 1980, 1981, 1982, 1983, 1984 และ 1986 ซึ่งได้ใช้เทคนิค End Point Rate Method (EPR), Average of Rates (AOR), Linear Regression Method (LR) และ Jackknife Method (JK) ซึ่งวิธีการทั้งหมดให้ผลการประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งใกล้เคียงกัน โดยความชันของเส้นจะเป็นการประมาณค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นชายฝั่ง และเป็นวิธีการเบื้องต้นที่ยอมรับในทางสถิติ ปัญหาที่สำคัญของ Linear Regression คือ หากมีข้อมูลเส้นชายฝั่งที่ลำสมัยซึ่งมาจากข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (T-sheet) และข้อมูลที่ทันสมัยกว่าที่มาจากภาพถ่ายทางอากาศ จะทำให้ความน่าเชื่อถือจากการคำนวณด้วย Linear Regression ลดลงเพราะมีแหล่งที่มาของข้อมูลต่างกัน ทำให้ความแม่นยำของการวิเคราะห์ลดน้อยลง สำหรับความแม่นยำของการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งขึ้นอยู่กับวิธีการคำนวณ แต่ส่วนใหญ่จะใช้วิธี End Point Rate (EPR) สำหรับพื้นที่ศึกษาเกาะ Hatteras เหมาะสมที่จะคำนวณด้วย Linear Regression มากกว่าการคำนวณด้วย Jackknife Method (JK) เพราะวิธี Jackknife Method เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลาที่ยาวนาน (Long-Term Shoreline Change) แต่วิธีแบบ Non-Linear Curve Fit

จะเหมาะสำหรับการศึกษาชายฝั่งที่ต้องการดูผลกระทบเป็นส่วนๆ ในแต่ละช่วงระยะเวลาตามพื้นที่ที่มีกิจกรรมชายฝั่ง

ปี ค.ศ. 2001 James C. Gibeaut et al. ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Changes in Gulf Shoreline Position, Mustang and North Padre Island ซึ่งเป็นพื้นที่ในมลรัฐ Texas โดยทำการศึกษาในพื้นที่ชายฝั่งของอ่าวเม็กซิโกจาก Aransas Pass จนถึงทิศเหนือของเกาะ Padre ซึ่งมีลักษณะพื้นที่ชายฝั่งแบบเนินทราย และมีถนนยางมะตอยริมชายฝั่ง มีสถานที่จุดตรวจริมชายฝั่ง การทดลองนี้ได้ใช้ภาพถ่ายทางอากาศปี 1937, 1956, 1958, 1959, 1965, 1969, 1974, 1990, 1995 และ 2000 ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และใช้ Linear Regression Model ในการวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยมีอัตรากัดเซาะเฉลี่ยประมาณ 2 เมตรต่อปี ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็นเพียงการประมาณค่าเท่านั้น ยังไม่ค่อยแม่นยำมากนัก

ปี ค.ศ. 2003 Charles Fletcher et al. ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Mapping Shoreline Change Using Digital Orthophotogrammetry on Maui, Hawaii ได้ทำการศึกษาในพื้นที่ชายฝั่งของเกาะ Kihei ทางตะวันตกของ Maui และชายฝั่งทางตอนเหนือของเกาะ Maui ซึ่งพื้นที่มีคุณลักษณะแนวชายฝั่งแบบหินสูงชันและหน้าผา โดยใช้ข้อมูลภูมิประเทศ (T-Sheets) จาก National Oceanic and Administration, ข้อมูลทางอุทกศาสตร์ (H-Sheets) และภาพถ่ายทางอากาศในปี 1949, 1960, 1963, 1975, 1988, 1987, 1997 และ 2002 ซึ่งได้ใช้เทคนิค Linear Regression ร่วมกับบ่อนุกรมเวลา แต่อย่างไรก็ดีวิธีนี้ก็ยังเป็นเพียงแค่การประมาณค่า และมีความไม่แน่นอนในการวัด ตัวอย่างเช่น มีรายงานค่าความผิดพลาดในระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 80 ของการถดถอยเชิงเส้น

ปี ค.ศ. 2008 Brouillette-Jacobson, Denise M. จาก University of Massachusetts ได้ดำเนินการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Analysis of Coastal Erosion on Martha's Vineyard, Massachusetts: A Paraglacial Island ได้ทำการศึกษาที่เกาะ Paraglacial ซึ่งตั้งอยู่ทางใต้ห่างจาก Massachusetts ประมาณ 8 กิโลเมตร มีลักษณะของพื้นที่เป็นเกาะติดต่อกับทะเลแอตแลนติก ในการศึกษาครั้งนี้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในอดีตมาวิเคราะห์โดยสร้าง Transect Line จำนวน 1,500 เส้น จากผลการศึกษาพบว่าการกัดเซาะ 0.1 เมตรต่อปีบริเวณทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) ของพื้นที่ และพบการทับถม 1.7 เมตรต่อปีที่บริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) สำหรับแบบจำลองนี้มีข้อเสนอนั้นในการใช้ตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัว (Multiple Variables) เช่น ตัวแปรทางด้านภูมิศาสตร์ พื้นที่ชุ่มน้ำ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ร้อยละของทราย ความชัน พื้นที่กัดเซาะ ลม และคลื่น ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น

## 2. การใช้วิธีสมการพหุนาม (Polynomial) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

ปี ค.ศ. 2007 Fletcher et al. ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Mañagaha Island Shoreline Stability Assessment โดยทำการศึกษาในพื้นที่ชายฝั่งของเกาะ Mañagaha ซึ่งมีลักษณะพื้นที่ชายฝั่งแบบหาดหิน โดยพบเม็ดทรายขนาดเล็กที่ประกอบด้วยหินปูน และในพื้นที่มีโครงสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่งอยู่ด้วย การทดลองนี้ใช้ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมปี 1945-2006 เป็นข้อมูลเบื้องต้น และใช้สมการพหุนามช่วยในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนดังนี้คือ (1) LX-Legendre Polynomial (2) RX-Trigonometric และ (3) EX- Empirical Orthogonal Functions ข้อดีของวิธีการพหุนามคือ ความถูกต้องของอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูลเส้นชายฝั่งและจำนวน Transect Line ที่สร้างขึ้นในแบบจำลองซึ่งทำให้แบบจำลองนี้มีความถูกต้องมากขึ้น

ปี ค.ศ. 2009 Bradley M. Romine et al. ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Measuring Historical Shoreline Change, Applying New Polynomial Change Models: Southeast Oahu, Hawaii โดยได้แบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 4 พื้นที่ได้แก่พื้นที่ชายหาด Kailua พื้นที่ชายหาด Lanikai พื้นที่ตอนกลางและตอนเหนือของชายหาด Bellows และชายหาด Waimanalo ซึ่งพบว่า

(1) ชายหาด Kailua มีระยะทางยาว 4 กิโลเมตรมีลักษณะพื้นที่เป็นเนินทรายเรียบๆ มีโครงการบ้านที่พักอาศัยอยู่บริเวณชายหาด ใช้ภาพถ่ายทางอากาศปี 1928-2005 อัตราการทับถมมากที่สุด  $0.70 \pm 0.15$  เมตรต่อปี อัตราการกัดเซาะมากที่สุด  $-1.02 \pm 0.12$  เมตรต่อปี ผลจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการพหุนามมีความเหมาะสมสามารถหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งได้ถูกต้องเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Fletcher ซึ่งได้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่เดียวกัน

(2) ชายหาด Lanikai มีระยะทางยาว 800 เมตร ลักษณะพื้นที่จะมีหาดทรายน้อยมีผนังคอนกรีตที่ก่อสร้างเป็นกำแพงกันคลื่น และเขื่อนกันคลื่นโดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศปี 1911-2005 อัตราการทับถมมากที่สุด  $1.58 \pm 0.18$  เมตรต่อปี และอัตราการกัดเซาะมากที่สุด  $-0.63 \pm 0.13$  เมตรต่อปี

(3) ชายหาด Bellows และ Waimanalo มีระยะทางยาว 6.2 กิโลเมตร ชายหาดได้รับผลกระทบจาก 2 พื้นที่ โดยเขื่อนกันทรายและคลื่นที่ตั้งอยู่บริเวณ Waimanalo และมีโครงสร้างลักษณะเดียวกันที่บริเวณ Inaole ใช้ภาพถ่ายทางอากาศปี 1911-2005 อัตราการกัดเซาะมากที่สุด  $-0.70 \pm 0.17$  เมตรต่อปี อัตราการทับถมมากที่สุดที่  $0.60 \pm 0.15$  เมตรต่อปี

ทั้งนี้ Bradley สรุปว่าสมการพหุนามเป็นสมการที่เหมาะสมกับแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงชายหาดและควรใช้จำนวนเส้นชายฝั่งที่ศึกษามากกว่า 10 ปี วิธีการหาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยสมการพหุนามจะสามารถค้นพบอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งร่วมกับอนุกรมเวลา

ปี ค.ศ. 2009 Ayesha S. Genz et al. ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของเกาะ Maui, Hawaii โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ ชายฝั่ง Kihei, Maui ทางทิศตะวันตก และชายฝั่งทางทิศเหนือชายหาดใน Maui ลักษณะของพื้นที่ประกอบด้วยทรายที่เกิดจากหินปูน และในพื้นที่ไม่มีเกาะแก่ง โดยงานวิจัยชิ้นนี้พยากรณ์เส้นชายฝั่งตำแหน่งชายฝั่งใน 50 ปี ข้างหน้า ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบวิธีการต่างๆ เช่น วิธี T-Binning, IC-Binning, Polynomial Method และ Eigenbeach ซึ่งวิธี Polynomial และวิธี Eigenbeach ได้อธิบายเกี่ยวกับอัตราการเปลี่ยนร่วมกับอนุกรมเวลาในการทำนายตำแหน่งชายฝั่งใน 50 ข้างหน้าได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ

ปี ค.ศ. 2009 L. Neil Frazer et al. ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งบริเวณชายฝั่งของเกาะ Maui เป็นงานวิจัยที่ทำต่อเนื่องจาก Ayesha ซึ่งการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ระบุว่าวิธีสมการพหุนาม (Polynomial) มีความเหมาะสมและใช้งานได้ดีสำหรับการวิเคราะห์ชายหาดในระยะทางสั้นๆ ด้วยอัตราการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งที่ค่อยๆเปลี่ยนแปลงไปอย่างช้าๆ ในขณะที่วิธี Eigenbeach ทำงานได้ดีกับการวิเคราะห์ชายหาดในระยะทางยาวๆ หรือมีอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายหาดแบบรวดเร็ว

ปี ค.ศ. 2012 Siriluk Prukpitikul et al. ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในหัวข้อเรื่อง Shoreline Change Prediction Model for Coastal Zone Management in Thailand โดยได้ทำการศึกษาริมชายฝั่งของจังหวัดสมุทรปราการและจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการทดลองเป็นการพยากรณ์เส้นชายฝั่งที่ใช้การรับรู้ระยะไกลร่วมกับ GIS โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-5 TM ระหว่างปี 1999-2009 เพื่อสร้างเส้นชายฝั่งในอดีต ลักษณะพื้นที่ของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีโครงสร้างชายฝั่งเป็นจำนวนมาก เช่น เชือกกันคลื่นเดี่ยว เชือกกันคลื่นขนาดใหญ่ และเชือกกันทรายที่ปากแม่น้ำ ซึ่งจังหวัดสมุทรปราการมีอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเฉลี่ย 22.30 เมตรปี และอัตราการทับถมชายฝั่งเฉลี่ย 2.94 เมตรต่อปี และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเฉลี่ย 2.48 เมตรต่อปี ในขณะที่อัตราการทับถมชายฝั่งมีค่าเฉลี่ย 4.11 เมตรต่อปี การพยากรณ์เส้นชายฝั่งของจังหวัดสมุทรปราการในปี 2019 ประมาณ  $-132.69 \pm 0.758$  เมตร ในขณะที่การพยากรณ์เส้นชายฝั่งของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ประมาณ  $40.58 \pm$  เมตร อย่างไรก็ตาม ความถูกต้องแม่นยำของการทำนายขึ้นอยู่กับลักษณะชายฝั่งที่ศึกษา เช่น โครงสร้างทางวิศวกรรมและจำนวนข้อมูลของเส้นชายฝั่งในอดีต





## 1. การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งด้านทะเลอันดามัน

พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคใต้อันดามัน ประกอบด้วย 5 จังหวัด ได้แก่ พื้นที่จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ และตรัง ตั้งอยู่บริเวณคาบสมุทรภาคใต้ฝั่งตะวันตก มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลเป็นระยะทางยาว 1,093.04 กิโลเมตร (แผนพัฒนาภูมิภาคจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน, 2556) ซึ่งได้มีการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งดังรายละเอียดต่อไปนี้

ปี พ.ศ. 2556 ชาญชัย ธนาวุฒิ และ เขาวนั ยงเฉลิมชัยได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลอันดามันในเขตพื้นที่จังหวัดระนอง พังงา และภูเก็ต โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และใช้เทคนิคการซ้อนทับกันของแผนที่ (Overlay) ในระหว่างปี 2518-2545, ปี 2545-2547 และปี 2547-2551 จากผลการศึกษาพบว่าเกิดการกัดเซาะชายฝั่งมากที่สุด คือ 29.277 เมตรต่อปี ในระหว่างปี 2545-2547 ที่ตำบลบางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา และบริเวณชายฝั่งที่มีอัตราการทับถมสูงสุด คือ 18.413 เมตรต่อปี เกิดในระหว่างปี 2547-2551 ที่ตำบลสาคร อำเภอดง จังหวัดภูเก็ต

## 2. การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งด้านทะเลอ่าวไทย

พื้นที่กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) อ่าวไทยตอนบน ตั้งแต่ อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ถึงแหลมแสมสาร อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี (2) อ่าวไทยตอนกลางตั้งแต่ อ.หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์ ลงไปจนถึง จ.สุราษฎร์ธานี และ (3) อ่าวไทยตอนล่าง ตั้งแต่จ.สุราษฎร์ธานี ไปจนถึงจ.นราธิวาส ซึ่งตั้งอยู่บริเวณคาบสมุทรภาคใต้ฝั่งตะวันออก และมีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลเป็นระยะทางยาว 2,055.18 กิโลเมตร แต่การตรวจสอบเอกสารจะมุ่งเน้นการศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งในเขตพื้นที่อ่าวไทยตอนล่างดังรายละเอียดต่อไปนี้

ปี พ.ศ. 2547 สมปรรธนา ฤทธิ์พริ้งและคณะ ได้ดำเนินการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนล่างตั้งแต่อำเภอขนอมจังหวัดนครศรีธรรมราชถึงปลายแหลมตาชี จังหวัดปัตตานี โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศช่วงปี 2510, 2538 และ 2542 โดยใช้เทคนิคซ้อนทับแผนที่ (Overlay) เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา จากการศึกษาในช่วงปี 2510-2538 มีการกัดเซาะสูงสุดในช่วงปี 2538-2542 ในอัตราเฉลี่ย 7.45 เมตรต่อปี บริเวณริมถนนปากพังก-หัวไทร ช่างบ้านเกาะฝ้าย-นำทรัพย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช และในช่วงปี 2510-2538 มีการกัดเซาะบริเวณธรรมสถานหาดทรายแก้วจังหวัดสงขลาในอัตรา 10 เมตรต่อปี และบริเวณริมถนนบ้านตะโละสะมิแลบนแหลมตาชี จังหวัดปัตตานี มีระยะการกัดเซาะสูงสุดประมาณ 130 เมตร

ปี พ.ศ. 2549 สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ได้ดำเนินการศึกษาโครงการศึกษาจัดทำแผนหลักและออกแบบเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่างตั้งแต่แหลมตะลุมพุกถึงปากน้ำทะเลสาบสงขลา โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งใช้เทคนิคการซ้อนทับของแผนที่ (Overlay) ได้รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศปี 2542 มาตรฐาน 1:50,000 แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศปี 2517, 2538 และ 2545 มาตรฐาน 1:50,000 จากกรมแผนที่ทหาร ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat ปี 2542 และ 2549 ความละเอียด 30 เมตร และภาพถ่ายจากดาวเทียม Spot ปี 2550 ความละเอียดภาพ 2.5 เมตร จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ จากผลการศึกษาสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายทั้งหมด 3 ช่วงเวลา คือ (1) ช่วงเวลา 21 ปี จากภาพถ่ายปี 2517- ปี 2538 มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง 0.28-0.56 เมตรต่อปี และอัตราการสะสมทรายชายฝั่ง 15.25 เมตรต่อปี (2) ช่วงเวลา 7 ปี จากภาพถ่ายปี 2538- ปี 2545 มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง 1.27-7.06 เมตรต่อปี และอัตราการสะสมทรายชายฝั่ง 2.58-12.40 เมตรต่อปี (3) ช่วงเวลา 5 ปี จากภาพถ่ายปี 2545 เทียบกับภาพถ่ายจากดาวเทียม Spot ปี 2550 มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง 4.94-13.46 เมตรต่อปี และอัตราการสะสมทรายชายฝั่ง 2.76-9.37 เมตรต่อปี

ปี พ.ศ. 2550 ฝ่ายพัฒนากระบวนการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ ศูนย์พัฒนาภูมิสารสนเทศ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ได้ดำเนินการศึกษาผลกระทบจากคลื่นสูงในปี 2549 ที่มีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา และนราธิวาสโดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Spot 4, Spot 5 ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนข้อมูลทางสมุทรศาสตร์และอุทกนิเวศวิทยา จากผลการศึกษาพบว่าเกิดการกัดเซาะชายฝั่งในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดต่างๆ โดยเรียงลำดับจากพื้นที่ที่มีความเสียหายมากที่สุดดังนี้ คือ ในพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช มีพื้นที่เสียหายจากการกัดเซาะ 146.24 ไร่ อ.หลังสวน จ.ชุมพร 136.7 ไร่ หาดนราทัศน์ และอ่าวมะนาว อ.เมือง จ.นราธิวาส 104.18 ไร่ อ.ดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี 83.01 ไร่ อ.ระโนด จ.สงขลา 65.74 ไร่ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 25.4 ไร่ และพื้นที่เสียหายน้อยที่สุดคือ อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช 9.8 ไร่

ปี พ.ศ. 2551 สำนักงานจัดการป้องกันกัดเซาะชายฝั่งทะเลและพื้นที่ชายฝั่ง ได้ดำเนินการศึกษาโครงการจัดทำแผนหลักและแผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง บริเวณอ่าวไทยตอนบนที่มีแนวชายฝั่งทะเลติดต่อกัน 5 จังหวัด คือ สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และฉะเชิงเทรา โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งใช้เทคนิคการซ้อนทับของแผนที่ (Overlay) และได้รวบรวมแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษา ที่ทำการถ่ายภาพ 4 ช่วงเวลา

ได้แก่ (1) ภาพถ่ายทางอากาศขาว-ดำ ปี 2495 มาตรฐาน 1:50,000 (2) ภาพถ่ายทางอากาศขาว-ดำ ปี 2517 มาตรฐาน 1:15,000 (3) ภาพถ่ายทางอากาศขาว-ดำ ปี 2538 มาตรฐาน 1:50,000 และ (4) ภาพถ่ายทางอากาศสี ปี 2545 มาตรฐาน 1:25,000 รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Spot จำนวน 3 ภาพ ถ่ายเมื่อมกราคม ปี 2549 มิถุนายน ปี 2549 และ กรกฎาคม ปี 2550 มีความละเอียดภาพ 2.5 เมตร จากผลการดำเนินการศึกษาจังหวัดสมุทรสงครามมีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 269 ไร่ พื้นที่สะสมตัว 199 ไร่ จังหวัดสมุทรสาครมีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 3,529 ไร่ พื้นที่สะสมตัว 1,223 ไร่ กรุงเทพมหานครมีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 1,612 ไร่ ไม่มีรายงานพื้นที่สะสมตัว จังหวัดสมุทรปราการมีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 9,900 ไร่ พื้นที่สะสมตัว 1,325 ไร่ และจังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะ 1,450 ไร่ พื้นที่สะสมตัว 1,227 ไร่

ปี พ.ศ. 2552 ฝ่ายพัฒนากระบวนการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ ศูนย์พัฒนาภูมิสารสนเทศ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ได้ดำเนินการศึกษาการติดตามการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี 2551 ในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา และนราธิวาส โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม Spot 5 ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการเก็บข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนข้อมูลทางสมุทรศาสตร์และอุทกนิยมิทยา จากผลการศึกษาพบว่าบริเวณชายฝั่งที่ได้รับความเสียหายจากการกัดเซาะมากที่สุดคือ อ.ดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี 362.50 ไร่ รองลงมาเป็น อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช 212.50 ไร่ หาดนราทัศน์ อ.เมือง จ.นราธิวาส 87.50 ไร่ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 68.75 ไร่ อ.หลังสวน จ.ชุมพร 56.25 ไร่ อ.ระโนด จ.สงขลา 43.75 ไร่ และ อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช 37.50 ไร่ ส่วนพื้นที่ชายฝั่งที่มีการทับถมมากที่สุดคือ อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช 950 ไร่ รองลงมาเป็น อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช 462.50 ไร่ อ.หลังสวน จ.ชุมพร 206.25 ไร่ อ.ท่าชนะ จ.สุราษฎร์ธานี 100.00 ไร่ อ.ดอนสัก จ.สุราษฎร์ธานี 75.00 ไร่ บริเวณหาดนราทัศน์ อ.เมือง จ.นราธิวาส 68.75 ไร่ และ อ.ระโนด จ.สงขลา 43.75 ไร่

ปี พ.ศ. 2552 Nipaporn Chusrinuan et al. จากคณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ได้ดำเนินการศึกษาในงานวิจัยเรื่อง Impacts of Shoreline Erosion on Coastal Ecosystems in Songkhla Province. โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมของปี 2518-2549 ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) จากผลการศึกษาพบว่ามี การกัดเซาะชายฝั่งที่บ้านปากแตร อ.ระโนด จ.สงขลา ด้วยอัตราการกัดเซาะ 5.3 เมตรต่อปี และชายฝั่งทับถมที่บริเวณแหลมสมิหลา อ.เมือง จ.สงขลา ด้วยอัตราทับถมเฉลี่ย 2.04 เมตรต่อปี

ปี พ.ศ. 2554 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งได้ดำเนินการศึกษาโครงการจัดการ การกัดเซาะชายฝั่งทะเลในประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารในช่วงปี 2545 มาตราส่วน 1:50,000 เป็นแนวฐานชายฝั่ง และข้อมูลกัดเซาะชายฝั่งเปรียบเทียบตั้งแต่ ปี 2495–2551 เป็นข้อมูลแนวชายฝั่งเขตอ่าวไทยและเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่จังหวัดสมุทรสงคราม ถึงจังหวัดตราด และข้อมูลการกัดเซาะชายฝั่งเปรียบเทียบตั้งแต่ปี 2510-2538 ของแนวชายฝั่งอ่าว ไทยตั้งแต่จังหวัดเพชรบุรีถึงจังหวัดนราธิวาส โดยได้จัดทำด้วยเทคนิควิธีทางภูมิสารสนเทศ (GIS) ใช้ เทคนิคการซ้อนทับ (Overlay) บนแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร จากผลการศึกษาพบว่า มี แนวชายฝั่งถูกกัดเซาะรวม 730.03 กิโลเมตร อยู่ในระดับปานกลาง 501.81 กิโลเมตร และอยู่ใน ระดับรุนแรง 228.22 กิโลเมตร

ปี พ.ศ. 2555 สำนักธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กรมทรัพยากรธรณี ได้ดำเนินการศึกษาการ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย ในส่วนของอ่าวไทยศึกษาตั้งแต่ จังหวัดตราดถึงจังหวัดสงขลา โดยใช้เทคนิควิธีการประเมินการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และได้รวบรวมภาพถ่ายทางอากาศสีเชิงเลขแบบตัดแก้ออร์โท มาตราส่วน 1:25,000 ปี 2545 ภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ความละเอียด 2 เมตรของปี 2553 และ ปี 2554 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) จากการศึกษาทำให้ได้ข้อสรุปพื้นที่การ เปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลอ่าวไทยช่วงปี 2545-2554 รวมระยะทางที่กัดเซาะ 268,559 เมตร คิดเป็น 3,147 ไร่ ระยะทางสะสมตัว 316,522 เมตรคิดเป็นพื้นที่ 5,731 ไร่ และชายฝั่งคงสภาพระยะทาง 929,942 เมตร

จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ซึ่งมีหลายพื้นที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ชายฝั่งส่งผลให้ทรัพยากรชายฝั่งเสียหาย และชาวชุมชนชายฝั่งเกิดความเดือดร้อน ทำให้การ ดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เลือกพื้นที่ชายฝั่งของ อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา เพราะเป็นพื้นที่ที่ สะดวกในการศึกษาวิจัย และเกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งแบบค่อยเป็นค่อยไป ทำให้เกิดคำถามวิจัย ดังนี้

### 1.3 คำถามวิจัย

แบบจำลองคณิตศาสตร์สามารถจะช่วยคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และ พยากรณ์เส้นชายฝั่งได้เหมาะสมหรือไม่

### 1.4 สมมุติฐาน

เปรียบเทียบการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย Simple Linear Regression กับวิธี สมการพหุนาม (Polynomial) เพื่อคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในอดีตและพยากรณ์ แนวเส้นชายฝั่งในอนาคตได้

### **1.5 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย**

เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายและพยากรณ์เส้นชายฝั่งบริเวณพื้นที่อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

### **1.6 ขอบเขตของงานวิจัย**

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งบริเวณพื้นที่อำเภอสิงหนครในระหว่างปี ค.ศ. 1990, 2002, 2009 และพยากรณ์เส้นชายฝั่งในปี ค.ศ. 2010 โดยเปรียบเทียบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) และสมการพหุนาม (Polynomial)

### **1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.7.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งบริเวณอำเภอสิงหนคร และสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งในอนาคตได้

1.7.2 สามารถนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ทางผู้วิจัยได้ศึกษาไปประยุกต์และปรับใช้กับชายฝั่งในพื้นที่อื่นในประเทศไทย



## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

#### 2.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

วัสดุและอุปกรณ์สำหรับใช้ในการทำงานวิจัยนี้ได้แก่

##### Hardware

2.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ (Desktop PC) ที่มีระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 (Windows 7 Professional), หน่วยความจำหลัก 8 GB (Ram), หน่วยความจำสำรอง 500GB (Harddisk) เพื่อใช้ในการประมวลผล และแสดงข้อมูลแผนที่ที่ใช้ในการศึกษาโดยทำงานกับโปรแกรม Quantum GIS 1.8.0

2.1.2 อุปกรณ์นำเข้าข้อมูล ได้แก่ Keyboard, Mouse

##### Software

2.1.3 โปรแกรม Quantum GIS (QGIS) เวอร์ชัน 1.8.0 เพื่อใช้ในการประมวลผลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

##### Data

2.1.4 ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> ถ่ายเมื่อ 1990-06-16, 2002-06-06, 2009-06-09 และ 2010-06-03 ผลิตโดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) โดยความละเอียดภาพ 30\*30 เมตรครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

2.1.5 มาตรฐานน้ำขึ้น-น้ำลง ปี ค.ศ.1990, 2002, 2009 และ 2010 ผลิตโดยกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ

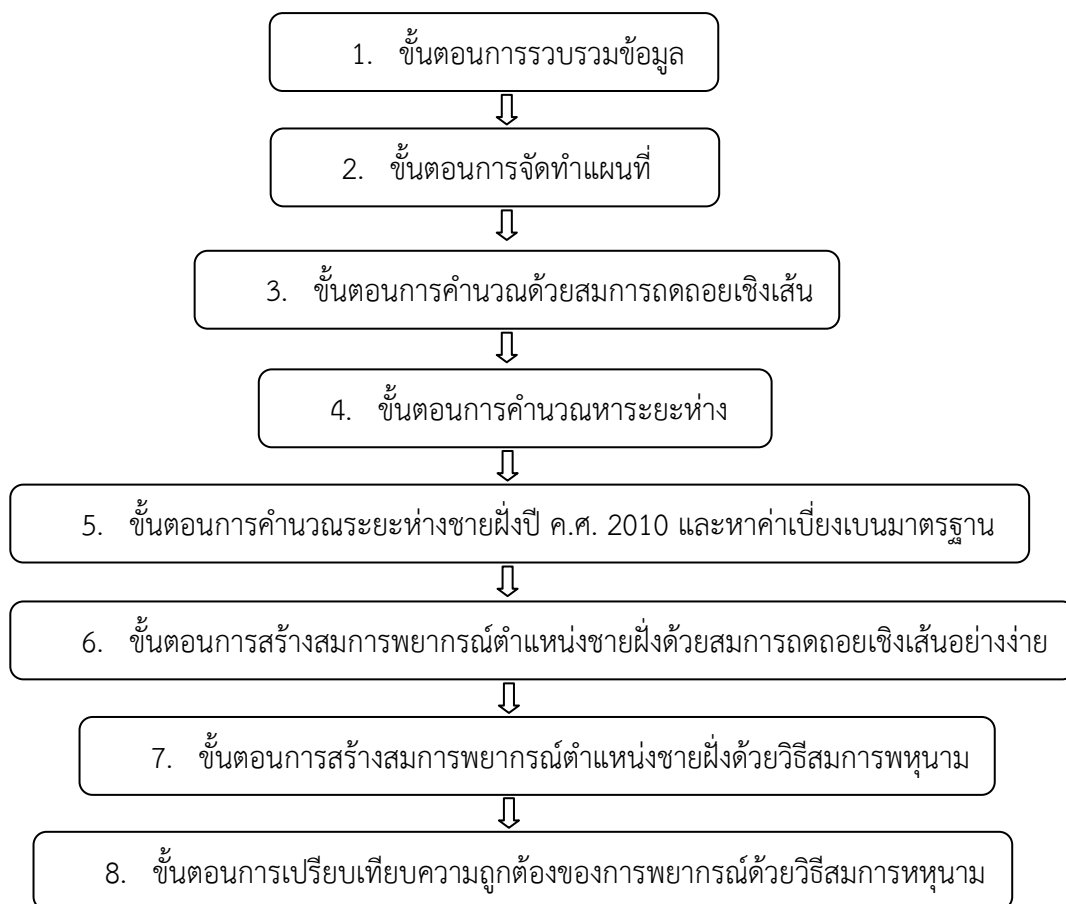
2.1.6 แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวัง 5023 I กับ 5123 III ครอบคลุมพื้นที่ชายฝั่งของอำเภอสิงหนครจังหวัดสงขลาปี ค.ศ.1999 ผลิตโดยกรมแผนที่ทหาร





## 2.3 วิธีการวิจัย

สำหรับวิธีการวิจัยได้แบ่งขั้นตอนออกเป็น 7 ขั้นตอนดังนี้



ซึ่งอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

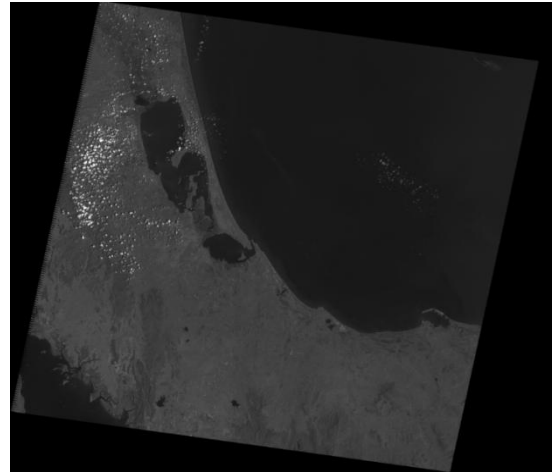
### 2.3.1 ขั้นตอนรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลดิจิทัลไฟล์ของภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT 7 ETM<sup>+</sup> (ภาคผนวกรูปที่ ก-1 และ ตารางที่ ก-1 a, b) ปี ค.ศ.1990, 2002, 2009 และ 2010 (รูปที่ 2-2 a, b, c และ d) ซึ่งผ่านการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) เป็นจำนวน 2 จุด ได้แก่ การตรึงพิกัดบริเวณธรรมสถานหาดทรายแก้วและบริเวณบ้านม่วงงามพิกัด (7.25002N, 100.55523E), (7.37886N, 100.47831E) ตามลำดับ โดยกำหนดให้อยู่ในระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM Coordinate Systems) ซึ่งเป็นระบบที่ปรับมาจากระบบเส้นโครงแผนที่แบบทรานส์เวิร์สเมอร์เคเตอร์ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2552) โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 2.477 (ภาคผนวกรูปที่ ก-2 และ ตารางที่ ก-2 a, b, c และ d) ในการศึกษาวิจัยนี้ใช้แผนที่ภูมิประเทศปี ค.ศ. 1999 มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารเป็น

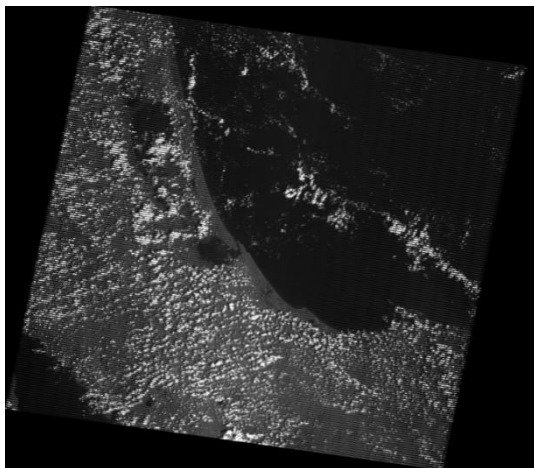
เส้นแนวฐานชายฝั่ง (Baseline) โดยอ้างอิงข้อมูลระดับน้ำที่คำนวณจากระดับน้ำทำนายนับด้วยค่าระดับน้ำลงต่ำสุด จะได้ค่าระดับน้ำท้องถิ่นที่เทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางข้อมูลจากกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ



1990 (a)



2002 (b)



2009 (c)

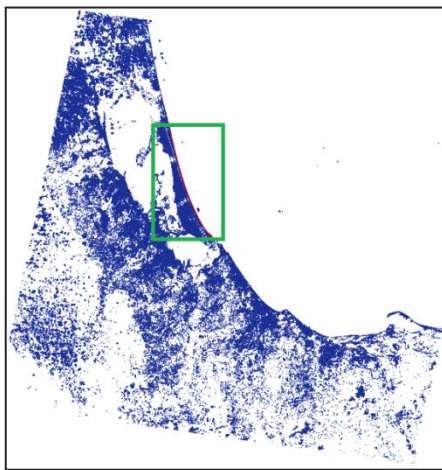


2010 (d)

(รูปที่ 2-2) แสดงภาพถ่ายจากดาวเทียม (a) ปี ค.ศ. 1990, (b) ปี ค.ศ. 2002, (c) ปี ค.ศ. 2009 และ (d) ปี ค.ศ. 2010

### 2.3.2 ขั้นตอนจัดทำแผนที่

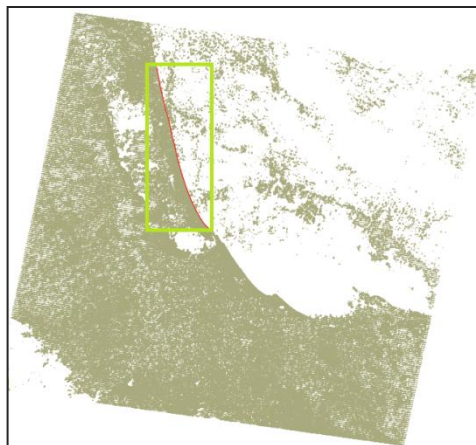
จัดทำแผนที่แสดงเส้นแนวชายฝั่งทะเลด้วยการลากเส้น (Digitized) แนวชายฝั่งที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ Quantum GIS 1.8.0 ซึ่งในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จะปรับเส้นแนวชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลท้องถิ่น โดยปรับเฉพาะเส้นแนวชายฝั่งของภาพถ่ายที่ถ่ายในต่อน้ำขึ้นหรือต่อน้ำลง และคำนวณตำแหน่งของแนวชายฝั่งใหม่อ้างอิงข้อมูลจากความสูงของน้ำทำนวย (ภาคผนวกรูปที่ ก-3) หลังจากนั้นจึงสามารถดิจิทัลภาพถ่ายจากดาวเทียม (รูปที่ 2-3 a, b, c และ d)



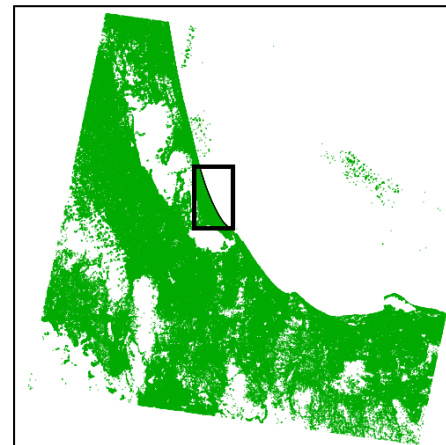
1990 (a)



2002 (b)



2009 (c)

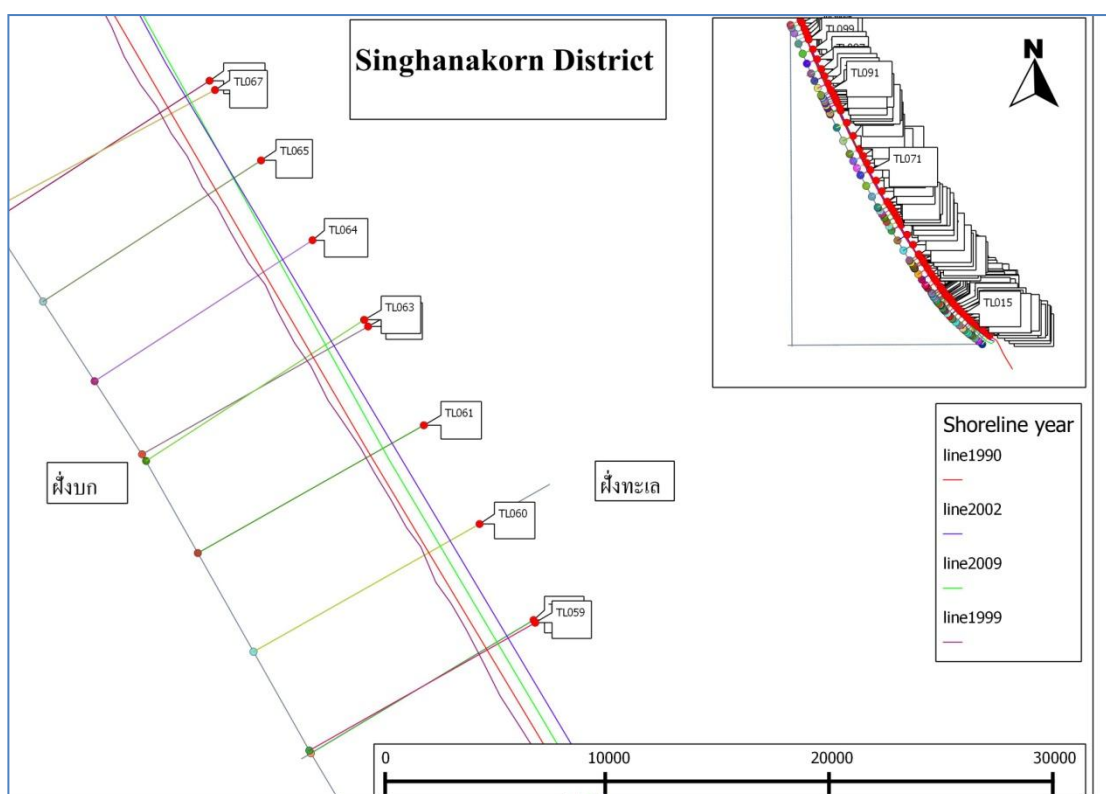


2010 (d)

(รูปที่ 2-3) แสดงการดิจิทัลเส้นชายฝั่ง (a) ปี ค.ศ 1990, (b) ปี ค.ศ.2002, (c) ปี ค.ศ.2009 และ (d) ปี ค.ศ. 2010

### 2.3.3 ขั้นตอนการคำนวณด้วยสมการถดถอยเชิงเส้น

การตั้งระยะถอยร่นโดยอ้างอิงจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง (Base line) ปี ค.ศ. 1999 ซึ่งตั้งระยะถอยร่น (Set Back) จากแนวฐานชายฝั่งเดิมเป็นระยะทาง 250 เมตร เนื่องจากในบางเส้นแนวสำรวจจะมีระยะกัดเซาะเข้ามาในฝั่งเป็นระยะทางมากกว่า 100 เมตร ดังนั้นต้องสร้างระยะถอยร่นจากเส้นแนวฐานชายฝั่งเดิมเป็นระยะทางมากกว่า 200 เมตร จากนั้นสร้างเส้นแนวสำรวจ (Transect Line) เป็นจำนวน 106 แนวสำรวจและกำหนดจุด (Point) ที่เป็นตัวแทนในการคำนวณระยะห่างของเส้นแนวฐานชายฝั่งกับเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษาโดยสร้างตามแนวรอยต่อระหว่างเส้น (Vertex) ที่เกิดจากการดิจิไทซ์ หากบริเวณใดมีลักษณะโค้งมากจะเป็นบริเวณที่มีการสุ่ม (Sampling) ถึขึ้นตามจำนวนของแนวรอยต่อที่เป็นตัวแทนในการศึกษา (รูปที่ 2-4) เส้นชายฝั่งสีแดง หมายถึง เส้นชายฝั่งที่ได้จากการดิจิไทซ์ปี ค.ศ. 1990 เส้นชายฝั่งสีน้ำเงิน หมายถึง เส้นชายฝั่งที่ได้จากการดิจิไทซ์ปี ค.ศ. 2002 เส้นชายฝั่งสีเขียวหมายถึงเส้นชายฝั่งที่ได้จากการดิจิไทซ์ปี ค.ศ. 2009 และเส้นสีเทา หมายถึง เส้นแนวฐานชายฝั่งจากกรมแผนที่ทหารปี ค.ศ. 1999 โดยใช้ Datum WGS84



(รูปที่ 2-4) แสดงบริเวณที่มีการสุ่ม (Sampling) ตามแนวรอยต่อระหว่างเส้นชายฝั่งปี ค.ศ. 1990, 2002, 2009 และเส้นแนวฐานชายฝั่งปี ค.ศ. 1999 โดยนำข้อมูลเข้าโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

## วิธีการคำนวณแบ่งออกเป็น 2 วิธี คือวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และวิธีสมการพหุนามการคำนวณด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression)

### 2.3.4 ขั้นตอนการคำนวณหาระยะห่าง

คำนวณหาระยะห่างของเส้นชายฝั่งด้วยการหาระยะห่างในระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM Coordinate Systems) โดยใช้ระยะห่างระหว่างเส้นฐานชายฝั่ง (Baseline) และเส้นชายฝั่งที่ศึกษาของปี ค.ศ.1990, 2002 และ 2009 ตั้งแต่แนวเส้นแนวสำรวจที่ 1-106 (Transect Line 1-106) (ภาคผนวกรูปที่ ก-4) และนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาความสัมพันธ์ด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) จากนั้นสร้างสมการพยากรณ์ตำแหน่งแนวชายฝั่งในปี ค.ศ. 2010

### 2.3.5 ขั้นตอนการคำนวณระยะห่างชายฝั่งปี ค.ศ. 2010 และหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

คำนวณระยะห่างระหว่างเส้นฐานชายฝั่ง (Base line) และเส้นชายฝั่งที่ได้จากการดิจิไทซ์ภาพถ่ายจากดาวเทียมปี ค.ศ. 2010 เพื่อเปรียบเทียบกับระยะห่างระหว่างเส้นฐานชายฝั่งและเส้นชายฝั่งที่ได้จากการพยากรณ์เส้นชายฝั่งปี ค.ศ. 2010 จากนั้นคำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อวัดความถูกต้องของแบบจำลอง โดยการหาค่าระยะห่างสามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีบทพีทาโกรัสดังนี้

#### สูตรพีทาโกรัส

$$A^2 + B^2 = C^2$$

ค่า A คือ ความยาวด้านประกอบมุมฉากด้านที่ 1

ค่า B คือ ความยาวด้านประกอบมุมฉากด้านที่ 2

ค่า C คือ ความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก

$$\text{ดังนั้น } C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการคำนวณระยะห่างในระบบพิกัดยูทีเอ็มได้ดังนี้

#### สูตรการหาระยะห่างในระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM Coordinate Systems)

$$D = \sqrt{(E_1 - E_2)^2 + (N_1 - N_2)^2}$$

ค่า D คือ ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของเส้นฐานชายฝั่งและเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

ค่า  $E_1$  คือ ค่าพิกัดทางตะวันออกของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นแนวฐานชายฝั่ง

ค่า  $E_2$  คือ ค่าพิกัดทางตะวันออกของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

ค่า  $N_1$  คือ ค่าพิกัดทางเหนือของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นแนวฐานชายฝั่ง

ค่า  $N_2$  คือ ค่าพิกัดทางเหนือของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

2.3.6 ขั้นตอนการสร้างสมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย  
สร้างสมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยนำ  
ข้อมูลระยะห่างชายฝั่งที่ได้ในข้อ 2.3.5 มาสร้างสมการ

**สูตร การพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งในอนาคตด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย**

$$Y = mx + c$$

ค่า Y คือ ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของชายฝั่งที่พยากรณ์และเส้นแนวฐานชายฝั่ง  
(Shoreline Position)

ค่า m คือ ความชันของสมการ ณ แนวเส้นสำรวจที่เป็นตัวแทนในการศึกษา

ค่า x คือ จำนวนปีที่พยากรณ์

ค่า c คือ ค่าคงที่ที่ได้จากการคำนวณหาสมการพยากรณ์ชายฝั่ง

**สูตรการคำนวณค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**

$$\sigma = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2$$

เมื่อ  $\sigma$  คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของผลรวม

N คือ จำนวนเส้นชายฝั่ง (เส้นชายฝั่งที่ได้จากการดิจิทัลซ์ปี ค.ศ. 2010 และเส้นชายฝั่งที่ได้จากการพยากรณ์)

$X_1, X_2, \dots$  คือ ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่งไปยังเส้นชายฝั่งที่ได้จากการพยากรณ์และ  
ระยะห่างที่วัดได้จากเส้นแนวฐานชายฝั่งไปยังเส้นชายฝั่งที่ได้จากการคำนวณ

เนื่องจากการพยากรณ์แนวโน้มเส้นชายฝั่งด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) ยังไม่สามารถพยากรณ์ได้อย่างละเอียดถูกต้องเนื่องมาจากมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสูง เพราะค่าตำแหน่งชายฝั่งในแต่ละปีมีความแปรปรวนต่างกัน (Vary) และสมการที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีสมการถดถอยเชิงเส้นเป็นสมการเชิงเส้นตรง จึงทำให้การพยากรณ์มีความผิดพลาดสูง ซึ่งการประมาณค่าในช่วงระหว่างจุดจะเป็นวิธีในการช่วยลดความแปรปรวนได้นอกจากนี้จะได้กราฟและสมการพหุนามซึ่งสามารถใช้เป็นสมการช่วยพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งในปีถัดไป

### 2.3.7 ขั้นตอนการสร้างสมการพหุนามตำแหน่งชายฝั่งด้วยวิธีสมการพหุนาม

สร้างสมการพหุนามตำแหน่งชายฝั่งด้วยวิธีสมการพหุนาม โดยนำข้อมูลระยะห่างชายฝั่งที่ได้ในข้อ 2.3.5 มาสร้างสมการ

#### สูตรการพหุนามตำแหน่งชายฝั่งในอนาคด้วยวิธีสมการพหุนาม (Polynomial)

$$P(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

โดยที่  $a_n \neq 0$  เรียกว่า พหุนามระดับชั้น (Degree)  $n$  และเรียก  $a_n, a_{n-1}, \dots, a_2, a_1, a_0$  ว่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) ของสมการ

ในการจัดทำข้อมูลเพิ่มในส่วนของข้อมูลที่หายไป (Missing Data) จะใช้วิธีการเชื่อมต่อจุดเพื่อสร้างข้อมูลเพิ่มโดยใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงระหว่างจุด (Interpolate Point) แต่เนื่องจากการประมาณค่าในช่วงดังกล่าวจะได้กราฟข้อมูลที่ไม่ค่อยเรียบ ทำให้ต้องใช้สมการพหุนามช่วยในการปรับกราฟให้เรียบและสวยงามขึ้น (Curve-Fitting)

#### สูตรการประมาณค่าในช่วงแบบเชิงเส้นระหว่างจุด (Linear Interpolate Point)

$$f(x) \approx p_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0)$$

ค่า  $f(x_0)$  เป็นค่าของจุดที่ 1 ที่พิจารณาในแกน  $y$

ค่า  $f(x_1)$  เป็นค่าของจุดที่ 2 ที่พิจารณาในแกน  $y$

ค่า  $x_0$  เป็นค่าของจุดที่ 1 ที่พิจารณาในแกน  $x$

ค่า  $x_1$  เป็นค่าจุดที่ 2 ที่พิจารณาในแกน  $x$

ค่า  $x$  เป็นค่า  $x$  ใดๆที่ต้องประมาณค่า

### 2.3.8 ขั้นตอนการเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์ด้วยวิธีสมการพหุนาม

การเปรียบเทียบความถูกต้องของการพยากรณ์ โดยใช้ระยะห่างระหว่างเส้นฐานชายฝั่งและเส้นชายฝั่งปี ค.ศ.2010 ที่ได้จากการดิจิไทซ์มาเปรียบเทียบกับระยะห่างระหว่างเส้นฐานชายฝั่งและเส้นชายฝั่งปี ค.ศ. 2010 ที่ได้จากการพยากรณ์ด้วยสมการพหุนาม (Polynomial) ที่กำลังต่างๆกัน และสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) จากนั้นเลือกระยะห่างที่ใกล้เคียงกับระยะห่างที่ได้จากการดิจิไทซ์เส้นชายฝั่งปี ค.ศ.2010 มาเป็นข้อมูลตำแหน่งชายฝั่งเพื่อนำไปสร้างเป็นเส้นชายฝั่งที่ได้จากการพยากรณ์ (ภาคผนวกรูปที่ ก-5 a, b, c และ d)



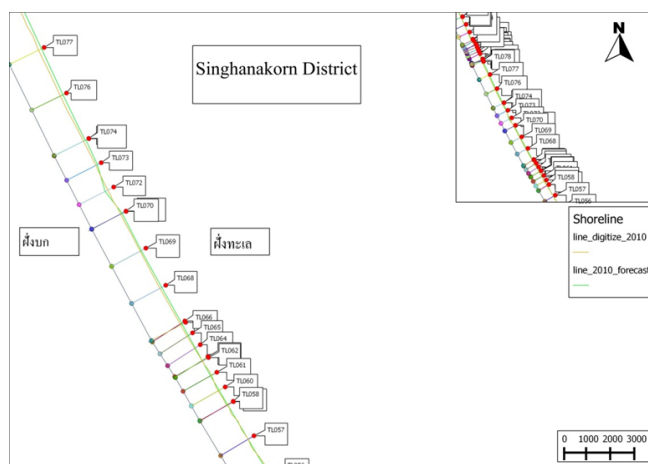
## บทที่ 3

### ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

#### 3.1 ผลการวิจัย

ในการดำเนินการศึกษาได้พิจารณาการใช้สมการคณิตศาสตร์โดยใช้สมการถดถอย (Simple Linear Regression) เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้สมการพหุนามซึ่งมีค่าการยกกำลังต่างๆ ภายใต้แนวคิดว่าการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลนั้นเป็นเงื่อนไขทางธรรมชาติ ซึ่งไม่ได้มีลักษณะเป็นเส้นตรงเสมอ โดยได้นำข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียมปี ค.ศ. 1990, 2002 และ 2009 ที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์จากการดิจิทัล (Digitize) ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวได้นำไปปรับปรุงแนวเส้นขอบชายฝั่งทะเลโดยใช้ระดับน้ำทะเลท้องถิ่นที่ได้จากการคำนวณเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นฐานในการกำหนดการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลตามวิธีการที่กล่าวไปแล้ว

การกำหนดแนวเพื่อพิจารณานั้นได้กำหนดแนวเพื่อการประเมินการเปลี่ยนแปลงของเส้นแนวชายฝั่งออกเป็น 106 จุดตามการเปลี่ยนแปลงของจุดหักเห (Vertex) ของการเปลี่ยนแปลงตามแนวหักโค้งของชายฝั่ง (รูปที่ 3-1) ทั้งนี้ข้อมูลจากแนวเส้นฐานชายฝั่งจากระยะถอยร่น 250 เมตร จากการวัดในปีต่างๆ จำนวน 3 ค่าจุด ได้ถูกนำมาใช้ในการคำนวณและใช้ในการพยากรณ์ปี ค.ศ. 2010 ในส่วนของการใช้สมการถดถอยเชิงเส้นนั้น ใช้ค่าที่วัดได้ใน การพยากรณ์โดยตรง ส่วนการพยากรณ์โดยสมการพหุนามได้มีการดำเนินการประเมินการเปลี่ยนแปลงของจุดต่างๆ รายปีโดยการใช้วิธีการเชื่อมต่อจุด (Interpolating Technic) โดยหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงด้วยสมการพหุนามซึ่งผลการศึกษาแสดงในตารางที่ 3.1 และตัวอย่างสมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งของแนวหักโค้งเส้นชายฝั่งที่ 1 ประกอบแนวเส้นสำรวจ 001, 002, 003 และ 004 (ภาคผนวกรูปที่ ก-4, ก-5 a, b, c และ d)



(รูปที่ 3-1) แสดงการเปลี่ยนแปลงตามแนวหักโค้งของชายฝั่ง อ.สิงหนคร จ.สงขลา

(ตารางที่ 3-1) แสดงการเปรียบเทียบและเลือกใช้สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่ง

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอยเชิง เส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
001	$Y = -15.44x + 486.7$	186.69	<b><u>162.46</u></b>	128.76	104.66	63.59	24.23	กำลัง 3
002	$y = -0.01x^3 + 0.26x^2 - 11.03x + 474.8$	183.16	230.74	213.18	<b><u>195.101</u></b>	168.08	11.94	
003	$y = -0.02x^3 + 0.31x^2 - 6.66x + 408.5$	207.19	254.20	233.90	<b><u>221.41</u></b>	143.32	14.22	
004	$y = -0.40x^2 + 2.31x + 377.5$	245.64	276.38	<b><u>246.56</u></b>	218.62	227.60	0.92	กำลัง 2
005	$y = -0.42x^2 + 2.74x + 376.4$	246.21	277.64	<b><u>246.62</u></b>	220.76	208.13	0.41	
006	$y = 0.008x^3 - 0.12x^2 - 8.17x + 394.8$	260.41	229.07	237.70	<b><u>240.32</u></b>	355.22	20.09	
007	$y = -0.48x^2 + 5.34x + 377.7$	277.86	310.11	<b><u>274.23</u></b>	241.00	170.72	3.63	กำลัง 2
008	$y = -0.49x^2 + 6.32x + 378.9$	297.03	329.96	<b><u>293.95</u></b>	263.86	189.33	3.08	
009	$y = -0.47x^2 + 5.78x + 380.5$	296.69	326.67	<b><u>291.71</u></b>	260.55	198.59	4.98	
010	$y = -0.48x^2 + 7.54x + 366.4$	309.38	345.28	<b><u>309.55</u></b>	276.21	205.19	0.17	กำลัง 2
011	$y = -0.50x^2 + 9.29x + 352.5$	318.93	363.77	<b><u>327.23</u></b>	291.74	212.46	8.3	
012	$y = -0.45x^2 + 8.94x + 356.4$	337.30	378.28	<b><u>345.33</u></b>	316.59	279.49	8.03	
013	$y = -0.45x^2 + 8.95x + 356.2$	337.96	378.07	<b><u>344.90</u></b>	316.86	280.06	6.94	กำลัง 3
014	$y = -0.02x^3 + 0.36x^2 + 1.79x + 379.4$	337.96	400.61	376.66	<b><u>354.53</u></b>	248.89	16.57	
015	$y = -0.01x^3 + 0.22x^2 + 2.09x + 389.3$	385.71	423.03	408.47	<b><u>401.52</u></b>	402.95	15.81	
016	$y = -0.009x^3 + 0.12x^2 + 2.19x + 399.4$	407.37	451.00	448.67	450.99	<b><u>414.98</u></b>	7.61	กำลัง 4
017	$y = -0.01x^3 + 0.16x^2 + 1.99x + 399.5$	404.33	449.29	445.88	447.34	<b><u>404.43</u></b>	0.1	

(ตารางที่ 3-1 ต่อ)

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอยเชิง เส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
018	$y = 3.65x + 382.7$	416.18	<u>459.45</u>	463.18	467.27	513.73	43.27	กำลัง 1 หรือ 4
019	$y = 5.05x + 363.7$	425.92	<u>469.87</u>	480.70	490.42	632.33	43.95	
020	$y = -1E-05x^4 + 0.007x^2 + 6.65x + 350.7$	436.74	490.05	490.15	489.00	<u>485.31</u>	48.57	
021	$y = -3E-05x^4 + 0.001x^3 - 0.02x^2 + 6.64x + 350.9$	436.95	489.52	489.90	489.35	<u>484.69</u>	47.74	กำลัง 4
022	$y = -0.015x^3 + 0.20x^2 + 6.58x + 348.6$	442.88	496.26	492.10	490.40	<u>437.40</u>	5.48	
023	$y = -0.02x^3 + 0.26x^2 + 6.42x + 351.4$	445.01	498.50	492.95	493.15	<u>418.32</u>	26.69	
024	$y = -0.014x^3 + 0.19x^2 + 6.67x + 351.9$	447.14	501.05	497.20	493.68	<u>447.87</u>	0.73	กำลัง 3
025	$y = -0.008x^3 + 0.13x^2 + 7.38x + 331.9$	425.53	480.85	472.54	<u>470.14</u>	356.41	69.12	
026	$y = -0.01x^3 + 0.16x^2 + 7.44x + 322.1$	408.79	470.79	460.10	<u>449.73</u>	315.97	40.94	
027	$y = -0.01x^3 + 0.21x^2 + 7.74x + 324.5$	410.19	477.26	463.46	<u>451.34</u>	464.24	41.15	กำลัง 3 หรือ 4
028	$y = 0.001x^4 - 0.05x^3 + 0.77x^2 + 5.42x + 344.2$	430.36	493.91	477.46	464.98	<u>456.29</u>	25.93	
029	$y = 0.001x^4 - 0.06x^3 + 0.87x^2 + 5.16x + 361.5$	446.94	510.47	492.35	478.56	<u>438.61</u>	8.33	
030	$y = -0.02x^3 + 0.31x^2 + 7.90x + 375.2$	461.78	526.99	506.67	<u>492.69</u>	421.76	30.91	กำลัง 4
031	$y = -0.001x^4 - 0.05x^3 + 0.78x^2 + 5.15x + 374.0$	456.50	518.61	502.40	491.25	<u>475.70</u>	19.2	
032	$y = 0.001x^4 - 0.06x^3 + 0.86x^2 + 4.96x + 367.8$	450.28	511.84	493.56	478.07	<u>444.17</u>	6.11	
033	$y = 0.001x^4 - 0.07x^3 + 0.93x^2 + 4.78x + 362.5$	442.74	506.02	486.31	473.69	<u>419.66</u>	23.08	กำลัง 3
034	$y = -0.02x^3 + 0.31x^2 + 7.67x + 353.0$	437.00	499.66	478.67	<u>460.01</u>	386.18	23.01	

(ตารางที่ 3-1 ต่อ)

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอย เชิงเส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
035	$y = -0.02x^3 + 0.33x^2 + 7.66x + 352.3$	432.68	497.72	475.37	<u>458.51</u>	362.33	25.83	กำลัง 3
036	$y = -0.02x^3 + 0.40x^2 + 7.78x + 358.9$	445.72	504.06	477.60	<u>457.95</u>	316.41	12.23	
037	$y = -0.02x^3 + 0.39x^2 + 7.72x + 365.1$	442.81	509.07	482.71	<u>462.54</u>	319.41	19.73	
038	$y = -0.02x^3 + 0.40x^2 + 7.90x + 363.7$	450.38	511.12	484.14	<u>459.18</u>	314.01	8.8	
039	$y = -0.02x^3 + 0.42x^2 + 8.18x + 344.0$	434.75	496.32	468.10	<u>444.96</u>	277.49	10.21	
040	$y = -0.02x^3 + 0.43x^2 + 8.3x + 334.06$	414.73	489.14	460.19	<u>432.33</u>	452.64	17.6	
041	$y = -0.02x^3 + 0.43x^2 + 8.29x + 332.7$	414.16	487.02	458.20	<u>430.47</u>	451.57	16.31	
042	$y = -0.02x^3 + 0.43x^2 + 8.28x + 344.57$	409.84	498.38	469.33	<u>440.80</u>	459.97	30.96	
043	$y = -0.02x^3 + 0.42x^2 + 7.99x + 354.54$	432.47	503.00	474.95	<u>448.07</u>	460.12	15.6	
044	$y = -0.02x^3 + 0.42x^2 + 8.01x + 354.37$	432.02	503.26	475.15	<u>448.02</u>	459.21	16	
045	$y = -0.02x^3 + 0.39x^2 + 7.48x + 348.17$	423.80	487.09	460.86	<u>435.52</u>	451.00	11.72	
046	$y = -0.01x^3 + 0.27x^2 + 6.22x + 354.53$	422.44	472.71	454.61	<u>436.52</u>	438.97	14.08	
047	$y = 0.0003x^4 - 0.01x^3 + 0.23x^2 + 3.40x + 374.99$	431.23	457.37	452.69	448.06	<u>443.96</u>	12.73	
048	$y = -0.07x^2 + 5.59x + 371.6$	432.48	459.96	<u>454.27</u>	497.43	472.95	21.79	
049	$y = -0.004x^3 + 0.05x^2 + 4.00x + 371.67$	428.09	452.95	449.17	<u>444.87</u>	452.90	16.78	
050	$y = 0.0002x^4 - 0.01x^3 + 0.17x^2 + 3.27x + 370$	423.01	446.70	443.22	439.16	<u>432.52</u>	9.51	
051	$y = -0.0044x^3 + 0.06x^2 + 3.66x + 367.06$	413.78	441.04	436.95	<u>432.56</u>	434.62	18.78	

(ตารางที่ 3-1 ต่อ)

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอย เชิงเส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
052	$y = 0.0003x^4 - 0.01x^3 + 0.24x^2 + 2.85x + 368.43$	411.76	439.51	434.73	429.46	<b><u>423.33</u></b>	11.57	กำลัง 4
053	$y = -0.0091x^3 + 0.13x^2 + 2.95x + 389.24$	413.76	445.01	436.00	<b><u>427.32</u></b>	428.92	13.56	
054	$y = -0.0112x^3 + 0.16x^2 + 2.63x + 400.06$	425.78	447.77	436.89	<b><u>426.16</u></b>	439.02	0.38	
055	$y = 0.0007x^4 - 0.03x^3 + 0.51x^2 + 1.09x + 401.16$	423.36	447.87	437.08	426.91	<b><u>425.64</u></b>	2.28	
056	$y = 1.02x + 405.91$	418.12	<b><u>427.53</u></b>	403.81	380.47	386.56	9.41	
057	$y = 0.0017x^4 - 0.08x^3 + 1.16x^2 - 0.92x + 396.37$	412.72	430.88	<b><u>406.45</u></b>	382.35	401.25	6.27	
058	$y = 0.0017x^4 - 0.08x^3 + 1.16x^2 - 0.69x + 394.27$	406.13	433.54	409.28	385.59	<b><u>404.81</u></b>	1.32	
059	$y = 0.0017x^4 - 0.08x^3 + 1.15x^2 - 0.69x + 394.53$	406.06	433.49	409.43	385.50	<b><u>406.06</u></b>	0	
060	$y = 0.0017x^4 - 0.08x^3 + 1.15x^2 - 0.61x + 388.67$	393.83	429.16	405.21	381.56	<b><u>403.13</u></b>	9.3	
061	$y = 1.77x + 388.19$	418.39	<b><u>425.37</u></b>	401.71	378.60	385.55	6.98	
062	$y = -0.27x^2 + 7.53x + 367.46$	407.02	425.70	<b><u>405.64</u></b>	385.79	403.25	1.38	
063	$y = -0.27x^2 + 7.50x + 367.66$	407.09	425.97	<b><u>406.13</u></b>	368.94	405.70	0.96	กำลัง 3
064	$y = 0.0011x^4 - 0.06x^3 + 0.79x^2 + 0.64x + 386.93$	412.53	437.16	420.95	404.69	<b><u>406.53</u></b>	6	
065	$y = -0.01x^3 + 0.20x^2 + 3.08x + 392.7$	418.27	448.15	434.99	<b><u>425.20</u></b>	261.50	6.93	
066	$y = -0.03x^3 + 0.45x^2 - 4.39x + 389.5$	426.44	459.33	449.71	<b><u>440.21</u></b>	313.35	13.77	
067	$y = -0.01x^3 + 0.15x^2 + 3.08x + 401.2$	427.80	458.99	449.11	<b><u>441.31</u></b>	317.02	13.51	
068	$y = -0.01x^3 + 0.20x^2 + 3.68x + 385.4$	413.67	453.49	440.31	<b><u>430.99</u></b>	259.6	17.32	

(ตารางที่ 3-1 ต่อ)

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอยเชิง เส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
069	$y = -0.01x^3 + 0.22x^2 + 3.39x + 384.7$	414.20	445.65	430.88	<u>417.25</u>	422.20	3.05	กำลัง 1
070	$y = -0.003x^3 + 0.05x^2 + 2.05x + 405.2$	421.40	445.97	443.02	<u>442.95</u>	397.92	21.55	
071	$y = -0.01x^3 + 0.16x^2 + 1.55x + 405.7$	420.82	445.95	442.78	443.00	<u>399.10</u>	21.72	
072	$y = 1.32x + 4126$	414.87	<u>440.36</u>	372.32	450.65	527.71	25.49	
073	$y = 1.15x + 412.5$	424.10	<u>436.65</u>	450.04	455.75	640.40	12.55	
074	$y = 1.91x + 398.9$	421.70	<u>439.17</u>	451.54	456.87	626.43	17.47	
075	$y = 1.91x + 399.0$	422.13	<u>439.15</u>	451.75	464.63	622.44	17.02	กำลัง 4
076	$y = -3E-05x^4 + 0.001x^3 - 0.02x^2 + 2.79x + 394.1$	411.57	451.66	451.83	448.23	<u>446.03</u>	34.46	
077	$y = -0.006x^3 + 0.09x^2 + 2.73x + 405.1$	415.52	466.73	464.87	471.66	<u>447.10</u>	31.58	
078	$y = -0.007x^3 + 0.11x^2 + 4.05x + 404.5$	426.08	484.53	477.37	<u>473.82</u>	382.22	47.74	
079	$y = -0.007x^3 + 0.10x^2 + 4.06x + 408.2$	432.03	488.55	481.69	<u>476.38</u>	382.33	44.35	กำลัง 3
080	$y = -0.007x^3 + 0.11x^2 + 4.14x + 399.3$	422.36	481.05	473.72	<u>471.26</u>	372.27	48.9	
081	$y = -0.02x^3 + 0.37x^2 + 3.04x + 396.2$	420.45	477.28	469.86	469.43	<u>364.04</u>	56.41	
082	$y = -0.02x^3 + 0.37x^2 + 3.00x + 392.9$	417.50	473.30	465.47	466.34	<u>361.54</u>	55.96	กำลัง 4
083	$y = -0.01x^3 + 0.17x^2 + 4.95x + 386$	432.91	482.05	470.48	<u>464.91</u>	319.33	32	
084	$y = 0.001x^4 - 0.05x^3 + 0.75x^2 + 3.18x + 382.6$	438.63	484.41	468.52	452.66	<u>448.96</u>	10.33	
085	$y = 0.001x^4 - 0.05x^3 + 0.72x^2 + 3.23x + 383.3$	436.73	485.00	469.92	458.57	<u>457.89</u>	21.16	

(ตารางที่ 3-1 ต่อ)

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอยเชิง เส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
086	$y = -0.02x^3 + 0.30x^2 + 5.85x + 369.2$	426.50	478.25	458.05	<u>440.55</u>	383.26	14.05	กำลัง 3
087	$y = -0.02x^3 + 0.37x^2 + 6.23x + 357.8$	425.22	471.54	446.54	<u>422.60</u>	308.69	2.62	
088	$y = -0.02x^3 + 0.44x^2 + 6.61x + 346.5$	408.40	464.75	435.35	<u>413.86</u>	418.54	5.46	
089	$y = -0.03x^3 + 0.46x^2 + 6.70x + 345.9$	410.60	465.25	434.36	<u>406.46</u>	400.71	4.14	
090	$y = -0.03x^3 + 0.53x^2 + 6.43x + 367.01$	416.34	477.81	442.63	<u>409.02</u>	428.54	7.32	
091	$y = -0.03x^3 + 0.54x^2 + 6.12x + 379.94$	414.46	483.41	447.32	<u>412.06</u>	434.21	2.4	
092	$y = -0.03x^3 + 0.53x^2 + 6.15x + 378.24$	412.41	482.93	447.62	<u>413.01</u>	425.95	0.6	กำลัง 2
093	$y = 0.0028x^4 - 0.14x^3 + 1.96x^2 - 1.24x + 397.22$	423.00	461.99	<u>420.75</u>	380.85	400.00	2.25	
094	$y = -0.48x^2 + 12.01x + 387.29$	423.48	461.60	<u>425.98</u>	391.09	404.53	2.5	
095	$y = -0.41x^2 + 10.53x + 395.87$	428.29	463.80	<u>433.11</u>	403.32	420.54	4.82	
096	$y = -0.41x^2 + 10.57x + 395.8$	427.89	463.86	<u>433.07</u>	403.44	418.50	5.18	
097	$y = -0.32x^2 + 8.54x + 394.29$	418.71	453.58	<u>429.56</u>	406.18	430.73	10.85	
098	$y = -0.01x^3 + 0.20x^2 + 2.40x + 404.72$	417.81	445.81	432.11	<u>418.73</u>	419.64	0.92	
099	$y = 1.60x + 405.43$	455.30	<u>439.19</u>	435.93	432.48	430.58	16.11	
100	$y = 1.61x + 405.58$	455.92	<u>439.39</u>	435.99	432.88	428.19	16.53	กำลัง 1
101	$y = 1.63x + 397.64$	465.25	<u>431.95</u>	431.95	431.92	431.95	33.3	
102	$y = 1.73x + 391.08$	476.77	<u>427.57</u>	426.48	425.27	425.23	49.2	

(ตารางที่ 3-1 ต่อ)

ตำแหน่ง	สมการที่พยากรณ์ใกล้เคียง	ระยะห่างจากเส้นแนวฐานชายฝั่ง(เมตร)					ระยะ ผิดพลาด ต่ำสุด (เมตร)	สมการที่ เหมาะสม
		วัดด้วย GIS (เมตร)	สมการถดถอยเชิง เส้น (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 2 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 3 (เมตร)	สมการพหุนาม กำลัง 4 (เมตร)		
103	$y = 2.12x + 384.14$	488.29	<u>428.72</u>	426.60	424.85	414.68	59.57	กำลัง 1
104	$y = 0.0002x^4 - 0.008x^3 + 0.10x^2 + 1.93x + 383.71$	490.27	429.14	426.92	424.98	<u>435.35</u>	54.92	กำลัง 4
105	$y = 0.0003x^4 - 0.01x^3 + 0.17x^2 + 2.39x + 391.24$	524.59	449.76	445.99	442.23	<u>452.81</u>	71.78	
106	$y = 4.04x + 330.94$	541.36	<u>415.84</u>	414.64	412.66	413.56	125.52	



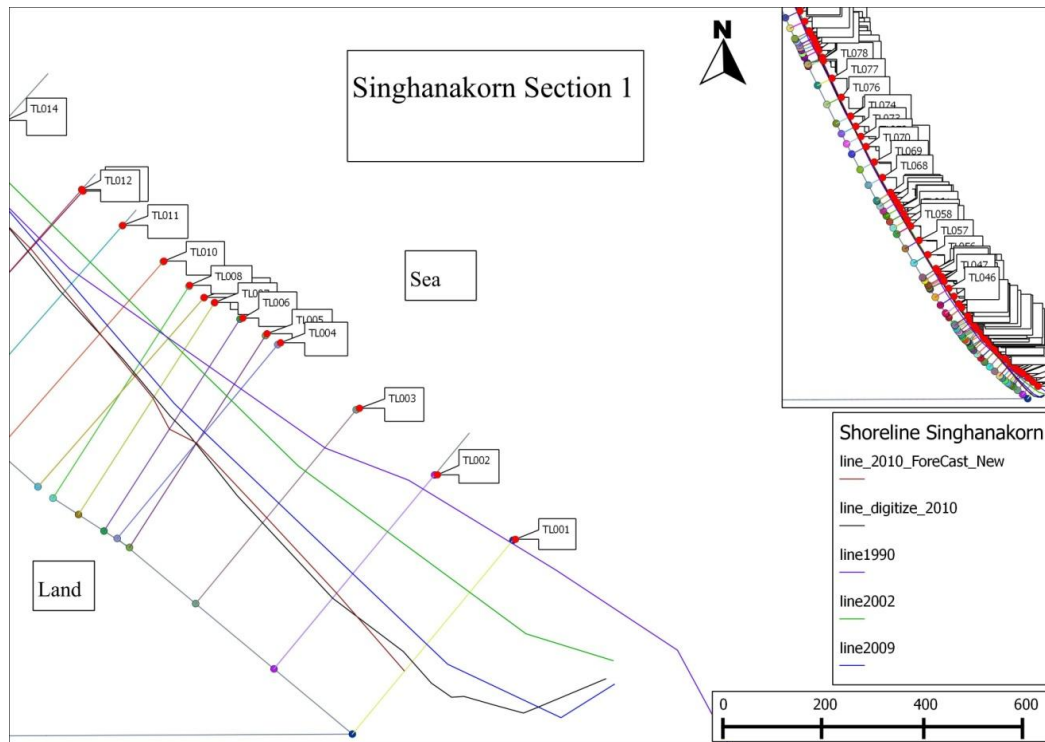
### 3.2 วิจารณ์ผลการวิจัย

จากคำถามวิจัย “แบบจำลองคณิตศาสตร์สามารถช่วยคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งและพยากรณ์แนวโน้มชายฝั่งในอนาคตได้เหมาะสมหรือไม่” ซึ่งได้นำมาสู่การตั้งสมมุติฐานโดยใช้วิธีสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และวิธีสมการพหุนามเพื่อที่จะช่วยวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งและพยากรณ์แนวโน้มชายฝั่งในอนาคต ซึ่งแบบจำลองทั้งสองวิธีได้ใช้รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนปี ค.ศ.ที่ศึกษา และระยะห่างตั้งฉากจากเส้นฐานชายฝั่งไปยังเส้นชายฝั่งที่ศึกษา ทำให้มีการดำเนินการศึกษาวิจัยและพิสูจน์สมมุติฐานดังกล่าว เพื่อค้นหาคำตอบและอธิบายการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาสมการทางคณิตศาสตร์โดยแบ่งออกเป็น 2 วิธีดังนี้

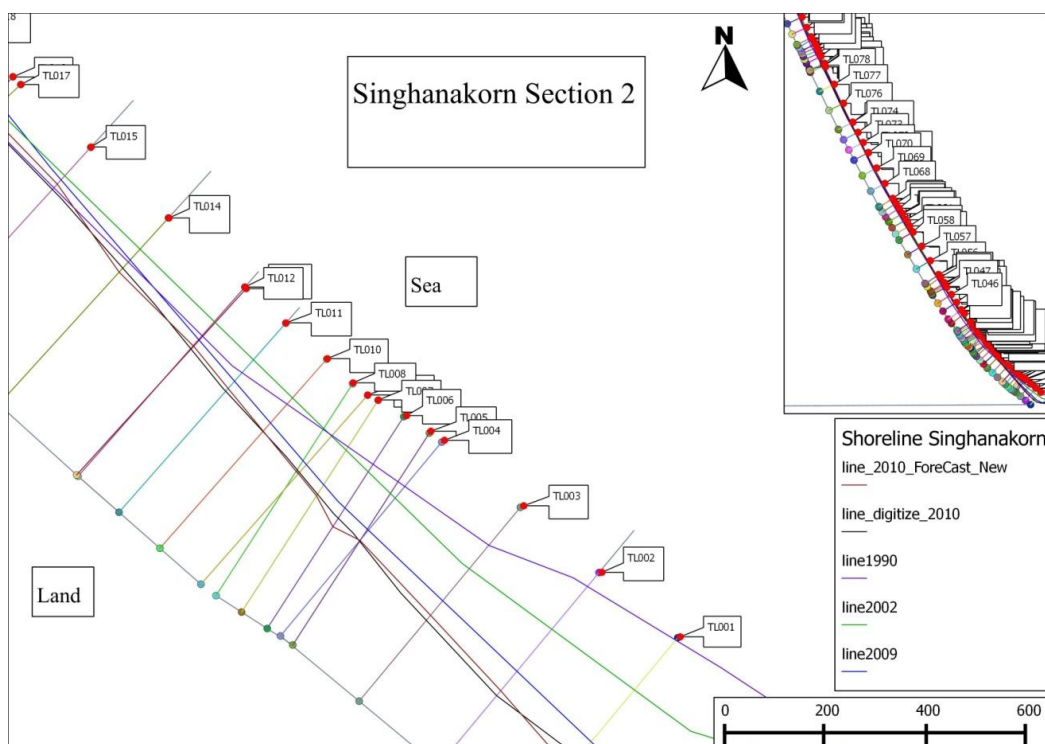
1. พิจารณาในแต่ละแนวเส้นสำรวจ โดยสมการทางคณิตศาสตร์รูปแบบใดที่ถูกนำมาใช้งานมากที่สุด จะดำเนินการใช้สมการทางคณิตศาสตร์รูปแบบเดียวกันนั้นทุกๆ แนวเส้นสำรวจ (Transect Line)
2. พิจารณาความเหมาะสมของสมการในแต่ละแนวเส้นสำรวจ (Transect Line) โดยพิจารณาจากค่าระยะห่างของแต่ละสมการ ที่มีค่าใกล้เคียงกับระยะห่างที่วัดโดย Quntum GIS และจัดกลุ่มของสมการที่ถูกใช้งานมากที่สุดในแต่ละรอยต่อของเส้นแนวหักโค้ง (Vertex)

จากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ได้เลือกใช้วิธีที่ 2 เพราะสมการทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้พยากรณ์แต่ละรูปแบบมีความเหมาะสมกับลักษณะของเส้นชายฝั่งที่แตกต่างกัน โดยเลือกสมการที่ fit และเหมาะสมมากที่สุดโดยพิจารณาจากค่าระยะห่างที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการดิจิไตซ์เส้นชายฝั่งปี ค.ศ.2010 เพราะสมการทางคณิตศาสตร์เหล่านี้จะสามารถนำไปพยากรณ์ตำแหน่งแนวชายฝั่งในอนาคตได้ต่อไป จากผลลัพธ์การทดลองพบว่าสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายกำลัง 1 และสมการพหุนามกำลัง 3, 4 จะมีความเหมาะสมกับแนวชายฝั่งที่มีลักษณะทับถมกัน (รูปที่ 3-2), (รูปที่ 3-4), (รูปที่ 3-5), (รูปที่ 3-6), (รูปที่ 3-7), (รูปที่ 3-8), (รูปที่ 3-9), (รูปที่ 3-10), (รูปที่ 3-11), (รูปที่ 3-12), (รูปที่ 3-13), (รูปที่ 3-14), (รูปที่ 3-15), (รูปที่ 3-16), (รูปที่ 3-17), (รูปที่ 3-18) และ (รูปที่ 3-20) ส่วนสมการพหุนามกำลัง 2 มีความเหมาะสมกับลักษณะแนวชายฝั่งแบบกัดเซาะเนื่องจากลักษณะแนวชายฝั่งมีการกัดเซาะและทับถมสลับกัน แต่จะมีลักษณะชายฝั่งทะเลแบบกัดเซาะที่เห็นได้ชัดเจน (รูปที่ 3-3) และ (รูปที่ 3-19) สำหรับการพยากรณ์แนวโน้มชายฝั่งยังคงมีค่าความผิดพลาดสูงในหลายๆจุดเนื่องมาจากเป็นค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการทดลองโดยผู้วิจัย (Human Error) เช่น การดิจิไตซ์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเพราะการดิจิไตซ์ต้องใช้ความละเอียดของแผนที่ในมาตราส่วน 1:1 แต่ทั้งนี้ไม่สามารถดำเนินการได้เพราะขนาดของรายละเอียดภาพจะมีความละเอียดมากจนไม่สามารถระบุลักษณะขอบเขตแนวชายฝั่งได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้หากสามารถแก้ไขปัญหาของความผิดพลาดจากการดิจิไตซ์ได้ จะทำให้การพยากรณ์มีความถูกต้องและแม่นยำยิ่งขึ้น

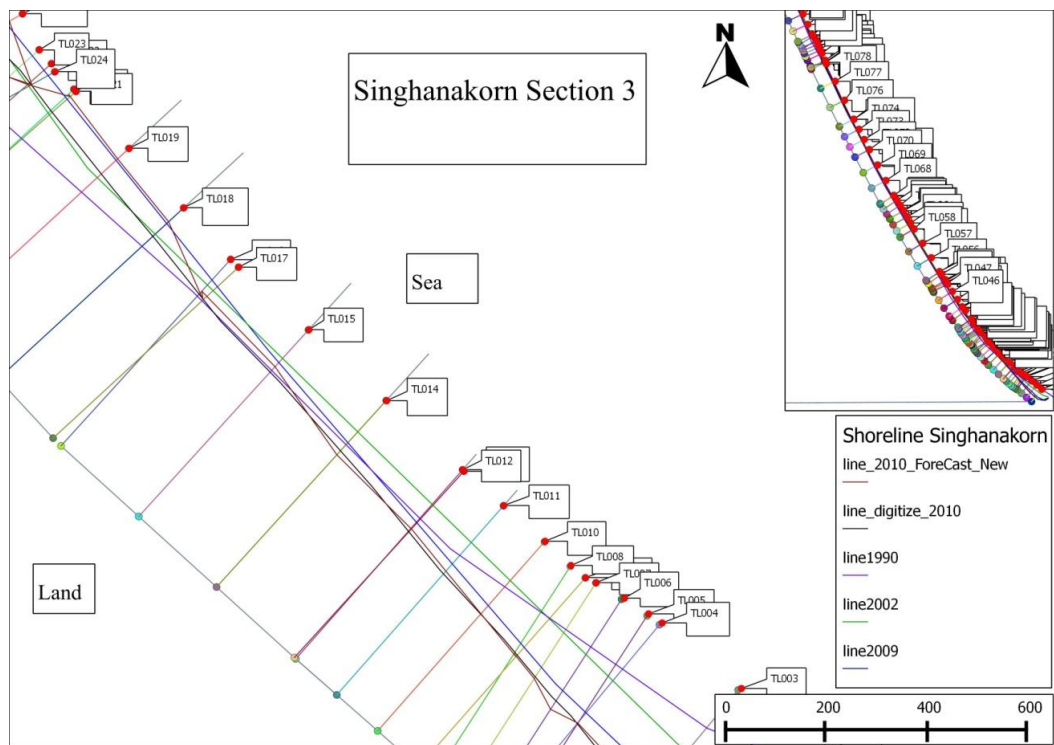




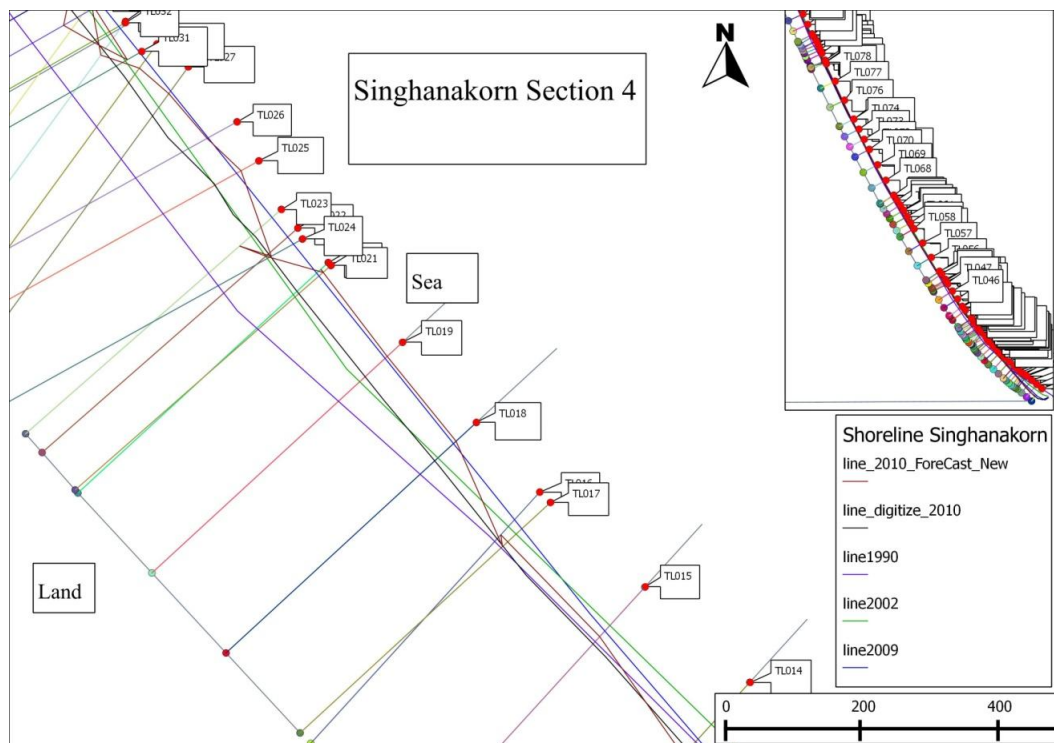
(รูปที่ 3-2) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 1-4 (กำลัง 3)



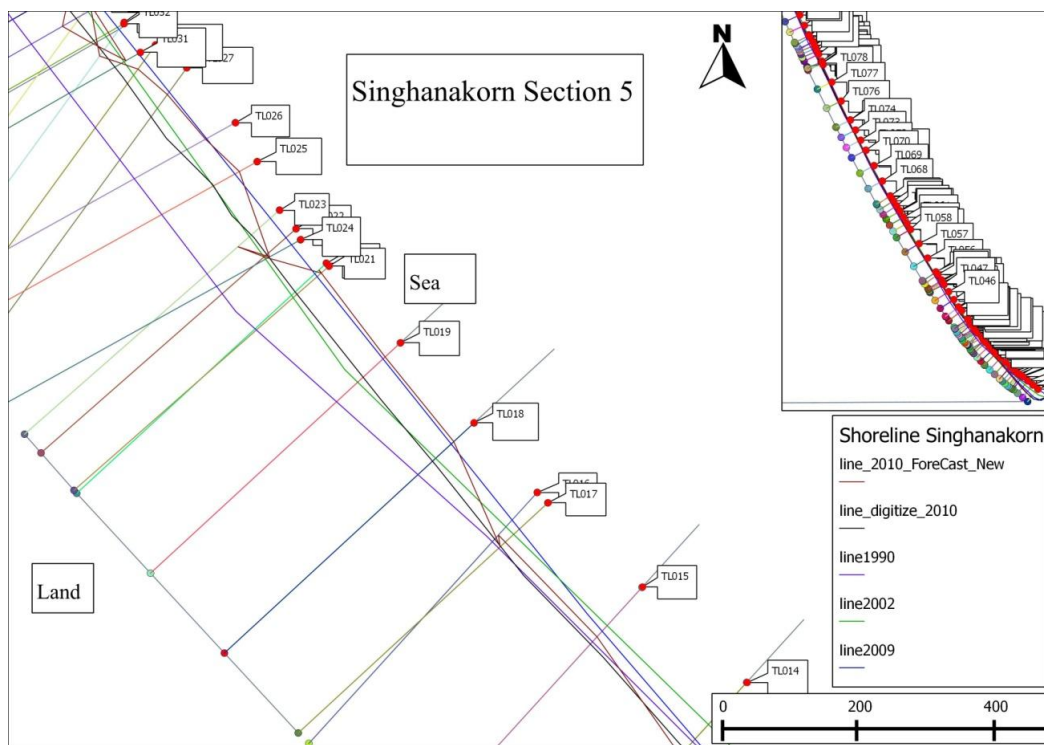
(รูปที่ 3-3) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 5-12 (กำลัง 2)



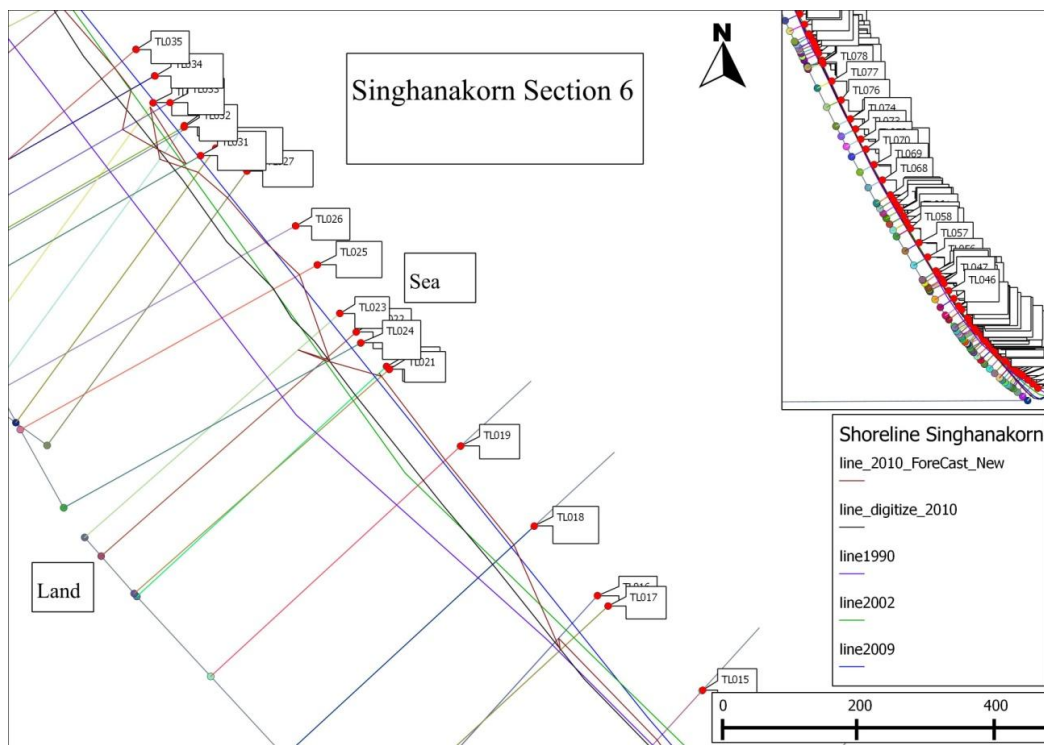
(รูปที่ 3-4) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 13-16 (กำลัง 3)



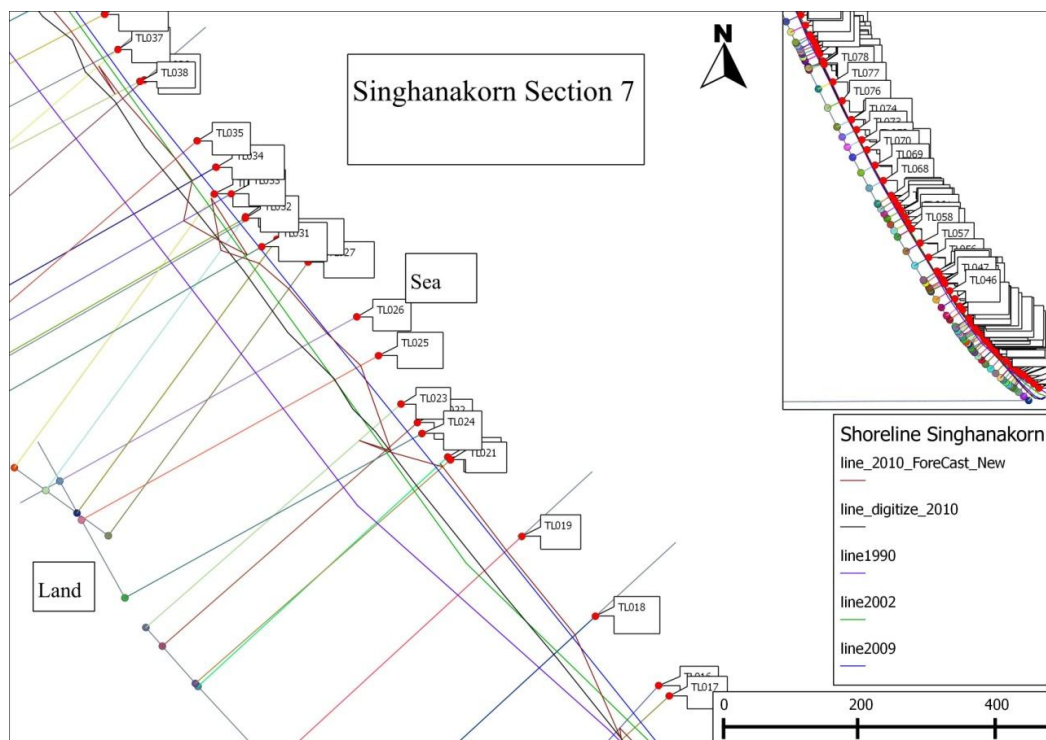
(รูปที่ 3-5) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 17-20 (กำลัง 1 หรือ 4)



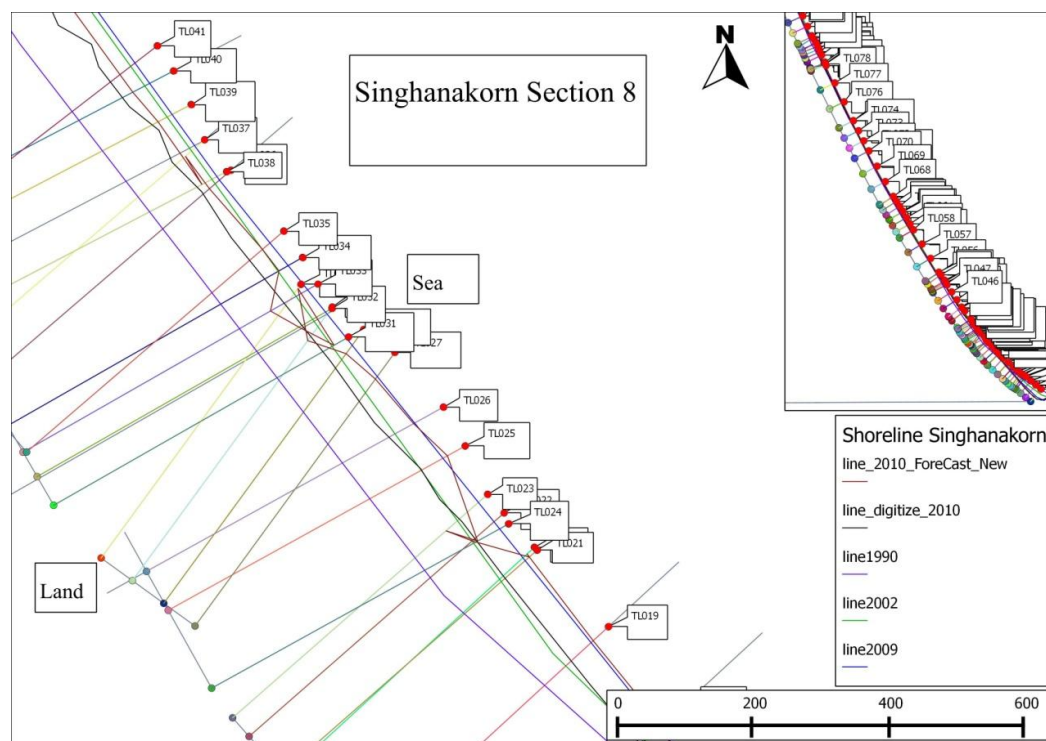
(รูปที่ 3-6) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 21-23 (กำลัง 4)



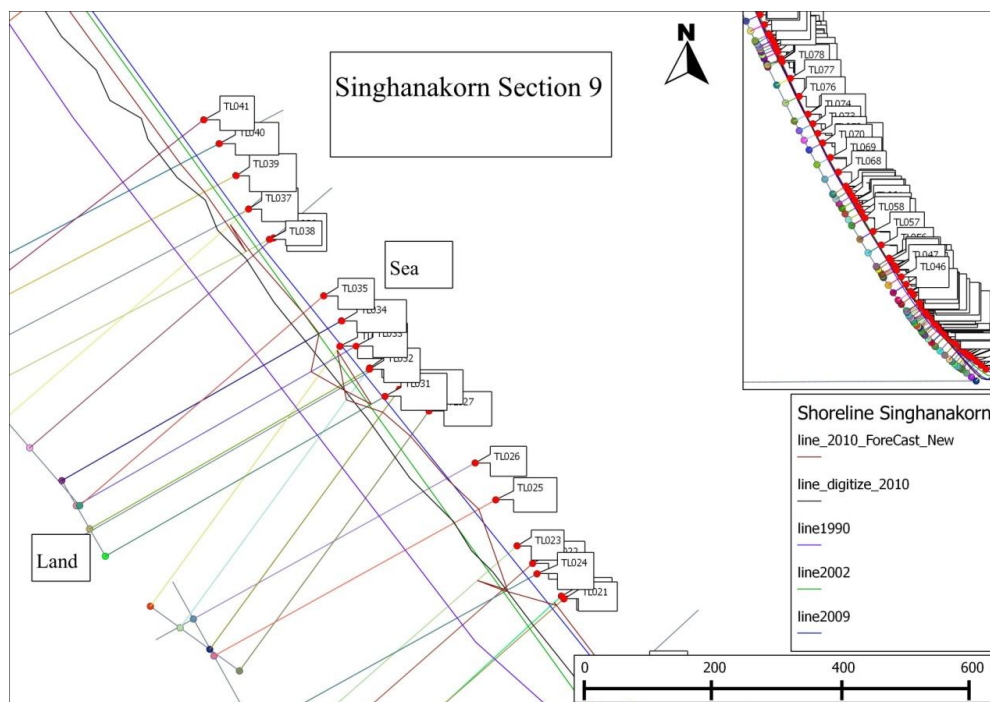
(รูปที่ 3-7) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 24-26 (กำลัง 3)



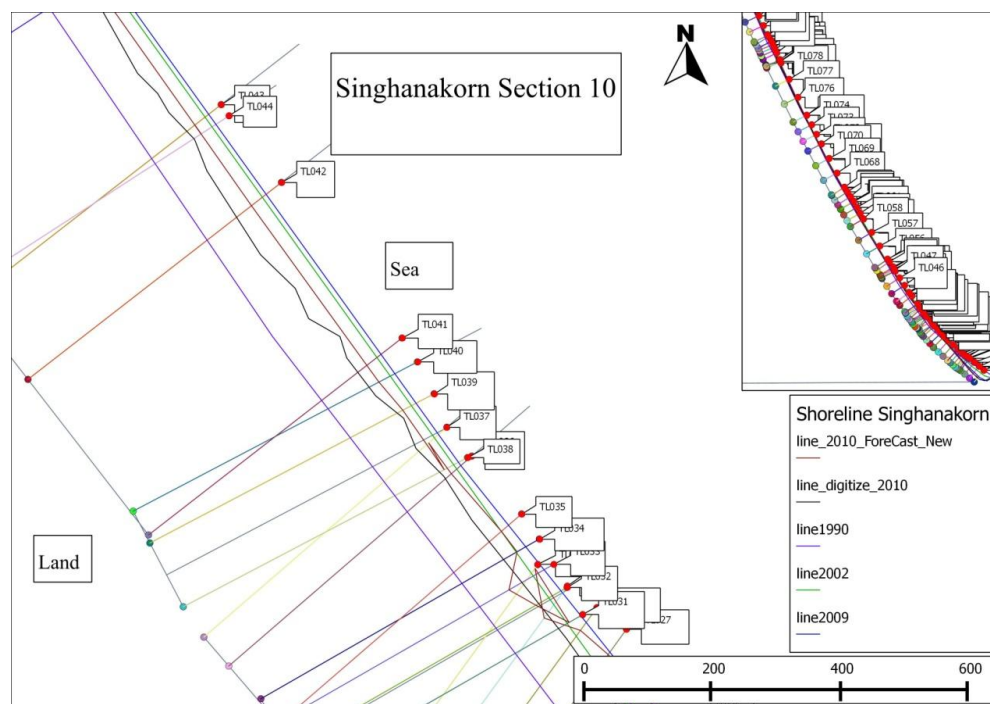
(รูปที่ 3-8) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 27-30 (กำลัง 3 หรือ 4)



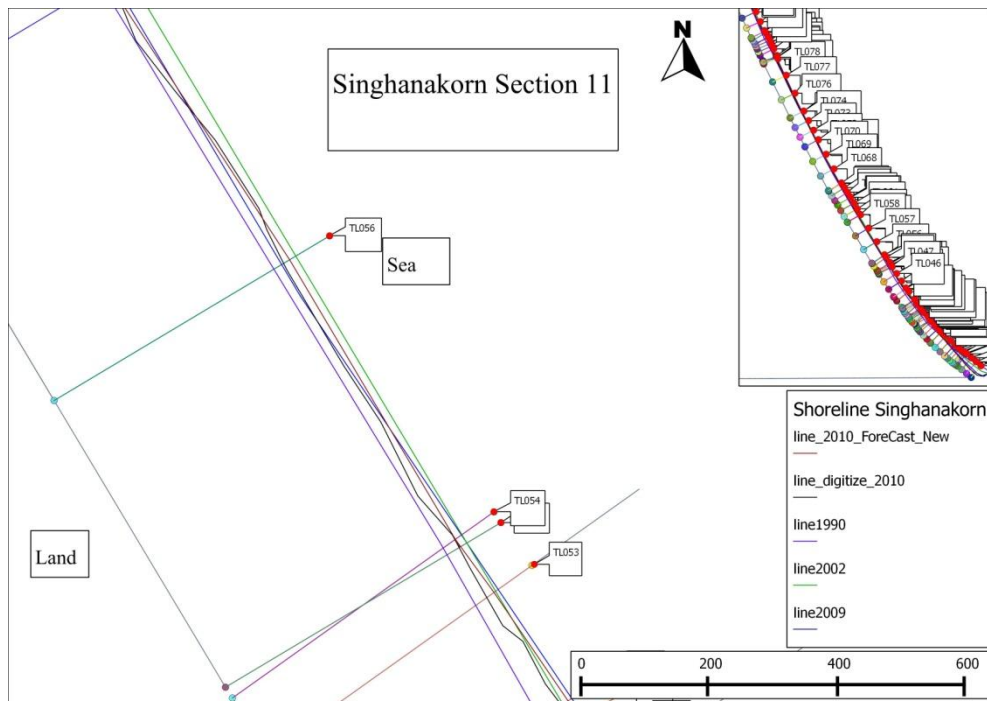
(รูปที่ 3-9) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 31-33 (กำลัง 4)



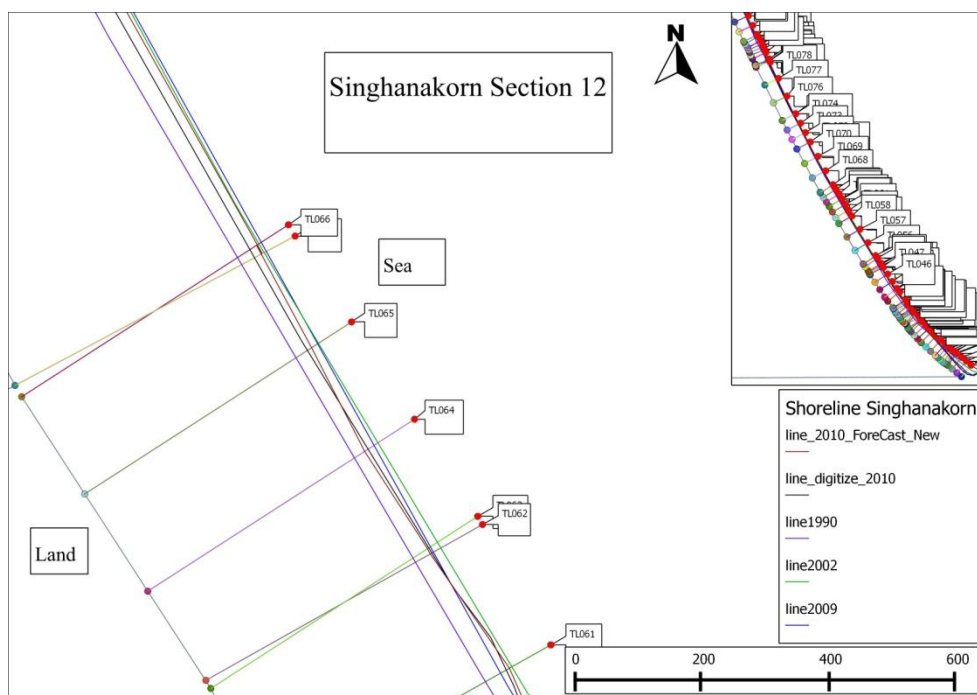
(รูปที่ 3-10) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 34-54 (กำลัง 3)



(รูปที่ 3-11) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 55-62 (กำลัง 4)



(รูปที่ 3-12) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 63-70 (กำลัง 3)

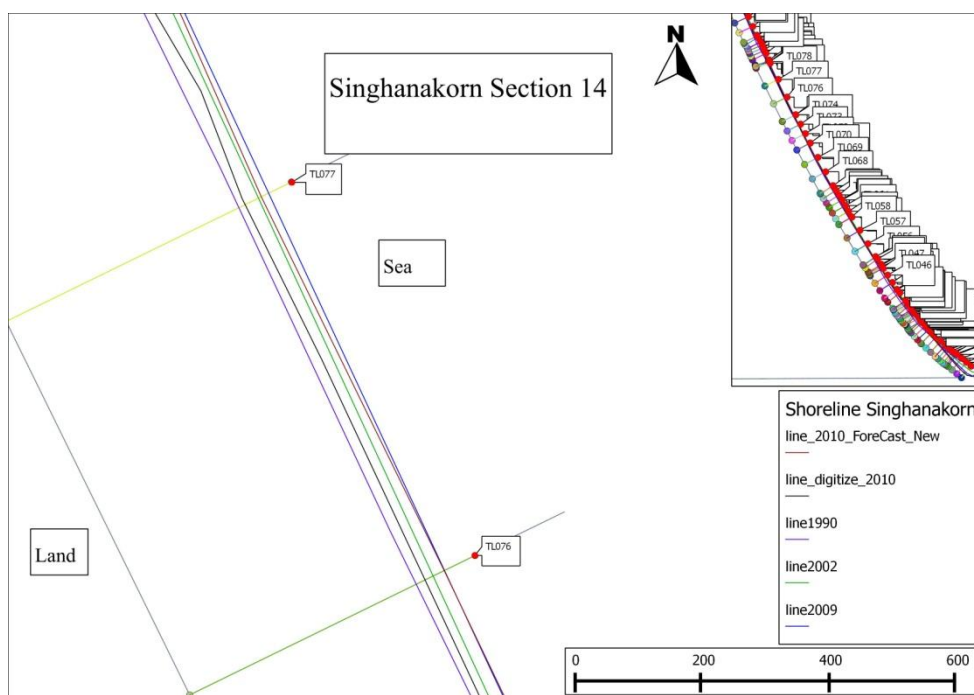


(รูปที่ 3-13) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 71-74 (กำลัง 1)

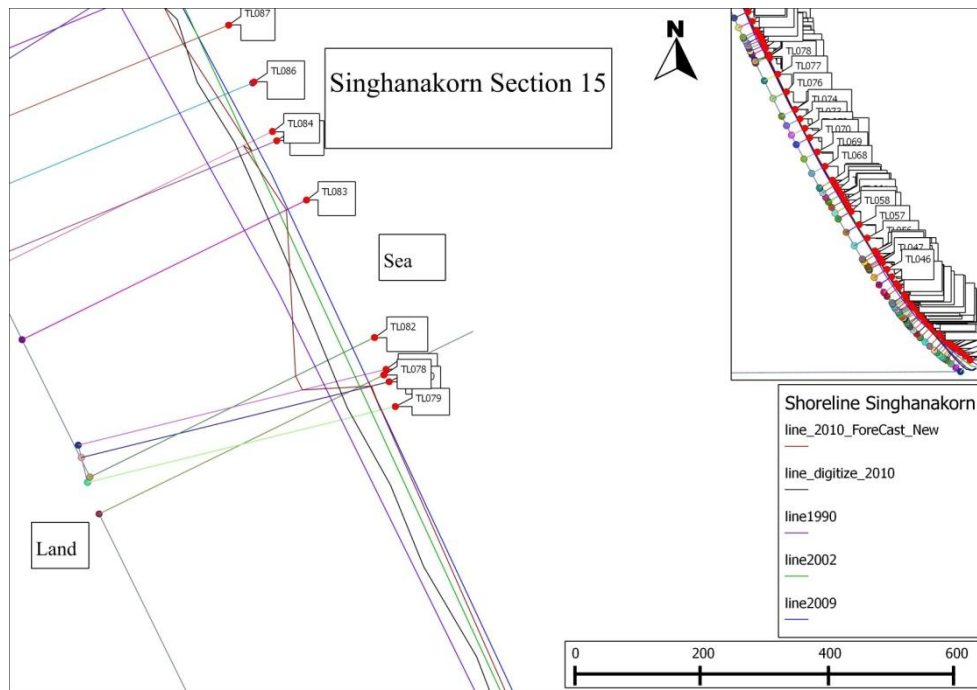




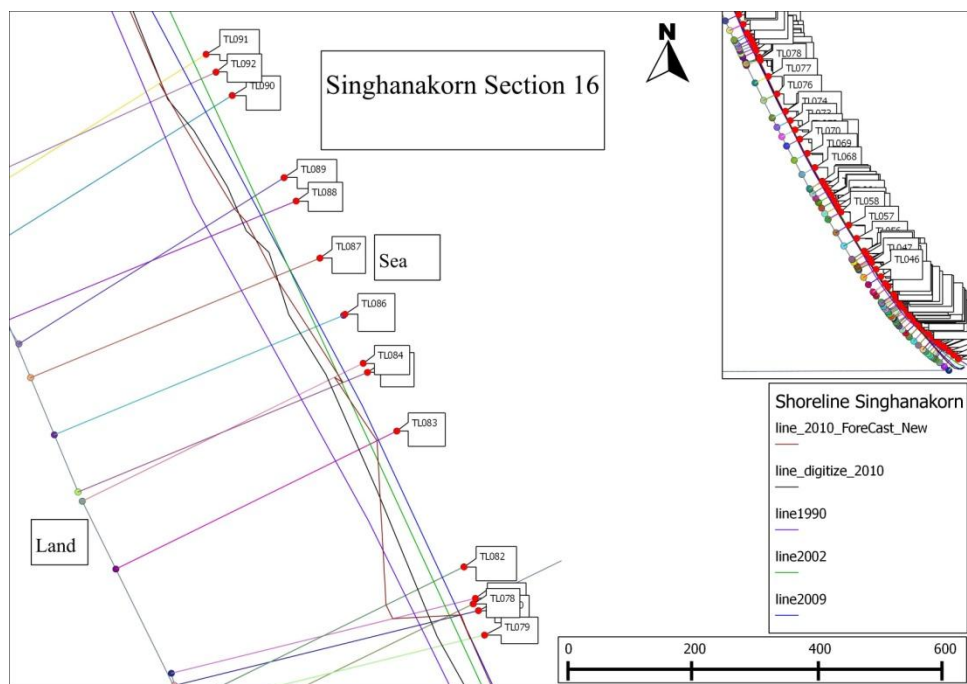
(รูปที่ 3-14) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 75-78 (กำลัง 4)



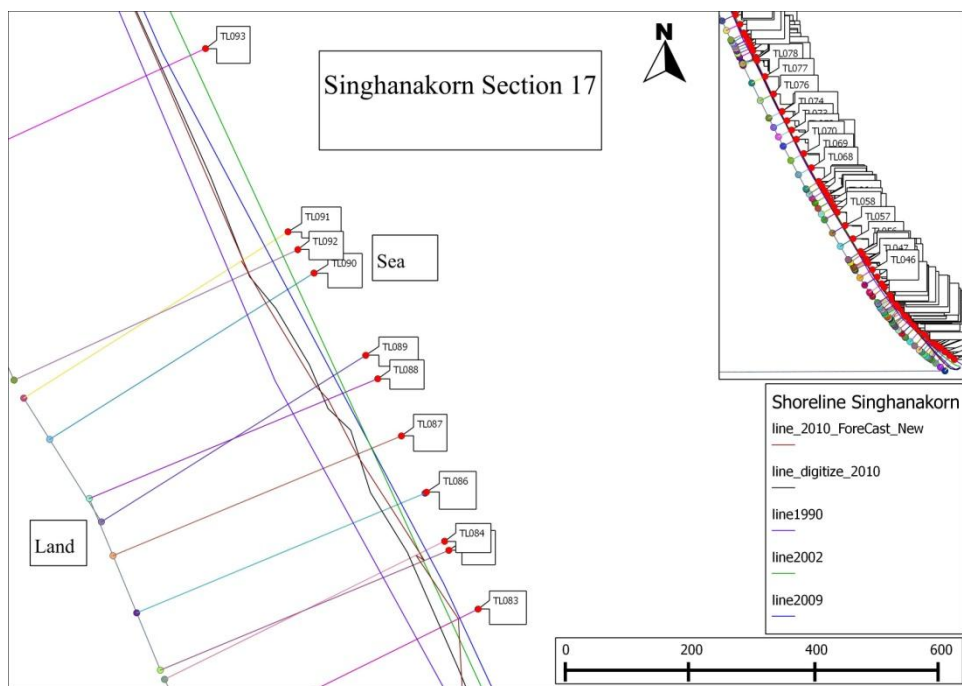
(รูปที่ 3-15) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 79-81 (กำลัง 3)



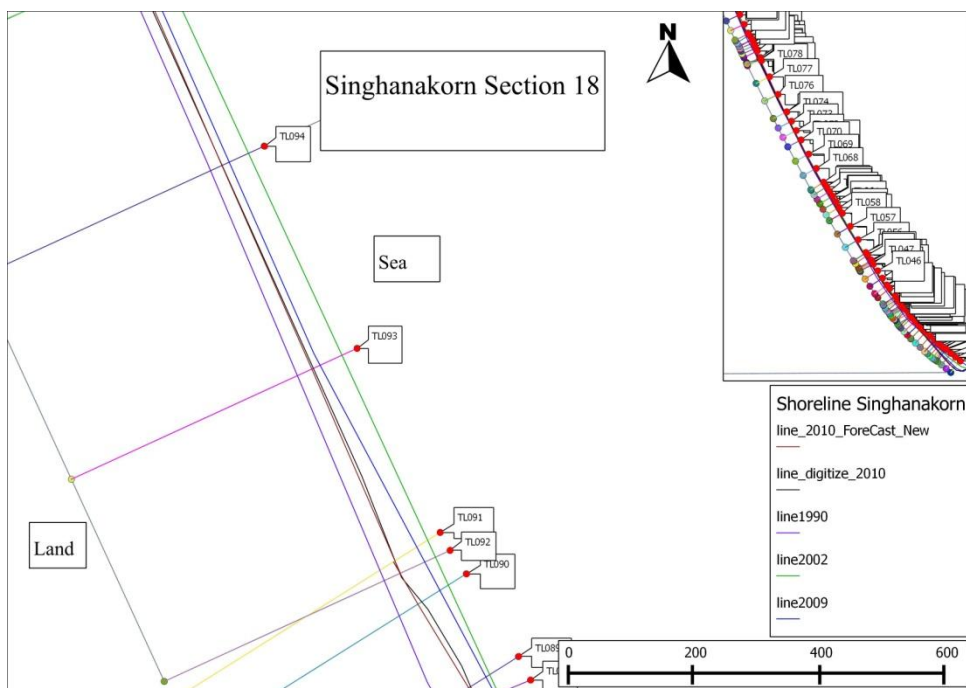
(รูปที่ 3-16) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 82-84 (กำลัง 4)



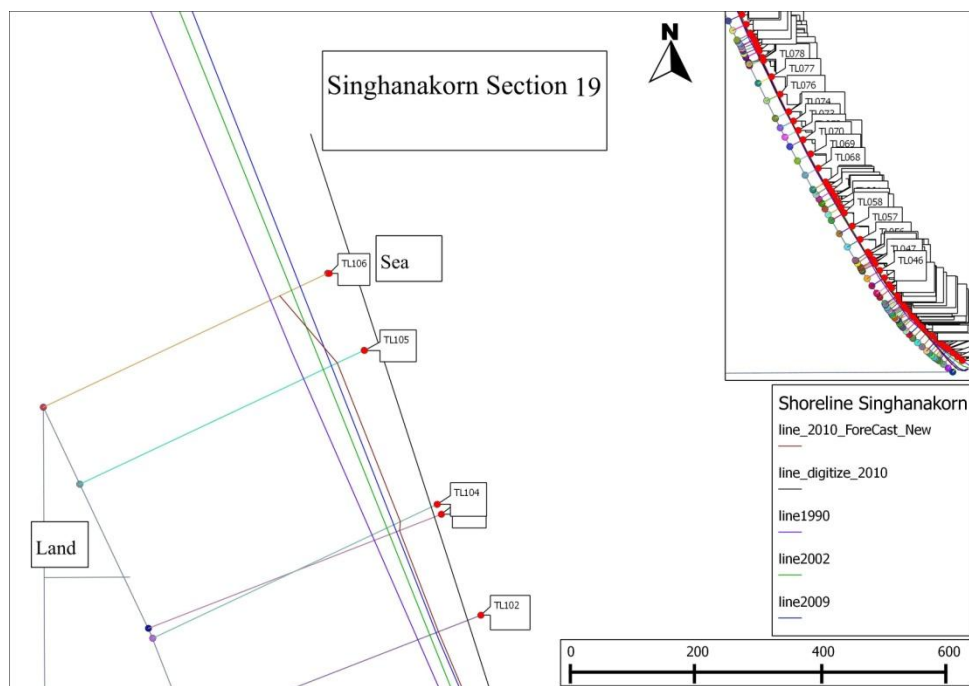
(รูปที่ 3-17) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 85-91 (กำลัง 3)



(รูปที่ 3-18) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 92-99 (กำลัง 2)



(รูปที่ 3-19) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 100-103 (กำลัง 1)



(รูปที่ 3-20) แสดงแนวเส้นชายฝั่งของจุดหักเหของเส้นช่วงแนวเส้นสำรวจที่ 104-106 (กำลัง 4)

จากผลการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลร่วมกับสมการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมพบว่า การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลในลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน คือ เกิดการกัดเซาะหรือการทับถมโดยตลอด สมการที่เหมาะสมคือสมการพหุนามกำลัง 4 ส่วนการเปลี่ยนแปลงที่ไร้ทิศทางซึ่งมีการกัดเซาะและการทับถมในปริมาณที่มากหรือรุนแรงจะมีความเหมาะสมในการใช้สมการพหุนามกำลัง 2 ในการวิเคราะห์

ดังนั้นการพยากรณ์เส้นชายฝั่งโดยการใช้สมการพหุนามจำเป็นต้องมีการศึกษาโดยการเปรียบเทียบสมการพหุนามตามแนวเส้นสำรวจชายฝั่งทุกแนวที่มีการศึกษา เพื่อหาสมการที่เหมาะสมสำหรับแนวชายฝั่งแต่ละจุด

ในส่วนของสมการถดถอยเชิงเส้นเมื่อใช้กับการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในลักษณะดังกล่าวนี้พบว่าให้ผลลัพธ์ในการพยากรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนสูงมาก

## บทที่ 4

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 4.1 สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเป็นเครื่องมือในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอน เช่น มีการกัดเซาะหรือทับถมที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงได้ทดลองใช้สมการพหุนามซึ่งมีความเหมาะสมในการพยากรณ์มาทดลองพยากรณ์กับเส้นชายฝั่งบริเวณอำเภอสิงหนคร

อย่างไรก็ตามการกำหนดว่าจะใช้สมการพหุนามกำลังใด และใช้พยากรณ์กับแนวชายฝั่งบริเวณไหน ควรมีการศึกษาทุกๆแนวการสำรวจ (Transect Line) เนื่องจากความเหมาะสมของแต่ละสมการในการพยากรณ์มีความแตกต่างกันไป ซึ่งอาจจะทำให้การพยากรณ์คลาดเคลื่อนได้แก่

- 4.1.1 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการพยากรณ์ เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่ในการศึกษาครั้งนี้มีจำนวนข้อมูลน้อยซึ่งมีเพียง 3 ปีเท่านั้น ทั้งนี้ในการศึกษาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งควรมีข้อมูลเส้นชายฝั่งอย่างน้อย 3 ปี จึงจะทำให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและสามารถพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งได้ อีกทั้งการใช้วิธีเชื่อมต่อจุด (Interpolate Point) เพื่อเพิ่มค่าข้อมูลอาจจะส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามหากมีจำนวนข้อมูลเส้นชายฝั่งมากกว่า 10 ปีอาจจะทำให้ผลการคำนวณใกล้เคียงมากขึ้น
- 4.1.2 การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งเนื่องจากกิจกรรมบริเวณชายหาด จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ไม่สม่ำเสมอ เช่น การสร้างเขื่อนกันคลื่นในบริเวณเดียวกันหรือบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา อาจส่งผลให้เกิดการกัดเซาะแทนการทับถมในที่ที่มีการทับถมมาก่อนทำให้ชายฝั่งบริเวณนั้นไม่เป็นไปตามวัฏจักรธรรมชาติ
- 4.1.3 ข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมจะต้องมีการปรับค่าตามระดับน้ำทะเลทำนาย โดยข้อมูลจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงจากกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ ซึ่งทำให้ทราบแนวเส้นชายฝั่งที่แท้จริงเพื่อสามารถนำมาคำนวณได้อย่างเหมาะสม

#### 4.2 ข้อเสนอแนะ

- 4.2.1 ควรเลือกภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลขึ้นลงน้อยที่สุด หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล หรือหากมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายในตอนน้ำขึ้นหรือน้ำลงควรมีการปรับปรุงลักษณะเส้นชายฝั่งที่ระดับน้ำทะเลทำนาย
- 4.2.2 ควรใช้ภาพถ่ายดาวเทียมหรือข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ของชายฝั่งทะเลมากกว่า 10 ปี เพื่อเป็นข้อมูลในการนำเข้าโปรแกรมในการคำนวณ

- 4.2.3 ต้องศึกษาการดำเนินกิจกรรมบริเวณชายฝั่งที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียงเพื่อนำมาเลือกช่วงเวลาที่เหมาะสมของการนำข้อมูลแนวชายฝั่งมาคำนวณเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องมากที่สุด
- 4.2.4 ควรลดความผิดพลาดจากการดิจิไตซ์ด้วยการใช้ฟังก์ชันดิจิไตซ์โดยโปรแกรม GIS แทนการดิจิไตซ์ด้วยการลากเส้นดิจิไตซ์ในภาพถ่ายจากดาวเทียม

## เอกสารอ้างอิง

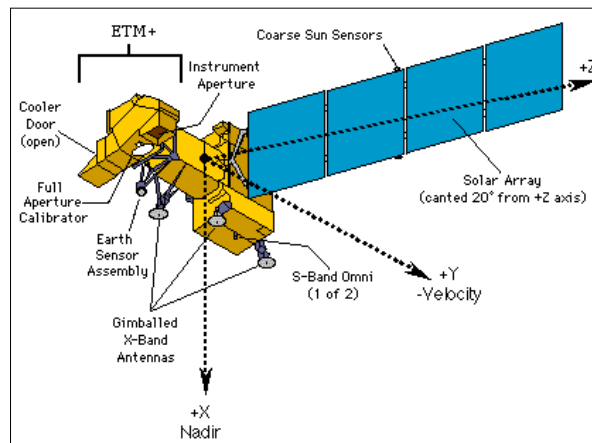
- กรมทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง. 2554. การจัดการการกัดเซาะชายฝั่งทะเลและประเทศไทย. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. [http://www.dmcr.go.th/elibrary/elibrary/book\\_file/Book20121031140935.pdf](http://www.dmcr.go.th/elibrary/elibrary/book_file/Book20121031140935.pdf) (สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2556).
- กรมทรัพยากรธรณี. 2550. แผนที่แสดงพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะชายฝั่งทั่วประเทศ. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. [http://www.dmr.go.th/ewt\\_news.php?nid=1673&filename=index](http://www.dmr.go.th/ewt_news.php?nid=1673&filename=index) (สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2556).
- กรมแผนที่ทหาร. 2556. แผนที่ L7018 มาตราส่วน 1:50,000. กองบัญชาการกองทัพไทย. [http://www.rtsd.mi.th/service/page/06/6\\_2/mapindex.htm](http://www.rtsd.mi.th/service/page/06/6_2/mapindex.htm). (สืบค้นเมื่อวันที่ 1 พฤศจิกายน 2556).
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 2534. มาตรฐานน้ำ น่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา-อ่าวไทย-ทะเลอันดามัน พ.ศ. 2533 กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ก่อสร้างแผนที่: กรมอุทกศาสตร์.
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 2546. มาตรฐานน้ำ น่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา-อ่าวไทย-ทะเลอันดามัน พ.ศ. 2545. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ก่อสร้างแผนที่: กรมอุทกศาสตร์.
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 2553. มาตรฐานน้ำ น่าน้ำไทย แม่น้ำเจ้าพระยา-อ่าวไทย-ทะเลอันดามัน พ.ศ. 2552. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ก่อสร้างแผนที่: กรมอุทกศาสตร์.
- ชาญชัย ธนาวุฒิ และ เซาว์น ยงเฉลิมชัย. 2556. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลอันดามันในเขตพื้นที่จังหวัดพังงาและภูเก็ตโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. The First Joint PSU-UNS International Conference on BioScience: Food, Agriculture, and Environment. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 17-19 สิงหาคม 2549. หน้า 1-54.
- เทศบาลเมืองสิงหนคร. 2556. ข้อมูลทั่วไปเทศบาล. <http://www.singhanakorn.go.th/aboutus>. (สืบค้นเมื่อวันที่ 18 พฤศจิกายน 2556).
- แผนพัฒนากลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน. 2556. เรื่องสภาพทั่วไปของกลุ่มภาคใต้ฝั่งอันดามัน. สำนักบริหารยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดภาคใต้ฝั่งอันดามัน. <http://www.osmsouth-w.moi.go.th/file-data/434431.pdf> (สืบค้นเมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2556).
- รายงานฉบับสมบูรณ์. 2550. ผลกระทบจากคลื่นสูงระหว่างวันที่ 20-23 ธันวาคม 2549 ต่อการกัดเซาะชายฝั่งในจังหวัดชุมพร, สุราษฎร์ธานี, นครศรีธรรมราช, สงขลา และ นราธิวาส. ฝ่ายพัฒนากระบวนการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ ศูนย์พัฒนาภูมิสารสนเทศ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) [http://ocean.gistda.or.th/prg/image/Document/research\\_thai.pdf](http://ocean.gistda.or.th/prg/image/Document/research_thai.pdf) (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2556).

- รายงานฉบับสมบูรณ์. 2552. การติดตามการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในปี 2551 จังหวัดชุมพร, สุราษฎร์ธานี, นครศรีธรรมราช, สงขลา และ นราธิวาส. ฝ่ายพัฒนากระบวนการประยุกต์ภูมิสารสนเทศ ศูนย์พัฒนาภูมิสารสนเทศ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)  
[http://ocean.gistda.or.th/prg/image/Document/research\\_thai.pdf](http://ocean.gistda.or.th/prg/image/Document/research_thai.pdf)  
 (สืบค้นเมื่อวันที่ 10 พฤศจิกายน 2556).
- รายงานฉบับสมบูรณ์. 2556. โครงการศึกษาจัดทำแผนหลักและออกแบบเบื้องต้นในการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง ตั้งแต่แหลมตะลุมพุก ถึงปากน้ำทะเลสาบสงขลา. สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.  
[http://www.dmcr.go.th/elibrary/elibrary/book\\_file/Book20110413101344.pdf](http://www.dmcr.go.th/elibrary/elibrary/book_file/Book20110413101344.pdf)  
 (สืบค้นเมื่อวันที่ 15 พฤศจิกายน 2556).
- รายงานฉบับสมบูรณ์. 2551. โครงการจัดทำแผนหลักและแผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณอ่าวไทยตอนบน. สำนักงานจัดการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลและชายฝั่ง.  
[http://www.dmcr.go.th/elibrary/elibrary/book\\_file/Book20110413095950.pdf](http://www.dmcr.go.th/elibrary/elibrary/book_file/Book20110413095950.pdf)  
 (สืบค้นเมื่อวันที่ 2 พฤศจิกายน 2556).
- สุวลักษณ์ สารณัฐพันธ์. 2554. การจัดการชายฝั่งบูรณาการสู่ความยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. นครปฐม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง, ชัยพันธุ์ รักรวิชัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนล่าง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42 สาขาวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 3-6 กุมภาพันธ์ 2547. หน้า 42-50.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2557. รายละเอียดคุณลักษณะดาวเทียม.  
[http://www.gistda.or.th/gistda\\_n/index.php/service/75](http://www.gistda.or.th/gistda_n/index.php/service/75). (สืบค้นเมื่อวันที่ 14 พฤษภาคม 2557).
- Chusrinuan, N., Tanavud, C., and Yongchalermchai, C. 2009, Impacts of Shoreline Erosion on Coastal Ecosystems in Songkhla Province, Songklanakarin J. Sci. Technol, Volume 31, No.2 pp 237-245.
- Fletcher, C.H., Rooney, J., Barbee, M., Lim S., and Richmond, B., 2003, Mapping Shoreline Change Using Digital Orthophotogrammetry on Maui, Hawaii, Journal of Coastal Research, SI(38): pp 106-124.
- Fletcher, C.H., Barbee, M., Dyer, M., Genz, A., and Vitousek, S. 2007, Mañagaha Island Shoreline Stability Assessment, Report to the Coastal Resources Management Office, Commonwealth of the Northern Mariana Islands, Saipan, N.p. [17.102]
- Frazer, L.N., Genz, A.S., and Charles, H.F. 2009, Toward Parsimony in Shoreline Change Prediction (II) : Applying Basis Function Methods to Real and Synthetic Data, Journal of Coastal Research, Volume 25, No.2, pp 380-392.



- Genz, A.S., Frazer, L.N., and Charles, H.F. 2009, Toward Parsimony in Shoreline Change Prediction (I): Basis Function Methods, *Journal of Coastal Research*, Volume 25, No2, pp 366-379.
- Gibeaut, J.C., Hepner, T., Waldinger, R., Andrews, J., Gutierrez, R., Tremblay T.A., Smyth, R., and Liying Xu. 2001, A Report of the Texas Coastal Coordination Council Pursuant to National Oceanic and Atmospheric Administration Award No. NA970Z0179. Texas, USA, N.p. [17.102]
- Jacobson, B., and Denise, M., 2008, Analysis of Coastal Erosion on Martha's Vineyard, Massachusetts: A Paraglacial Island, Master of Sciences, Department of Natural Resources Conservation, University of Massachusetts.
- Jon, P. 2011, Peltier Tech Excel Charts and Programming, <http://peltiertech.com/WordPress/excel-interpolation-formulas>. (accessed 01/01/2014).
- Prukpitikul, S., Buakaew, V., Keshdet, W., Kongprom, A., and Kaewpoo, N. 2012, Shoreline Change Prediction Model for Coastal Zone Management in Thailand. *Journal of Shipping and Ocean Engineering*. Volumn 25, No.2, pp 238-243.
- QGIS Development Team, 2013, QGIS 1.8 Geographic Information System User Guide. OpenSourceGeospatialFoundationProject.Electronic document: <http://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/<DOCUMENT>> (accessed 07/14/2012)
- Robert, D., Michael, S.F., and Stuart, J.H. 1991, Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion, *Journal of Coastal Research*, Volume 7, No. 3, pp 723-744.
- Romine, B.M., Fletcher, C.H., Genz, A., Frazer, L., Barbee, M., Lim, S., and Dyer, M. 2009, Measuring Historical Shoreline Change, Applying New Polynomial Change Model: Southeast Oahu, Hawaii, *Journal of Coastal Research*, Volumn 25, No.6, pp 668-678.
- USGS Department, 2012, EartExplorer, <http://earthexplorer.usgs.gov>, (accessed 03/14/2013).

## ภาคผนวก ก

คุณลักษณะภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM<sup>+</sup>

(รูปที่ ก-1) แสดงลักษณะของดาวเทียม Landsat 7

ดาวเทียม Landsat 7 พัฒนาโดย 3 หน่วยงานได้แก่ NASA, NOAA และ USGS โดย

NASA : มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบด้านการพัฒนาตัวดาวเทียม, อุปกรณ์, จรวดส่งดาวเทียม ระบบควบคุมภาคพื้นดิน การส่งดาวเทียมขึ้นวงโคจร และการตรวจสอบวงโคจรและการปรับเทียบอุปกรณ์

NOAA : มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบด้านระบบปฏิบัติการของดาวเทียมทั้งหมด ตลอดอายุการทำงานของดาวเทียม

USGS : มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบการรับสัญญาณข้อมูล, การผลิตข้อมูล, การเก็บรักษาข้อมูล และการแจกจ่ายข้อมูล

ซึ่งดาวเทียม Landsat 7 ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรโดยจรวด McDonald Douglas Delta II จากรัฐ Vandenberg, California เมื่อวันที่ 15 เมษายน พ.ศ. 2542

(ตารางที่ ก-1 a) คุณลักษณะดาวเทียม Landsat 7

คุณลักษณะดาวเทียม	
เส้นผ่าศูนย์กลาง	1.8 เมตร
น้ำหนัก	2,150 กิโลกรัม
ความสูงของการโคจร	705 กิโลเมตร
ลักษณะการโคจร	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์โดยผ่านขั้วโลก
เอียงทำมุมกับแกนโลก	98.2 องศา
เวลาท้องถิ่นในการบันทึกข้อมูล	10.00 น.
เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบ	98.9 นาที
จำนวนรอบของการโคจรใน 1 วัน	14.5 รอบ
บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิม	ทุก 16 วัน
ระบบบันทึกข้อมูล	ETM <sup>+</sup> (Enhanced Thematic Mapper Plus)
รายละเอียดภาพ	30, 60 (อินฟราเรดความร้อน) และ 15 (PAN) เมตร
ความกว้างของภาพ	185 กิโลเมตร
อายุการทำงานที่คาดการณ์	5 ปี

ที่มา : (เว็บไซต์สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ 2557)

โดยระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM<sup>+</sup>) สามารถถ่ายภาพได้ 8 ช่วงคลื่นดังตารางที่ ก-1 (b)

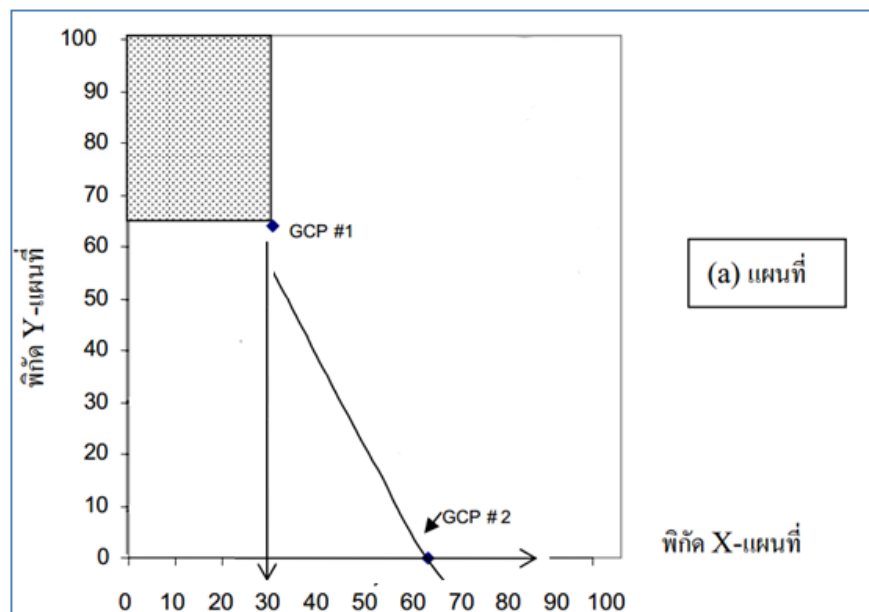
(ตารางที่ ก-1 b) แสดงข้อมูลรายละเอียดของระบบบันทึกภาพ

ระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM <sup>+</sup> )	
ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	ประเภทข้อมูลที่ได้
แบนด์ 1 : แบนด์ 1 : 0.450-0.515 (สีน้ำเงิน-เขียว)	ตรวจสอบลักษณะน้ำชายฝั่ง, แยกพืช
แบนด์ 2 : 0.525-0.605 (เขียว)	แยกชนิดพืช
แบนด์ 3 : 0.630-0.690 (แดง)	ความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืช
แบนด์ 4 : 0.775-0.900 (ใกล้อินฟราเรด)	ความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่ น้ำ
แบนด์ 5 : 1.550-1.750 (อินฟราเรดคลื่นสั้น)	พืช, ความชื้นในดิน, แยกความแตกต่างเมฆและหิมะ
แบนด์ 6 : 10.40-12.50 (อินฟราเรดความร้อน)	ความร้อนผิวหน้า, ความชื้นของดิน
แบนด์ 7 : 2.090-2.350 (อินฟราเรดสะท้อน)	แยกชนิดดิน
PAN : 0.520-0.900 (สีเขียว- ใกล้อินฟราเรด)	แหล่งชุมชน, สิ่งก่อสร้าง, เส้นทางคมนาคม

ที่มา : (เว็บไซต์สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ 2557)

การการแก้ไขภาพเชิงเรขาคณิตและคำนวณค่าความผิดพลาดของภาพถ่ายจากดาวเทียม

	1	2	3	4	5	X
1	GCP # 1					
2						
3						
4						
5					GCP # 2	



(รูปที่ ก-2) แสดงตำแหน่งจุดควบคุมจากภาพถ่ายจากดาวเทียมและแผนที่ที่ตรงกับภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่มา : ดัดแปลงจาก Verbyla, 1995

ซึ่งจากข้อมูลแผนภาพสามารถนำมาเขียนลงในตาราง (ตารางที่ ก-2 (a)) ได้ดังนี้  
(ตารางที่ ก-2 a) ตัวอย่างการคำนวณตำแหน่งจุดควบคุมจากภาพถ่าย และแผนที่ที่ตรงกับภาพถ่าย  
จากดาวเทียม

GCP (จุดภาพ)		GCP (แผนที่ )	
X	Y	X	Y
1	1	30	55
5	5	62	1

จากข้อมูลใช้วิธีการทางสถิติแบบการถดถอยเชิงเส้นตรง ในการพัฒนาโมเดลการแปลงจุด  
พิกัดภาพไปเป็นพิกัดบนพื้นดิน นั่นคือ การพัฒนาสมการในการคาดคะเนจุดพิกัดภาพที่ตรงกับ  
ตำแหน่งบนแผนที่โดยใช้สมการแปลงแบบ affine ดังนี้

$$\text{GCP } X_{\text{จุดภาพ}} = 1.731 + 0.0851 (X_{\text{แผนที่}}) - 0.0526 (Y_{\text{แผนที่}})$$

$$\text{GCP } Y_{\text{จุดภาพ}} = 8.078 + 0.0526 (X_{\text{แผนที่}}) - 0.0851 (Y_{\text{แผนที่}})$$

จากสมการสามารถคำนวณตำแหน่งใหม่ของจุดภาพเดิม และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับ  
ตำแหน่งของจุดภาพเดิมว่ามีความคลาดเคลื่อนหรือไม่ จากข้อมูลตัวอย่างจะได้ความคลาดเคลื่อนทาง  
X และ Y ของแต่ละจุดภาพจากโมเดล affine (ตาราง ก-2 (b), ก-2(c)) ดังนี้

(ตารางที่ ก-2 b) ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนทาง X ในการคำนวณตำแหน่งจุดภาพ

ความคลาดเคลื่อนทาง X		
X จริง	X ที่คาดคะเน	ความคลาดเคลื่อนตกค้าง
1	$1.731 + 0.0851 (30) - 0.0526 (55)$	$1.391 - 1 = 0.391$
5	$1.731 + 0.0851 (62) - 0.0526 (1)$	$6.9546 - 5 = 1.9546$

(ตารางที่ ก-2 c) ตารางแสดงค่าความคลาดเคลื่อนทาง Y ในการคำนวณตำแหน่งจุดภาพ

ความคลาดเคลื่อนทาง Y		
Y จริง	Y ที่คาดคะเน	ความคลาดเคลื่อนตกค้าง
1	$8.078 + 0.0526 (30) - 0.0851 (55)$	$4.9755 - 1 = 3.9755$
5	$8.078 + 0.0526 (62) - 0.0851 (1)$	$11.2541 - 5 = 6.2541$

ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเกิดจากการกำหนดตำแหน่งผิดพลาด สามารถหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ Root Squared Error ซึ่งได้จากระยะทางที่เป็นเส้นตรงจุดจริงกับจุดที่คาดคะเนทั้งในตำแหน่ง x และ y สามารถคำนวณหาค่า Root Squared Error (ตาราง ก-2 (d)) ได้ดังนี้

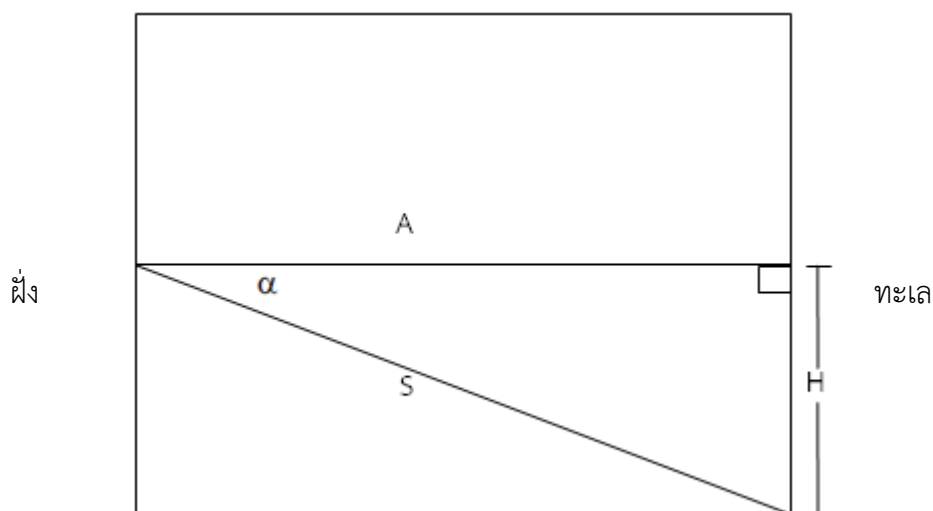
(ตารางที่ ก-2 d) ตารางแสดงการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อน Root Squared Error

จุด GCP ที่	ความคลาดเคลื่อน
1	$\text{SQRT}(0.391^2 + 3.9755^2) = 2.089$
2	$\text{SQRT}(1.9546^2 + 6.2541^2) = 2.865$

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของโมเดล } \text{RMS}_{\text{error}} = \frac{2.089+2.865}{2} = 2.477$$

### การคำนวณระยะแนวเส้นชายฝั่งจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

- ข้อมูลที่นำมาใช้ในการคำนวณ ได้แก่ มุมองศาของแนวความชัน (Slope) ชายฝั่งที่ทำมุมกับแนวระดับน้ำทะเลบริเวณที่ศึกษา และระดับความสูงน้ำทะเลปานกลาง



(รูปที่ ก-3) แสดงการคำนวณระยะแนวเส้นชายฝั่งจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

- H แทนความสูงระดับน้ำทะเลท้องถิ่นเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง
- S แทนระยะทางความชันของแนวชายฝั่ง
- A แทนระยะทางของแนวน้ำจากจุด H จนถึงจุดตำแหน่งแนวชายฝั่ง

ตัวอย่างการคำนวณ

สูตร ความสูงของน้ำท้องถิ่นเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง = ค่าระดับน้ำลงต่ำสุด - ระดับน้ำทำนายน

ตัวอย่างเช่น อ่านค่าระดับน้ำลงต่ำสุดได้ 1.84 เมตร และอ่านค่าระดับน้ำทำนายนได้ 3 เมตร

ดังนั้น ความสูงระดับน้ำท้องถิ่น =  $1.84 - 3 = 1.16$  เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ความชันชายฝั่งมีมุมเฉลี่ย  $30^\circ$  (ข้อมูล beach profile จากกรมทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง)

สูตร ตรีโกณมิติ

$$\sin \alpha = \frac{H}{S}$$

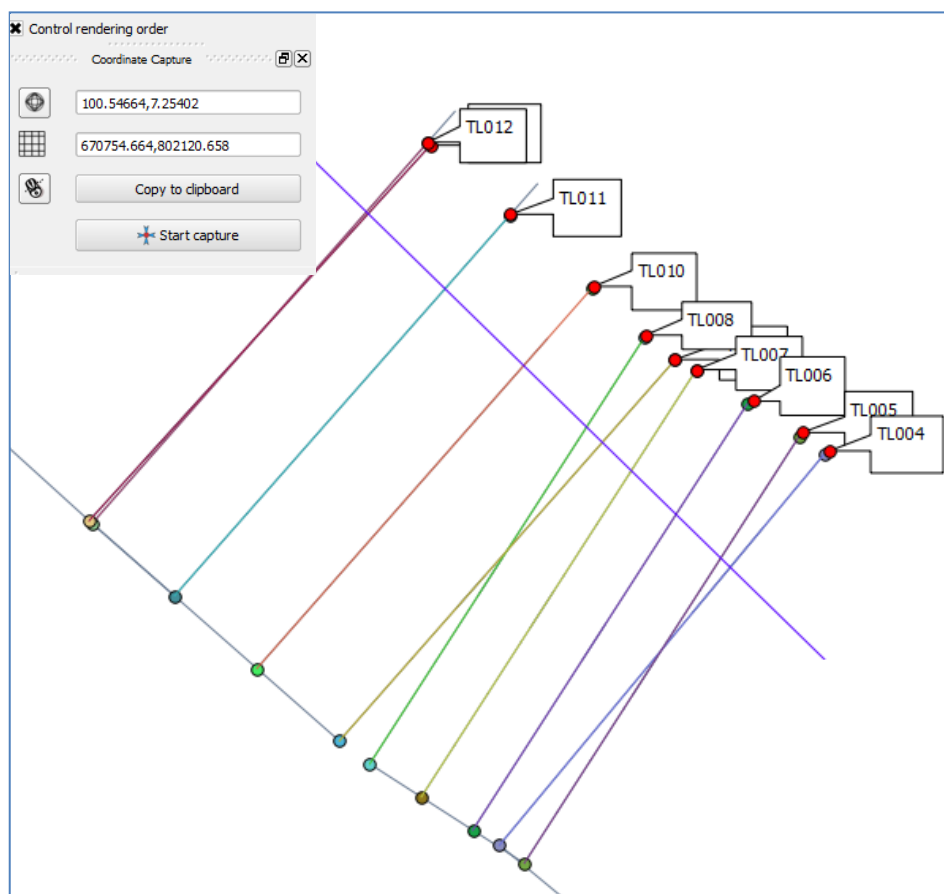
$$\cos \alpha = \frac{A}{S}$$

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{H}{A}$$

$$\tan 30^\circ = \frac{1.16}{A} \quad \text{ดังนั้น} \quad A = \frac{1.16}{\tan 30^\circ} = 0.9477 \text{ เมตร}$$

## การคำนวณระยะห่างระหว่างเส้นแนวฐานชายฝั่งและเส้นชายฝั่งที่ศึกษา

1. การคำนวณหาระยะห่างในแผนที่ที่แสดงอยู่ในโปรแกรม Quantum GIS เป็นการคำนวณโดยนำค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่อยู่ในรูปของยูทีเอ็ม (UTM Coordinate Systems) มาลบกันระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดสุดท้ายที่ต้องการเพื่อคำนวณหาระยะห่างในหน่วยของเมตร



(รูปที่ ก-4) แสดงการวัดระยะห่างโดยการใช้เครื่องมือ Coordinate Capture

2. นำค่าพิกัดยูทีเอ็ม (UTM Coordinate Systems) มาคำนวณระยะห่างโดยใช้สูตรพิทาโกรัสดังนี้

$$A^2 + B^2 = C^2$$

ค่า A คือ ความยาวด้านประกอบมุมฉากด้านที่ 1

ค่า B คือ ความยาวด้านประกอบมุมฉากด้านที่ 2

ค่า C คือ ความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก

$$\text{ดังนั้น } C = \sqrt{A^2 + B^2}$$



โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการคำนวณระยะห่างในระบบพิกัดยูทีเอ็มได้ดังนี้  
สูตรการหาระยะห่างในระบบพิกัดยูทีเอ็ม (UTM Coordinate Systems)

$$D = \sqrt{(E_1 - E_2)^2 + (N_1 - N_2)^2}$$

ค่า D คือ ระยะห่างระหว่างตำแหน่งของเส้นฐานชายฝั่งและเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

ค่า  $E_1$  คือ ค่าพิกัดทางตะวันออกของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นแนวฐานชายฝั่ง

ค่า  $E_2$  คือ ค่าพิกัดทางตะวันออกของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

ค่า  $N_1$  คือ ค่าพิกัดทางเหนือของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นแนวฐานชายฝั่ง

ค่า  $N_2$  คือ ค่าพิกัดทางเหนือของตำแหน่งชายฝั่งของเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

ตัวอย่างการคำนวณ

$$D = \sqrt{(E_1 - E_2)^2 + (N_1 - N_2)^2}$$

$$D = \sqrt{(671543.486 - 671662.617)^2 + (801487.593 - 801631.338)^2}$$

$$D = 186.69 \text{ เมตร}$$

ตัวอย่างของการสร้างสมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่ง

สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

x	y
1	460.0806
12	330.1802
19	175.78

(รูปที่ ก-5 a) แสดงข้อมูลนำเข้าโปรแกรม

โดยค่า x คือ ค่าจำนวนปีที่ศึกษา

ค่า y คือ ค่าระยะห่างที่วัดจากเส้นแนวฐานชายฝั่งไปยังเส้นชายฝั่งปีที่ศึกษา

เมื่อนำเข้าข้อมูลสู่โปรแกรม Microsoft Excel ให้เลือกทำการจัดรูปแบบเส้นแนวโน้มแบบสมการถดถอยเชิงเส้น, สมการพหุนามกำลังต่างๆ ตามลำดับ (รูปที่ ก-5 b, c, d และ e)

จัดรูปแบบเส้นแนวโน้ม

**ตัวเลือกเส้นแนวโน้ม**

สีเส้น  
ลักษณะเส้น  
เงา

**ตัวเลือกเส้นแนวโน้ม**

ชนิดแนวโน้ม/การถดถอย

เอ็กซ์โพเนนเชียล

เชิงเส้น

ลอการิทึม

โพลีโนเมียล ลำดับ: 2

ยกกำลัง

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ระยะเวลา: 2

ชื่อเส้นแนวโน้ม

อัตโนมัติ: เชิงเส้น (ชุดข้อมูล1)

กำหนดเอง:

การพยากรณ์

ไปยังหน้า: 0.0 คำนวณ

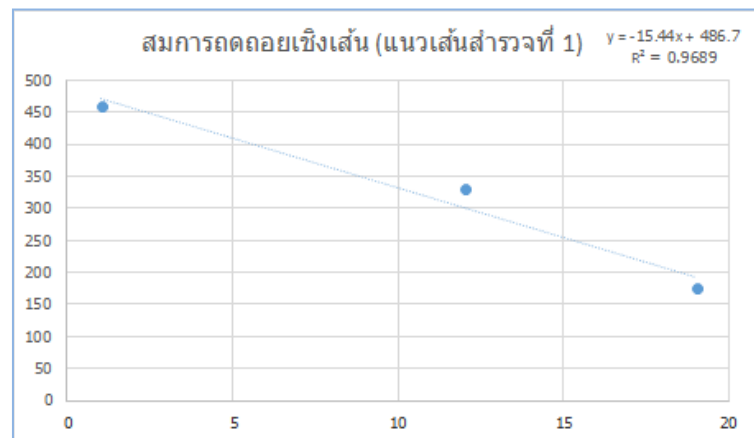
ย้อนกลับ: 0.0 คำนวณ

ตั้งค่าจุดตัดแกน = 0.0

แสดงสมการบนแผนภูมิ

แสดงค่า R-squared บนแผนภูมิ

ปิด



(ก-5 b)

จัดรูปแบบเส้นแนวโน้ม

**ตัวเลือกเส้นแนวโน้ม**

สีเส้น  
ลักษณะเส้น  
เงา

**ตัวเลือกเส้นแนวโน้ม**

ชนิดแนวโน้ม/การถดถอย

เอ็กซ์โพเนนเชียล

เชิงเส้น

ลอการิทึม

พหุนาม **ลำดับ:** 2

ยกกำลัง

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ **ช่วงเวลา:** 2

**ชื่อเส้นแนวโน้ม**

อัตโนมัติ: พหุนาม (ชุดข้อมูล1)

กำหนดเอง:

**การพยากรณ์**

ไปข้างหน้า: 0.0 คาบ

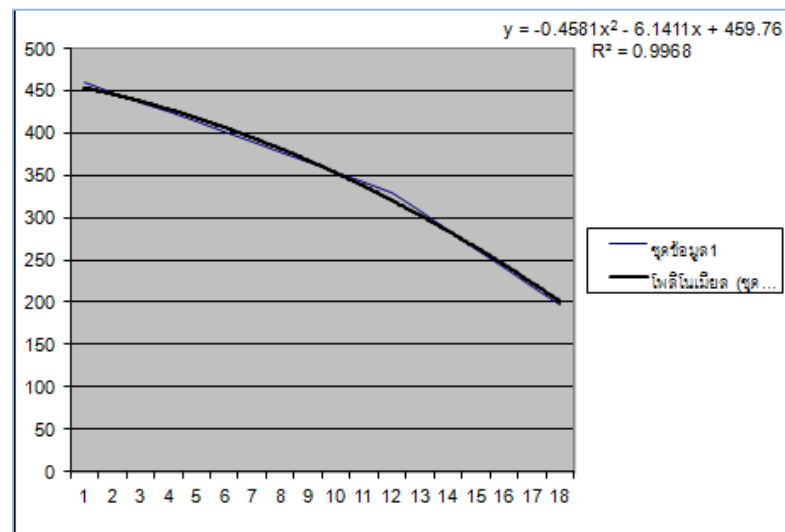
ย้อนกลับ: 0.0 คาบ

ตั้งค่าจุดตัดแกน = 0.0

แสดงสมการบนแผนภูมิ

แสดงค่า R-squared บนแผนภูมิ

ปิด



(ก-5 c)

จัดรูปแบบเส้นแนวโน้ม

ตัวเลือกเส้นแนวโน้ม

สีเส้น  
ลักษณะเส้น  
เงา

ตัวเลือกเส้นแนวโน้ม

ชนิดแนวโน้ม/การถดถอย

เอ็กซ์โพเนนเชียล

เชิงเส้น

ลอการิทึม

โพลีโนเมียล ลำดับ: 3

ยกกกำลัง

ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ระยะเวลา: 2

ชื่อเส้นแนวโน้ม

อัตโนมัติ: โพลีโนเมียล (ชุดข้อมูล1)

กำหนดเอง:

การพยากรณ์

ไปข้างหน้า: 0.0 คาบ

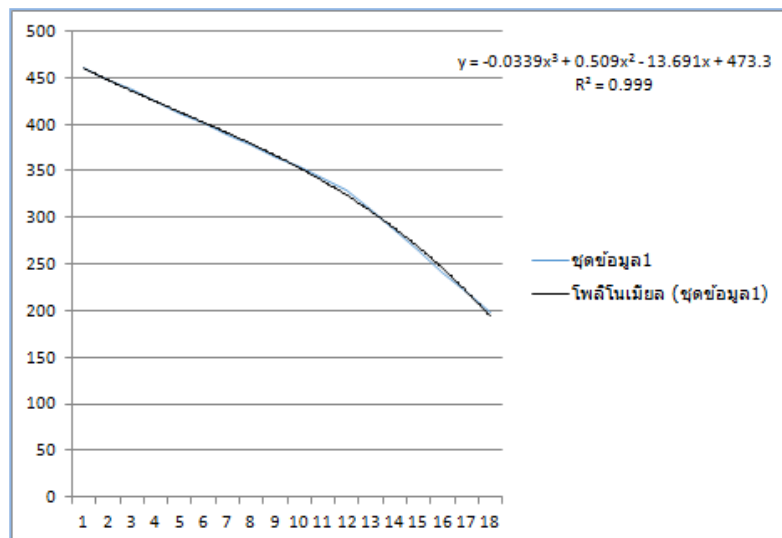
ย้อนกลับ: 0.0 คาบ

ตั้งค่าจุดตัดแกน = 0.0

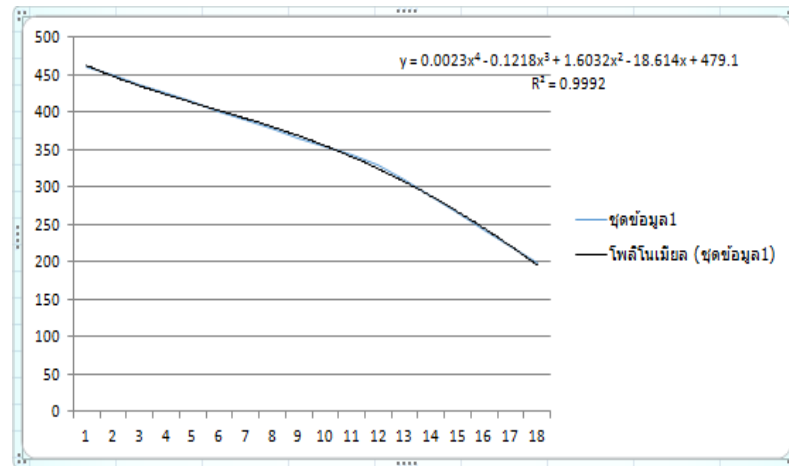
แสดงสมการบนแผนภูมิ

แสดงค่า R-squared บนแผนภูมิ

ปิด



(ก-5 d)



(ก-5 e)

(รูปที่ ก-5 b) แสดงสมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการถดถอยเชิงเส้น, (ก-5 c) สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการพหุนามกำลัง 2, (ก-5 d) สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการพหุนามกำลัง 3 และ (ก-5 e) สมการพยากรณ์ตำแหน่งชายฝั่งที่เหมาะสมของสมการพหุนามกำลัง 4



## ภาคผนวก ข

### การใช้วิธี Simple Linear Regression เพื่อวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลง ชายฝั่ง กรณีศึกษา: อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

The use of Simple Linear Regression method for analyzing shoreline change  
rate: A case study, Singhanakorn District, Songkhla Province.

ทวิศักดิ์ รักษ์สุวรรณ<sup>1\*</sup> อำนวย สิทธิเจริญชัย<sup>2</sup>

<sup>1</sup>สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

<sup>2</sup>สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง สถาบันทรัพยากรทะเลและชายฝั่ง  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110

\*ทวิศักดิ์ รักษ์สุวรรณ E-mail: tawisak.ruksuwan@gmail.com

#### บทคัดย่อ

จากการศึกษาหาอัตราการเปลี่ยนแปลงสภาพชายฝั่งทะเล บริเวณชายฝั่งอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาความยาวประมาณ 21 กิโลเมตรโดยใช้วิธี Simple Linear Regression ร่วมกับการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในช่วงเดือนมิถุนายนของปี ค.ศ. 1990 2002 และ 2009 ซึ่งนำมาปรับแก้แนวชายฝั่งทะเลจากการขึ้นลงของน้ำทะเล โดยข้อมูลจากกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือในช่วงเวลาที่มีการถ่ายภาพ ทั้งนี้ได้กำหนดจุดที่เป็นตัวแทนในการประเมินจำนวน 21 จุดพบว่าสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงได้ใกล้เคียงกับการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน

ทั้งนี้พบว่าการกัดเซาะชายฝั่งทะเลในบริเวณดังกล่าวมีการกัดเซาะสูงสุดที่ -10.69 เมตรต่อปีที่บริเวณบ้านหาดแก้ว และต่ำสุดที่ -0.153 เมตรต่อปีที่บริเวณบ้านวัดขนุน และมีอัตราการสะสมตัวมากที่สุดที่+5.018 เมตรต่อปีบริเวณบ้านวัดขนุน ส่วนบริเวณที่มีอัตราการสะสมตัวน้อยที่สุดที่ +0.180 เมตรต่อปีบริเวณวัดมะขามคลาน

**คำสำคัญ** Simple Linear Regression , อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง , ภาพถ่ายดาวเทียม

#### บทนำ

การกัดเซาะชายฝั่งเป็นวัฏจักรที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยในฤดูมรสุม คลื่น ลม พายุ จะพัดพาเอาตะกอนทรายชายหาดไปทับถมเกิดการงอกเป็นสันดอนทรายในทะเล เมื่อฤดูร้อนเข้ามาคลื่นหัวเรียบจะเป็นตัวพัดพาสัน

ดอนทรายใต้ทะเล มาทับถมบริเวณชายหาดเดิม ปรากฏการณ์นี้มักเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี[1.] ซึ่งหากมีสิ่งก่อสร้างเข้ามาเพิ่มเติมบริเวณชายหาด ทำให้ระบบเสียสมดุลเพราะเมื่อกระแสน้ำชายฝั่งกระทบสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ ซึ่งเป็นของแข็งก็จะทำให้กระแสน้ำเปลี่ยน

ทิศทาง และเพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาทรายให้เคลื่อนที่ไป ทั้งนี้จากการทบทวนงานวิจัยที่ได้มีการศึกษาในจังหวัดสงขลาได้รายงานว่าบริเวณอำเภอสิงหนครมีอัตราการกัดเซาะชายฝั่ง 5-20 เมตรต่อปี โดย ผศ.พยอม รัตน์มณีและคณะรายงานว่า บริเวณบ้านหาดทรายแก้ว อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งในระดับรุนแรง 9.72 เมตรต่อปี [2.]

ปัจจุบันโมเดลทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ได้เข้ามามีบทบาทในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เป็นการใช้สมการคณิตศาสตร์มาอธิบายเชิงระบบ โดยการจำลองการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ (Simulation) ซึ่งได้มีการใช้ในงานสายวิทยาศาสตร์

โมเดลทางคณิตศาสตร์สำหรับศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเส้นชายฝั่งมีอยู่มากมายหลากหลายชนิด ทั้งที่เป็นโปรแกรม (Software) ลิขสิทธิ์ และ เปิด เผย (Open source) แต่โปรแกรมที่น่าสนใจมีอยู่ 3 โปรแกรมได้แก่ Mike 21 GENESIS และ Digital Shoreline Analysis System (DSAS 4.0) ทั้งนี้ Mike 21 เลียนแบบการเคลื่อนที่ของตะกอน และระบบนิเวศในแม่น้ำ การจำลองทะเลสาบในรูปแบบ 2 มิติได้ แบบจำลอง Mike 21 เป็นแบบจำลองซึ่งวิเคราะห์การกัดเซาะชายฝั่งได้เป็นอย่างดีแต่มีราคาสูง แบบจำลองที่สองได้แก่ Generalized Model for Simulating Shoreline Change (GENESIS) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ความหนาแน่นของตะกอน ขนาดตะกอน เพื่อนำมาอธิบายการกัดเซาะชายฝั่ง แบบจำลองที่สามได้แก่ Digital Shoreline Analysis System (DSAS 4.0)

เป็นโมดูลเสริม (Extension) ของ ArcGIS ซึ่งใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในอดีตเป็นข้อมูลนำเข้า และสามารถคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งได้สำหรับ โปรแกรม (Software) นี้ยังคงมีข้อจำกัดทางด้านลิขสิทธิ์

Simple Linear Regression เป็นสมการคณิตศาสตร์เส้นตรงที่มีตัวแปรเพียงตัวเดียว หากแต่นำมาประยุกต์กับการเปลี่ยนแปลงชายหาด โดยทำงานร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการพิจารณาตามจุดพิกัดต่างๆ ที่สำคัญ ตามแนวชายฝั่งทะเล ร่วมกับการใช้การต่อเชื่อมจุด ทั้งในแนวชายฝั่งและการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงตามอนุกรมเวลา (Time Series) แล้วสามารถพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งได้ ซึ่ง E.A. Himmelstoss ใช้วิธี Simple Linear Regression วิเคราะห์ด้วยเช่นกัน [3.]

วัตถุประสงค์ในการทำงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษา Simple Linear Regression Method ร่วมกับการใช้ออนุกรมเวลา (Time Series) นำมาใช้ในการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้วยตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยทางผู้วิจัยได้ตั้งคำถามวิจัยว่า “โปรแกรมคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่พัฒนาขึ้นเองคำนวณได้ถูกต้องหรือไม่” โดยมีสมมุติฐานว่าระยะห่างที่ตั้งฉากจาก Baseline มายังเส้น Shoreline ที่ศึกษาสัมพันธ์กับคาบเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

## ระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย

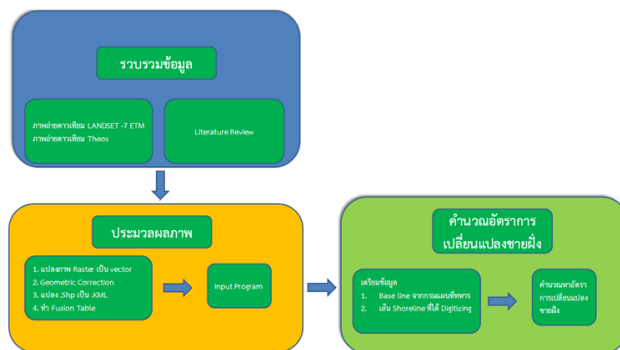
### ขั้นตอนที่ 1 การรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSET ของปี 1990 2002 และ 2009 (ภาคผนวกรูปที่ 1 2 และ 3) และข้อมูล Baseline จากกรมแผนที่ทหารปี 1999 (ภาคผนวกรูปที่ 4)



## ขั้นตอนที่ 2 การสร้างแบบจำลองใน Quantum GIS

จึงเข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแปลงภาพถ่ายดาวเทียมจาก Raster Image เป็น Vector ด้วยโปรแกรม Wintopo 1.7.4 (ภาคผนวกรูปที่ 5 6 และ 7) เพื่อนำไป Digitizing ด้วยโปรแกรม Quantum GIS 1.8 พิจารณาเฉพาะเส้นชายฝั่งบริเวณสิงหนคร จากนั้นให้ปรับแก้ระดับน้ำขึ้นน้ำลง ตามข้อมูลของกรมอุทกศาสตร์ หลังจากนั้นวิเคราะห์หาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งโดยวัดระยะห่างจาก Baseline ไปยังเส้นชายฝั่งปี ค.ศ.ที่ศึกษา (ภาคผนวกรูปที่ 8) จากนั้นบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์หาสมการถดถอยอย่างง่าย (ภาคผนวกรูปที่ 9) จากนั้นนำสมการที่ได้มาพยากรณ์เส้นชายฝั่งปี 1990 2002 2009 และ 2015(ภาคผนวกรูปที่ 10) จากนั้นเปลี่ยนระบบพิกัดเป็น WGS84 (ภาคผนวกรูปที่ 11) เพื่อวิเคราะห์จุดตำแหน่งที่มีการกัดเซาะมากที่สุด กัดเซาะน้อยที่สุด จุดที่ทับถมมากที่สุด และจุดที่ทับถมน้อยที่สุดตามลำดับ (ภาคผนวกรูปที่ 12 13 14 และ 15) สามารถดูกระบวนการสร้างโปรแกรม ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 Procedure กระบวนการสร้างโปรแกรมคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง

## สมการ

สมการหาชายฝั่งเส้นใหม่  $y = ax + b$  (1)

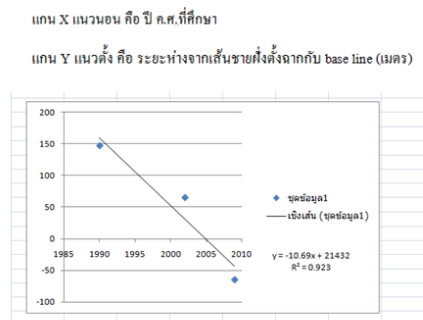
โดยค่า  $Y$  จะเป็นตำแหน่งบนเส้นชายฝั่งใหม่ (Shoreline Position) ที่คำนวณได้จาก  $a$  คืออัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง ณ จุดที่เป็นตัวแทนในการศึกษาคุณด้วย  $x$  คือปี ค.ศ.ที่จะทำนายบวกด้วย  $b$  คือค่าคงที่ที่ได้จากการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลง[4.]

## ผลการศึกษาวิจัยและการอภิปรายผล

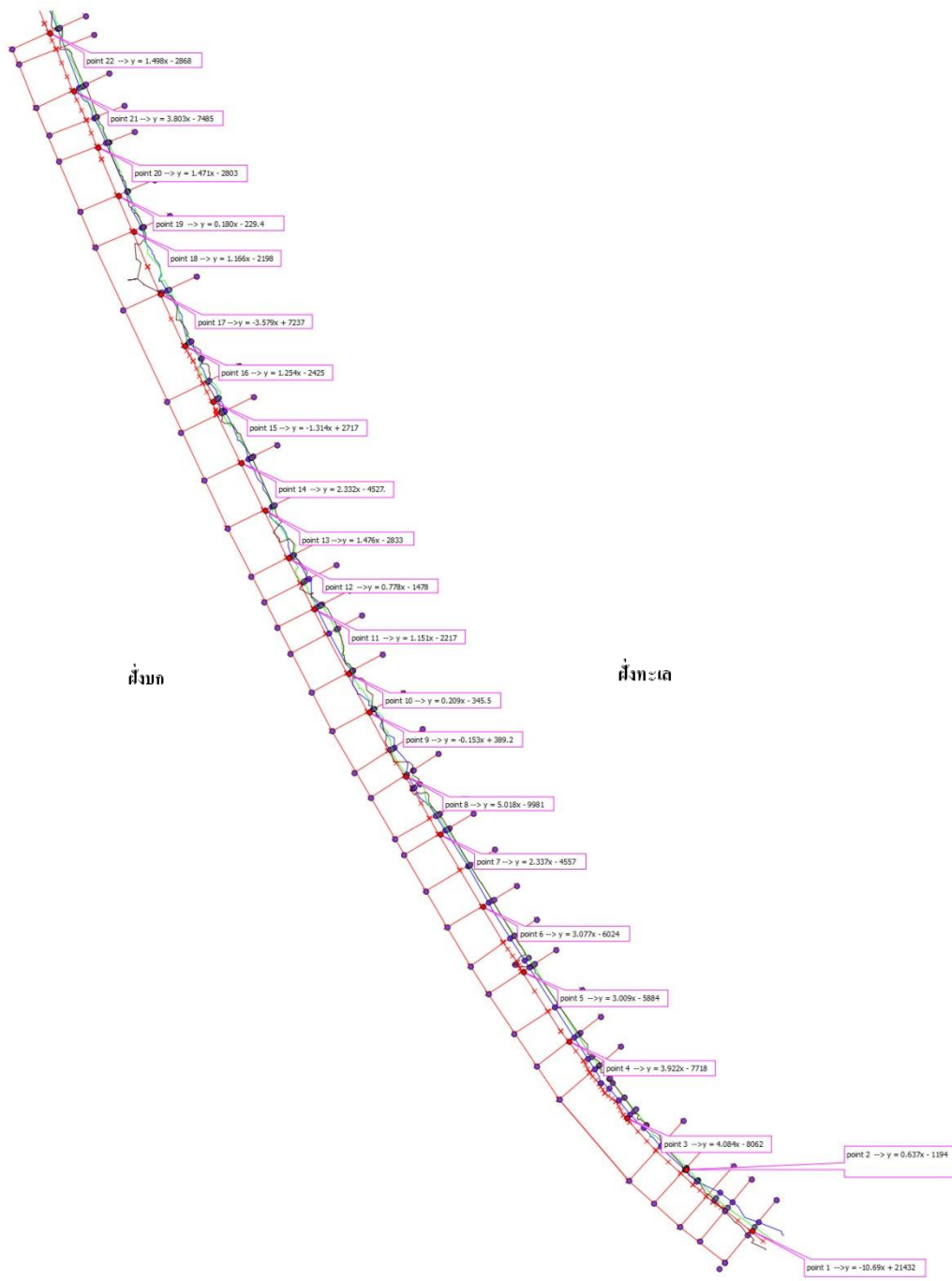
จากการศึกษาวิจัยเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเส้นชายฝั่งของอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาในครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งของแต่ละจุดที่เป็นตัวแทนในการศึกษา จากรูปที่ 7 ทางผู้วิจัยได้แบ่งจุดวิเคราะห์ ออก เป็น 21 จุดโดยแต่ละจุดจะห่างกันประมาณ 1 กิโลเมตร ซึ่งจุดที่มีค่าอัตราการกัดเซาะมากที่สุดคือจุดที่ 1 มีค่า -10.69 เมตรต่อปี บริเวณบ้านหาดทรายแก้ว และบริเวณที่มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งน้อยที่สุดคือจุดที่ 9 มีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งเท่ากับ -0.153 เมตรต่อปี บริเวณบ้านวัดขนุน จากสมการชายฝั่งมีอัตราการสะสมตัวมากที่สุดเท่ากับ +5.018 เมตรต่อปีบริเวณบ้านวัดขนุน จุดที่ 8 ส่วนบริเวณชายฝั่งที่มีอัตราการสะสมตัวน้อยที่สุดเท่ากับ +0.180 เมตรต่อปีที่บริเวณวัดมะขามคลานจุดที่ 19 จากรูปที่ 6 เป็นการแสดงกราฟ Linear regression สมการ และค่า  $R^2$  ของ Point ที่ 1 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างปี ค.ศ.ที่ศึกษากับ ระยะ ยะ ห่าง จาก Baseline มาตั้งฉากกับเส้นชายฝั่งที่ศึกษา

ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้วิเคราะห์และคำนวณหา

อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งดังแสดงในตารางที่ 2 และได้ทำนายเส้นชายฝั่งปี 1990 2002 และ 2009 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องนำเชื่อถือของสมการดังแสดงในตารางที่ 3 4 และ 5 สำหรับการทำนายเส้นชายฝั่งในอนาคตนั้นทางผู้วิจัยได้ทำนายเส้นชายฝั่งไว้ในปี ค.ศ. 2015 ดังแสดงในตารางที่ 6 ซึ่งได้ใช้วิธีการของ Simple Linear Regression ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 21 point ดังนั้นจากรูปที่ 7 สามารถนำแต่ละสมการมาคำนวณเพื่อสร้าง point และสามารถลากเส้นเพื่อเชื่อมต่อจุดสร้างแนวโน้ม เส้นชายฝั่งใหม่ในอนาคตได้



รูปที่ 6 กราฟเส้นตรง Linear Regression Line ,สมการ และค่า R<sup>2</sup> ของ Point ที่ 1



รูปที่ 7 แสดงสมการ Regression line และจุดศึกษาด้วยโปรแกรม Quantum GIS

ตารางที่ 2 อัตราการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง อำเภอสิงหนคร ปี 1990 2002 และ 2009

จุดที่	สมการ Simple Linear Regression	อัตราการเปลี่ยนแปลง (เมตรต่อปี )	R <sup>2</sup>
1	$Y = -10.69x + 21432$	-10.69	0.923
2	$Y = 0.637x - 1194$	0.637	0.167
3	$Y = 4.084x - 8062$	4.084	0.867
4	$Y = 3.922x - 7718$	3.922	0.982
5	$Y = 3.009x - 5884$	3.009	0.999
6	$Y = 3.077x - 6024$	3.077	0.867
7	$Y = 2.337x - 4557$	2.337	0.992
8	$Y = 5.018x - 9981$	5.018	0.692
9	$Y = -0.153x + 389.2$	-0.153	0.043
10	$Y = 0.209x - 345.5$	0.209	0.082
11	$Y = 1.151x - 2217$	1.151	0.082
12	$Y = 0.778x - 1478$	0.778	0.260
13	$Y = 1.476x - 2833$	1.476	0.999
14	$Y = 2.332x - 4527$	2.332	0.894
15	$Y = -1.314x + 2717$	-1.314	0.610
16	$Y = 1.254x - 2425$	1.254	0.256
17	$Y = -3.579x + 7237$	-3.579	0.322
18	$Y = 1.166x - 2198$	1.166	0.894
19	$Y = 0.180x - 229.4$	0.180	0.022
20	$Y = 1.471x - 2803$	1.471	0.674
21	$Y = 3.803x - 7485$	3.803	0.999

ตารางที่ 3 ทำนายเส้นชายฝั่ง ปี 1990 เพื่อ verify ความถูกต้องของสมการ

จุดที่	สมการ Simple Linear Regression	ระยะชายฝั่งที่วัดได้ จริงจากโปรแกรม Quantum GIS (เมตร)	ระยะชายฝั่งที่ ทำนาย (เมตร)	ความ แตกต่าง (เมตร)	Error(%)
1	$Y = -10.69x + 21432$	144.005	158.9	14.895	10.34
2	$Y = 0.637x - 1194$	68.003	73.63	5.627	8.27
3	$Y = 4.084x - 8062$	73.003	65.16	7.843	10.74
4	$Y = 3.922x - 7718$	85.004	86.78	1.776	2.08
5	$Y = 3.009x - 5884$	101.005	103.91	2.905	2.87
6	$Y = 3.077x - 6024$	95.005	99.23	4.225	4.44
7	$Y = 2.337x - 4557$	95.005	93.63	1.375	1.44
8	$Y = 5.018x - 9981$	18.001	4.82	13.181	73.22
9	$Y = -0.153x + 389.2$	81.004	84.73	3.726	4.59
10	$Y = 0.209x - 345.5$	74.004	70.41	3.594	4.85
11	$Y = 1.151x - 2217$	90.005	73.49	16.515	18.34
12	$Y = 0.778x - 1478$	64.004	70.22	6.216	9.711
13	$Y = 1.476x - 2833$	105.006	104.24	0.766	0.72
14	$Y = 2.332x - 4527$	108.007	113.68	5.673	5.25
15	$Y = -1.314x + 2717$	98.006	102.14	4.134	4.21
16	$Y = 1.254x - 2425$	82.005	70.46	11.545	14.07
17	$Y = -3.579x + 7237$	95.006	114.79	19.784	20.82
18	$Y = 1.166x - 2198$	122.008	122.34	0.332	0.27
19	$Y = 0.180x - 229.4$	129.009	128.8	0.209	0.16
20	$Y = 1.471x - 2803$	122.008	124.29	2.282	1.87
21	$Y = 3.803x - 7485$	83.006	82.97	0.036	0.04

ตารางที่ 4 ทำนายเส้นชายฝั่ง ปี 2002 เพื่อ verify ความถูกต้องของสมการ

จุดที่	สมการ Simple Linear Regression	ระยะชายฝั่งที่วัดได้ จริงจากโปรแกรม Quantum GIS (เมตร)	ระยะชายฝั่ง ที่ทำนาย (เมตร)	ความ แตกต่าง (เมตร)	Error(%)
1	$Y = -10.69x + 21432$	65.002	30.62	34.382	52.89
2	$Y = 0.637x - 1194$	97.004	81.274	15.73	16.21
3	$Y = 4.084x - 8062$	147.006	114.168	32.838	22.33
4	$Y = 3.922x - 7718$	138.006	133.844	4.162	3.01
5	$Y = 3.009x - 5884$	160.008	140.018	19.99	12.49
6	$Y = 3.077x - 6024$	150.007	136.154	13.853	9.23
7	$Y = 2.337x - 4557$	121.006	121.674	0.668	0.55
8	$Y = 5.018x - 9981$	28.002	65.036	37.034	132.25
9	$Y = -0.153x + 389.2$	90.005	82.894	7.111	7.90
10	$Y = 0.209x - 345.5$	66.004	72.918	6.914	10.47
11	$Y = 1.151x - 2217$	46.003	87.302	41.299	89.77
12	$Y = 0.778x - 1478$	93.006	79.556	13.45	14.46
13	$Y = 1.476x - 2833$	123.007	121.952	1.055	0.85
14	$Y = 2.332x - 4527$	151.009	141.664	9.345	6.18
15	$Y = -1.314x + 2717$	98.006	86.372	11.634	11.87
16	$Y = 1.254x - 2425$	63.004	85.508	22.504	35.71
17	$Y = -3.579x + 7237$	126.008	71.842	54.166	42.98
18	$Y = 1.166x - 2198$	141.009	136.332	4.677	3.31
19	$Y = 0.180x - 229.4$	145.01	130.96	14.05	9.68
20	$Y = 1.471x - 2803$	155.011	141.942	13.069	8.43
21	$Y = 3.803x - 7485$	130.009	128.606	1.403	1.07

ตารางที่ 5 ทำนายเส้นชายฝั่ง ปี 2009 เพื่อ verify ความถูกต้องของสมการ

จุด ที่	สมการ Simple Linear Regression	ระยะชายฝั่งที่วัดได้ จริง จากโปรแกรม Quantum GIS (เมตร)	ระยะชายฝั่งที่ ทำนาย (เมตร)	ความ แตกต่าง (เมตร)	Error(%)
1	$Y = -10.69x + 21432$	-65	-44.21	20.79	31.98
2	$Y = 0.637x - 1194$	76	85.733	9.73	12.81
3	$Y = 4.084x - 8062$	133	142.756	9.76	7.34
4	$Y = 3.922x - 7718$	158	161.298	3.30	2.09
5	$Y = 3.009x - 5884$	160	161.081	1.08	0.68
6	$Y = 3.077x - 6024$	150	157.693	7.69	5.13
7	$Y = 2.337x - 4557$	140	138.033	1.97	1.41
8	$Y = 5.018x - 9981$	123	100.162	22.84	18.57
9	$Y = -0.153x + 389.2$	76	81.823	5.82	7.66
10	$Y = 0.209x - 345.5$	80	74.381	5.62	7.02
11	$Y = 1.151x - 2217$	123	95.359	27.64	22.47
12	$Y = 0.778x - 1478$	75	85.002	10.00	13.34
13	$Y = 1.476x - 2833$	133	132.284	0.72	0.54
14	$Y = 2.332x - 4527$	152	157.988	5.99	3.94
15	$Y = -1.314x + 2717$	70	77.174	7.17	10.25
16	$Y = 1.254x - 2425$	110	94.286	15.71	14.29
17	$Y = -3.579x + 7237$	10	46.789	36.79	367.89
18	$Y = 1.166x - 2198$	141	144.494	3.49	2.48
19	$Y = 0.180x - 229.4$	125	132.22	7.22	5.78
20	$Y = 1.471x - 2803$	145	152.239	7.24	4.99
21	$Y = 3.803x - 7485$	155	155.227	0.23	0.15

ตารางที่ 6 ทำนายเส้นชายฝั่งปี 2015

จุดที่	สมการ Linear Regression	ระยะชายฝั่งที่ทำนาย (เมตร)
1	$Y = -10.69x + 21432$	-108.35
2	$Y = 0.637x - 1194$	89.555
3	$Y = 4.084x - 8062$	167.26
4	$Y = 3.922x - 7718$	184.83
5	$Y = 3.009x - 5884$	179.135
6	$Y = 3.077x - 6024$	176.155
7	$Y = 2.337x - 4557$	152.055
8	$Y = 5.018x - 9981$	130.27
9	$Y = -0.153x + 389.2$	80.905
10	$Y = 0.209x - 345.5$	75.635
11	$Y = 1.151x - 2217$	102.265
12	$Y = 0.778x - 1478$	89.67
13	$Y = 1.476x - 2833$	141.14
14	$Y = 2.332x - 4527$	171.98
15	$Y = -1.314x + 2717$	69.29
16	$Y = 1.254x - 2425$	101.81
17	$Y = -3.579x + 7237$	25.315
18	$Y = 1.166x - 2198$	151.49
19	$Y = 0.180x - 229.4$	133.3
20	$Y = 1.471x - 2803$	161.065
21	$Y = 3.803x - 7485$	178.045

การใช้วิธีการ Simple Linear Regression มาใช้ในการประเมินการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งทะเลเกิดจากการกัดเซาะชายฝั่งเป็นวิธีการที่ง่ายและในบางพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือพื้นที่ข้างเคียงไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อย อีกทั้งมีงานวิจัยหลายงานที่ใช้สมการเชิงเส้นมาเป็นสมการหา Shoreline ซึ่งเป็นการประมาณค่าการทำนายเส้นชายฝั่งอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้เส้นชายฝั่งที่ทำนายในปี 1990 2002 และ 2009 เพื่อ

verify ความถูกต้องนั้นยังมีบางจุดที่ Error มีค่ามาก แต่ส่วนมากแล้วค่าที่ทำนายได้กับค่าที่วัดจากโปรแกรม Quantum GIS ยังมีค่าใกล้เคียงกันเฉพาะบางจุด ซึ่งผู้วิจัยกำลังพัฒนาต่อในเวอร์ชันที่ 2 เพื่อปรับรายละเอียดการวิเคราะห์ และให้ได้มาซึ่งโมเดลที่ถูกต้อง น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

อย่างไรก็ตามความถูกต้องยังขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน ซึ่งพบว่าต้องมีการปรับปรุงข้อมูลโดยการหาแนวชายฝั่งทะเลที่ถูกต้อง โดยการนำวันที่ถ่ายภาพดาวเทียม



มาปรับแก้กับระดับน้ำทะเลที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการขึ้นลงของน้ำทะเลในวัน และเวลาที่มีการถ่ายภาพ นอกจากนี้การเลือกจุดเพื่อใช้ในการคำนวณภาคตัดขวางซึ่งใช้ในการประเมินผล จะมีผลต่อการคำนวณปริมาณการกัดเซาะชายฝั่ง เนื่องจากจุดที่เลือกจำเป็นต้องเป็นตัวแทนของพื้นที่ที่ใช้ในการประเมิน ทั้งลักษณะพื้นที่และโครงสร้างทางกายภาพของสภาพชายฝั่ง

### สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากสถานการณ์ปัจจุบัน อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลาประสบปัญหาเกี่ยวกับการกัดเซาะชายฝั่งในระดับรุนแรง และบางพื้นที่ก็มีการงอกของพื้นที่เพิ่มมา จึงทำให้ผู้วิจัยตระหนักและให้ความสำคัญของปัญหาดังกล่าว ซึ่งในงานวิจัยขั้นนี้ได้พิสูจน์ทฤษฎีบทของ Simple Linear Regression และทำให้ได้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่สามารถอธิบายและทำนายแนวโน้มของเส้นชายฝั่งในอนาคต เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการและป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณอำเภอสิงหนคร

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาครั้งนี้ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ กรมแผนที่ทหารที่เอื้อเพื่อข้อมูลแผนที่และภาพถ่ายเทียม ผู้ช่วยศาสตราจารย์อำนวยการ สิริเจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ประวิทย์ โตวัฒนะ ดร.วิโรจน์ ละอองมณี อาจารย์ที่ปรึกษาด้านใช้โปรแกรม Quantum GIS. อาจารย์กรร วังษ์ กำแหง อาจารย์ที่ปรึกษาทั่วไปมา ณ โอกาสนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] สมปรารถนา ฤทธิพิริ้ง, พงศ์ธีระ บัวเพ็ชร , สุวิมล พิริยธนาลัย, มุหามะสุกรี มะสะนิง, โสภิต จิระเกียรติกุล, พรรณีภา โสทธิพันธ์, กัลยาณี พรพิเนตพงศ์. 2554. **หาดทรายคุณค่า...ชีวิตที่ถูกกลืน** โครงการขับเคลื่อนนโยบายสาธารณะ: กรณีการใช้ประโยชน์หาดทราย เล่ม 2.เอกสารเผยแพร่สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ฉบับที่ 55 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 72 หน้า. ม.ป.ท.
- [2] อุดลย์ เบ็ญนุ้ย และ พยอม รัตนามณี. 2554. การจัดการภัยพิบัติธรรมชาติในภาคใต้ของประเทศไทย เอกสารส่วนที่ 1/3. ในการประชุมวิชาการ เรื่อง การจัดการภัยพิบัติธรรมชาติทางภาคใต้ของประเทศไทย 12-13 ตุลาคม 2554 ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองศิริราชสมบัติครบ 60 ปี จ.สงขลา.
- [3] E.A. Himmelstoss, DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0: An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change, U.S. Geological Survey open-file report 2008-1278, 2009.
- [4] Fenster M., Dolan R., Elder J. (1993) – A new method for predicting shoreline position from historical data. Journal of Coastal Research, 9: 147-171.