

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลขและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่บูรณาการ  
เพื่อตรวจหาแนวชายทะเลจังหวัดนครศรีธรรมราช  
Integrating Digital Image Processing and GIS for Shoreline Detection  
in Changwat Nakhon Si Thammarat

จําแนงศ์ สิทธิศักดิ์  
Jumnong Sitthisak

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of  
Master of Science in Environmental Management  
Prince of Songkla University

2550

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์


เลขที่	GBA60.15	1963	2550	ค.	2
Barcode	30101000048087 296168				
Bib Key					
	1/4 พ.ศ. 2550				


(1)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประมวลผลภาพเชิงตัวเลขและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่บูรณาการเพื่อ  
ตรวจหาแนวชายทะเลจังหวัดนครศรีธรรมราช  
ผู้เขียน นายจำนงค์ สิทธิศักดิ์  
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม


---

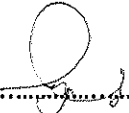
คณะกรรมการที่ปรึกษา


  
.....ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.دنุพล ตันนโยภาส)

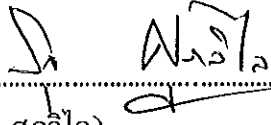
  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ ยงเฉลิมชัย)

คณะกรรมการสอบ

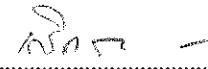
  
.....ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์จรรย์ ด้านสวัสดิ์)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.دنุพล ตันนโยภาส)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ ยงเฉลิมชัย)

  
.....กรรมการ  
(ดร.รุจ ศุภวิไล)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ  
สิ่งแวดล้อม

  
.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.เกริกชัย ทองหนู)  
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์      การประมวลผลภาพเชิงตัวเลขและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่บูรณาการ  
                                 เพื่อตรวจหาแนวชายทะเลจังหวัดนครศรีธรรมราช  
ผู้เขียน                นายจำนงค์ สิทธิศักดิ์  
สาขาวิชา             การจัดการสิ่งแวดล้อม  
ปีการศึกษา           2549

### บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลของจังหวัดนครศรีธรรมราช และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขด้วยโปรแกรม ERDAS IMAGINE 8.3 ของข้อมูล Landsat-5 TM ที่บูรณาการกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcView GIS 3.0 นอกจากนี้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อชายฝั่งบริเวณที่อยู่ในระดับรุนแรง โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิและการวิเคราะห์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องแล้วนำข้อมูลที่ได้มาสังเคราะห์

การตรวจหาขอบแก่ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5 TM เชิงตัวเลขระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2544 พบว่า มีตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรง 7 ตำแหน่ง ได้แก่ บ้านเกาะฝ้าย (1) บ้านเกาะฝ้าย (2) บ้านวิวัฒนาการชายทะเล บ้านแหลมตะลุมพุก บ้านปลายทรายกลาง บ้านปลายสุดแหลม และบ้านสระบัว ด้วยอัตราการกัดเซาะ 5.61 6.85 5.82 6.57 8.42 6.85 และ 5.96 เมตร/ปี ตามลำดับ ส่วนวิธีการจำแนกแบบกำกับ มีการกัดเซาะ 7 ตำแหน่งเช่นเดียวกัน ด้วยอัตราการกัดเซาะ 5.46 6.36 6.42 6.44 7.03 8.22 และ 5.47 เมตร/ปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบค่าระยะห่างโดยมีเส้นสัมผัสตั้งฉากจากแนวชายทะเลด้วยวิธีการตรวจหาขอบและจากวิธีจำแนกแบบกำกับของตำแหน่งที่วิเคราะห์ทุกตำแหน่งระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึงปี พ.ศ. 2538 และระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2544 พบว่า ทั้งสองวิธีให้ผลมีแนวโน้มเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

นอกจากนี้แล้วผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิและจากงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ พบว่า กระแสน้ำ คลื่นหรือฤดูกาลคลื่น กระแสน้ำชายฝั่ง และโครงสร้างวิศวกรรมชายฝั่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช

**Thesis Title**            Integrating Digital Image Processing and GIS for Shoreline Detection in  
                                 Changwat Nakhon Si Thammarat

**Author**                    Mr. Jumnonng Sitthisak

**Major Program**        Environmental Management

**Academic Year**        2006

#### **ABSTRACT**

Changing and trend of shoreline in Changwat Nakhon Si Thammarat coast was investigated. The digital image processing of Landsat-5 TM data was demonstrated by ERDAS IMAGINE Version 8.3 integrated with ArcView GIS Version 3.0. In addition, determining of the factors were influenced on the coast under analysis of the secondary data and previous reports then they were synthesized.

The edge detection method was employed with digital Landsat-5 TM image from 1988 to 2001, it was exhibited 7 critical sites only that were occurred at various locations such as Ban Ko Fai (1), Ban Ko Fai (2), Ban Wiwattanakan Chai Thale, Ban Laem Talumpuk, Ban Plai Sai Klang, Ban Plai Sut Laem and Ban Sa Bua with erosion rate of 5.61, 6.85, 5.82, 6.57, 8.42, 6.85 and 5.96 m/yr., respectively. According to the supervised classification method, 7 critical sites were determined at the same location of mentioned method and obtained erosion rate of 5.46, 6.36, 6.42, 6.44, 7.03, 8.22 and 5.47 m/yr., respectively. Furthermore, results of the perpendicular distance of shoreline from edge detection compared with results of the supervised classification method at the each positions in 1988 to 1995 and in 1988 to 2001, were provided that they have the same trend.

Moreover, the result of secondary data and of this study was indicated that wind, wave or wave climate, longshore current and coastal engineering structures were mainly influenced on erosion of Nakhon Si Thammarat coast.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลและหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

บิดาและมารดาที่ให้อำลั้ใจในยามที่ท้อแท้และหมดกำลังใจ

รองศาสตราจารย์ ดร. ดนุพล ตันนโยภาส และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เซาว์นยงเฉลิมชัย ที่กรุณาตรวจแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรจน์จรรย์ย์ ต้านสวัสดิ์ และดร.รุจ ศุภวิไล ที่ให้คำแนะนำและร่วมเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่อนุเคราะห์ทุนสนับสนุนการทำวิจัย

สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 2538 และปี พ.ศ. 2544

เพื่อน ๆ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม รุ่น 12 ที่ให้อำลั้ใจเสมอมา

จำนงค์ ลิทธิศักดิ์

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ .....	(6)
รายการตาราง .....	(7)
รายการภาพประกอบ .....	(8)
บทที่	
1 บทนำ .....	1
บทนำต้นเรื่อง.....	1
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
วัตถุประสงค์.....	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
ขอบเขตการศึกษา.....	5
2 วรรณกรรมปริทัศน์.....	7
พื้นฐานการรับรู้จากระยะไกล.....	7
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	15
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวชายทะเล.....	16
พื้นที่ศึกษา.....	23
3 วิธีการวิจัย.....	32
วัสดุอุปกรณ์.....	32
สถานที่วิจัย.....	34
วิธีการวิจัย.....	35
4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	43
ผลการตรวจหาแนวชายทะเลที่มีแนวโน้มการกัดเซาะรุนแรง.....	43
ปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะของแนวชายฝั่ง.....	78
5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	90
สรุปผล.....	90
ข้อเสนอแนะ.....	91
บรรณานุกรม.....	94
ภาคผนวก.....	104
ภาคผนวก ก.....	105
ภาคผนวก ข.....	108
ภาคผนวก ค.....	117

สารบัญ (ต่อ)

ประวัติผู้เขียน ..... 120

## รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณที่มีการกัดเซาะรุนแรง.....	4
2.1 คุณลักษณะภาพจากดาวเทียม Landsat - 5 ระบบ TM.....	7
2.2 เทคนิคที่ใช้ในการหาแนวชายฝั่งจากข้อมูลดาวเทียม.....	15
3.1 คุณลักษณะของภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่นำมาใช้ในการวิจัย.....	34
4.1 ค่าความผิดพลาดรากที่สองกำลังสองเฉลี่ยทั้งหมดด้วยวิธีการปรับแก้เชิง เรขาคณิตแบบพหุนามอันดับที่ 2.....	51
4.2 ค่าความผิดพลาดรากที่สองกำลังสองเฉลี่ยทั้งหมดของจุดตรวจสอบ.....	52
4.3 ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงจากวิธีตรวจหาขอบ.....	57
4.4 ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงจากวิธีการจำแนกแบบกำกับ.....	66
4.5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลและอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชาย ทะเลเฉพาะตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรง.....	73
4.6 จุดเด่นและจุดด้อยของวิธีการตรวจหาขอบและวิธีจำแนกแบบกำกับ.....	77



## รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 พื้นที่ศึกษา.....	6
2.1 ค่าการสะท้อนแสงเชิงคลื่นของพืชพรรณ ดิน และน้ำ.....	11
2.2 ตัวปฏิบัติการ.....	13
2.3 วิธีการแบ่งส่วนภาพโดยใช้วิธีแบบการขยายเขต.....	14
2.4 ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อแนวชายฝั่ง.....	17
2.5 แนวรอยเลื่อนที่สำคัญของประเทศไทย.....	26
2.6 แนวสันทรายเก่าบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราชบางส่วน.....	28
2.7 วิวัฒนาการจังหวัดนครศรีธรรมราชและพื้นที่ใกล้เคียง.....	29
3.1 วิธีการวิจัย.....	36
3.2 วิธีการตรวจหาแนวชายฝั่งทั้งสองวิธี.....	38
3.3 การเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลระหว่าง 2 ช่วงเวลา.....	40
4.1 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531.....	44
4.2 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2538.....	45
4.3 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2544.....	46
4.4 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 หลังการปรับแก้เชิงคลื่น.....	48
4.5 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2538 หลังการปรับแก้เชิงคลื่น.....	49
4.6 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2544 หลังการปรับแก้เชิงคลื่น.....	50
4.7 การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบในควอดแรนต์ที่ 2.....	53
4.8 การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบในควอดแรนต์ที่ 3.....	54
4.9 การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสอบในควอดแรนต์ที่ 4.....	55
4.10 ผลการใช้ตัวปฏิบัติการเพื่อตรวจหาขอบแก่ควอดแรนต์ที่ 4.....	56
4.11 ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรง.....	59
4.12 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2).....	60
4.13 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล.....	61
4.14 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่งที่ 121 บ้านปลายทรายกลางและ ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม.....	62
4.15 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว.....	63

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.16 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2).....	64
4.17 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล.....	64
4.18 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่งที่ 121 บ้านปลายทรายกลางและ ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม.....	65
4.19 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว.....	65
4.20 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2).....	67
4.21 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล.....	68
4.22 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่งที่ 121 บ้านปลายทรายกลางและ ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม.....	69
4.23 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว.....	70
4.24 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2).....	71
4.25 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล.....	71
4.26 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่งที่ 121 บ้านปลายทรายกลางและ ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม.....	72
4.27 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว.....	72
4.28 ระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอปากพนัง.....	75
4.29 ระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอลิขล.....	76
4.30 ปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ. 2524 - 2544 ณ สถานีสงขลา.....	79
4.31 กราฟระดับน้ำทะเลปานกลางรายปีของประเทศไทย.....	83
4.32 ลักษณะทางธรณีวิทยา.....	85
ข-1 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับผิวเดือนมีนาคม - เดือนเมษายน.....	108
ข-2 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับผิวเดือนพฤษภาคม - เดือนกันยายน.....	109
ข-3 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับผิวเดือนเดือนพฤศจิกายน - เดือน กุมภาพันธ์.....	110
ข-4 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับกลางเดือนมีนาคม - เดือนเมษายน.....	111
ข-5 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับกลางเดือนพฤษภาคม - เดือนกันยายน....	112
ข-6 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับกลางเดือนพฤศจิกายน - เดือน กุมภาพันธ์.....	113
ข-7 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับลึกเดือนมีนาคม - เดือนเมษายน.....	114

## รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
ข-8 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับลึกเดือนพฤษภาคม - เดือนกันยายน.....	115
ข-9 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับลึกเดือนพฤศจิกายน - เดือนกุมภาพันธ์....	116
ค-1 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านเกาะฝ้าย (1) และบ้านเกาะฝ้าย (2).....	117
ค-2 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านวิวัฒนาการชายทะเล.....	117
ค-3 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านแหลมตะลุมพุก.....	118
ค-4 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านปลายทรายกลาง.....	118
ค-5 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านปลายสุดแหลม.....	119
ค-6 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านสระบัว.....	119

## บทที่ 1

### บทนำ

#### บทนำต้นเรื่อง

พื้นที่ชายฝั่งมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว เป็นแหล่งที่อยู่ที่มีผลิตภาพ (productivity) และคุณค่าสูงของชีวภาค (biosphere) ประกอบด้วย ชะวากทะเล (estuary) ลากูน (lagoon) พื้นที่ชุ่มน้ำชายฝั่ง (coastal wetland) พืดหินปะการังรูปโค้ง (fringing coral reef) ดังนั้นพื้นที่ชายฝั่งจึงเป็นบริเวณที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม การท่องเที่ยว การประมง ทางด้านสังคม วัฒนธรรม และวิถีชีวิต (Clark, 1995) ส่งผลให้เป็นที่ตั้งถิ่นฐานอย่างหนาแน่น (French, 1997) มีการประมาณว่า สองในสามของประชากรทั่วโลกอาศัยอยู่ในพื้นที่ช่วง 2 - 3 กิโลเมตรห่างจากแนวชายฝั่ง (Goudie, 1993) อนึ่งผลจากการใช้ทรัพยากรอย่างไม่ถูกต้องเหมาะสม จึงเกิดการรบกวนดุลธรรมชาติ ก่อให้เกิดปัญหาขึ้นในหลายประเทศ อาทิเช่น ประเทศเบลีซ (Belize) ในทวีปอเมริกากลาง (Mumby et al., 1995) เป็นต้น ในที่สุดนานาประเทศเหล่านี้จำเป็นต้องหาแนวทางการจัดการพื้นที่ชายฝั่งขึ้น (Clark, 1995)

การกัดเซาะของชายฝั่ง (coastal erosion) เป็นปัญหาที่ได้รับความสำคัญหลัก ปัญหาหนึ่ง ในการจัดการพื้นที่ชายฝั่ง (White and Asmar, 1999) เนื่องจากร้อยละ 70 ของชายหาดทั่วโลก มีอัตราการเปลี่ยนแปลงโดยเฉลี่ย 0.5 - 1 เมตร/ปี (Bird, 1985 quoted in Chen and Zong, 1998) ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจสังคม เช่น การสูญเสียที่ดินทางการเกษตร อุตสาหกรรม บ้านเรือน ถนน และสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น (อัปสรสุดา ศิริพงษ์ และคณะ, 2538)

การจัดการปัญหาการกัดเซาะของชายฝั่ง จำเป็นต้องอาศัยสารสนเทศเรื่อง การเปลี่ยนแปลงและทิศทางการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง (นเรศ น้าบุญรอด และดารารัตน์ ดิษบรรจง, 2541) มีการนำข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่บูรณาการมาประยุกต์ใช้เป็นเวลานาน และวิวัฒนาการตามเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น ในช่วงแรกเป็นการนำรูปถ่ายทางอากาศมาใช้ในการศึกษาวิจัย เช่น การศึกษาการกัดเซาะของชายฝั่งที่เป็นหน้าผาสูงชัน ประเทศญี่ปุ่น (Horikawa and Sunamura, 1967) ชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน (สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ, 2538) ต่อมาอารยประเทศส่งดาวเทียมสำรวจทรัพยากรขึ้นสู่อวกาศ จึงมีการนำภาพถ่ายจากดาวเทียมเหล่านั้น มาใช้ตั้งปรากฏในงานวิจัยหลายชิ้น อาทิเช่น การศึกษาการกัดเซาะของชายฝั่งบริเวณหาดบางเทา จังหวัดภูเก็ต (อัปสรสุดา ศิริพงษ์ และคณะ, 2538) พื้นที่ชายฝั่งบริเวณลุ่มแม่น้ำไนล์ ประเทศอียิปต์ (White and Asmar, 1999) พื้นที่ชายฝั่งจาก

แม่น้ำโขงจังหวัดนครราชสีมาถึงแหลมโพธิ์จังหวัดปัตตานี (จักรกรีส กสิสุวรรณ, 2543) เป็นต้น ทำให้ตระหนักถึงบทบาทสำคัญของเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีต่อการศึกษาปัญหาการกัดเซาะของชายฝั่ง

จังหวัดนครศรีธรรมราชตั้งอยู่บนชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้ ระหว่างละติจูด 7 องศา 48 ลิปดา ถึง 9 องศา 20 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด 99 องศา 14 ลิปดา ถึง 100 องศา 20 ลิปดา ตะวันออกโดยประมาณ (กรมแผนที่ทหาร, 2516 ก; กรมแผนที่ทหาร, 2516 ข; กรมแผนที่ทหาร, 2516 ค; กรมแผนที่ทหาร, 2516 ง) ประกอบด้วยแนวชายฝั่งยาว 236 กิโลเมตร มีพื้นที่ชายฝั่งประมาณ 524.177 ตารางกิโลเมตร ชายฝั่งบริเวณนี้มีพื้นที่ป่าชายเลนจำนวน 48,012 ไร่ จึงอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรสัตว์น้ำสูง ทำให้ประชากรซึ่งอาศัยอยู่แถบชายฝั่งทั้งหมด 524,177 คน ประกอบอาชีพประมงเป็นจำนวนมากที่สุดในภาคใต้ (สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2540) นอกจากนี้พื้นที่ชายฝั่งบางส่วน ได้แก่ อำเภอเมืองนครศรีธรรมราช ปากพนังและอำเภอกหัวไทร อยู่ในพื้นที่โครงการพัฒนาลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งโครงการนี้จัดให้พื้นที่ชายฝั่งเป็นเขตพัฒนาเพาะเลี้ยงชายฝั่งจำนวน 110,284 ไร่ (บัณฑิตศิริ, ไพจิตร อินทโธม และนันทพล หนองหารพิทักษ์, 2542)

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2544) รายงานสถานการณ์พื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทยว่า มีการเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งสอดคล้องกับสำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2538) ที่เสนอแนะให้มีการศึกษาการกัดเซาะของชายฝั่ง ตั้งแต่บริเวณเหนือทะเลสาบสงขลาขึ้นมาโดยตลอดภาคใต้ อย่างน้อยที่สุดถึงบริเวณแหลมตะลุมพุก อย่างไรก็ตามกรมเจ้าท่าศึกษาและแก้ปัญหานี้บางส่วน โดยการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่งบริเวณบ้านเกาะฝ้าย อำเภอปากพนัง แต่จากรายงานข่าวหนังสือพิมพ์กรุงเทพธุรกิจ (2543 : 10) พบว่า พื้นที่ชายฝั่งของแหลมตะลุมพุกกำลังถูกทำลายไป และจากการสำรวจภาคสนามเบื้องต้นของผู้ศึกษา ในปี พ.ศ. 2544 พบปัญหาลักษณะเดียวกันนี้เกิดขึ้นในบริเวณอื่น ๆ อีกเช่นเดียวกัน อาทิเช่น ตำบลท่าศาลา อำเภอท่าศาลา ตำบลแหลมตะลุมพุก อำเภอปากพนัง

ด้วยสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นจึงดำเนินการวิจัยเรื่องนี้ขึ้น โดยเล็งเห็นถึงความสำคัญของสารสนเทศ ด้านการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง รวมทั้งปัจจัยบางประการ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งโดยเฉพาะบริเวณที่อัตราการกัดเซาะมีค่าสูง อันเป็นแนวทางเบื้องต้นเบื้องต้นที่เอื้อให้เกิดการขับเคลื่อนการกำหนดการวางแผน และการตัดสินใจอย่างเหมาะสม เพื่อการจัดการพื้นที่ชายฝั่งระดับท้องถิ่นและระดับประเทศต่อไป

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การรับรู้จากระยะไกลด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่บูรณาการกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพสูงในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง (Li, 1993 : 51) จึงปรากฏการประยุกต์ใช้วิธีการบูรณาการดังกล่าวในงานวิจัย ซึ่งดำเนินการวิจัยภายในประเทศ อาทิเช่น

Li (1993) ใช้วิธีการตรวจหาขอบภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM และแปลงเป็นตัวเลข (digitizing) บนหน้าจอ เพื่อหาแนวชายฝั่งจังหวัดระยอง หลังจากนั้นจึงเปรียบเทียบแนวชายฝั่งที่ได้ ระหว่างปี พ.ศ. 2532 กับปี พ.ศ. 2535 พบว่า ชายฝั่งด้านตะวันออกห่างจากพื้นที่โครงการท่าเรือมาบตาพุด มีการกัดเซาะเกิดขึ้นเล็กน้อย ส่วนด้านตะวันตก และด้านตะวันออกใกล้เคียงกับพื้นที่โครงการ ฯ มีอัตราการทับถมของทรายโดยเฉลี่ย 26,526 และ 16,060 ตารางเมตรต่อปี ตามลำดับ โดยมีปัจจัยหรือสาเหตุหลัก 2 สาเหตุ กล่าวคือ การกระทำของคลื่นและคลื่นที่เกิดจากลม และการก่อสร้างกำแพงกันคลื่นและเขื่อนปากแม่น้ำ (jetty) เจตทีในพื้นที่โครงการ ฯ

นเรศ ฉ่ำบุญรอด และดารารัตน์ ดิษบรรจง (2541) ใช้วิธีชอยระดับความเข้มภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT และ Landsat - 5 ระบบ TM เชิงตัวเลข เพื่อหาแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2532 2536 2538 และปี พ.ศ. 2540 ส่วนปี พ.ศ. 2510 ใช้วิธีการกวาดภาพแผนที่ภูมิประเทศและลากแนวชายทะเล ซึ่งผู้วิจัยพบว่า แนวชายฝั่งมีแนวโน้มทับถมเพิ่มสูงขึ้นด้วยอัตราเฉลี่ย กรณีรวมและไม่รวมแนวสันทราย ในรอบ 30 ปี (ปี พ.ศ. 2510 - พ.ศ. 2540) คิดเป็นพื้นที่ 0.089 และ 0.090 ตารางกิโลเมตรต่อปี ซึ่งพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นนี้ปกคลุมด้วยป่าชายเลนสภาพค่อนข้างสมบูรณ์

จักรกริส กลีสวรรณ (2543) และธนุพล ตันนโยภาส จักรกริส กลีสวรรณ และเชาวน์ ยงเฉลิมชัย (2543) ใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับด้วยวิธีระยะทางที่สั้นที่สุด กล่องคูชานาน และวิธีความคล้ายคลึงที่สุด เพื่อตรวจหาแนวชายฝั่งบริเวณภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย (นราธิวาสและปัตตานี) พบว่า วิธีคล้ายคลึงที่สุดมีค่าความถูกต้องกว่าวิธีอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อนำแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2531 และปี พ.ศ. 2540- พ.ศ. 2541 มาซ้อนทับกัน ทำให้พบพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรุนแรง 5 บริเวณ โดยในจังหวัดปัตตานี พบบริเวณแหลมโพธิ์ อำเภอเมือง หาดบางมะรวด อำเภอปะนาเระ และปากน้ำสายบุรี อำเภอสายบุรี ส่วนจังหวัดนราธิวาส พบบริเวณ คาบสมุทรตากใบจนถึงปากน้ำตากใบ อำเภอตากใบ และปากน้ำบางนราถึงอ่าวมะนาว อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงดังตาราง 1.1 อย่างไรก็ตามสาเหตุของปัญหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน

ตาราง 1.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉพาะบริเวณที่มีการกัดเซาะรุนแรง

ตำแหน่ง	อัตราการเปลี่ยนแปลง (km <sup>2</sup> )	
	พื้นที่กัดเซาะ	พื้นที่ทับถม
แหลมโพธิ์	0.15	0.53
หาดบางมะรวด	0.19	0.49
ปากน้ำสายบุรี	0.06	0.24
คาบสมุทรตากใบจนถึงปากน้ำตากใบ	0.30	0.07
ปากน้ำบางนราถึงอ่าวมะนาว	0.04	0.17

ที่มา : ดนุพล ตันนโยภาส จักรกริส กสิสุวรรณ และเชาวน์ ยงเฉลิมชัย (2543 : 386)

ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การประยุกต์ใช้การรับรู้จากระยะไกลด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขบูรณาการกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อตรวจหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งในประเทศไทยโดยสรุป พบว่า วิธีการหาแนวชายฝั่งที่ใช้มี 3 วิธี กล่าวคือ วิธีการตรวจหาขอบ วิธีหอยระดับความเข้ม และวิธีการจำแนกแบบกำกับด้วยวิธีความคล้ายคลึงที่สุด ส่วนสาเหตุของปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง พบว่า แตกต่างกันตามลักษณะเฉพาะของสถานที่ที่ศึกษา

#### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลจังหวัดนครศรีธรรมราช แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง โดยใช้เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลที่บูรณาการกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2531 ถึง พ.ศ. 2544
2. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของชายทะเล บริเวณที่อยู่ในระดับรุนแรง

#### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

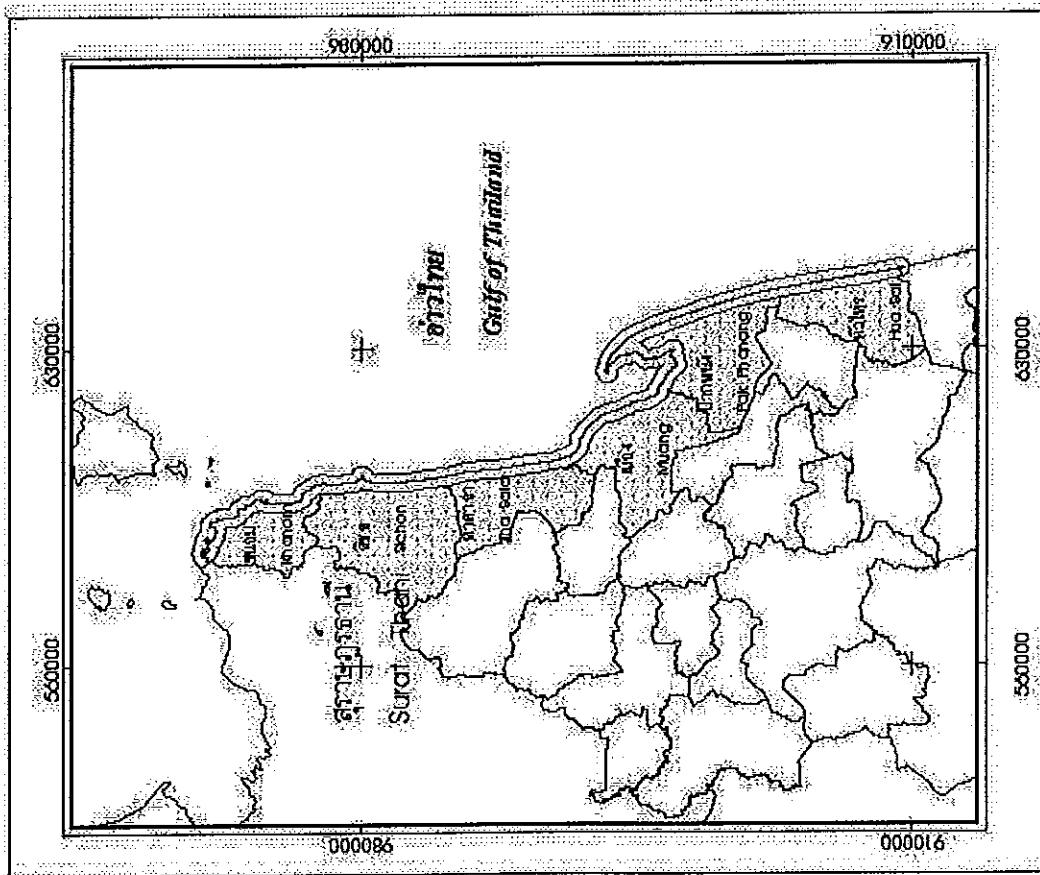
1. ทราบถึงวิธีการที่เหมาะสมในการหาขอบเขตแนวชายทะเล และตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงรุนแรง โดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขที่บูรณาการกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2. ทราบถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลจังหวัด นครศรีธรรมราช ซึ่งเอื้อให้สามารถวางแผนและกำหนดแนวทางการจัดการได้อย่างถูกต้องต่อไป

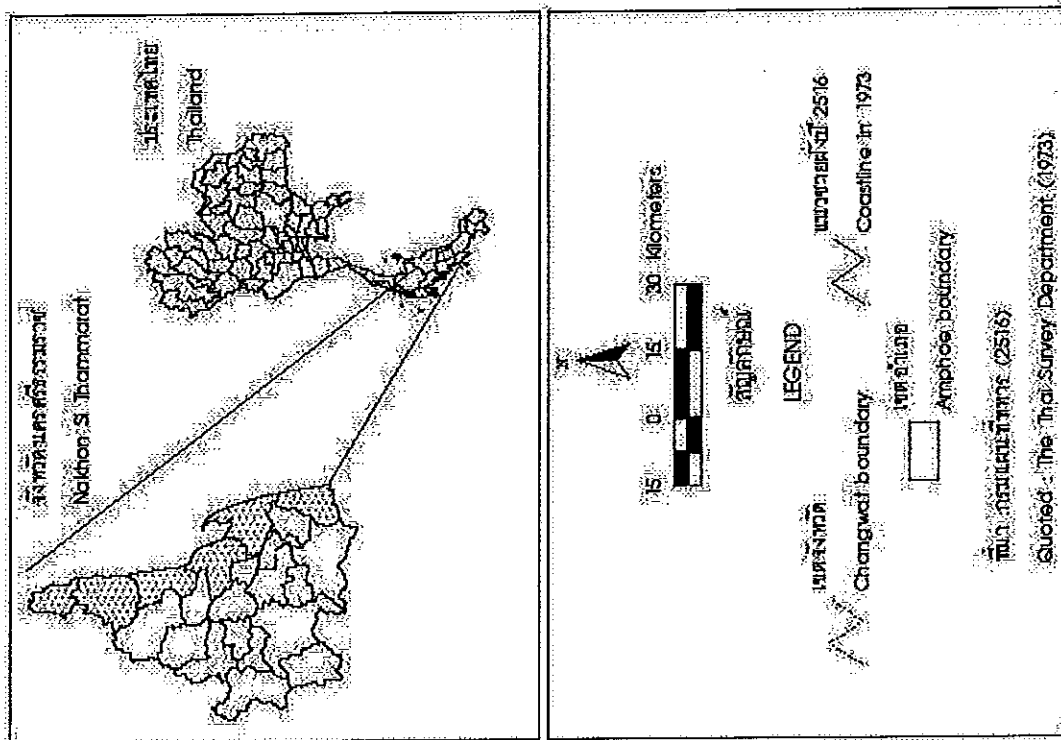
#### ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาบริเวณขอบแนวชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช ตั้งแต่อำเภอ ขนอมถึงอำเภอหัวไทรห่างจากแนวชายฝั่งปี พ.ศ. 2516 เข้าสู่ผืนดินและออกสู่ทะเลด้านละ 2 กิโลเมตร ดัชนีภาพประกอบ 1.1
2. วิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-5 TM เชิงตัวเลข บันทึกสัญญาณ ภาพ 3 ช่วงเวลา ตั้งแต่ พ.ศ. 2531 2538 และพ.ศ. 2544
3. ตรวจสอบพลวัตของการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลในสองช่วงเวลาด้วยโปรแกรม สำเร็จรูปการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข (ERDAS IMAGINE 8.3) และระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ (Arc/Info 3.5.1 และ Arcview 3.1)





ภาพประกอบ 1.1 พื้นที่ศึกษา



## บทที่ 2

### วรรณกรรมปริทัศน์

เนื่องจากการตรวจหาแนวชายทะเลจังหวัดนครศรีธรรมราช ดำเนินการวิจัยโดยบูรณาการการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ส่วนการวิเคราะห์สังเคราะห์หาสาเหตุหรือปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งระดับรุนแรง ใช้วิธีการตรวจเอกสารและการแปลความหมายจากข้อมูลทฤษฎี จึงจำเป็นต้องสืบค้นเอกสารงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเอื้อให้เกิดแนวความคิดในการดำเนินการวิจัยและการอภิปรายผลการทดลองในที่จะนำเสนอเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่ พื้นฐานการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวชายฝั่ง และพื้นที่ศึกษา

#### พื้นฐานการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข

ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้รับจากเครื่องรับสัญญาณ TM ของดาวเทียม Landsat - 5 โดยคุณลักษณะของเครื่องวัดนี้ปรากฏดังตาราง 2.1

ตาราง 2.1 คุณลักษณะภาพจากดาวเทียม Landsat - 5 ระบบ TM

คุณลักษณะ	ค่าปัจจัย
ลักษณะวงโคจร	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์
ระดับสูง	705 กิโลเมตร
มุมเอียง	98.2 องศา
ระยะเวลาที่ใช้ในการโคจรกลับมา ณ จุดเดิม	16 วัน

ที่มา : Japan Association on Remote Sensing (1993 : 261)

Lillesand and Kiefer (1994 : 462 - 463)

## ตาราง 2.1 (ต่อ)

คุณลักษณะ	ค่าปัจจัย
ช่วงคลื่น หน่วย : ไมโครเมตร (ช่วงคลื่น)	0.45 - 0.52 (1)
	0.52 - 0.60 (2)
	0.63 - 0.69 (3)
	0.75 - 0.90 (4)
	1.55 - 1.75 (5)
	10.40 - 12.50 (6)
	2.08 - 2.35 (7)
รายละเอียดเชิงพื้นที่	30 เมตรทุกช่วงคลื่นยกเว้นช่วงคลื่นที่ 6 มีรายละเอียดเชิงพื้นที่เท่ากับ 120 เมตร
ความกว้างของแนวถ่ายภาพ	185 กิโลเมตร

ที่มา : Japan Association on Remote Sensing. (1993 : 261)

Lillesand and Kiefer (1994 : 462 - 463)

ส่วนปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของภาพจากดาวเทียมหรือการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข ล้วนมาจากองค์ประกอบดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. การปรับแก้เชิงคลื่น (radiometric correction)

พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้โดยเครื่องวัดของดาวเทียม ไม่เหมือนกับพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุชนิดเดียวกันในระยะใกล้ เนื่องจากเกิดความผิดพลาดเชิงคลื่น (radiometric distortion) ขึ้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้ วิธีการปรับแก้สามารถจำแนกออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ การปรับแก้เชิงคลื่นของผลเนื่องจากความไวของเครื่องวัด มุมของดวงอาทิตย์ และลักษณะภูมิประเทศ รวมทั้งการปรับแก้สัญญาณรบกวนจากบรรยากาศ (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 170) โดยเฉพาะผู้วิเคราะห์ที่ต้องการเปรียบเทียบรูปลักษณะ (feature) ต่าง ๆ จากหลายช่วงเวลาหรือการทำภาพต่อกัน (mosaicing) โดยภาพจากดาวเทียมเหล่านั้นได้รับจากช่วงเวลาที่แตกต่างกันจำเป็นต้องปรับมุมของดวงอาทิตย์ (Lillesand and Kiefer, 1994 : 531-532) ซึ่งโปรแกรมสำเร็จรูป ERDAS IMAGINE ปรับแก้โดยใช้ฮิสโตแกรมในตาราง ค้นหา (Lookup table หรือ LUT) ของภาพจากดาวเทียมอ้างอิง เพื่อเปลี่ยนฮิสโตแกรมภาพจากดาวเทียมที่ต้องการปรับแก้ให้มีความคล้ายคลึงกัน (ERDAS<sup>®</sup>, Inc., 1997 : 141)

## 2. การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction)

ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ได้รับมักมีความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิต (geometric distortion) ดังนั้นผู้ใช้ข้อมูลจำเป็นต้องปรับแก้เพื่อเพิ่มความถูกต้อง (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 170 - 174) โดยอาศัยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control points : GCPs) จากแผนที่ที่มีอยู่หรือการสำรวจข้อมูลในภาคสนาม (دننพล دننโยภاس, จักรกริส กสิสุวรรณ และเซาวน ยงเฉลิมชัย, 2543) ซึ่งจุดควบคุมภาคพื้นดินต้องปรากฏในแผนที่หรือภูมิประเทศจริง ณ ตำแหน่งที่มีความมั่นคง และสามารถกำหนดตำแหน่งได้แม่นยำเที่ยงตรง รวมทั้งสังเกตเห็นได้ง่ายในภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข (Campbell, 1987 : 286) นอกจากนี้ผลจากการประเมินการปรับแก้แล้วต้องมีค่าความผิดพลาดรากของกำลังสองเฉลี่ย (root-mean-square error : RMSE) ภายใน  $\pm 1$  จุดภาพ (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 178) หรือมีค่า  $\pm 30$  เมตร กรณีใช้ภาพจากดาวเทียม Landsat - 5 TM (ยกเว้นช่วงคลื่นที่ 6) จึงจะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้

## 3. การประมาณค่าในช่วง (image interpolation)

การจัดข้อมูลใหม่ ตำแหน่งของจุดภาพที่ถูกฉายในระนาบภาพขาเข้าจะไม่ตรงกับตำแหน่งข้อมูลขาเข้า ดังนั้นต้องมีการประมาณค่าในช่วงแก่ภาพ โดยวิธีการประมาณค่าในช่วงมี 3 วิธี ได้แก่ (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 182-183)

### 3.1 ตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด (NN : Nearest neighbor)

จุดที่อยู่ใกล้ที่สุดจะถูกนำมา ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตจะสูงสุดเพียงครั้งจุดภาพ โดยวิธีการประมาณค่าในช่วงวิธีนี้มีข้อดีคือ เป็นวิธีที่ง่ายและรวดเร็ว

### 3.2 แบบเส้นคู่ (BL : Bi-linear)

ฟังก์ชันเชิงเส้นคู่จะประยุกต์ใช้กับจุด 4 จุดที่อยู่ล้อมรอบ ทำให้ภาพใหม่เรียบหรือต่อเนื่อง หลังจากการประมาณค่าในช่วง

### 3.3 การประสานเชิงลูกบาศก์ (CC : Cubic convolution)

ภาพเดิมจะได้รับการประมาณค่าในช่วงด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์ (Cubic function) โดยใช้จุด 16 จุดที่อยู่ล้อมรอบ วิธีการประมาณค่าในช่วงวิธีนี้มีข้อดีด้านความคมชัดและการต่อเนื่อง แต่ใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าวิธีการอื่น ๆ

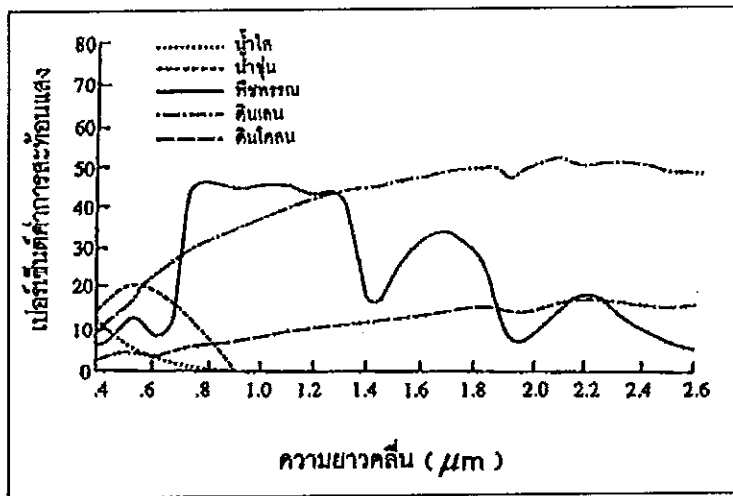
### 4. การคัดเลือกช่วงคลื่น

เพื่อให้สามารถแยกผืนดินและผืนน้ำได้อย่างชัดเจน ซึ่งทำให้มองเห็นแนวชายทะเล จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงลักษณะการสะท้อนแสงของน้ำและดิน โดยน้ำใสให้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรด (ช่วงคลื่นที่ 4 - 7) น้อยมาก น้ำขุ่นไม่สะท้อนแสงในช่วงคลื่นที่ 5 - 7 ดินให้ค่าการสะท้อนแสงค่อนข้างสูงเกือบทุกช่วงคลื่น ส่วนพืชให้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดย่านใกล้ (ช่วงคลื่นที่ 4) อินฟราเรดย่านคลื่นสั้น (ช่วงคลื่นที่ 5) และช่วงคลื่นอินฟราเรดย่านคลื่นสั้น (ช่วงคลื่นที่ 7) เรียงจากสูงไปหาต่ำตามลำดับ (ภาพประกอบ 2.1) นอกจากนี้ช่วงคลื่นที่ 6 มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นช่วงคลื่นที่ 5 จึงเหมาะสมสำหรับการแยกความแตกต่างระหว่างน้ำและส่วนที่ไม่ใช่ น้ำ (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 19)

### 5. วิธีการตรวจหาแนวชายทะเลด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข

จากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลทั้งสิ้น 6 วิธี ได้แก่ วิธีการแปลงเป็นตัวเลข (digitizing) บนหน้าจอโดยตรง การแบ่งค่าระดับความเข้มในช่วงคลื่นเดียว (thresholding) (White and Asmar, 1999) การซอยระดับความเข้ม (density slicing) ในช่วงคลื่นเดียวกัน (นเรศ จำบุญรอด และดารารัตน์ ดิษบรรจง, 2541) การตรวจหาขอบ (edge detection) การแบ่งส่วน (segmentation) (White and Asmar, 1999) และวิธีการจำแนก (จักรกริส กสิสุวรรณ, 2543)

เพื่อให้เกิดความเที่ยง (reliability) ถึงตำแหน่งแนวชายฝั่งแต่ละช่วงเวลา จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการที่อัตโนมัติและกระทำได้บ่อยครั้ง (Wilson, 1997) ดังนั้นวิธีการแปลงเป็นตัวเลขทางหน้าจอโดยตรงไม่สามารถกระทำได้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากจุดภาพที่เกิดจากการรวมค่าสะท้อนแสงของพื้นดินและน้ำไว้ด้วยกันและแนวชายฝั่ง เช่น สันดอนจะงอย (sand spit) บริเวณปากแม่น้ำ มีความซับซ้อนมาก (White and Asmar, 1999)



ภาพประกอบ 2.1 ค่าการสะท้อนแสงเชิงคลื่นของพีชพรอน ดิน และน้ำ  
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540 : 19)

### 5.1 การแบ่งค่าระดับความเข้มในช่วงคลื่นเดียว

เป็นวิธีการแบ่งค่าระดับความเข้มหรือระดับสีเทาของภาพออกเป็น 2 กลุ่ม กล่าวคือ กลุ่มที่มีค่าระดับความเข้มต่ำกว่าและสูงกว่าระดับความเข้มที่ผู้วิเคราะห์กำหนด ขึ้น เช่น ใช้ภาพจากดาวเทียม Landsat - 5 TM ช่วงคลื่นที่ 4 เพื่อจำแนกภาพเป็น 2 กลุ่ม คือผืนดินและผืนน้ำ โดยผู้วิเคราะห์กำหนดระดับความเข้มเท่ากับ 40 ซึ่งผืนดินเป็นจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มมากกว่า 40 ส่วนผืนน้ำจะเป็นจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มน้อยกว่า 40 (Lillesand and Kiefer, 1994 : 542 - 543)

### 5.2 การชอยระดับความเข้ม

เป็นเทคนิคการแบ่งค่าระดับความเข้มออกเป็นช่วง ๆ ตามที่ผู้วิเคราะห์กำหนด โดยอาศัยการกระจายค่าระดับความเข้มบนกราฟแท่ง (histogram) เมื่อภาพผ่านกระบวนการนี้แล้ว ค่าระดับความเข้มของภาพเดิมที่อยู่ในช่วงเดียวกัน จะแสดงค่าระดับความเข้มใหม่ที่มีค่าสม่ำเสมอในภาพผลลัพธ์ ส่วนช่วงระดับความเข้มที่แตกต่างกันในภาพเดิมจะแสดงสีและค่าระดับความเข้มในภาพผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไป (Lillesand and Kiefer, 1994 : 543; Sabins, 1987 : 252-254)

### 5.3 การตรวจหาขอบ

ขอบ เป็นเขตที่อาณาบริเวณสองบริเวณมีสมบัติเกี่ยวกับระดับขาวเทาแตกต่างกัน ดังนั้นการตรวจหาขอบ จึงเป็นการหาบริเวณสองบริเวณที่มีความไม่ต่อเนื่องของระดับความเข้มอย่างฉับพลัน (Gonzalez and Woods, 1992 : 416-423) ปัจจุบันมีผู้คิดคำนวณสูตรหาขอบหลายวิธีโดยอาศัยหน้ากาก (mask) หรือตัวปฏิบัติการ (operator) หรือ kernel หลายรูปแบบ ในที่นี้จะยกตัวอย่างตัวปฏิบัติการที่ให้ผลลัพธ์ที่สามารถใช้ในการตรวจหาขอบได้อย่างชัดเจนจากการศึกษาชั้นเบื้องต้นและจากการตรวจเอกสาร ดังภาพประกอบ 2.2

ขั้นตอนการตรวจหาขอบมี 3 ขั้นตอน กล่าวคือ ขั้นแรก ผู้วิเคราะห์ภาพจำเป็นต้องเลือกขนาดของตัวปฏิบัติการ โดยตัวปฏิบัติการที่มีขนาดเล็ก (เช่น ขนาด 3X3) ให้ภาพใหม่ที่หายาก ส่วนขนาดของตัวปฏิบัติการที่ใหญ่ (เช่น ขนาด 9X9) ให้ภาพที่ต่อเนื่อง ขั้นที่สอง เป็นการเพิ่มค่าระดับความเข้มในภาพเดิมทั้งหมดหรือบางส่วน (ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ที่ผู้วิเคราะห์เลือก) โดยตัวปฏิบัติการที่ผู้วิเคราะห์เลือกจะเคลื่อนที่ไปตามแถวและสดมภ์ จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างตามลำดับ แล้วเพิ่มค่าให้แก่จุดภาพในตำแหน่งกลาง (เช่น แถวที่ 2 สดมภ์ที่ 2 กรณีเป็นตัวปฏิบัติการขนาดเล็ก) ส่วนขั้นสุดท้าย ภาพใหม่ที่เกิดขึ้นหลังจากการเพิ่มค่าแล้วมีความถี่สูงขึ้นและมีความเด่นชัดกว่าบริเวณที่มีความถี่ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับภาพเดิม (Lillesand and Kiefer, 1994 : 559)

### 5.4 การแบ่งส่วน

การแบ่งส่วน เป็นการแบ่งภาพออกเป็นส่วน ๆ โดยการกำหนดค่าระดับความเข้ม ส่วนวิธีการแบ่งส่วนแบบการขยายเขต (region-growing) นั้น จุดภาพหรืออาณาบริเวณย่อย ๆ จะรวมเป็นอาณาเขตที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (Gonzalez and Woods, 1992 : 458 - 459) โดยเริ่มจากการกำหนดจุดภาพเริ่มต้น ซึ่งเป็นประเภทใดประเภทหนึ่งที่ผู้วิเคราะห์ต้องการ หลังจากนั้นจุดภาพจะขยายเขตมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งถึงจุดภาพที่มีระดับความเข้มแตกต่างกันออกไป อันหมายถึงมีประเภทแตกต่างกันออกไป ดังภาพประกอบ 2.3

$$X = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

$$Dn_{Sobel,5} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

เมื่อ  $Dn_{Sobel,5}$  คือ ค่า digital number บริเวณตำแหน่งกลางเมื่อใช้ตัวปฏิบัติการแบบ Sobel

ก

$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

ข

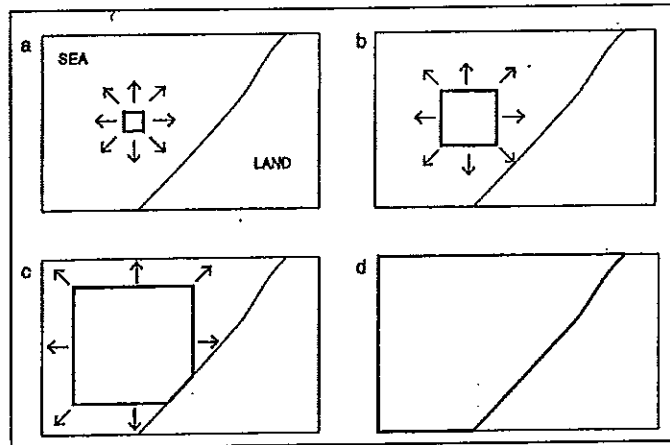
$$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 48 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

ค

ภาพประกอบ 2.2 ตัวปฏิบัติการแบบ ก) Sobel ข) EdgeDetect ค) การกรองผ่านความถี่สูง  
ที่มา : Jensen (1996: 162-163)

Japan Association on Remote Sensing (1993 : 203)





ภาพประกอบ 2.3 วิธีการแบ่งส่วนภาพโดยใช้ขั้นตอนวิธีแบบการขยายเขต  
ที่มา : White and Asmar (1999)

### 5.5 การจำแนก

การจำแนก เป็นการจัดระดับจุดภาพที่มีคุณลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่ม ๆ เพื่อแยกวัตถุประเภทต่าง ๆ (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 208) การจำแนกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ กล่าวคือ การจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) และการจำแนกแบบไม่กำกับ (unsupervised classification) (Sabins, 1987 : 267 - 270)

การจำแนกแบบกำกับ มีหลายวิธี ได้แก่ การจำแนกแบบกล่องคู่ขนาน (parallelepiped classification) ระยะทางสั้นที่สุด (minimum distance) ความคล้ายคลึงที่สุด (maximum likelihood) (Jensen, 1996 : 225-231) รูปต้นไม้ตัดสินใจ (decision tree) ทฤษฎีฟัซซีเซต (fuzzy set) และระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) (Japan Association on Remote Sensing, 1993 : 218 - 225) ส่วนวิธีการจำแนกแบบไม่กำกับมี วิธีการต่าง ๆ ได้แก่ วิธี K - Mean และวิธี ISODATA อย่างไรก็ตามจักรกริส กสิสุวรรณ (2543 : 65) พบว่า ในบรรดาการจำแนกแบบกำกับ ด้วยวิธีการระยะทางสั้นที่สุด กล่องคู่ขนาน และวิธีความคล้ายคลึงที่สุดของบริเวณชายฝั่งภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย (นราธิวาสและปัตตานี) วิธีคล้ายคลึงที่สุดมีค่าความถูกต้องสูงกว่าอีกสองวิธี

กล่าวโดยสรุป จากวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลทั้ง 5 วิธี พบว่า วิธีการแบ่งระดับความเข้มในช่วงคลื่นเดี่ยวไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากวิธีนี้เป็นการจำแนกของภาพออกเป็น 2 ประเภท กล่าวคือ ผืนดินและผืนน้ำ โดยกำหนดค่า threshold เพียงค่าเดียว ส่วนวิธีแบ่งส่วนกับวิธีจำแนกแบบกำกับเป็นวิธีการเดียวกัน แต่ขึ้นอยู่กับขั้นตอนวิธีการในการรวมจุดภาพที่เลือกใช้

ปัจจุบันมีผู้นำวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลดังกล่าวไปใช้ตั้งตาราง 2.2 แต่ไม่ได้มีการเปรียบเทียบถึงวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลทั้ง 3 วิธี สาเหตุอาจเกิดจาก ขนาดพื้นที่ที่ศึกษา และดาวเทียมที่ให้ภาพรายละเอียดสูง ซึ่งจะนำมาใช้ในการตรวจสอบเพื่ง ปล่อยออกสู่อวกาศ (White and Asmar, 1999) เป็นต้น

ตาราง 2.2 เทคนิคที่ใช้ในการหาแนวชายทะเล

วิธีการ	เหตุผล	ที่มา
จำแนกข้อมูลแบบกำกับ โดยใช้วิธีการขยายเขต	- ข้อมูลที่ได้อยู่ในรูปเวกเตอร์ จึงไม่ ต้องแปลงประเภทของข้อมูลในภายหลัง - ลดปัญหาแนวชายทะเลที่ซับซ้อน เช่น บริเวณแหลมที่มีการทับถมของ ตะกอน	White and Asmar (1999)
จำแนกข้อมูลแบบกำกับ โดยวิธีคล้ายคลึงที่สุด	ค่าความถูกต้องสูงกว่าวิธีกล่องคู่ขนาน และวิธีระยะทางสั้นที่สุด	จักรกริส กสิสุวรรณ (2543)
ชอยระดับความเข้ม	-	นเรศ จำบุญรอด และ ดารารัตน์ ดิษบรรจง (2541)

### ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

หลังจากการแปลงข้อมูลเชิงกรอบพื้นที่ (raster data) เป็นข้อมูลเชิงทิศทาง (vector data) แล้ว จึงนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้คำนวณหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล กรณีการวิเคราะห์ในรูปเชิงเส้น White and Asmar (1999) คำนวณหาระยะห่างระหว่างแนวชายทะเลสองช่วงปี เพื่อนำผลที่ได้คำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล ส่วนการวิเคราะห์ในรูปพื้นที่ Li (1993) และจักรกริส กสิสุวรรณ (2543) นำข้อมูลแนวชายทะเลมาแปลงเชิงตัวเลข (digitizing) เพิ่มเติม เพื่อให้เป็นรูปหลายเหลี่ยม (polygon) แล้วนำข้อมูลทั้งสองช่วงปีมาซ้อนทับกัน เพื่อคำนวณหาพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง

## ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวชายทะเล

แนวชายทะเล (shoreline) หมายถึง แนวน้ำทะเล ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง เมื่อมองจากฝั่ง (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2544 : 268)

การตรวจหาการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลสามารถกระทำได้ 3 รูปแบบ ได้แก่ (1) รูปเชิงเส้นตรง เป็นการวัดระยะทางตั้งฉากระหว่างแนวชายทะเลของสองช่วงปี (2) รูปพื้นที่ เป็นการคำนวณหาพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง และ (3) รูปปริมาตรเป็นการหาปริมาณตะกอนที่สูญหายไปหรือได้รับเข้าสู่ชายทะเล (Bird, 1985 : 4-5 quoted in Li, 1993 : 4)

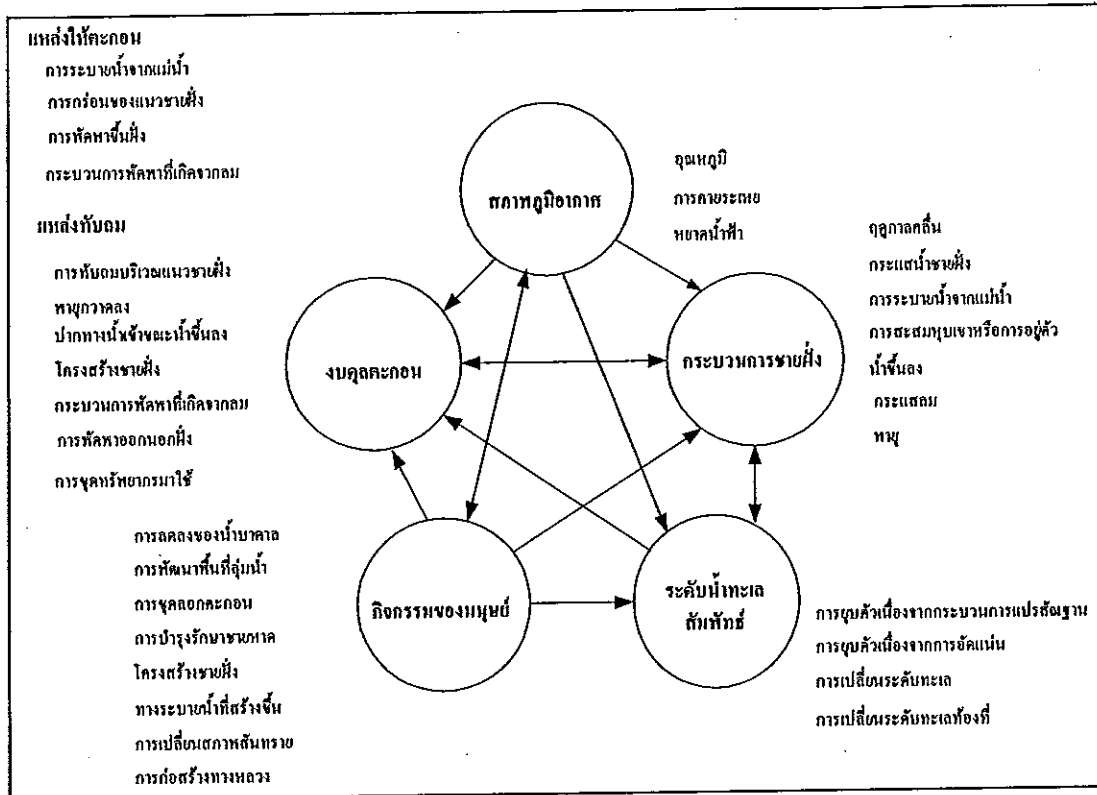
ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อแนวชายฝั่ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลัก กล่าวคือ ปัจจัยทางธรรมชาติ และปัจจัยจากการกระทำของมนุษย์ โดยปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ เช่น คลื่น ลม กระแสน้ำ ปริมาณน้ำฝน ประเภทของชายฝั่ง เป็นต้น (Lavalle and Lakhani, 2000; Dail, Merrifield and Bevis, 2000; Widdows et al., 1999; Johns, 1995) ส่วนปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การก่อสร้างเขื่อน/อ่างเก็บน้ำ การทำเหมือง การผันน้ำ (stream diversion) เกษตรกรรม การทำป่าไม้ สิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่ง เช่น กำแพงทะเล (sea wall) เขื่อนปากน้ำ (jetties) รอก (groins) เขื่อนกันคลื่น (breakwater) (Johns, 1995; อัปสรสุดา ศิริพงษ์ และคณะ, 2538) ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันดังภาพประกอบ 2.4 และมีรายละเอียดดังนี้

### 1. ปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ

ธรรมชาติมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่ง โดยอาศัยตัวการต่าง ๆ อาทิ คลื่น ลม กระแสน้ำเลียบฝั่ง ปริมาณน้ำฝน เป็นต้น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

#### 1.1 อุณหภูมิ

ชั้นบรรยากาศของโลกมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 (Graves and Reavey, 1996 : 16-17) จึงมีผลโดยตรงต่อการผุพังทางกายภาพน้อยมาก อนึ่งการผุพังทางกายภาพมีผลต่อการแตกหักของหินน้อยกว่าการผุพังทางเคมี (Summerfield, 1991 : 145-146) ส่วนผลกระทบทางอ้อมซึ่งก่อให้เกิดการเพิ่มระดับน้ำทะเลจะกล่าวถึงในประเด็นถัดไป



ภาพประกอบ 2.4 ปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อแนวชายฝั่ง  
 ที่มา : ดัดแปลงจาก Morton (1977)

1.2 การคายระเหย (evapotranspiration)

เป็นปริมาณน้ำที่สูญเสียบรรยากาศรวมทั้งวิธีการดักบริเวณเรือนยอดของพืช (interception) การระเหย (evaporation) และการคายน้ำของใบพืช (transpiration) ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำฝนหักลบด้วยปริมาณน้ำท่า โดยปริมาณน้ำเหล่านี้หมุนเวียนสู่บรรยากาศกลายเป็นหยาดน้ำฟ้า (precipitation) ในที่สุด อนึ่งปริมาณการคายระเหยที่เพิ่มขึ้นทำให้ลดปริมาณการไหลลงสู่ลำธาร (streamflow) การกักเก็บในทะเลสาบ และการไหลลงใต้ดินกักเก็บเป็นน้ำใต้ดิน (Black, 1991 : 96)

1.3 หยาดน้ำฟ้า

ปริมาณน้ำฝนช่วยชะล้างตะกอนต่าง ๆ ให้ไหลลงสู่ทะเล ตลอดจนน้ำฝนแรงให้เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ทำให้หินและแร่ผุพังสลายตัวเร็วขึ้น โดย

เฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนชื้นช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 30 องศาเซลเซียส กระบวนการนี้ต้องการน้ำเพิ่มขึ้นถึง 4 เท่าของบริเวณที่มีอุณหภูมิประมาณ 10 องศาเซลเซียส (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ, 2530)

#### 1.4 กระแสลม

กระแสลมมีอิทธิพลต่อธรณีสัณฐานของชายฝั่งทั้งทางตรงและทางอ้อม กล่าวคือ อิทธิพลทางตรงทำให้เกิดการกัดเซาะ การพัดพาและการทับถมตะกอน (Johns, 1995 : (2-15)) ซึ่งตะกอนเหล่านี้ทับถมบริเวณสันทราย อนึ่งความเร็วของลม และปริมาณน้ำในทรายเป็นตัวชี้บ่งชี้ถึงการเริ่มต้นการพัดพา (French, 1997 : 50; Pethick, 1984 quoted in Johns, 1995 : (2-15)) ส่วนอิทธิพลทางอ้อมทำให้เกิดคลื่นและการไหลเวียนของกระแสในมหาสมุทร (Johns, 1995 : (2-15))

#### 1.5 ลมพายุ

เป็นสาเหตุให้เกิดการกัดเซาะบริเวณหาดทราย และทำลายทรัพย์สินบริเวณแนวปะทะ อันเนื่องจากระดับน้ำทะเลลดต่ำลง ความเร็วลมสูง และความกดดันอากาศต่ำขยายตัวได้ระยะทางไกล ทำให้เกิดการพัดพาตะกอนสูง (Johns, 1995 : (2-17))

#### 1.6 คลื่น/ฤดูกาลคลื่น (wave/wave climate)

คลื่นเป็นตัวการหลักที่ขับเคลื่อนกระบวนการไหลฝั่งในทะเลเปิดสู่หน้าน้ำ โดยได้รับพลังงานจากลม พลังงานคลื่นทำให้เกิดชายหาด การจัดเรียงตะกอนท้องน้ำบริเวณชายทะเลส่วนนอก (foreshore) การเคลื่อนย้ายวัตถุท้องน้ำบนฝั่ง นอกฝั่ง และบริเวณแนวชายฝั่ง รวมทั้งเป็นตัวการที่กระทำต่อโครงสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่ง (Johns, 1995 : (2-13)) เช่น การสะท้อนของคลื่นและการขุดคุ้ยตะกอนบริเวณหาดส่วนหน้า ทำให้ฐานรากของกำแพงทะเลเปิดโถง กำแพงทะเลบริเวณชายหาดในรัฐนิวเจอร์ซีย์จึงพังทะลาย (Hall and Pilkey, 1991)

#### 1.7 กระแสน้ำชายฝั่ง (coastal currents)

เป็นกระแสน้ำที่เคลื่อนที่จากนอกฝั่งเข้าสู่ชายฝั่ง และบริเวณแนวชายฝั่ง โดยกระแสน้ำที่เคลื่อนที่จากนอกฝั่งเริ่มขุดคุ้ยตะกอน ณ ระดับความลึกเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น หลังจากนั้นจึงเคลื่อนผ่านบริเวณคลื่นหัวแตก (breaker zone) ยอดคลื่นเริ่มแตกและเข้าสู่เขตคลื่นหัวแตก (surf zone) ตำแหน่งนี้ น้ำและตะกอนจะซัดหาด (swash) และถอย

กลับ (backwash) (French, 1997 : 23-33) ส่วนกระแสน้ำเลียบฝั่งจะเคลื่อนย้ายตะกอนบริเวณแนวชายฝั่ง ซึ่งเกิดจากการไหลพัดพาของแม่น้ำ (Dyhr-Nielson and Sorenson, 1970 quoted in Rahn, 1986 : 337) และการพัดพาตะกอนที่เกิดจากการกัดเซาะบริเวณหัวแหลม (Arens, Jungerius and Van der Meulen, 2001 : 231)

### 1.8 น้ำขึ้นลง

ช่องทางน้ำขึ้นลงหรือซวากทะเลที่มีคาบน้ำขึ้น (flood tide) ล้นกว่าคาบน้ำลง (ebb tide) ทำให้มีพลังงาน ความเร็ว และการเคลื่อนย้ายตะกอนเข้าสู่ช่องทางน้ำขึ้นลงหรือซวากทะเลสูงกว่าคาบน้ำลง กรณีนี้ปริมาณตะกอนที่เคลื่อนย้ายบริเวณแนวชายฝั่งสุทธิมีค่าลดลง หากสถานการณ์ตรงข้าม จะทำให้ปริมาณตะกอนที่เคลื่อนย้ายบริเวณแนวชายฝั่งสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเคลื่อนย้ายตะกอนสุทธิมีความซับซ้อนมาก ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น กระแสน้ำที่ตกค้าง (residual currents) กลไกการเคลื่อนย้ายตะกอน ความคงตัวของตะกอน และการตักตะกอน (French, 1997 : 42-43)

### 1.9 การระบายน้ำของแม่น้ำ

แม่น้ำไหลพัดพาตะกอนลงสู่แนวชายฝั่งภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ (Johns, 1995 : (4-4)) จึงถือว่ากระบวนการนี้เป็นการเพิ่มขุดตะกอน (sediment budget) สู่อ่าวชายฝั่ง หนึ่งบริเวณที่กระบวนการชายฝั่ง มีอิทธิพลต่อการเคลื่อนย้ายตะกอนน้อยกว่ากระบวนการทับถมตะกอนจากแม่น้ำแล้ว จะเกิดดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำขึ้น เช่น ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำมิสซิสซิปปี (French, 1997 :51; Johns, 1995 : (4-4)) ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำโขง ดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำไนล์ เป็นต้น

### 1.10 การเปลี่ยนระดับน้ำทะเล

Houghton et. al. (1996 : 40) พบว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2453 - 2538 อุณหภูมิทั่วโลกบริเวณซีกโลกเหนือเพิ่มสูงขึ้น 0.4 - 0.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สิ่งผลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งทางอ้อมหลังจากการเพิ่มระดับน้ำทะเล ซึ่ง Clayton (1995 : 167) ได้ให้เหตุผลว่า ระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นทำให้คลื่นพลังงานสูงสามารถเคลื่อนเข้าสู่ฝั่งจึงเกิดการกัดเซาะในที่สุด แนวชายฝั่งจะถอยร่นเข้าสู่ผืนแผ่นดินมากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม Kahmstorf (1997) แสดงความเห็นขัดแย้งถึงปรากฏการณ์ข้างต้น โดยให้เหตุผลถึงความไม่แน่นอนของปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่บรรยากาศในอนาคต ความขาดแคลนข้อมูลภูมิอากาศ

และแบบจำลองที่ถูกต้อง ความอ่อนไหวของภูมิอากาศต่อความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกและผลกระทบจากกลไกที่เกิดจากภูมิอากาศไม่เคยปรากฏมาก่อน นอกจากนี้ French (2001 : 4) ระบุว่า ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลต่อชายฝั่งต้องใช้เวลายาวนานนับสหัสวรรษ เช่นเดียวกับความผันแปรของอุณหภูมิ

#### 1.11 การสะสมหุบเขาหรือการอยู่ตัว (valley aggregation or incision)

เหตุการณ์นี้มีกระบวนการเกิดแบ่งเป็น 2 กรณี กล่าวคือ กรณีแรก เนื่องจากพลังงานคลื่นที่กระทำต่อหน้าผาหรือหุบเขาทำให้เกิดการกัดเซาะบริเวณฐานหน้าผาขึ้น ในที่สุดหินส่วนบนพังทลายลงสู่ทะเล ส่วนกรณีที่สอง เกิดจากหินส่วนบนพังทลายลงสู่ฐานตอล่าง หลังจากนั้นกระแสน้ำชายฝั่งพัดพาตะกอนออกไป (Horikawa and Sunamura, 1967) โดยทั้งสองกรณีมีสาเหตุมาจากองค์ประกอบของหุบเขาเป็นวัตถุเนื้อร่วน จึงมีความทนทานต่อการกัดเซาะน้อย (Clayton, 1989; Pethick, 1992) หรือการวางตัวของชั้นหินลาดลงสู่ทะเล (Sayre and Komar, 1988) อย่างไรก็ตาม กรณีแรกอาจเกิดจากการวางตัวของชั้นหินบริเวณฐาน เป็นวัสดุเนื้อร่วน (French, 1997 : 39-40)

#### 1.12 การยุบตัวของแผ่นดิน

กระบวนการยุบตัวของแผ่นดินเกิดจาก 2 สาเหตุ กล่าวคือ การยุบตัวเนื่องจากกระบวนการแปรสัณฐานและการยุบตัวเนื่องจากการอัดแน่น โดยการยุบตัวเนื่องจากกระบวนการแปรสัณฐานเกิดจากการเคลื่อนไหวของแผ่นเปลือกโลก (Johns, 1995: (2-11)) ซึ่งกระบวนการนี้ต้องใช้ระยะเวลายาวนานนับสหัสวรรษ จึงจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อชายฝั่ง (French, 2001 : 4)

### 2. ปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

มนุษย์มีบทบาทสำคัญที่เข้ามาเกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง โดยผ่านการกระทำต่างๆ ทั้งต่อแนวชายฝั่งทั้งโดยตรงและทางอ้อม จนส่งผลทำให้มีการกัดเซาะของแนวชายฝั่ง แล้วส่งผลกระทบต่อภัยอันกลับสู่มนุษย์ในที่สุด ซึ่งปัจจัยที่เกิดจากมนุษย์ ได้แก่

## 2.1 การพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำ

เป็นการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่ลุ่มน้ำ เช่น การก่อสร้างเขื่อน/อ่างเก็บน้ำ การผันน้ำ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณตะกอนและปริมาณน้ำท่า ที่ระบายลงสู่ชายฝั่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทางอ้อม (Johns, 1995 : (2-29)-(2-33)) ดังเช่น การก่อสร้างเขื่อนอัสวาน (Aswan dam) ทั้งตอนบนและตอนล่างตัดตะกอนที่ระบายลงสู่ชายฝั่ง การกักเซาะจึงปรากฏขึ้นอย่างชัดเจนบริเวณแหลม Rosetta โดยเฉลี่ย 55 เมตร/ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2452 ถึง พ.ศ. 2534 (Frihy, 1992) ส่วนการก่อสร้างเขื่อนสามผา (Three-Gorge Dam) กั้นแม่น้ำซาง (Changjiang) และการผันน้ำจากทิศใต้สู่ทิศเหนือ ทำให้ลดปริมาณตะกอนที่ระบายลงสู่ชายฝั่งลงร้อยละ 12 และ 10 ตามลำดับ ในที่สุดการกักเซาะจึงเกิดขึ้นบริเวณดินดอนปากแม่น้ำ (Chen and Zong, 1998)

## 2.2 การขุดลอกตะกอน

การขุดลอกตะกอนมีวัตถุประสงค์สำคัญ เพื่อลดปริมาณตะกอนที่ทับถมบริเวณปากแม่น้ำหรือท่าเรือ ซึ่งผลจากการขุดลอกทำให้ปากแม่น้ำมีความลาดชันเพิ่มขึ้น แต่เสถียรภาพต่ำลง ดังนั้นช่วงน้ำลงกระแสน้ำไหลเร็วขึ้น จึงเกิดการกัดเซาะของตะกอนและทับถมบริเวณท้องน้ำที่ขุดลอกอย่างช้าๆ เพื่อปรับเข้าสู่สมดุลอีกครั้ง นอกจากนี้ปริมาณตะกอนที่ขุดลอกหากนำไปทิ้งบนแผ่นดิน ย่อมลดงบดุลตะกอนบริเวณแนวชายฝั่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (French, 1997 :70-71)

## 2.3 โครงสร้างชายฝั่งและการบำรุงรักษาชายหาด

โครงสร้างวิศวกรรมชายฝั่ง ได้แก่ กำแพงทะเล รอ และเขื่อนปากน้ำ ก่อสร้างขึ้นเพื่อลดความรุนแรงจากปัญหาการกัดเซาะของชายฝั่ง

### 2.3.1 กำแพงทะเล

เป็นกำแพงแนบที่ก่อสร้างขนานไปกับชายฝั่ง โครงสร้างนี้เร่งให้เกิดปัญหาการกัดเซาะบริเวณถัดไปตามทิศทางการเคลื่อนย้ายตะกอนเสียบฝั่งสุทธิ ดังเช่นงานวิจัยของ Jones, Cameron and Fisher (1993) ระบุว่า ชายฝั่งเกาะ Thomson รัฐ Massachusetts สหรัฐอเมริกา พังทะลายเพิ่มขึ้นจาก 0.4 เมตร/ปี เป็น 0.6 เมตร/ปี หลังการก่อสร้างกำแพงทะเล เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Correia et al. (1996) อันมีสาเหตุมาจาก



พลังงานคลื่นที่สะท้อนออกมากเกินกว่าที่จะลดความรุนแรงลงได้ จึงก่อให้เกิดปัญหานี้ด้านหน้ากำแพงทะเลและบริเวณที่ห่างไกลออกไป (Coch, 1995 : 412-413)

### 2.3.2 รอ

เป็นโครงสร้างตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง เพื่อดักตะกอนพื้นฟูชายหาด ขณะเดียวกันบริเวณถัดจากโครงสร้างนี้ มักประสบปัญหาการกัดเซาะขึ้นเช่นเดียวกัน เช่น ปัญหาการกัดเซาะบริเวณ Sandy Hook รัฐนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา เกิดจากรอและพายุที่มีความรุนแรงและความถี่เพิ่มขึ้น (Allen, 1981 quoted in French and Spencer, 2001 : 327)

### 2.3.3 เชื้อนปากน้ำ

เป็นโครงสร้างช่วยป้องกันตะกอนทับถมร่องน้ำขึ้นลงบริเวณปากแม่น้ำ ทำให้เรือสามารถสัญจรเข้า-ออกปากแม่น้ำได้ แม้ว่าโครงสร้างนี้ทำให้ปากแม่น้ำเสถียร แต่เป็นต้นเหตุให้เกิดการกัดเซาะของชายหาดบริเวณแนวชายฝั่งตามทิศทางการเคลื่อนย้ายตะกอนบริเวณที่ห่างออกไปเช่นเดียวกัน (Coch, 1995 : 413-414)

## 2.4 ทางระบายน้ำ

เพื่อลดปัญหาการเกิดน้ำท่วมหรือการจัดการทรัพยากรน้ำสู่พื้นที่แล้งแล้ว จึงมีการก่อสร้างทางระบายน้ำหรือการผันน้ำขึ้น ทำให้ลดปริมาณตะกอนที่เคลื่อนย้ายลงสู่ปากแม่น้ำ ดังกล่าวในหัวข้อการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำ

## 2.5 การเปลี่ยนสภาพสันทราย

มนุษย์มีอิทธิพลต่อสันทราย 3 ลักษณะ กล่าวคือ ลักษณะแรก เป็นอิทธิพลทางอ้อมโดยเข้ามาสอดแทรกกระบวนการอุทกพลวัต (hydrodynamic) รายละเอียดกล่าวถึงแล้วในหัวข้อโครงสร้างชายฝั่งและการบำรุงรักษาชายหาด ส่วนลักษณะที่สอง เป็นอิทธิพลทางตรงขณะการก่อตัวของสันทราย เช่น การก่อสร้างรั้วดักทรายเพื่อให้เกิดการทับถมภายในบริเวณที่กำหนดหรือการปลูกป่าสันทรายด้วยเหตุผลเดียวกัน และลักษณะสุดท้าย เป็นอิทธิพลจากมนุษย์ทางอ้อมที่เอื้อให้สันทรายก่อตัวขึ้นเอง เช่น การฟื้นฟูสันทราย การก่อสร้างทรายเป็นการถมทรายบริเวณชายหาด (Arens, Jungerius and Van der Meulen, 2001 : 245)

## 2.6 การก่อสร้างเส้นทางคมนาคมเลียบบฝั่ง

เนื่องจากชายฝั่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ ดังนั้นหน่วยงานของรัฐหลายประเทศจึงก่อสร้างถนนเลียบบชายฝั่งเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักท่องเที่ยว ส่งผลให้เกิดการทำลายป่าสนทราย ซึ่งป่าสนทรายเป็นตัวการที่ช่วยบรรเทาปัญหาการกัดเซาะของชายฝั่ง เป็นบริเวณกว้าง (Arens, Jungerius and Van der Meulen, 2001 : 255)

## 2.7 การพัฒนาทรัพยากร

มนุษย์ได้พัฒนาทรัพยากรธรณี เช่น น้ำบาดาล ทราย ชันมาใช้ อันเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการกัดเซาะของชายฝั่งขึ้น ทั้งทางตรงและทางอ้อม อาทิเช่น การกัดเซาะของชายหาดบริเวณอ่าว Calvi เกาะ Corsica ประเทศฝรั่งเศส เกิดจากปริมาณตะกอนที่ปล่อยจากพื้นที่ลุ่มน้ำลดต่ำลง เนื่องจากการทำเหมืองทรายเพื่อการก่อสร้าง (Gaillet and Piagay, 1999)

## พื้นที่ศึกษา

### 1. ธรณีสัณฐาน

ธรณีสัณฐานวิทยา เป็นสาขาวิชาของธรณีวิทยาที่ว่าด้วยผิวพื้นของโลก ซึ่งประมวลเอาทั้งรูปร่างธรรมชาติ กระบวนการกำเนิด และการปรับตัวของพื้นผิวโลก ตลอดจนความเปลี่ยนแปลงที่ประสบในปัจจุบัน (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2544 : 163) ดังนั้นหัวข้อนี้จึงเป็นการกล่าวถึงกระบวนการกำเนิด และลักษณะภูมิประเทศ (ประเด็นลักษณะภูมิประเทศ หมายถึง รูปร่างธรรมชาติ การปรับตัวของพื้นผิวโลก และการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันบางส่วน)

#### 1.1 กระบวนการเกิด

ประเทศไทยประกอบด้วยผืนแผ่นดิน ซึ่งเกิดจากอนุทวีป 2 แผ่นประกบกัน ได้แก่ อนุทวีปลาน - ไทย (บริเวณตะวันตกของประเทศไทยและแหลมไทย นั่นคือบริเวณภาคใต้ ภาคตะวันตก ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคเหนือส่วนใหญ่ของประเทศไทยในปัจจุบันตามระบบการแบ่งเขตการปกครอง) และอนุทวีปอินโดจีน (บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย รวมถึงประเทศลาว กัมพูชา และประเทศเวียดนาม)

อนุทวีปลาน-ไทยและอนุทวีปอินโดจีน เคลื่อนที่เข้าประกบกัน โดยสามารถสังเกตจากหลักฐานหลายประการ โดยเฉพาะหินจากทั้งสองอนุทวีปซึ่งมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ หินที่ประกอบเป็นอนุทวีปลาน-ไทย เป็นหินตะกอนในทะเล ส่วนหินของอนุทวีปอินโดจีน ส่วนใหญ่เป็นตะกอนน้ำจืด มีการสันนิษฐานว่า อนุทวีปลาน-ไทย แยกออกมาจากมหาทวีปกอนวานาแลนด์ (Gonwanaland) ในซีกโลกใต้ตั้งแต่ยุคคาร์บอนิเฟอรัสแล้วเคลื่อนที่ขึ้นมาทางซีกโลกเหนือ ขณะที่เคลื่อนที่ขึ้นขอบของอนุทวีปได้รับตะกอนทะเลยุคเพอร์เมียนไว้เป็นจำนวนมาก ทำให้มีรูปร่างแตกต่างจากปัจจุบัน ส่วนอนุทวีปอินโดจีนอยู่ในซีกโลกเหนือและเป็นส่วนหนึ่งของมหาทวีปลอเรเชีย (Laurasia) สันนิษฐานว่า พัฒนากับทวีปไม่ได้แยกออกมา แต่ตำแหน่งและรูปร่างแตกต่างจากปัจจุบัน เนื่องจากตะกอนที่ได้รับจากแม่น้ำหลายสายซึ่งไหลจากภูเขาในอดีต จึงทำให้มีการสะสมตัวของหินทรายและหินทรายแป้ง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538 : 41-56)

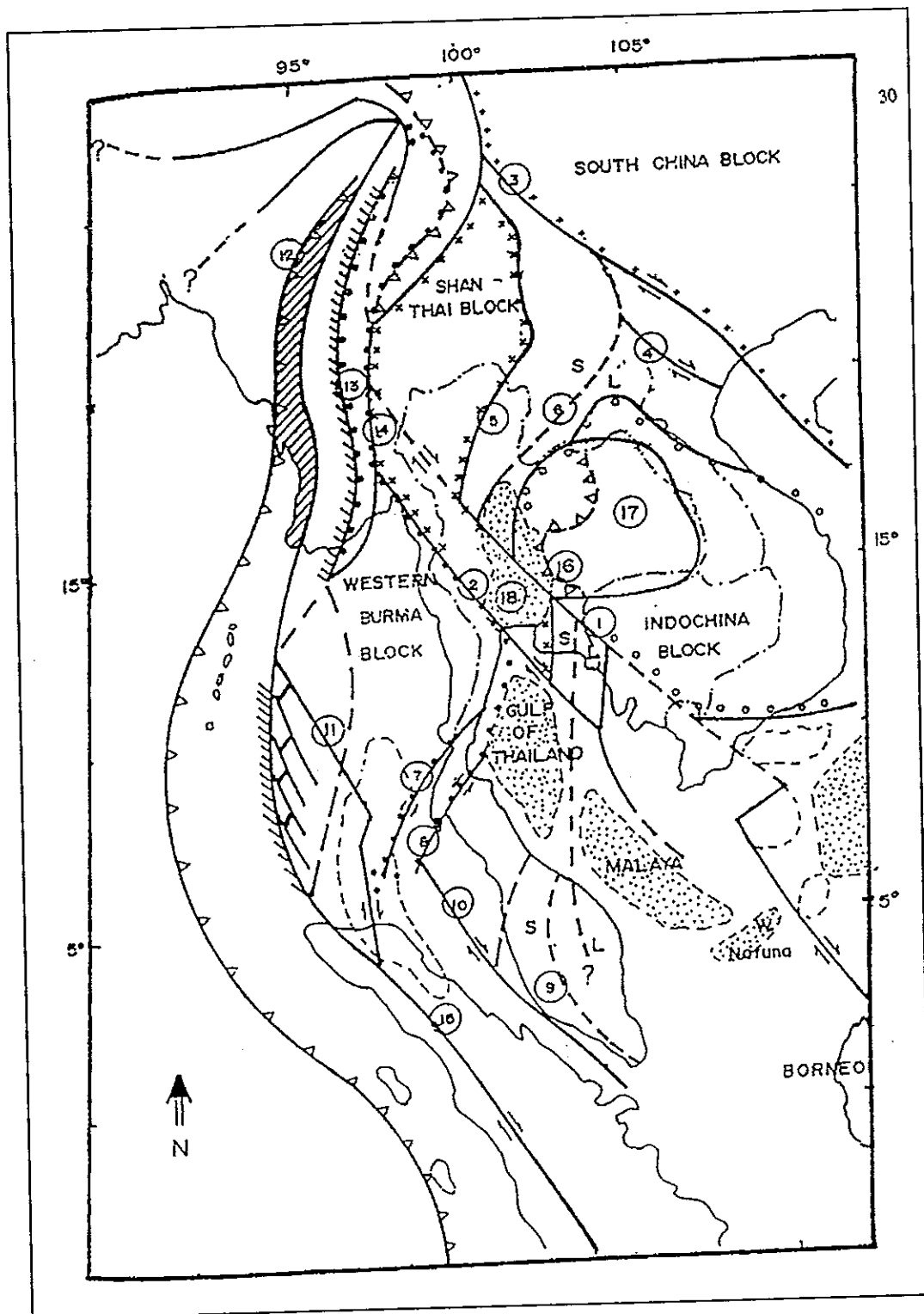
ต่อมาอนุทวีปทั้งสองเข้าประกบกัน สันนิษฐานว่าเกิดตอนปลายยุคครีเทเชียส และต้นยุคเทอร์เชียรี แรงที่เกิดจากการประกบของอนุทวีปทำให้บางส่วนของทวีปสอดมุดใต้อนุทวีปหนึ่ง เป็นผลให้มีการยกตัวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538 : 41-56) หนึ่งช่วงมหายุคซีโนโซอิกภูมิภาคนี้นี้ประสบเหตุการณ์ธรณีสงฐานอย่างต่อเนื่อง จึงก่อให้เกิดทิวเขาวางตัวในแนวเหนือ - ใต้ อันเป็นแกนสำคัญของคาบสมุทร ได้แก่ ทิวเขาภูเก็ด นครศรีธรรมราช และทิวเขาสันกาลาศีรี (เฉพาะภาคใต้) รวมทั้งการเกิดรอยเลื่อนขนาดใหญ่ (ฝ่ายวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534 : 16) ซึ่งปัญหา จารุศิริ และคณะ (2543 : 30 - 31) ระบุถึงแนวรอยเลื่อนเหล่านี้ไว้ดังภาพประกอบ 2.5 หลังจากนั้นแผ่นทวีปปรับตัวจนมีรูปร่างใกล้เคียงกับปัจจุบันช่วงตอนปลายของยุคเทอร์เชียรี และตลอดยุคควอเทอร์นารีน้ำทะเลเข้าท่วมและลดถอยไปหลายครั้ง (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538 : 56)

ส่วนที่ราบชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย เกิดจากอิทธิพลทางธรรมชาติ ได้แก่ กระแสลม คลื่น กระแสน้ำในอ่าวไทย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538 : 56) และกระแสน้ำในแม่น้ำลำคลองพัดพาตะกอนยุคควอเทอร์นารีมาทับถมกัน (ฝ่ายวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2534 : 117) โดยมีแนวชั้นหินคดโค้ง (fold belt) ซึ่งเกิดจากกระบวนการธรณีแปรสัณฐานในอดีตหลาย ๆ ครั้ง จนเกิดการวางตัวทอดยาวตั้งแต่มลพยูหนานของประเทศจีน ลงสู่คาบสมุทรภาคใต้ จนถึงแหลมมลายู เป็นแกนหรือกระดูกสันหลัง ช่วยควบคุมกระบวนการทับถมตะกอนเหล่านั้น (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538 : 41-56)

ผลจากการทับถมตะกอนดังกล่าวข้างต้น จึงก่อให้เกิดพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชขึ้น โดย Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University (1991: 9,34) อธิบายถึงวิวัฒนาการภายในพื้นที่นี้ว่า ในยุคน้ำแข็งยุคสุดท้ายระดับน้ำทะเลต่ำกว่าระดับ

ปัจจุบัน 30 เมตร ทำให้พื้นที่อ่าวไทยทั้งหมดแห้ง ต่อมาระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 5-6 เมตร เหนือระดับปัจจุบันในตอนปลายยุคน้ำแข็ง ทำให้แนวชายทะเลอยู่ติดกับทิวเขาอันเกิดจากชั้นหินคดโค้งทางด้านตะวันตก ระดับน้ำทะเลคงระดับเป็นเวลา 6,000 ปี และเกิดหาดทรายขยายตัวจากชายฝั่งในอดีต

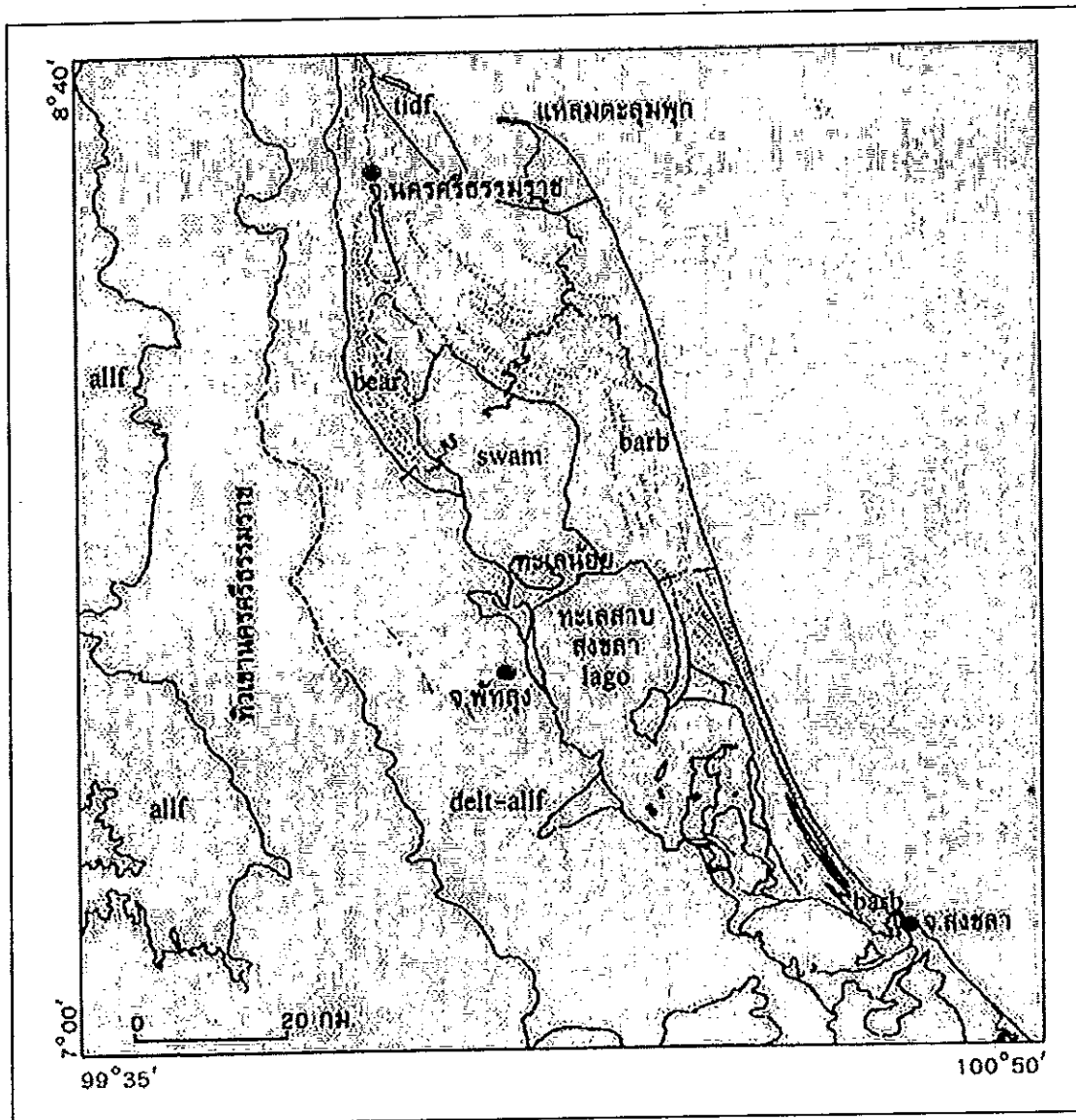
ส่วนธรณีประวัติยุคปัจจุบัน พบว่า การเคลื่อนย้ายตะกอนเลียบฝั่งมีความสำคัญต่อสัณฐานวิทยาของแหลมตะลุมพุก ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวสันทรายเก่า และแนวสันทรายปัจจุบันค่อนข้างขนานกับแนวทิวเขา ดังภาพประกอบ 2.6 (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2538) อนึ่งแผนที่ราชอาณาจักรไทยและทะเลโคชิน (Cochin sea) พ.ศ. 2371 แสดงให้เห็นเกาะขนาดใหญ่ ชื่อ "Tantalem" ตั้งอยู่นอกฝั่งของพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช และจังหวัดสงขลา (ภาพประกอบ 2.7 ก) ต่อมาปี พ.ศ. 2436 แผ่นดินใหญ่จอกเพิ่มจนเชื่อมตัวกับเกาะ ส่วนทะเลด้านในผืนแผ่นดินใหญ่ ภายหลังเรียกว่า "ทะเลสาบสงขลา" (ภาพประกอบ 2.7 ก) ส่วนทะเลด้านในผืนแผ่นดินใหญ่ ภายหลังเรียกว่า "ทะเลสาบสงขลา" (ภาพประกอบ 2.7 ข และ ค) นอกจากนี้ แผนที่ถนนเอเชียตะวันออก พ.ศ. 2503 และภาพจากดาวเทียม Landsat ปี พ.ศ. 2514 พบว่า แหลมตะลุมพุกเชื่อมตัวกับแผ่นดินใหญ่ พ.ศ. 2433 และแม่น้ำปากพ่องไหลลงสู่อ่าวนครศรีธรรมราชทางทิศเหนือ (Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University, 1991: 34-36)



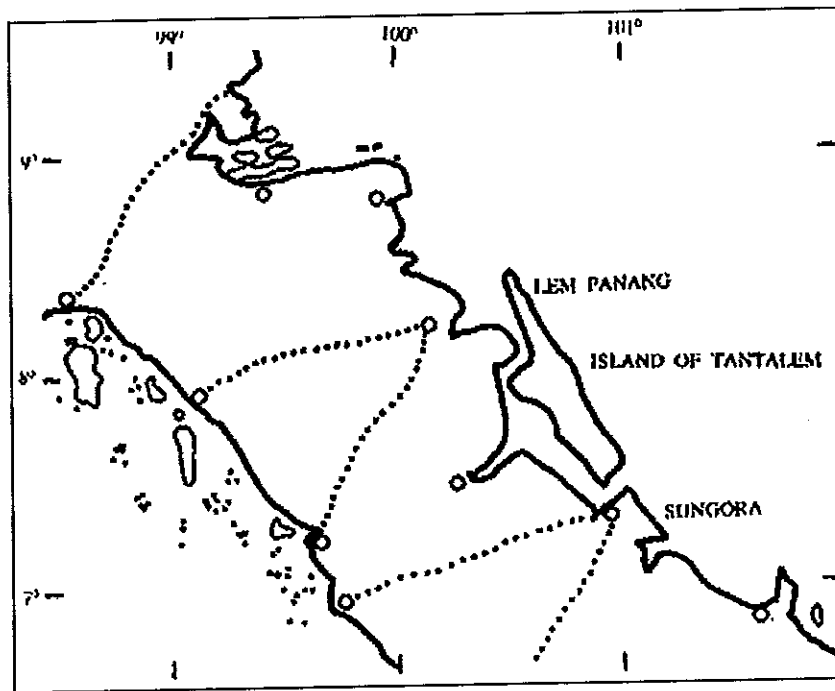
ภาพประกอบ 2.5 แนวรอยเลื่อนที่สำคัญในประเทศไทย  
ที่มา : ปัญญา จารุศิริ (2543 : 30 - 31)

## คำอธิบายสัญลักษณ์

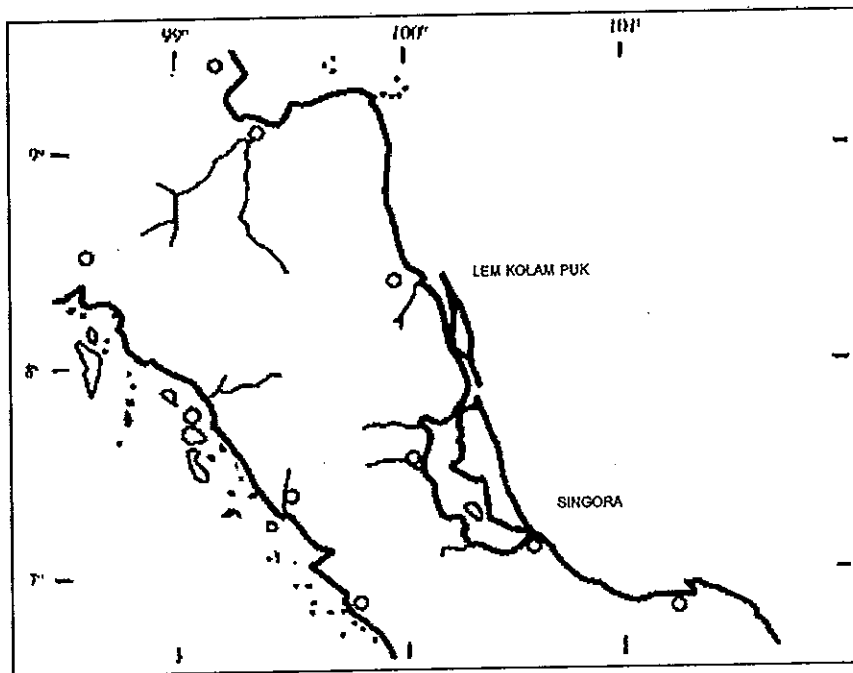
1	รอยเลื่อนแม่ปิง
2	รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์
3	รอยเลื่อนแม่น้ำแดง
4	รอยเลื่อนสองมา (Song Ma Fault)
5	รอยเลื่อนแม่ทา
6	รอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (แม่น้ำน่าน)
7	รอยเลื่อนระนอง
8	รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย
9	รอยเลื่อนเบตตอง - รวบ (Bentong - Ruab fault)
10	รอยเลื่อนมะละกา
11	รอยเลื่อนเมอกุย (Mergui fault)
12	รอยเลื่อนอินโด-พม่า
13	รอยเลื่อนแนวภูเขาไฟยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Volcanic belt)
14	รอยเลื่อนแนวเปกู - โยมา (Pegu - Yoma (Sagyaing) belt)
15	รอยเลื่อนสุมาตรา
16	Khorat Monocline
17	แอ่งโคราช
18	แอ่งเจ้าพระยา
S	แนวหินคดโค้งสุโขทัย
L	แนวหินคดโค้งเลย



ภาพประกอบ 2.6 แนวเส้นทรายเก่าบริเวณจังหวัดนครราชสีมาบางส่วน  
ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2538 : 166)



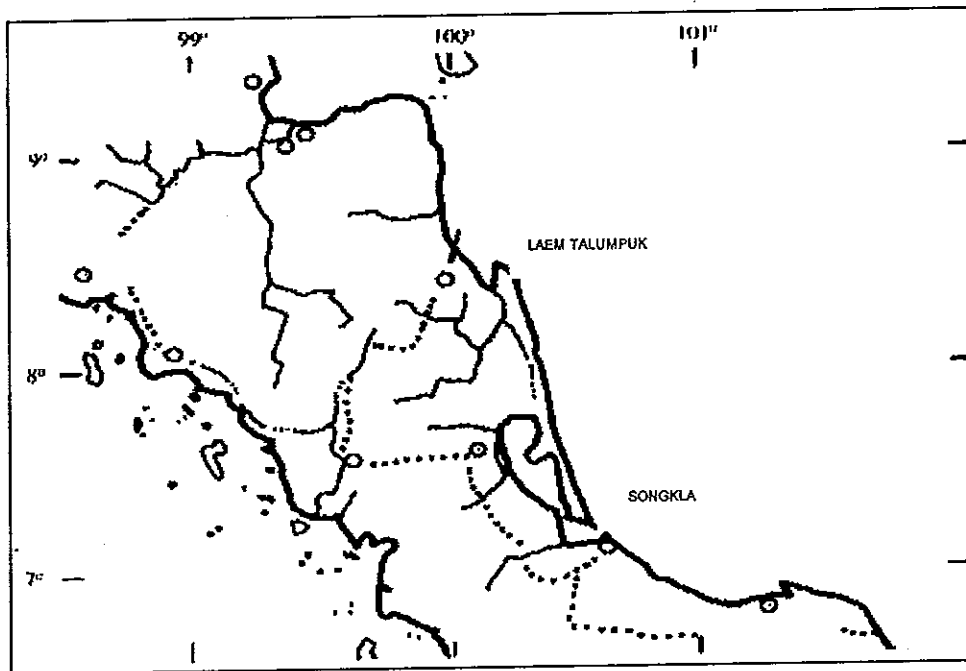
ก



ข

ภาพประกอบ 2.7 วิวัฒนาการจังหวัดนครศรีธรรมราชและพื้นที่ใกล้เคียง  
ที่มา : Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University (1991 : 36)





ก

ภาพประกอบ 2.7 (ต่อ)

ที่มา : Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University (1991 : 36)

## 1.2 ลักษณะภูมิประเทศ

นครศรีธรรมราชมีลักษณะภูมิประเทศแตกต่างกัน โดยมีทิวเขานครศรีธรรมราชวางตัวแนวเหนือ-ใต้คั่นกลางพื้นที่ ในที่นี้จึงสามารถแบ่งพื้นที่ออกได้เป็น 3 ส่วน กล่าวคือ

1.2.1 บริเวณเทือกเขาตอนกลาง พื้นที่บริเวณนี้มีทิวเขานครศรีธรรมราช ซึ่งวางตัวแนวเหนือ-ใต้ ตั้งกล่าวข้างต้นและเกือบขนานกับแนวชายฝั่งอ่าวไทยด้านตะวันตก (ฝ่ายแผนและโครงการ, สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2536 : 3) ลักษณะธรณีวิทยาของทิวเขาเหล่านี้เป็นหินแกรนิตยุคครีเทเชียส ยุคเทอร์เทียรี (Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, 1983) จึงเป็นแหล่งปลดปล่อยตะกอนทรายที่สำคัญแหล่งหนึ่งลงสู่อ่าวไทย โดยผ่านตามแม่น้ำและลำคลองสายสำคัญต่าง ๆ (กล่าวถึงเฉพาะลำคลองที่ไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณจังหวัดนครศรีธรรมราช) ได้แก่ แม่น้ำปากพนังไหลผ่านอำเภอชะอวด อำเภอเชียรใหญ่ รวมทั้งคลองสาขาจากอำเภอหัวไทร ไหลรวมกันกลายเป็นแม่น้ำปากพนัง คลองปากพูนไหลผ่านอำเภอรพทศคีรี คลองปากพญา-คลองปากนคร ไหลผ่าน

อำเภอเมือง คลองสายนี้แยกเป็นหลายสาขา แม่น้ำและลำคลองเหล่านี้ไหลออกสู่อ่าว นครศรีธรรมราช นอกจากนี้แล้วมีคลองกลาย ซึ่งไหลออกสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอท่าศาลา คลองท่าหน ไหลลงสู่อ่าวไทยบริเวณอำเภอลิชล (ฝ่ายแผนและโครงการสำนักงานจังหวัด นครศรีธรรมราช, 2536 : 4)

1.2.2 บริเวณที่ราบชายฝั่งด้านตะวันออก เป็นบริเวณที่ราบถัดจาก ทิวเขาดอนกลางไปทางทิศตะวันออกถึงฝั่งอ่าวไทย (ฝ่ายแผนและโครงการ สำนักงานจังหวัด นครศรีธรรมราช, 2536 : 3)

1.2.3 บริเวณที่ราบด้านตะวันตก เป็นบริเวณที่ราบระหว่างทิวเขา นครศรีธรรมราชและทิวเขาภูเก็ต (ฝ่ายแผนและโครงการ สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช, 2536 : 4)

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ จึงจำเป็นต้องกำหนดวิธีการวิจัยที่สอดคล้อง  
ประสานกัน ขณะเดียวกันวิธีการวิจัยที่กำหนดขึ้นนี้ จำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ อันเป็น  
เครื่องมือที่สำคัญ ดังนั้นรายละเอียดในบทนี้จึงกล่าวถึง หัวข้อต่าง ๆ 3 หัวข้อ ได้แก่ วัสดุ  
อุปกรณ์ สถานที่ และวิธีการวิจัย

#### วัสดุอุปกรณ์

##### 1. การสำรวจภาคสนาม วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในงานภาคสนาม ได้แก่

1.1 ชุดเครื่องมือหาพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Global Positioning System :GPS) ผนวกกับเข็มทิศ ยี่ห้อ Garmin รุ่น GPS III+

1.2 แผนที่ภูมิประเทศ ปี พ.ศ. 2516 มาตรฐาน 1 : 50,000 จำนวน 8 ระวัง ได้แก่ ระวัง 4925 I 4926 I 4926 II 4927 I 4927 II 4927 IV 5025 IV และระวัง 5026 III

1.3 แผนที่ภูมิประเทศ ปี พ.ศ. 2532 มาตรฐาน 1 : 50,000 จำนวน 1 ระวัง ได้แก่ ระวัง 5025 II

1.4 แผนที่ภูมิประเทศ ปี พ.ศ. 2534 มาตรฐาน 1 : 50,000 จำนวน 1 ระวัง ได้แก่ ระวัง 4927 IV

1.5 แผนที่ที่ได้จากการดำเนินการวิจัย ซึ่งแสดงถึงตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลรุนแรง

1.6 แบบบันทึกผลการออกภาคสนาม พร้อมอุปกรณ์บันทึก

1.7 ตำแหน่งและสถานที่ที่กำหนดเป็นจุดควบคุมภาคพื้นดินเบื้องต้น

1.8 รถยนต์ที่ใช้เป็นพาหนะในการเดินทางเพื่อดำเนินการวิจัย

2. การประมวลผลภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข และการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ใช้วัสดุอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล Hewlett Packard ซึ่งใช้ระบบปฏิบัติการ UNIX และ WindowsXP

2.2 อุปกรณ์นำเข้าข้อมูล ได้แก่ งานบันทึกอัดแน่น (compact disc : CD) แป้นพิมพ์ เมาส์ (mouse) แผ่นดิสก์เก็ต

2.3 โปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการประมวลผลภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข และการวิเคราะห์ผลข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.3.1 โปรแกรม ERDAS IMAGINE 8.3 โปรแกรมย่อยชื่อ Import, Data Preparation, Image Interpreter, Classifier และ Vector

2.3.2 โปรแกรม ArcView GIS 3.0 โปรแกรมย่อยชื่อ Cadtools Extension, Cad Reader, Graticules and Measured Grids, JPEG (JFIF) Image Support และ Spatial Analyst

2.3.3 โปรแกรม Arc/Info 3.5.1 โปรแกรมย่อยชื่อ Arc Starter Kit, Arcedit และ Overlay

2.3.4 กลุ่มโปรแกรม Microsoft Office97

2.3.5 โปรแกรม Adobe Photoshop 6.0

2.4 อุปกรณ์แสดงผล ได้แก่ แผ่นซีดี (Compact disk : CD) แผ่นดิสก์เก็ตจอภาพขนาด 17 นิ้ว เครื่องพิมพ์ภาพสี Hewlett Packard Deskjet รุ่น 5550 หมึกพิมพ์ กระดาษ

2.5 ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ซึ่งมีคุณลักษณะของภาพ ๗ ดัง ตาราง

3.1

ตาราง 3.1 คุณลักษณะของภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่นำมาใช้ในการวิจัย

แนว/แถว	ควอด แรนต์	วัน เดือน ปี	เวลา	ระดับ ปริมาณเมฆ	มุมเอียง <sup>1</sup> (องศา)
129/54	2	30 มีนาคม 2531	10:09 น.	1	56.83
	4	30 มีนาคม 2531	10:09 น.	1	56.81
128/54	3	27 มิถุนายน 2531	10:03 น.	2	54.83
129/54	2	22 มิถุนายน 2538	09:45 น.	0	50.78
	4	22 มิถุนายน 2538	09:45 น.	0	50.35
128/54	3	30 พฤษภาคม 2538	09:40 น.	0	51.38
129/54	2	19 เมษายน 2544	10:19 น.	1	61.33
	4	19 เมษายน 2544	10:19 น.	2	61.13
128/54	3	17 กรกฎาคม 2544	10:13 น.	0	56.86
เฉลี่ย					55.59

หมายเหตุ 1 มุมเอียง (elevation angle)

ที่มา : สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2545)

### สถานที่วิจัย

การดำเนินการวิจัยเพื่อการประมวลผลภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขและการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจภาคสนามครั้งนี้ ใช้ทรัพยากรต่าง ๆ จากหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ดังนี้

1. คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2. ห้องอบรมสัมมนา ศูนย์ระบบสารสนเทศภาคใต้ สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
3. อำเภอต่าง ๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ ขนอม สีชล ท่าศาลา เมืองนครศรีธรรมราช ปากพนัง และอำเภอหัวไทร

## วิธีการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการตรวจหาแนวชายทะเลที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรุนแรง และส่วนที่สองเป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อแนวชายทะเล

1. การตรวจหาแนวชายทะเลที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรุนแรง ดำเนินการวิจัยโดยใช้ขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้ (ภาพประกอบ 3.1)

### 1.1 การคัดเลือกภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข

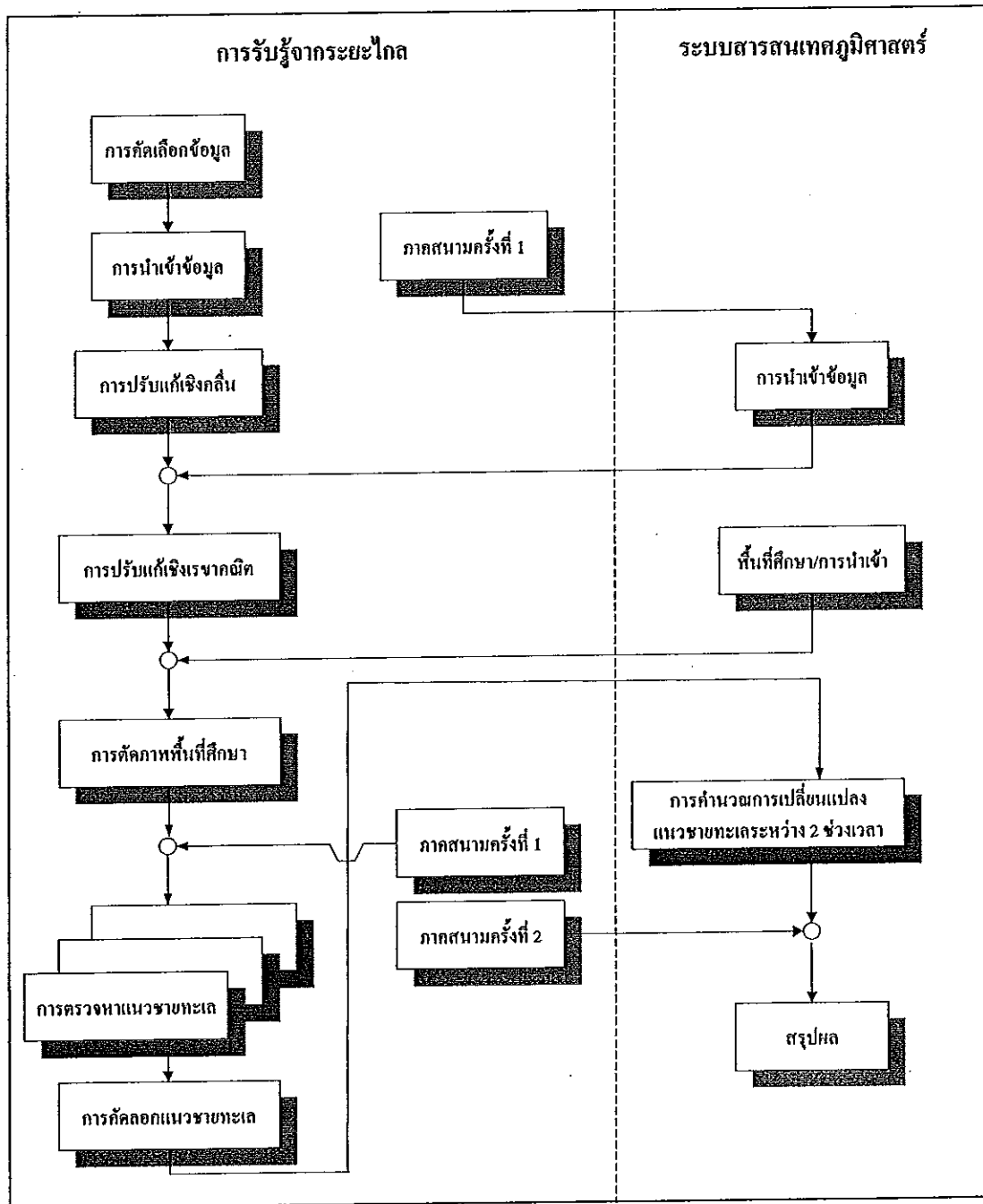
ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่นำมาใช้ในการวิจัยประกอบด้วยภาพบันทึก 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ปี พ.ศ. 2531 พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2544 โดยคัดเลือกภาพจากดาวเทียมที่มีปริมาณเมฆต่ำ ฤดูกาล และเวลาใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับผลจากการคัดเลือกปรากฏดังตาราง 3.1

### 1.2 การนำเข้าภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข

นำเข้าภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขทุกช่วงคลื่นและทุกช่วงเวลาจากแผ่นซีดีสู่ระบบการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขโดยใช้โปรแกรมย่อยชื่อ Import/Export

### 1.3 การปรับแก้เชิงคลื่น

เนื่องจากภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ได้รับ มีช่วงวันและเวลาแตกต่างกันทำให้มุมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับพื้นผิวโลกแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องปรับแก้โดยใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2544 และใช้ควอดแรนต์ที่สอดคล้องกัน เป็นฐานในการปรับแก้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปีอื่น ๆ ด้วยโปรแกรมย่อยชื่อ Data Preparation ใช้วิธี Histogram Matching อาทิเช่น ภาพจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2544 ควอดแรนต์ที่ 2 เป็นภาพฐานในการปรับแก้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2538 ควอดแรนต์ที่ 2 และภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 ควอดแรนต์ที่ 2 เป็นต้น



ภาพประกอบ 3.1 วิธีการวิจัย

#### 1.4 การตัดภาพพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาที่นำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์เป็นเพียงส่วนหนึ่งในภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่นำเข้ามา จึงตัดภาพพื้นที่ศึกษาโดยประมาณให้มีขนาดเล็กลงเพื่อประหยัดเวลาในการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข แล้วบันทึกเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลใหม่เพื่อนำมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

#### 1.5 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต

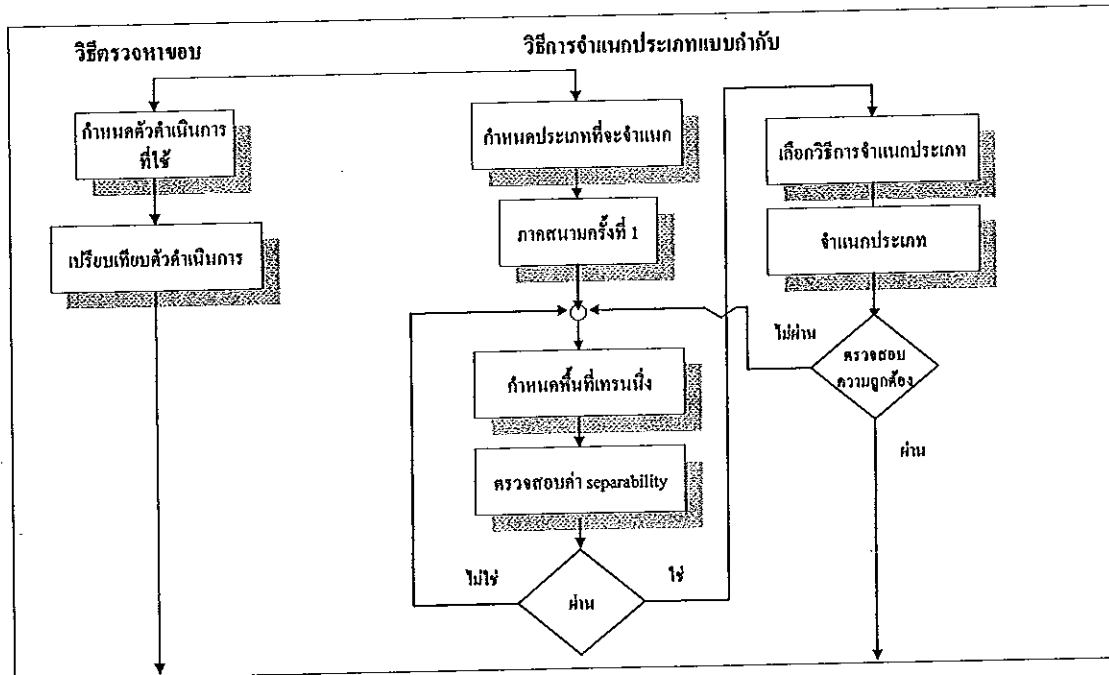
หลังจากเก็บข้อมูลจุดควบคุมภาคพื้นดิน ณ ตำแหน่งถาวร และปรากฏชัดเจนในภูมิประเทศจริงและในภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข อันได้แก่ สามแยก และสี่แยก โดยใช้เครื่องหาพิกัดภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (GPS) จากการออกภาคสนามครั้งที่ 1 แล้ว จึงนำเข้าสู่จุดควบคุมภาคพื้นดิน (ใช้วิธีการฉายภาพแบบ Universal Transverse Mercator : UTM) สู่อุปกรณ์สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อปรับแก้เชิงเรขาคณิตแก่ข้อมูลปี พ.ศ. 2544 โดยใช้พหุนามอันดับที่ 2 ( $2^{\text{nd}}$  polynomial transformation) เป็นสูตรการแปลง เปรียบเทียบค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยถึงระดับการยอมรับดังกล่าวในบทที่ 2 (การตรวจสอบขั้นตอนย่อยแรก) และตรวจสอบความถูกต้องการปรับแก้เชิงเรขาคณิตซ้ำ โดยการนำเข้าสู่จุดตรวจสอบ ซึ่งมีลักษณะเดียวกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน แล้วจึงเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดรากกำลังสองเฉลี่ย เช่นเดียวกับการใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน (การตรวจสอบขั้นตอนย่อยที่สอง)

เมื่อผลการตรวจสอบทั้งสองขั้นตอนย่อยอยู่ในระดับที่ยอมรับได้แล้ว จึงใช้วิธีการประมาณค่าในช่วงแบบ bilinear (bilinear interpolation) หลังจากนั้นจึงใช้ภาพจากดาวเทียมที่ปรับแก้เชิงเรขาคณิตในปี พ.ศ. 2544 เป็นภาพควบคุมในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแก่ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปีอื่น ๆ โดยใช้สูตรการแปลง วิธีการประมาณค่าในช่วง และวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง การปรับแก้เชิงเรขาคณิตเช่นเดียวกับภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขปี พ.ศ. 2544

#### 1.6 การตรวจหาแนวชายทะเล

ขั้นตอนนี้เป็นการหาดำแหน่งแนวชายทะเลโดยจัดทำ 2 วิธีกล่าวคือ วิธีตรวจหาขอบ และวิธีการจำแนกแบบกำกับ (ภาพประกอบ 3.2)





ภาพประกอบ 3.2 วิธีการตรวจหาแนวชายฝั่งทั้งสองวิธีได้แก่ วิธีตรวจหาขอบ และวิธีการจำแนกแบบกำกับ

1.6.1 วิธีตรวจหาขอบ นำตัวดำเนินการที่มีอยู่ในโปรแกรมย่อย Image interpreter มาทดลองใช้กับควอดแรนต์ที่ 4 ซึ่งมีลักษณะของแนวชายทะเลที่หลากหลาย ได้แก่ แนวชายทะเลที่เป็นชายหาด ที่ราบโคลน (mudflat) บริเวณที่กระแสน้ำ น้ำใสและน้ำขุ่น หลังจากนั้นจึงเปรียบเทียบผลจากการคัดเลือกวิธีตรวจหาขอบที่ให้แนวชายทะเลชัดเจนมาประยุกต์ใช้กับภาพจากดาวเทียมทุกควอดแรนต์และทุกช่วงเวลา

1.6.2 วิธีการจำแนกแบบกำกับ ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

(1) นำเข้าภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขปี พ.ศ. 2544 ช่วงคลื่นที่ 4 และ 3 ใส่ตัวกรองสีสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ

(2) กำหนดชนิดที่จะจำแนกโดยตรวจสอบจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ประกอบกับแผนที่ภูมิประเทศ หลังจากนั้นจึงออกภาคสนามครั้งที่ 1 เพื่อรวบรวมข้อมูลตำแหน่งของลักษณะการใช้ที่ดินแต่ละประเภทสำหรับภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2544 แล้วกำหนดเป็นพื้นที่ตรวจสอบด้วยโปรแกรมย่อย Classifier

(3) ตรวจสอบค่าสภาพการแยกแยะ (separability) ซึ่งเป็นค่าการกระจายของประเภทข้อมูลมีค่าอยู่ระหว่าง 0 - 2000 หากข้อมูลมีการกระจายดีมาก (มากกว่า 1600) จะผ่านขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ตรวจสอบ (training area)

(4) เลือกวิธีการจำแนกแบบกำกับด้วยวิธี Maximum Likelihood  
จำแนกประเภท

(5) พิจารณาค่าความถูกต้องของการจำแนก

(6) ทำซ้ำขั้นตอนที่ (1) - (5) แต่เปลี่ยนภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขจากปี พ.ศ. 2544 เป็นภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ปี พ.ศ. 2538 และ ปี พ.ศ. 2531 ตามลำดับ ส่วนการกำหนดพื้นที่เทรนนิ่งในภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2538 และ ปี พ.ศ. 2531 ใช้วิธีตรวจสอบตำแหน่งของลักษณะการใช้ที่ดินแต่ละประเภทโดยอาศัยข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำแนกที่ดินในปีที่ใกล้เคียงกัน ประกอบกับการศึกษาจากแผนที่ภูมิประเทศ

### 1.7 การตัดลอกแนวชายทะเล

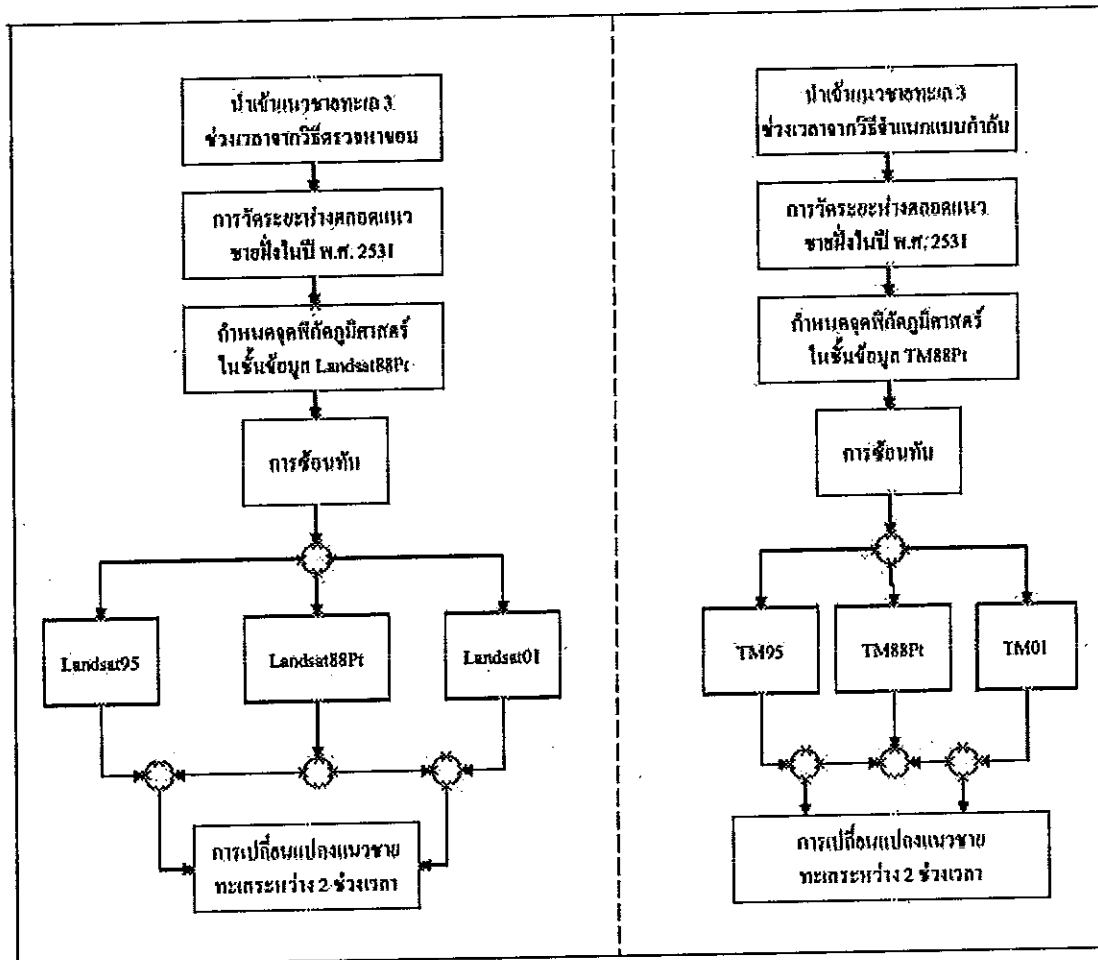
เนื่องจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระหว่างสองช่วงเวลาต้องอาศัยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ดังนั้นรูปแบบข้อมูลต้องอยู่ในรูปเวกเตอร์ จึงตัดลอกแนวชายทะเลทั้งหมดด้วยวิธีการดิจิทัลโซนบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ แล้วบันทึกแนวชายทะเลลงในชั้นข้อมูลใหม่

### 1.8 การคำนวณการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลระหว่าง 2 ช่วงเวลา

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นการวิเคราะห์เพื่อหาหลักการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลระหว่าง 2 ช่วงเวลา แบ่งเป็น 2 ส่วนตามแหล่งข้อมูลแนวชายทะเลที่ได้รับจากสองแหล่ง กล่าวคือ แนวชายทะเลจากวิธีการตรวจหาขอบ และแนวชายทะเลจากวิธีการจำแนกแบบกำกับ(ภาพประกอบ 3.3)

1.8.1 นำเข้าชั้นข้อมูลแนวชายทะเลที่ได้จากวิธีการตรวจหาขอบ ชื่อชั้นข้อมูล Landsat88 (เป็นข้อมูลแนวชายทะเลปี พ.ศ. 2531 และมีลักษณะของข้อมูลเป็นแบบเส้น) เข้าสู่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ArcView GIS

1.8.2 ใช้ Extension ชื่อ Poly conversion to spaced points (1.2) เพื่อเปลี่ยนชั้นข้อมูลจากเส้นเป็นจุด โดยจุดแต่ละจุดมีระยะห่าง 0.5 กิโลเมตร กำหนดเป็นชั้นข้อมูลใหม่ ชื่อ Land88Pt



ภาพประกอบ 3.3 การเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลระหว่าง 2 ช่วงเวลา โดยใช้แนวชายทะเลจากวิธี การตรวจหาขอบ (ซ้าย) แนวชายทะเลจากวิธีการจำแนกแบบกำกับ (ขวา)

1.8.3 ใช้ Extension ชื่อ Nearest Features v 3.7a คำนวณหาระยะทางที่ ใกล้ที่สุดและมีเส้นสัมผัสตั้งฉากระหว่างชั้นข้อมูลในข้อ (2) และชั้นข้อมูลข้อ (3) กำหนดค่า ระยะทางดังกล่าวให้มีค่าเป็นลบ บวก และเป็นศูนย์ กรณีแนวชายทะเลที่มีการกัดเซาะ กรณีแนว ชายทะเลที่มีการทับถม และกรณีแนวชายทะเลที่คงสภาพ ตามลำดับ

1.8.4 ตรวจสอบค่าระยะทางตั้งฉากที่ได้รับ หากมีค่าระยะทางตั้งฉากต่ำ กว่า -5 เมตร/ปี แสดงว่ามีการกัดเซาะรุนแรง หากมีระยะทางตั้งฉากสูงกว่า 5 เมตร/ปี แสดง ว่ามีการทับถม จึงกำหนดเป็นพื้นที่ที่สนใจ

1.8.5 ทำซ้ำข้อ (1) - (5) แต่นำเข้าชั้นข้อมูลที่ได้จากวิธีการจำแนกแบบ กำกับ และกำหนดชื่อชั้นข้อมูลดังภาพประกอบ 3.3

1.9 สรุปผล ประเมินผล วิธีการหาแนวชายฝั่งทั้งสองวิธีด้วยข้อมูลจากภาคสนาม ครั้งที่ 2 โดยใช้เครื่องบอกพิกัด GPS การบันทึกภาพพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล

และการตรวจสอบความสอดคล้องของการเปลี่ยนแปลงของแนวชายทะเลสองช่วงเวลาทั้งสองวิธี โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากสูตร

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2}}$$

เมื่อ

$r$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

$x_i$  คือ ค่าระยะห่างระหว่างแนวชายฝั่งสองช่วงเวลาจากวิธีตรวจหาขอบ

ตำแหน่งที่  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$y_i$  คือ ค่าระยะห่างระหว่างแนวชายฝั่งสองช่วงเวลาจากวิธีจำแนกประเภท

แบบกำกับตำแหน่งที่  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$\bar{x}$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าระยะห่างระหว่างแนวชายฝั่งสองช่วงเวลาจากวิธีตรวจ

หาขอบ

$\bar{y}$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าระยะห่างระหว่างแนวชายทะเลสองช่วงเวลาจากวิธีการ

จำแนกแบบกำกับ

## 2. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกัดเซาะของแนวชายทะเลอย่างรุนแรง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกร่อนของแนวชายทะเล โดยดำเนินการเฉพาะพื้นที่ที่สนใจหรือพื้นที่ที่มีปัญหา ดังต่อไปนี้

### 2.1 ปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ

ธรณีสัณฐานจังหวัดนครศรีธรรมราชและพื้นที่ใกล้เคียง การยุบตัวของแผ่นดิน การเปลี่ยนระดับน้ำทะเล และข้อมูลลักษณะดิน อันเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลซึ่งได้รับอิทธิพลจากธรรมชาติ ใช้วิธีการการวิเคราะห์จากการตรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในแต่ละปัจจัย

ลักษณะภูมิอากาศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล ได้แก่ ข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน คลื่น ความเร็ว และทิศทางของกระแสลม ลมพายุ น้ำขึ้นลง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์จากข้อมูลทุติยภูมิ ร่วมกับการวิเคราะห์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในแต่ละปัจจัย

## 2.2 ปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

ใช้วิธีการวิเคราะห์จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำ การขุดลอกตะกอน ทางระบายน้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพอันตราย การก่อสร้างเส้นทางคมนาคม เลียบฝั่ง การพัฒนาทรัพยากรขึ้นมาใช้ และการสำรวจข้อมูลภาคสนามบริเวณพื้นที่ที่มีโครงสร้างทางวิศวกรรมบริเวณชายทะเล (ภาคสนามครั้งที่ 2)

## 2.3 การสังเคราะห์ผลจากขั้นตอนที่ 2.1 และ 2.2

นำผลจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 2.1 และขั้นตอนที่ 2.2 มาสังเคราะห์ เพื่อหาปัจจัยที่คาดว่าจะทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะของแนวชายทะเลขึ้น

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปราย

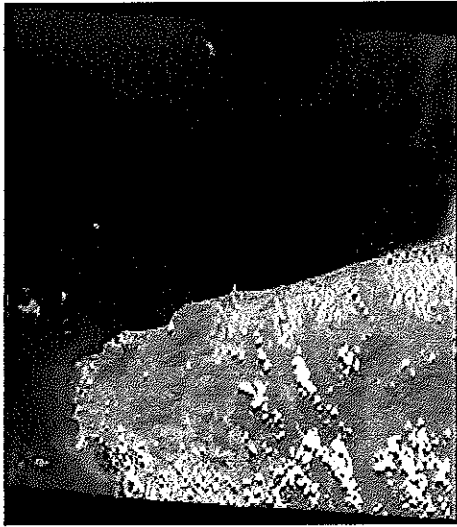
หลังจากดำเนินการวิจัยตามวิธีการวิจัยทำให้ได้รับผลการวิจัยที่สามารถตอบคำถามการวิจัยได้อย่างชัดเจนในระดับหนึ่ง โดยรายละเอียดในบทนี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วนใหญ่ ได้แก่ ส่วนแรกจะกล่าวถึงผลการตรวจหาแนวชายทะเลที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรุนแรง และส่วนที่สองเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวชายทะเลปัจจัยเพื่ออธิบายถึงสาเหตุหรือปัจจัยที่ทำให้ให้แนวชายทะเลมีการเปลี่ยนแปลงรุนแรง

#### ผลการตรวจหาแนวชายทะเลที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรุนแรง

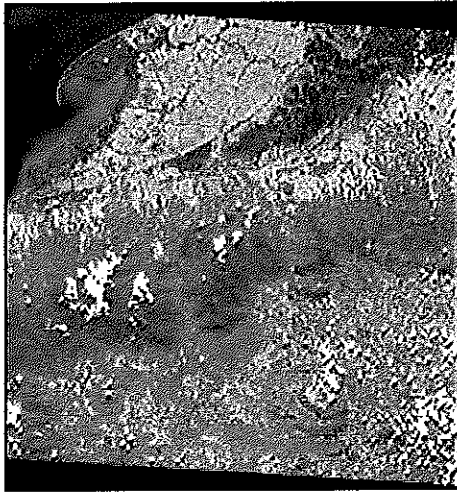
##### 1. ผลการคัดเลือกและการตัดภาพพื้นที่ศึกษา

หลังจากคัดเลือกภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขโดยมีเงื่อนไขของภาพที่มีปริมาณเมฆต่ำ ฤดูกาล และระยะเวลาที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ทำให้ได้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขดังภาพประกอบ 4.1 - 4.3 จากภาพดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 พบว่า ปริมาณเมฆน้อยมาก ยกเว้นในแนวที่ 128 แถวที่ 54 ควอดแรนต์ที่ 3 มีปริมาณเมฆอยู่ในระดับ 2 โดยปริมาณเมฆส่วนใหญ่อยู่บริเวณแหลมตะลุมพุก ซึ่งสามารถใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขบริเวณใกล้เคียงที่มีปริมาณเมฆน้อยกว่าในขั้นตอนการคัดลอกแนวชายทะเลแทน กล่าวคือ ใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขแนวที่ 129 แถวที่ 54 ควอดแรนต์ที่ 4 บางส่วนแทน

ปี พ.ศ. 2538 ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขทั้งสามควอดแรนต์ที่มีปริมาณเมฆน้อยมาก เนื่องจากระยะเวลาในการถ่ายภาพอยู่ในช่วงเดียวกันในปลายฤดูร้อน กล่าวคือ เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนมิถุนายน ทำให้สามารถใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขได้ทั้งสามควอดแรนต์ ส่วนในปี พ.ศ. 2544 พบว่า ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขมีปริมาณเมฆน้อย ยกเว้นแนวที่ 129 แถวที่ 54 ควอดแรนต์ที่ 4 ซึ่งมีปริมาณเมฆอยู่ในระดับ 2 อย่างไรก็ตามสามารถใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในขั้นตอนการคัดลอกแนวชายทะเลบริเวณใกล้เคียงบางส่วนที่มีปริมาณเมฆน้อยกว่าแทน กล่าวคือ ใช้แนวที่ 128 แถวที่ 54 ควอดแรนต์ที่ 3



ก)

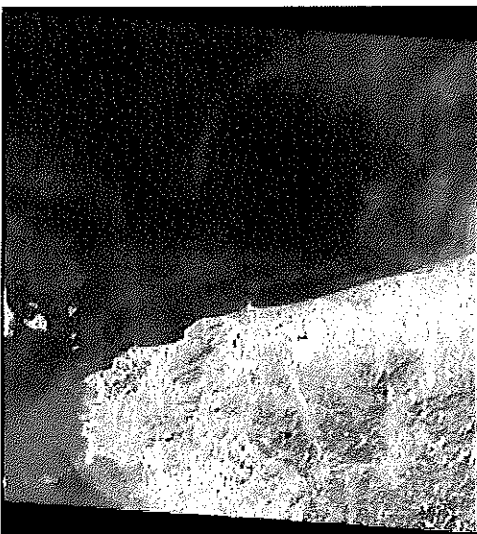
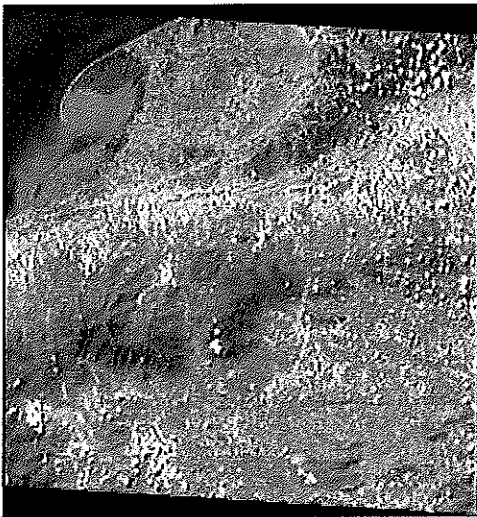
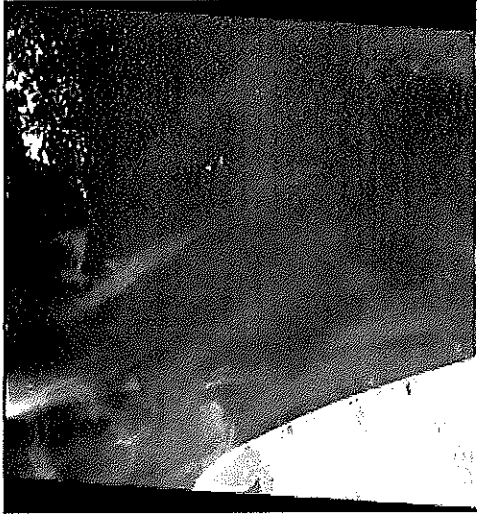


ข)



ค)

ภาพประกอบ 4.1 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 ก) ควอดแรนต์ที่ 2 และ ข) ควอดแรนต์ที่ 4 ของแนวที่ 129 แถวที่ 54  
ค) ควอดแรนต์ที่ 3 ของแนวที่ 128 แถวที่ 54



ก)

ข)

ค)

ภาพประกอบ 4.2 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2538 ก) ควอดแรนต์ที่ 2 และ ข) ควอดแรนต์ที่ 4 ของแนวที่ 129 แถวที่ 54  
ค) ควอดแรนต์ที่ 3 ของแนวที่ 128 แถวที่ 54





ก)

ข)

ค)

ภาพประกอบ 4.3 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2544 ก) ควอดแรนดท์ที่ 2 และ ข) ควอดแรนดท์ที่ 4 ของแนวที่ 129 แถวที่ 54  
ค) ควอดแรนดท์ที่ 3 ของแนวที่ 128 แถวที่ 54

## 2. ผลการปรับแก้เชิงคลื่น

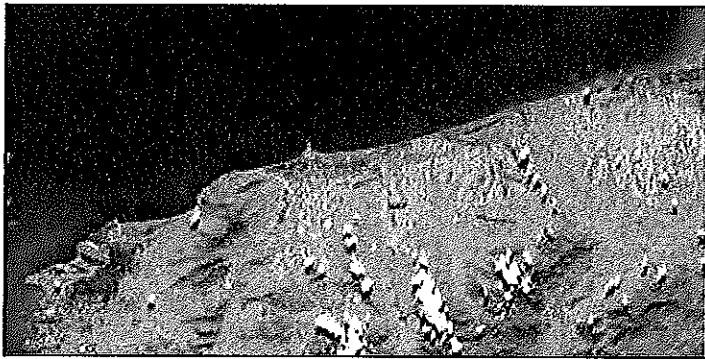
หลังจากนำเข้าภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขช่วงคลื่นที่ 4 5 และ 3 โดยให้ตัวกรองสี (filter) สีแดง เขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ ทำให้สังเกตเห็นได้ชัดเจนว่าภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างของระดับสีเทาอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อนำมาใส่ตัวกรองสีสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ยิ่งทำให้มองเห็นความแตกต่างยิ่งขึ้น หลังจากนั้นจึงปรับแก้เชิงคลื่นขึ้น ด้วยวิธีการ Histogram Matching และผลจากการปรับแก้เชิงคลื่น พบว่า เมื่อใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ปี พ.ศ. 2544 และใช้ควอดแรนต์ที่สอดคล้องกัน เป็นปีฐานในการปรับแก้เชิงคลื่นจะให้ค่าระดับสีเทาเท่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขปี พ.ศ. 2531 ควอดแรนต์ที่ 3 ซึ่งเป็นภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขเก่าและบรรจุอยู่ในกลักเทป ผลการปรับแก้มีความแตกต่างกัน (ภาพประกอบ 4.4 - 4.6) จึงจำเป็นต้องใช้ภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขก่อนการปรับแก้แทน เพื่อให้สังเกตรูปลักษณะ (feature) ได้ชัดเจน

## 3. ผลการปรับแก้เชิงเรขาคณิต

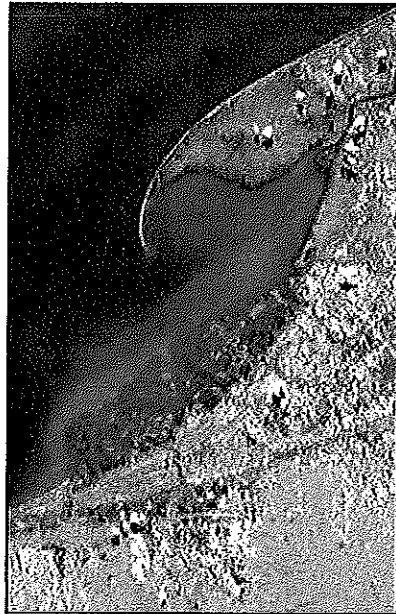
เนื่องจากภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ได้รับ เป็นข้อมูลดิบที่มีได้ปรับแก้เชิงเรขาคณิต ตำแหน่งพิกัดที่ปรากฏจึงเป็นค่าแถวและค่าแนวเท่านั้น จึงจำเป็นต้องปรับแก้โดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดิน จุดตรวจสอบ (ภาพประกอบ 4.7 - 4.9) และค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดดังตาราง 4.1

จากตาราง 4.1 พบว่า ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมด (total rms error value) โดยภาพรวมอยู่ในระดับต่ำไม่เกิน 0.5 จุดภาพ (pixel) ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่เมื่อพิจารณาแต่ละควอดแรนต์แล้วจะเห็นได้ว่า ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยมีค่าสูง พบในภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 ควอดแรนต์ที่ 2 และ 4 และในปี พ.ศ. 2538 ควอดแรนต์ที่ 2 ซึ่งเท่ากับ 0.3164 0.2435 0.3425 จุดภาพ ตามลำดับ

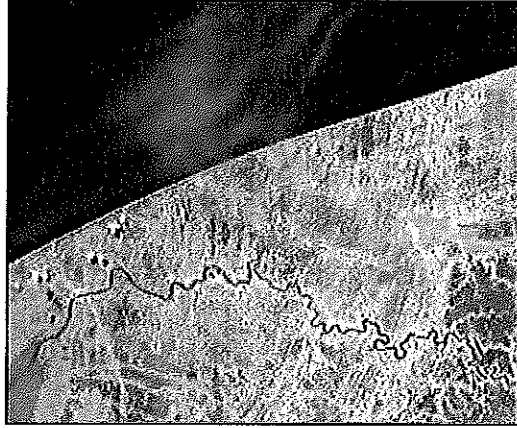
กรณีปี พ.ศ. 2531 อาจมีสาเหตุเกิดจากตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินมีการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างแต่ละช่วงเวลา โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2544 ขณะออกภาคสนามเพื่อเก็บจุดควบคุมภาคพื้นดินพบการก่อสร้างถนน และการขยายถนนลาดยางของกรมทางหลวง และการก่อสร้างถนนของกรมโยธาธิการ บริเวณภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ถ่ายในช่วงเวลาใกล้เคียงกับระยะเวลาปัจจุบัน มีค่าความผิดพลาดรากที่สองกำลังสองเฉลี่ยทั้งหมดต่ำ อนึ่งภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ถ่ายในปี พ.ศ. 2531 มีค่าความผิดพลาดรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยทั้งหมดค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ถ่ายในปัจจุบัน ปี พ.ศ. 2544 ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้นดินในแต่ละช่วงเวลา แต่ไม่มากนัก



ก)

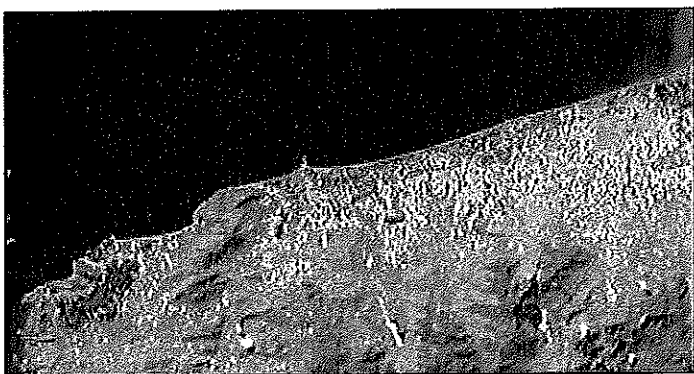


ข)



ค)

ภาพประกอบ 4.4 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเรียงตัวเลขในปี พ.ศ. 2531 หลังการปรับแก้เส้น (ก) ตรวจสอบครั้งที่ 2 และ ข) ตรวจสอบครั้งที่ 4 ของแนวที่ 129 แถวที่ 54 ค) ตรวจสอบครั้งที่ 3 ของแนวที่ 128 แถวที่ 54



ก)

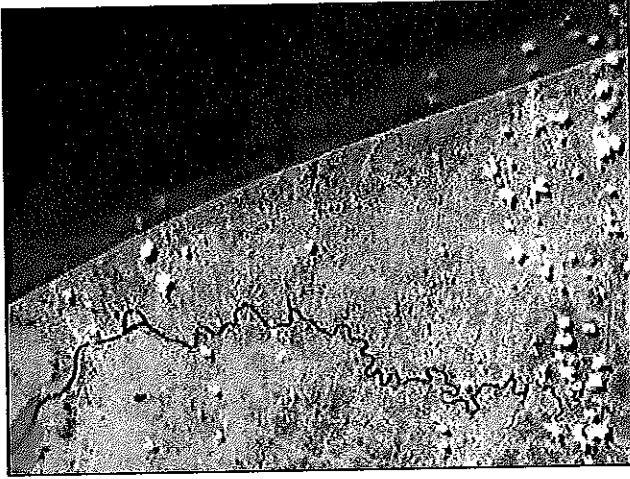
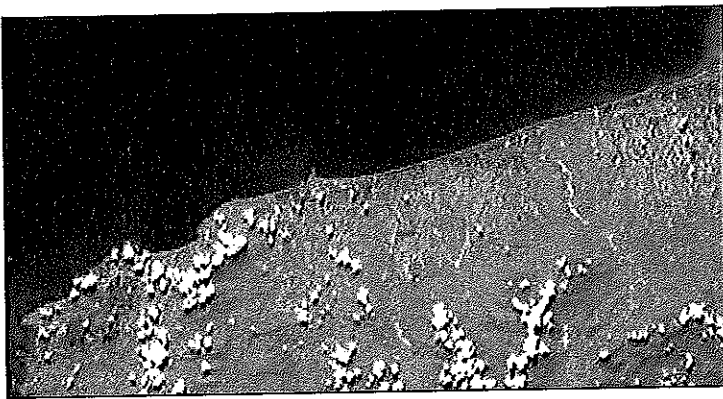


ข)



ค)

ภาพประกอบ 4.5 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ในปี พ.ศ. 2538 หลังการปรับแก้เชิงคลื่น ก) จุดอดแรมต์ที่ 2 และ ข) จุดอดแรมต์ที่ 4 ของแนวที่ 129 แนวที่ 54 ค) จุดอดแรมต์ที่ 3 ของแนวที่ 128 แนวที่ 54



ก)

ข)

ค)

ภาพประกอบ 4.6 ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ในปี พ.ศ. 2544 หลังการปรับแก้เชิงคลื่น ก) ข้อความที่ 2 และ ข) ข้อความที่ 4 ของแนวที่ 129 แถวที่ 54 ค) ข้อความที่ 3 ของแนวที่ 128 แถวที่ 54

ตาราง 4.1 ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดด้วยวิธีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแบบพหุนามอันดับที่ 2

แนว/ แถว	ควอด แรนต์ที่	วัน เดือน ปี	จำนวนจุด ควบคุมภาค พื้นดิน (จุด)	ค่าความผิดพลาดรากที่สอง ของกำลังสองเฉลี่ยทั้งหมด (จุดภาพ)
129/54	2	30 มีนาคม 2531	10	0.3164
	4	30 มีนาคม 2531	10	0.2435
128/54	3	27 มิถุนายน 2531	10	0.0250
129/54	2	22 มิถุนายน 2538	10	0.3425
	4	22 มิถุนายน 2538	10	0.0516
128/54	3	30 พฤษภาคม 2538	10	0.0627
129/54	2	19 เมษายน 2544	10	0.0602
	4	19 เมษายน 2544	10	0.0657
128/54	3	17 กรกฎาคม 2544	10	0.0215

นอกจากนี้แล้วความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดในควอดแรนต์ที่ 2 ของทุกช่วงปีอาจเกิดจากการฉายภาพโลกแบบยูทีเอ็มในบริเวณที่เป็นทิวเขานครศรีธรรมราช ซึ่งวิธีการฉายภาพโลกแบบนี้จะรักษารูปร่างและมาตราส่วน (ธวัช บุรีรักษ์ และ บัญชา คูเจริญ ไพบูลย์, มปป. : 221-222) แต่ไม่ได้กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน เนื่องจากการเดินทางเข้าไปลำบาก ส่วนในควอดแรนต์ที่ 4 จะมีปัญหาอันเนื่องมาจากน้ำขึ้นลง เพราะพื้นที่เป็นที่ลาดชัน น้อยมาก ถ้าระดับน้ำทะเลขึ้นเพียงเล็กน้อยก็จะลดพื้นที่ชายทะเลลงไป ส่วนกรณีที่เกิดน้ำลงจะทำให้เกิดสภาพของพื้นดินที่งอกออกไป ทำให้เกิดการเข้าใจที่ผิดพลาด ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้ จึงไม่นำภาพจากดาวเทียมในควอดแรนต์ที่ 2 ตอนบนบริเวณที่เป็นทิวเขาสูงมาใช้ และควอดแรนต์ที่ 4 ในส่วนที่เป็นอ่าวนครศรีธรรมราชด้วยเหตุผลข้างต้น

ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาพจากดาวเทียมหลังการปรับแก้เชิงเรขาคณิต โดยกำหนดจุดตรวจสอบ ซึ่งจุดตรวจสอบมีคุณลักษณะทำนองเดียวกับจุดควบคุมภาคพื้นดิน อนึ่งผลจากการกำหนดจุดตรวจสอบแล้ว จะให้ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดเช่นเดียวกับการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน ดังตาราง 4.2

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 0.5 จุดภาพ เช่นเดียวกับจุดตรวจสอบจึงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามจำนวนจุด

ตาราง 4.2 ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดของจุดตรวจสอบ

แนว/ แถว	ควอด แรนต์ที่	วัน เดือน ปี	จำนวนจุด ตรวจสอบ (จุด)	ค่าความผิดพลาดรากที่สอง ของค่าเฉลี่ยทั้งหมด (จุดภาพ)
129/54	2	30 มีนาคม 2531	6	0.4928
	4	30 มีนาคม 2531	6	0.3829
128/54	3	27 มิถุนายน 2531	6	0.2952
129/54	2	22 มิถุนายน 2538	6	0.0826
	4	22 มิถุนายน 2538	6	0.2543
128/54	3	30 พฤษภาคม 2538	6	0.4915
129/54	2	19 เมษายน 2544	6	0.3581
	4	19 เมษายน 2544	6	0.4729
128/54	3	17 กรกฎาคม 2544	6	0.2746

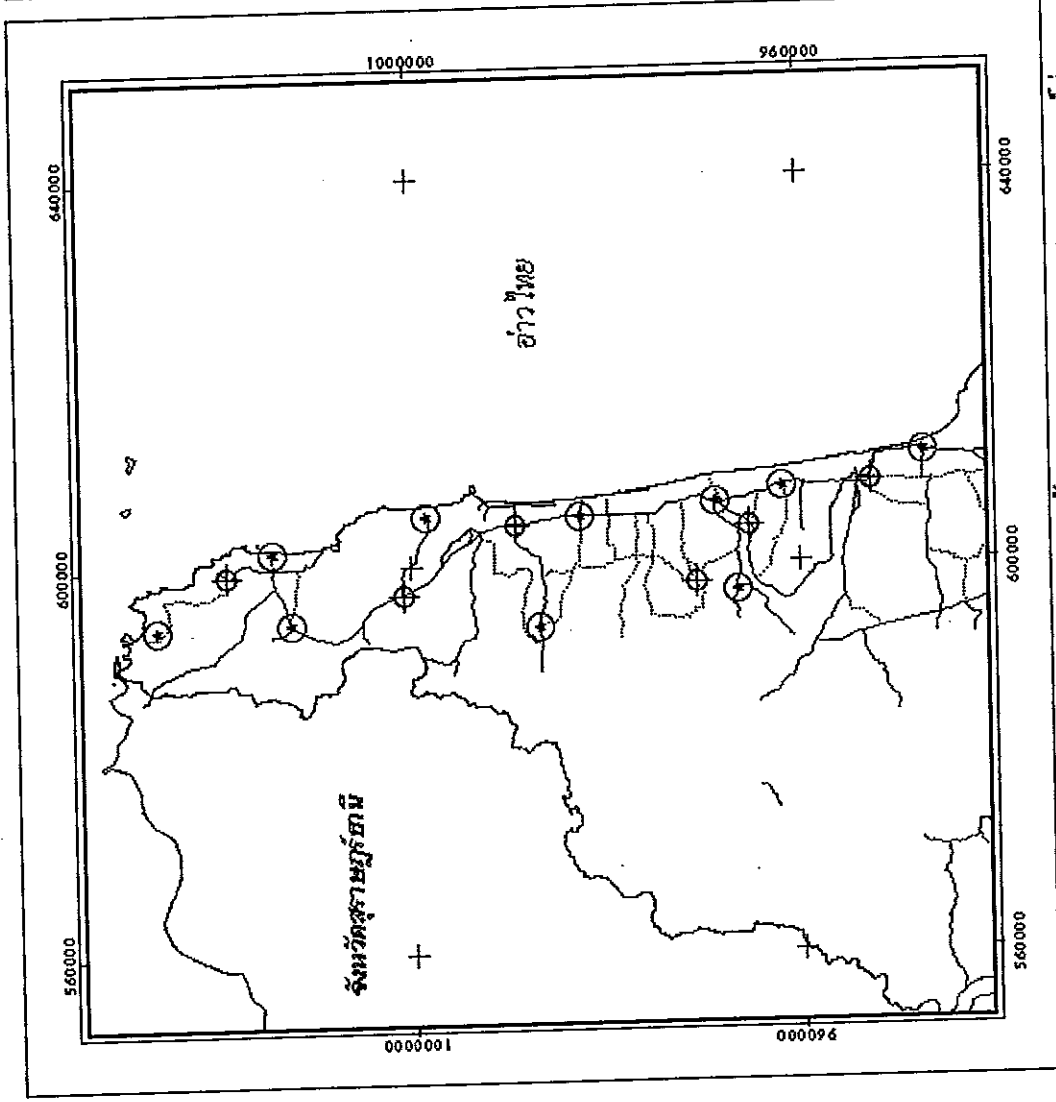
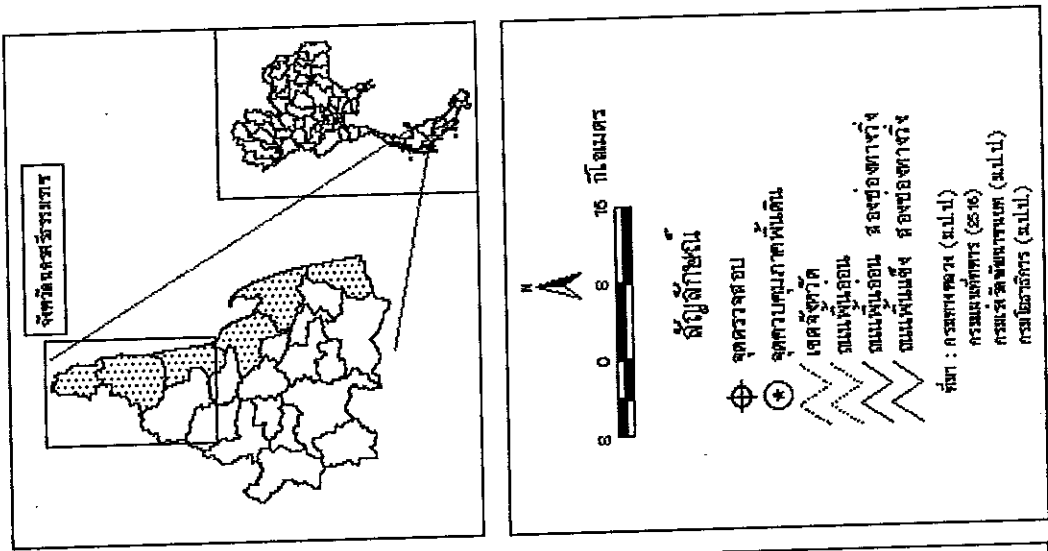
ตรวจสอบมีเพียงแค่ 6 จุดเท่านั้น เนื่องจากการหาจุดตรวจสอบกระทำได้อย่างจำกัดเพื่อให้สอดคล้องกับคุณลักษณะของจุดตรวจสอบที่กำหนดขึ้นในวิธีการวิจัยดังกล่าวในบทที่ 3 ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้ค่าความผิดพลาดรากที่สองของค่าเฉลี่ยทั้งหมดมีค่ามาก

#### 4. ผลการตรวจหาแนวชายทะเลและการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล

หลังจากดำเนินการประเมินผลภาพเชิงตัวเลขขั้นต้นแล้ว จึงนำภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขที่ได้นำมาตรวจหาแนวชายทะเลด้วยวิธีการตรวจหาขอบ และวิธีการจำแนกแบบกำกับ โดยมีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

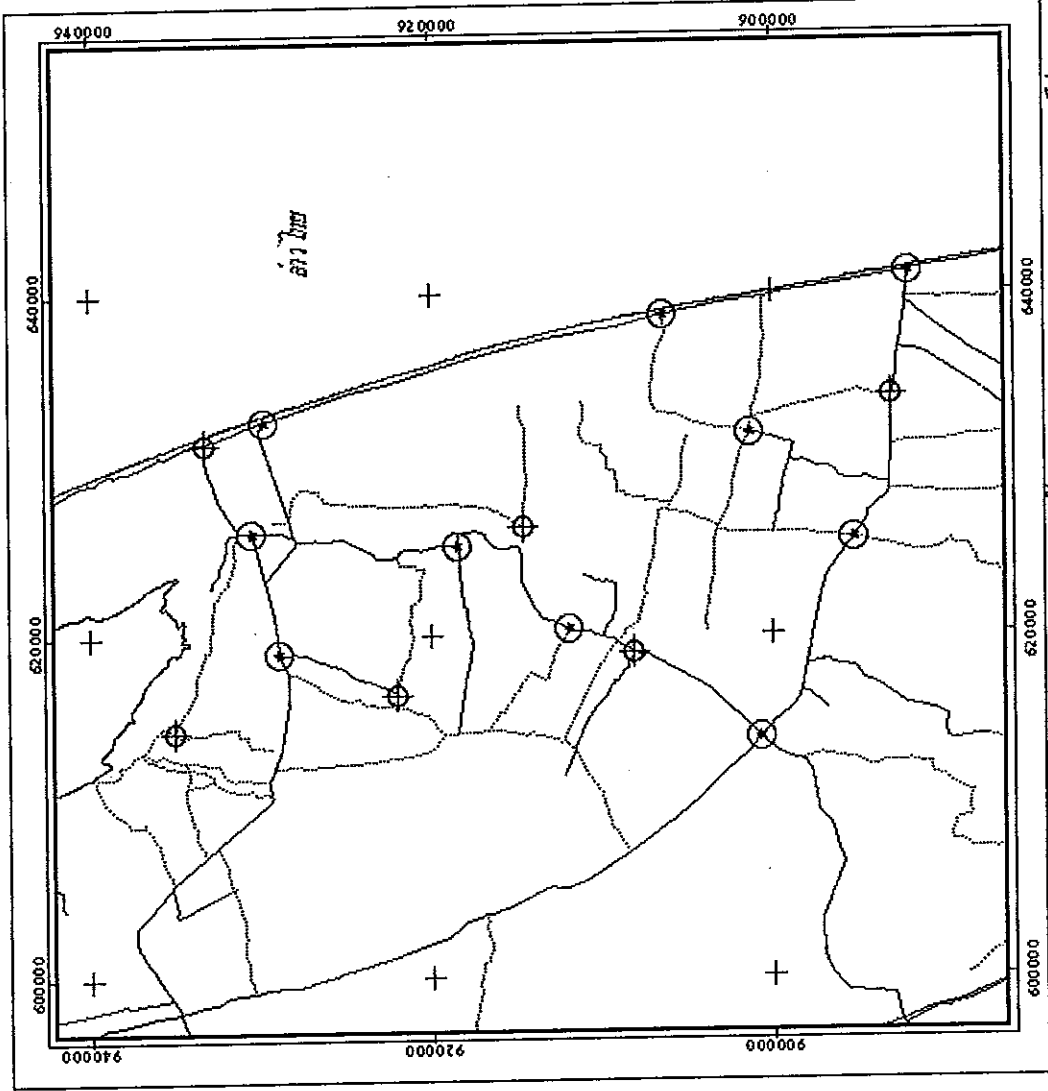
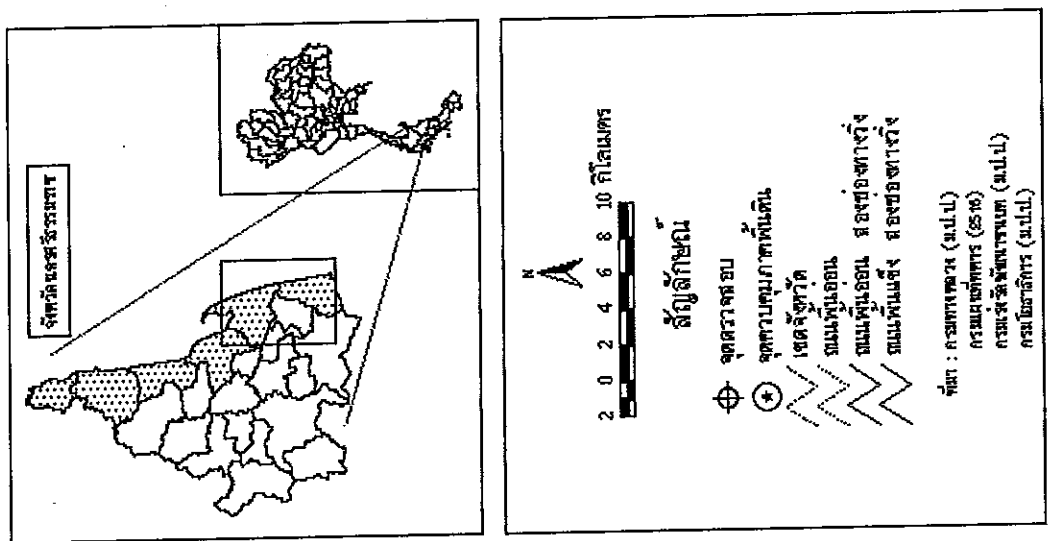
##### 4.1 การตรวจหาขอบ

นำเข้าภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขปี พ.ศ. 2544 ควอดแรนต์ที่ 4 ช่วงคลื่นที่ 4 5 3 และให้ตัวกรองสีสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินตามลำดับ แล้วจึงใช้ตัวปฏิบัติการต่างๆ ทั้ง 3 ชนิด ซึ่งได้ผลการศึกษาดังภาพประกอบ 4.10 เมื่อศึกษาผลจากการใช้ตัวปฏิบัติการต่างๆ แล้วเทียบกับภาพดาวเทียมเชิงตัวเลขก่อนการตรวจหาขอบจะเห็นได้ชัดเจนว่า ตัวปฏิบัติการแบบ Sobel จะให้เส้นขอบที่มีความคมชัดที่สุด ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการตรวจหาแนวชายทะเลได้ดีที่สุด

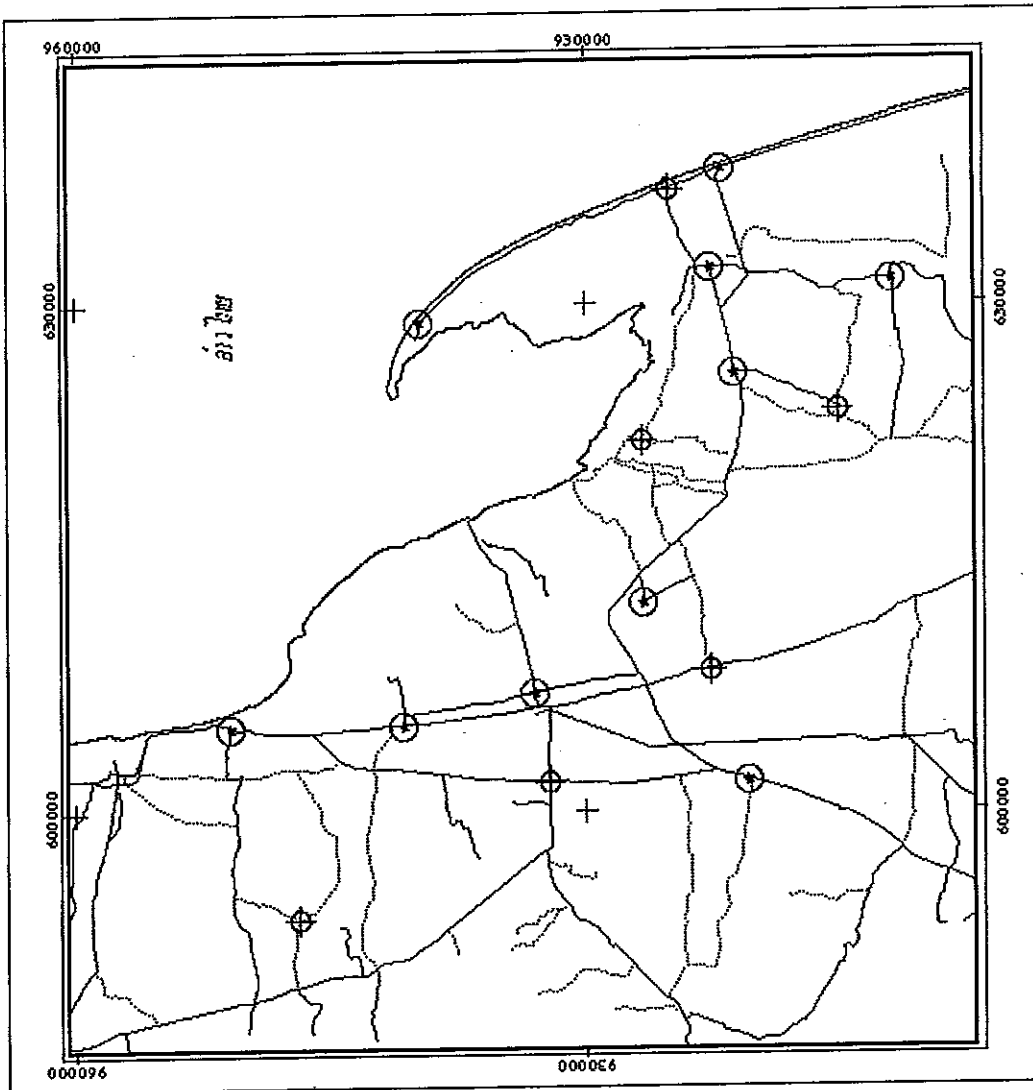
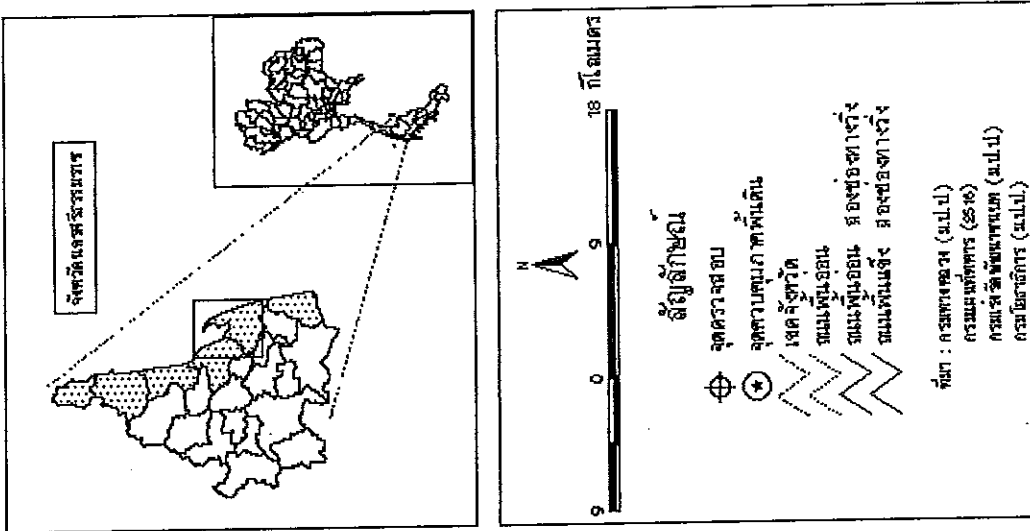


ภาพประกอบ 4.7 การกระจายของจุดควบคุมสภาพพื้นที่ดินและจุดตรวจศุลกากรในเครือข่ายแผนที่ 2

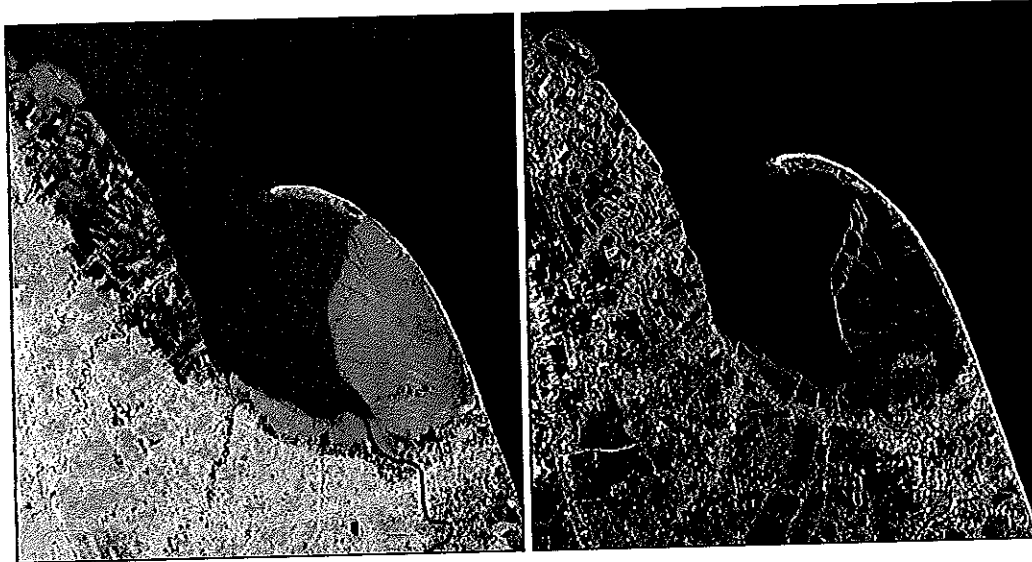




ภาพประกอบ 4.8 การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจจุดขบในเขตอำเภอแวงน้อย 3

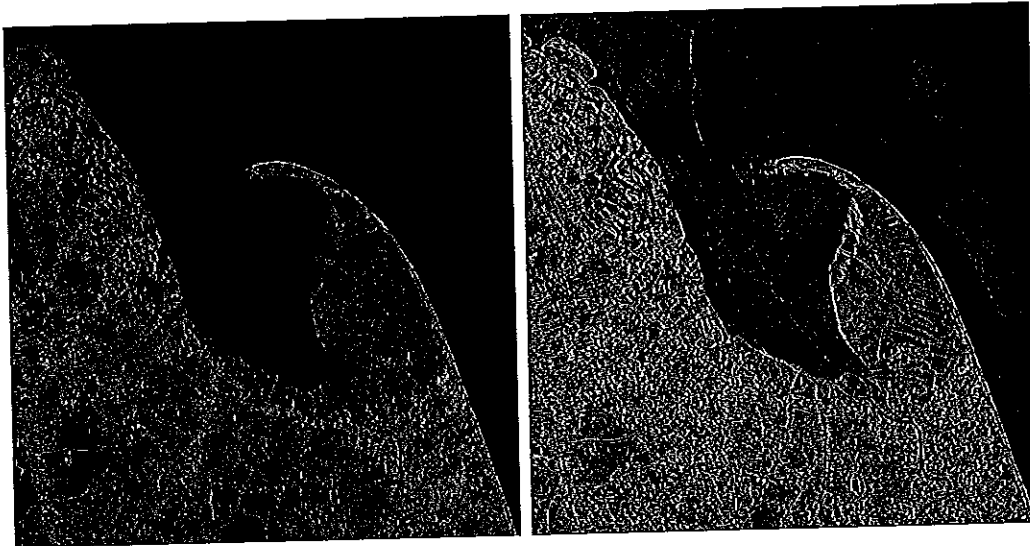


ภาพประกอบ 4.9 การกระจายของจุดควบคุมภาคพื้นดินและจุดตรวจสองปีในสายนถนนที่ 4



ก)

ข)



ค)

ง)

ภาพประกอบ 4.10 ผลการใช้ตัวปฏิบัติการเพื่อตรวจหาขอบแก่ควอดแรนต์ที่ 4 ก) ภาพเดิม  
ข) Sobel ค) EdgeDetect ง) การกรองผ่านความถี่สูง

หลังจากนั้นจึงดิจิทัลภาพที่ได้จากวิธีการตรวจหาขอบแบบ Sobel เพื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปเวกเตอร์แล้วนำชั้นข้อมูลทั้งสองชั้น (ชั้นปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2538 และชั้นปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2544) ซ้อนทับกันและคำนวณหาระยะห่างตั้งฉากระหว่างแนวชายทะเล พบพื้นที่ที่มีการกัดเซาะรุนแรงจำนวน 7 ตำแหน่ง เรียงจากทิศใต้ไปสูทิศเหนือ ดังตาราง 4.3 และภาพประกอบ 4.11 ซึ่งเมื่อนำแนวชายทะเลทั้งสองช่วงเวลามาเขียนกราฟ ดังภาพประกอบ 4.12 - 4.15

ตาราง 4.3 ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงจากวิธีการตรวจหาขอบ

ตำแหน่ง	ชื่อตำแหน่ง	อำเภอ
48	บ้านเกาะฝ้าย (1)	ปากพนัง
49	บ้านเกาะฝ้าย (2)	ปากพนัง
87	บ้านวิวัฒนาการชายทะเล	ปากพนัง
114	บ้านแหลมตะลุมพุก	ปากพนัง
121	บ้านปลายทรายกลาง	ปากพนัง
126	บ้านปลายสุดแหลม	ปากพนัง
386	บ้านสระบัว	ท่าศาลา

4.1.1 ตำแหน่งที่ 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่งที่ 49 บ้านเกาะฝ้าย (2)

จากการเขียนกราฟระหว่างระยะห่างตั้งฉากกับตำแหน่งที่วิเคราะห์ พบว่า ตำแหน่งที่ 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) มีการกัดเซาะแนวชายฝั่งอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 - ปี พ.ศ. 2544 เมื่อเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2538 พบว่า อัตราการกัดเซาะของตำแหน่งที่ 48 กับตำแหน่งที่ 49 เท่ากับ 2.96 และ 3.22 เมตร/ปี ตามลำดับ เมื่อเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2544 เท่ากับ 5.61 และ 6.35 เมตร/ปี ตามลำดับ (ภาพประกอบ 4.12 และภาพประกอบ 4.16) ตำแหน่งเหล่านี้พบสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่ง ซึ่งจากงานวิจัยของจักรกริส กลสิสุวรรณ (2543) พบว่า มีการเปลี่ยนแนวชายฝั่งทั้งการกัดเซาะและการทับถมบริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรม

4.1.2 ตำแหน่งที่ 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล

มีอัตราการกัดเซาะอย่างต่อเนื่องและเห็นได้ชัดเจนนั้นคือ อัตราการกัดเซาะในระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2538 และ ปี พ.ศ. 2544 4.23 และ 5.82 เมตร/ปี ตามลำดับ (ภาพประกอบ 4.13 และภาพประกอบ 4.17)



4.1.3 ตำแหน่งที่ 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่งที่ 121 บ้านปลายทรายกลาง ตำแหน่งที่ 126 บ้านปลายสุดแหลม

มีการกัดเซาะอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะบริเวณบ้านแหลมตะลุมพุก การเปลี่ยนแปลงเกิดจากการทับถมของแนวชายฝั่งในปี พ.ศ. 2538 เป็นการกัดเซาะอย่างรุนแรงในปี พ.ศ. 2544 ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วน 2 ตำแหน่งที่เหลือในบริเวณเดียวกันนี้ มีการกัดเซาะอย่างต่อเนื่อง เมื่อเทียบกับระหว่าง ปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2538 และ ปี พ.ศ. 2531 - ปี พ.ศ. 2544 (ภาพประกอบ 4.14 และภาพประกอบ 4.18) ซึ่งตำแหน่งที่มีอัตราการกัดเซาะเหล่านี้สอดคล้องกับการค้นพบของจักรกริส กลิสสุวรรณ (2543) ซึ่งงานวิจัย พบว่า บริเวณปลายแหลมจอยบริเวณแหลมโพมีการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งค่อนข้างสูง ทำให้พบการกัดเซาะและการทับถมหลายบริเวณ

4.1.4 ตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว

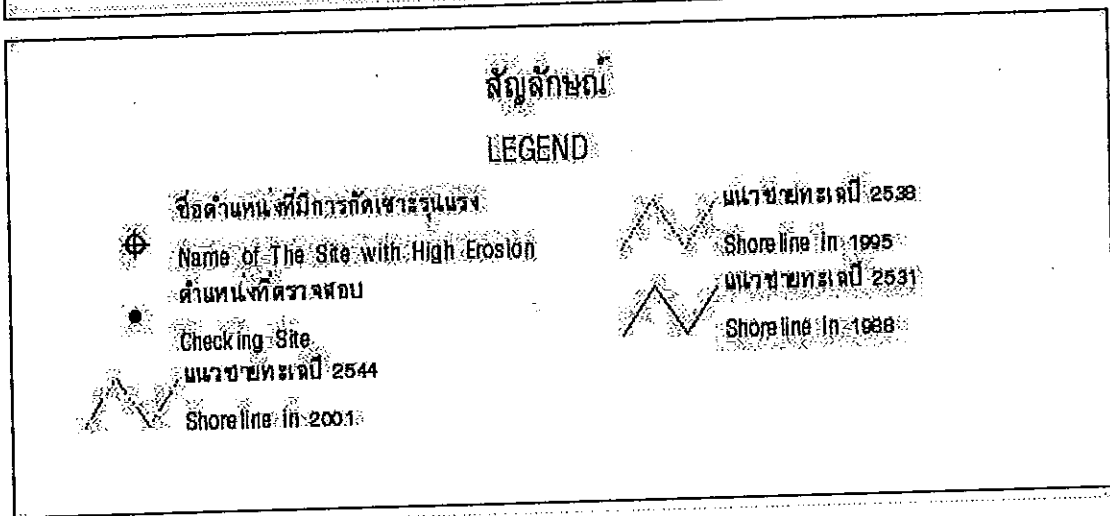
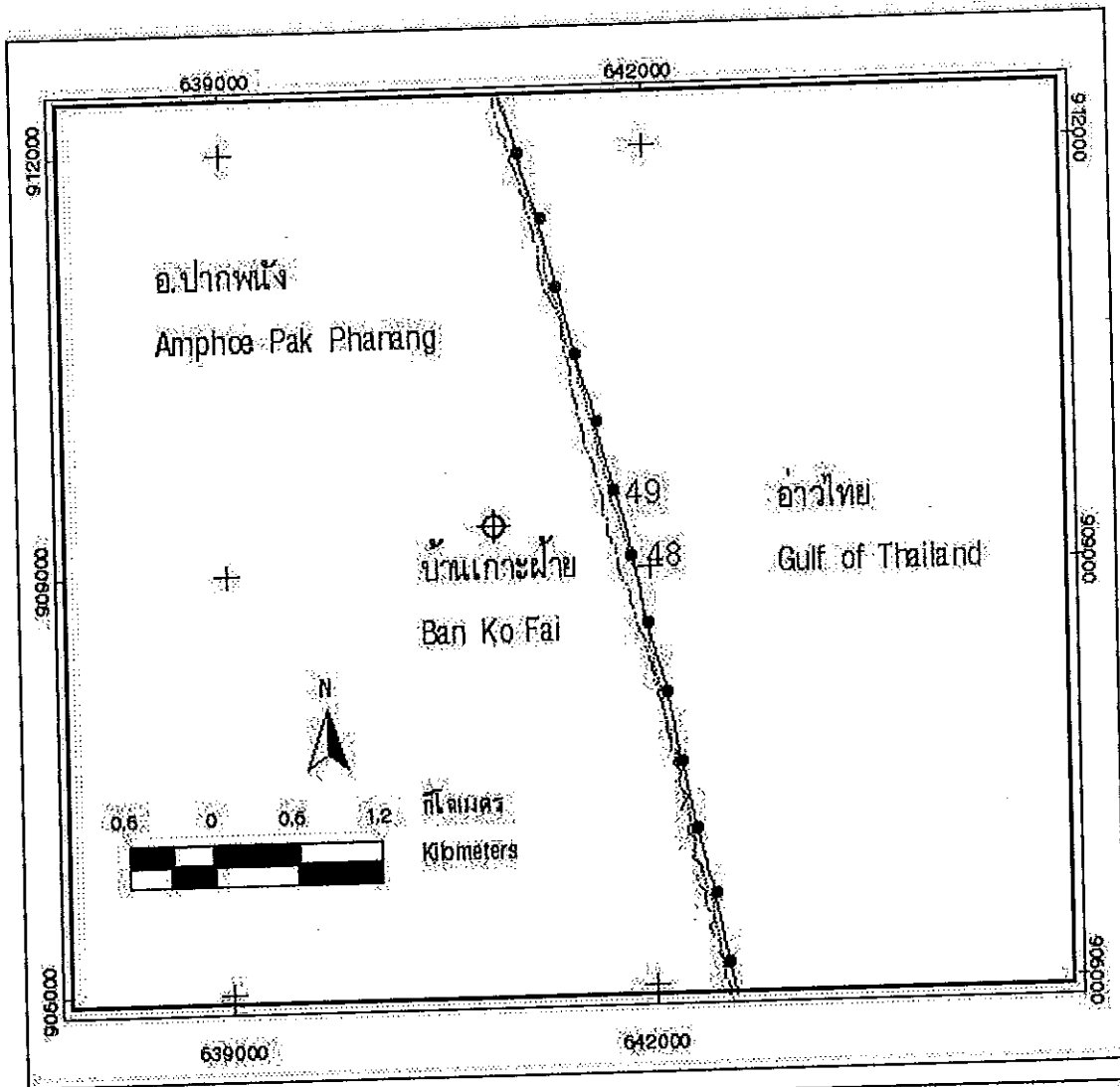
มีการกัดเซาะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531 - ปี พ.ศ. 2538 และ ปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2544 คิดเป็นอัตราการกัดเซาะ 1.04 5.96 เมตร/ปี ตามลำดับ (ภาพประกอบ 4.15 และภาพประกอบ 4.19) ตำแหน่งนี้พบสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่งปรากฏอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรกริส กลิสสุวรรณ (2543) ที่พบว่า บริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรม จะพบการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทั้งการกัดเซาะและการทับถม

## 4.2 การจำแนกแบบกำกับ

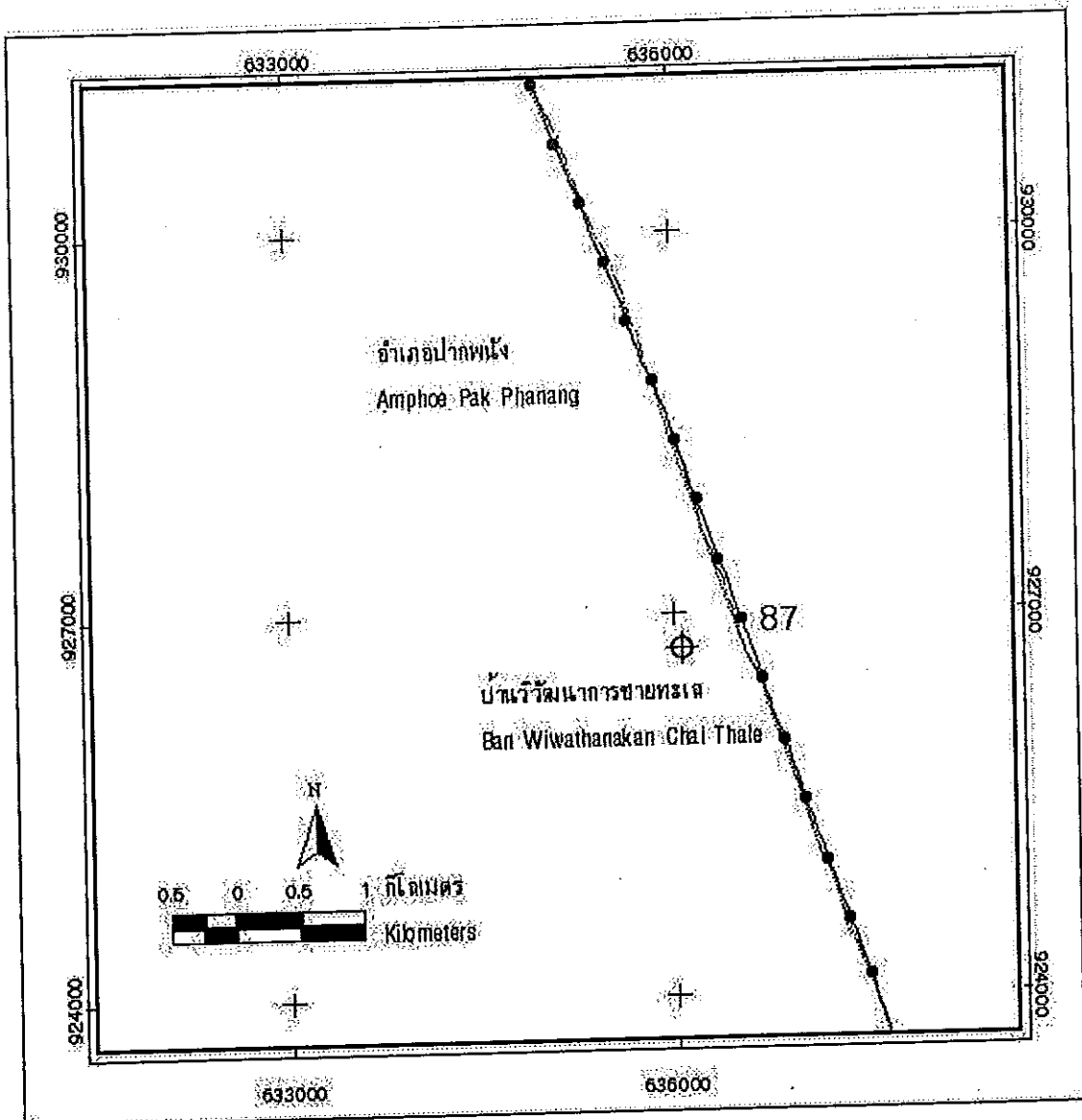
หลังจากดัดแปลงภาพที่ได้จากวิธีการจำแนกแบบกำกับ เพื่อแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปเวกเตอร์แล้วนำเข้าชั้นข้อมูลทั้งสองชั้น และมีการเปรียบเทียบสองครั้ง พบตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงจำนวน 7 ตำแหน่ง เรียงจากทิศใต้ไปสูทิศเหนือ ดังตาราง 4.4 และภาพประกอบ 4.11 ซึ่งเมื่อนำแนวชายทะเลทั้งสองช่วงเวลา และมีการเปรียบเทียบทั้งสองครั้ง แล้วนำมาเขียนกราฟ ปรากฏผลดังภาพประกอบ 4.20 - 4.27

4.2.1 ตำแหน่งที่ 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่งที่ 49 บ้านเกาะฝ้าย (2)

มีการกัดเซาะอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะตำแหน่งที่ 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) มีการกัดเซาะมากขึ้นจากแนวชายทะเลปี พ.ศ. 2531 ส่วนตำแหน่งที่ 49 มีการกัดเซาะในปี พ.ศ. 2544 เพิ่มสูงขึ้นกว่า ปี พ.ศ. 2538 มาก เมื่อดำเนินการอัตราการกัดเซาะระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2538 ทั้งสองตำแหน่งมีค่าเท่ากับ 6.99 และ 4.73 เมตร/ปี ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2544 พบว่า ทั้งสองตำแหน่ง มีค่าเท่ากับ

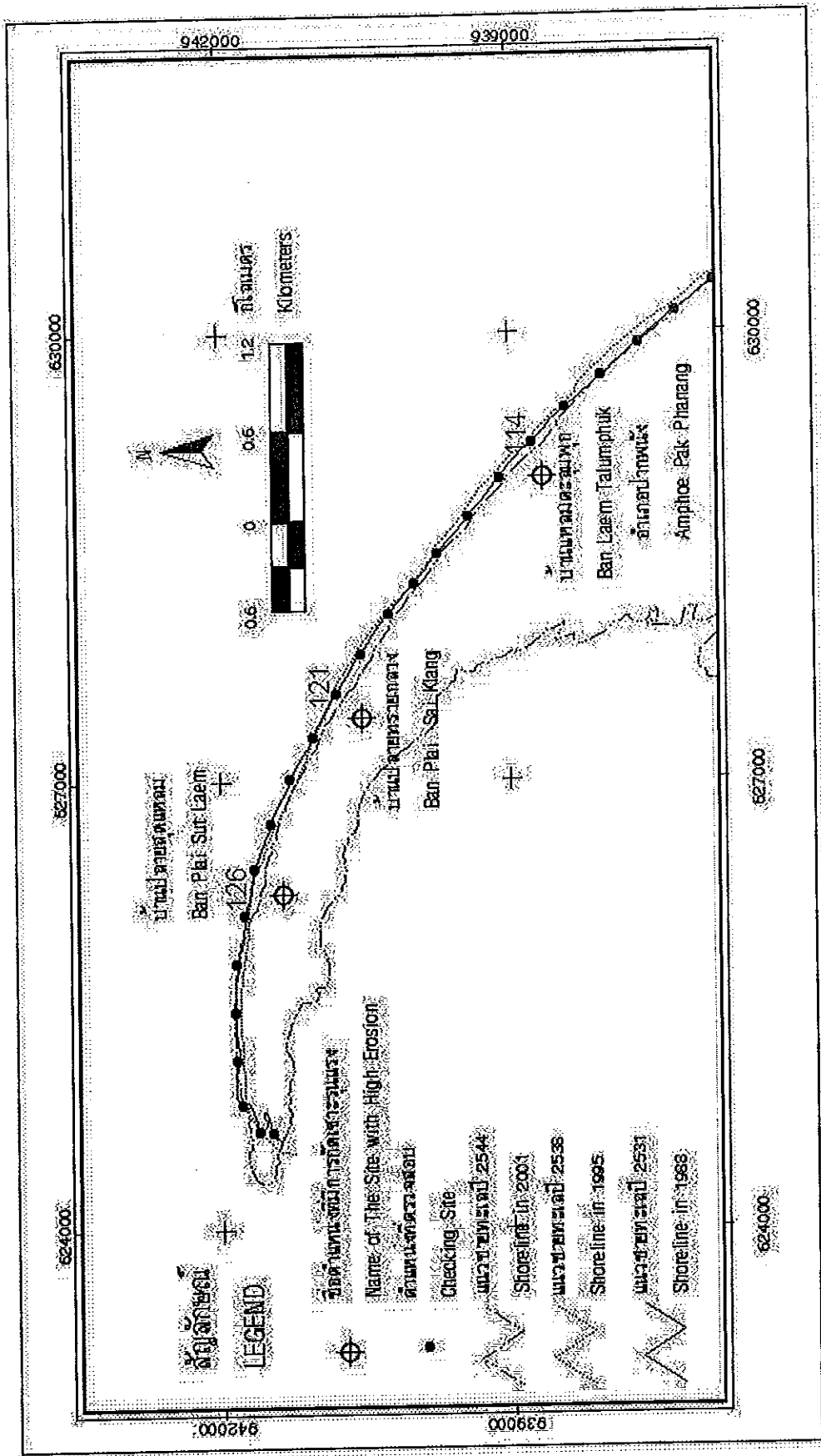


ภาพประกอบ 4:12 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2)

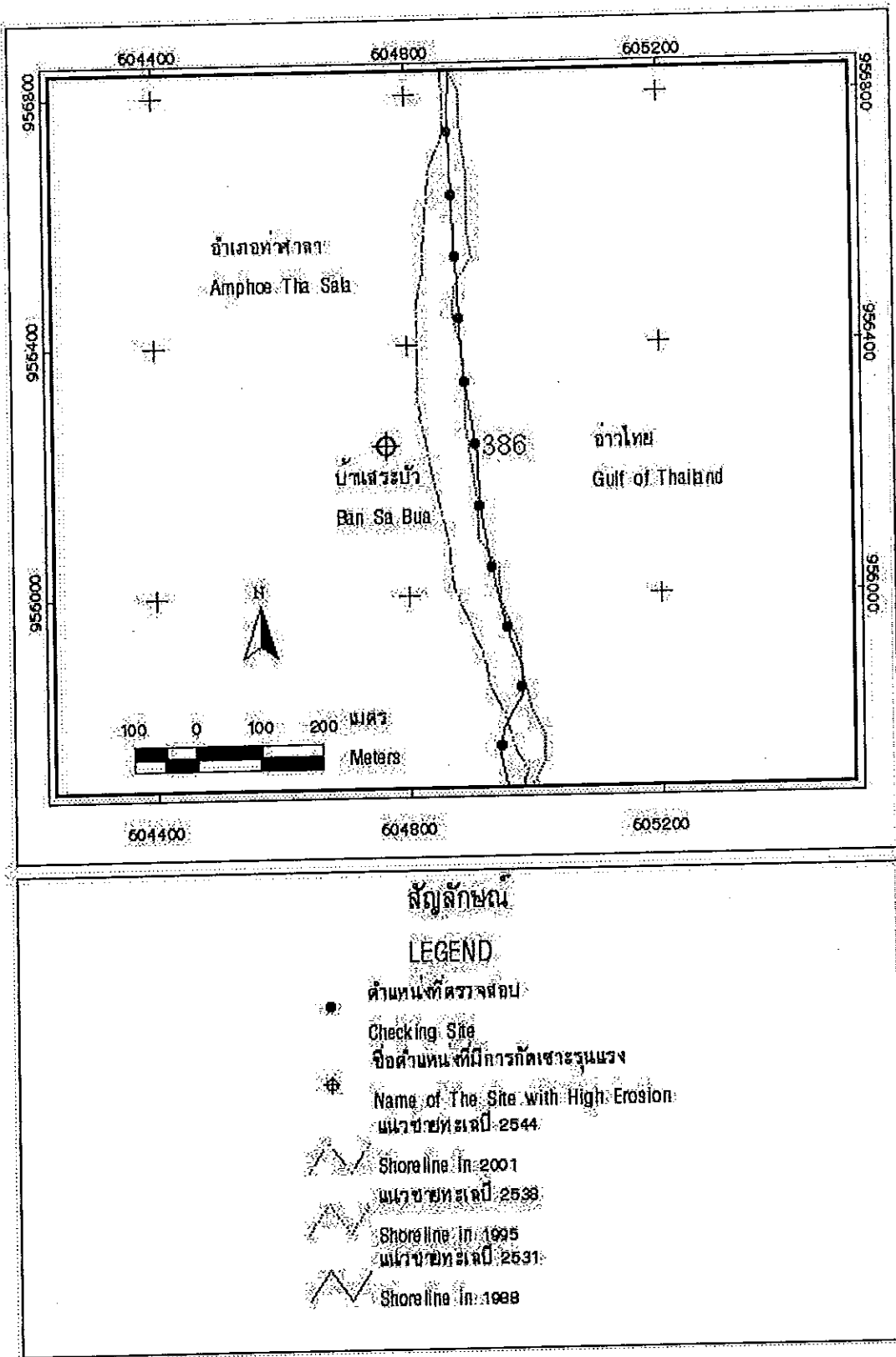


ภาพประกอบ 4.13 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒน์นาการชายทะเล

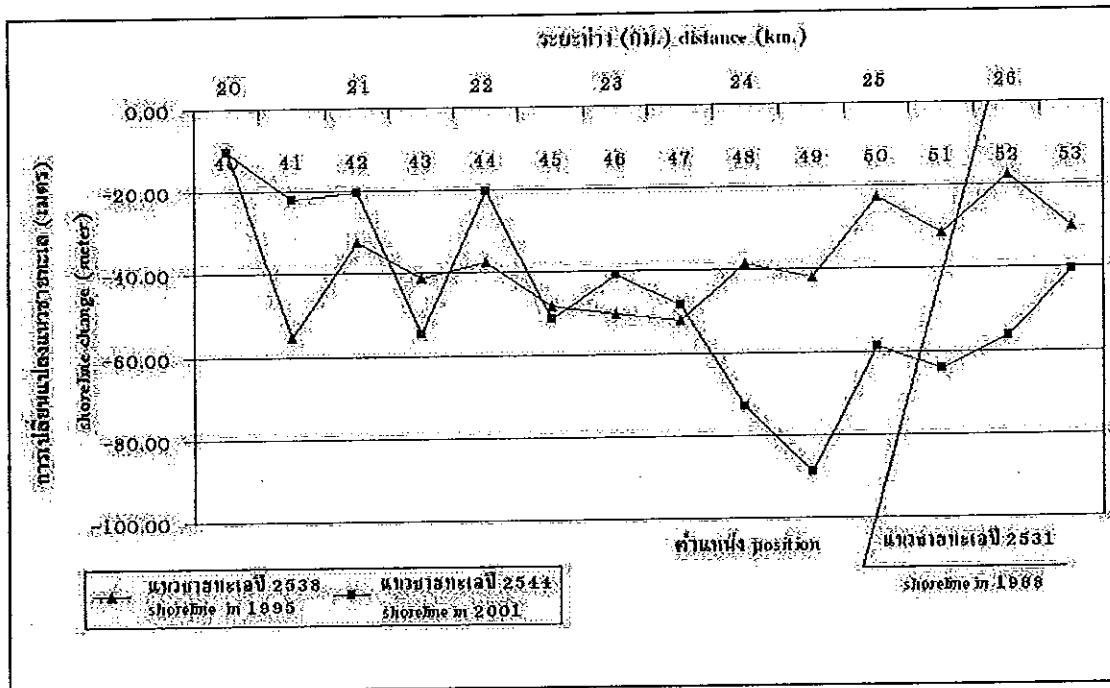




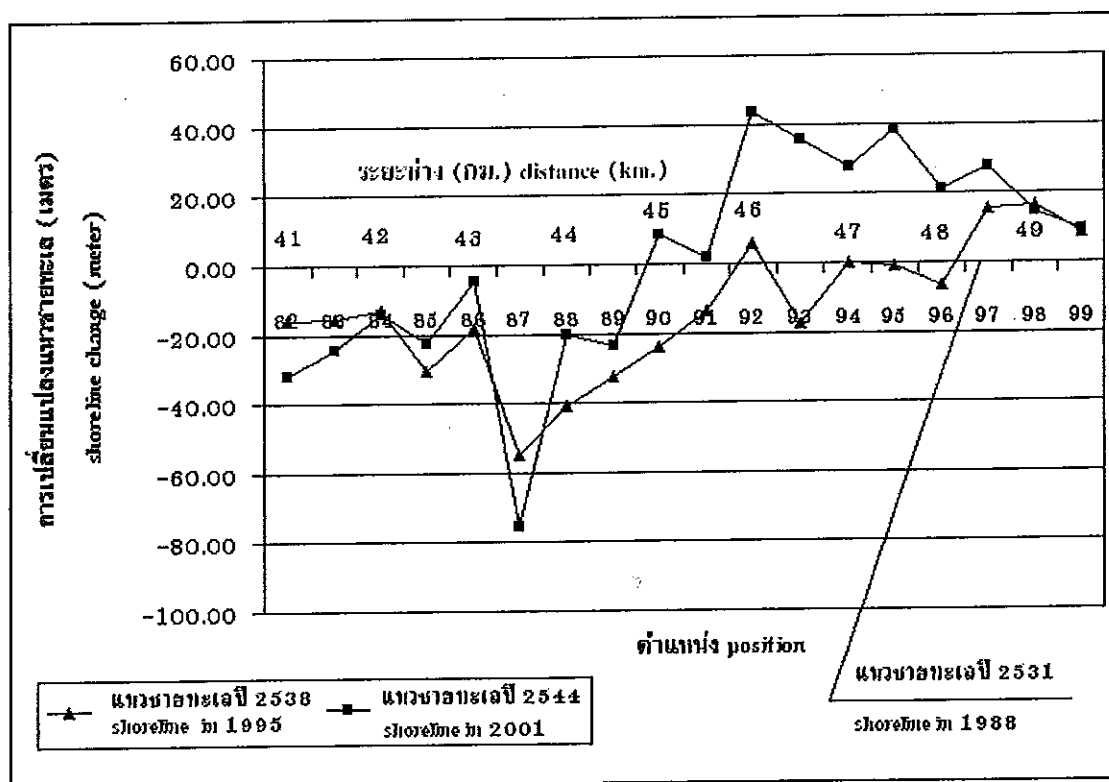
ภาพประกอบ 4-14 ตัวอย่าง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำบล 121 บ้านปลิวทรายกลาง ตำบล 126 บ้านปลิวสุดแหลม



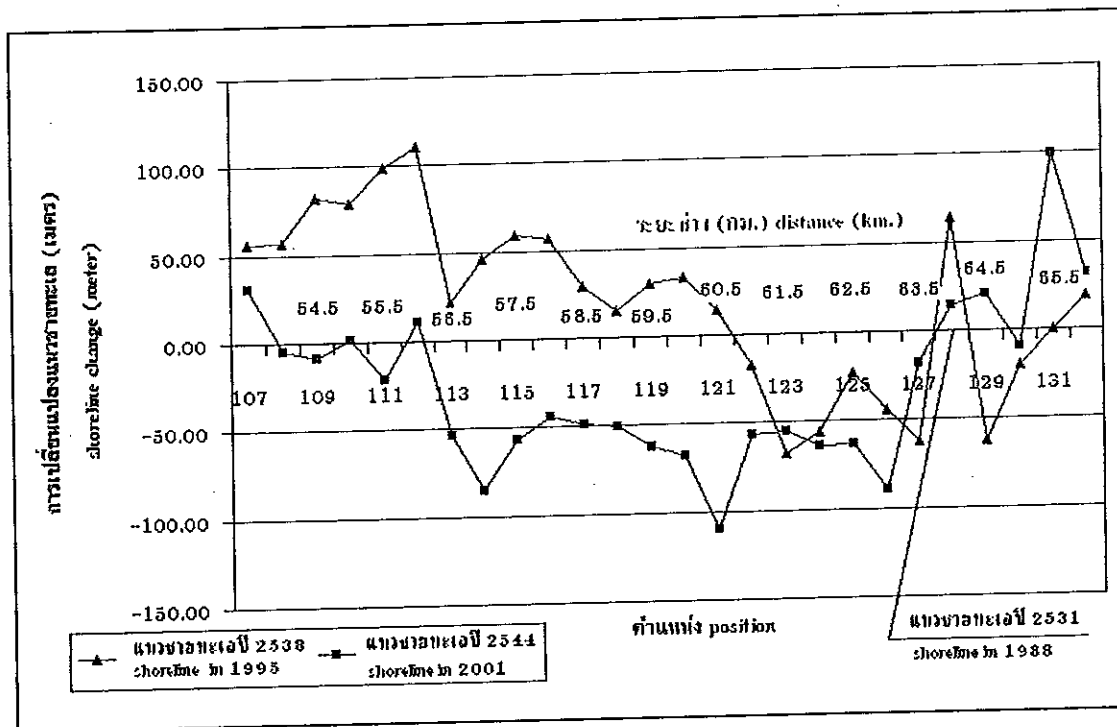
ภาพประกอบ 4.15 บ้านสระบัว



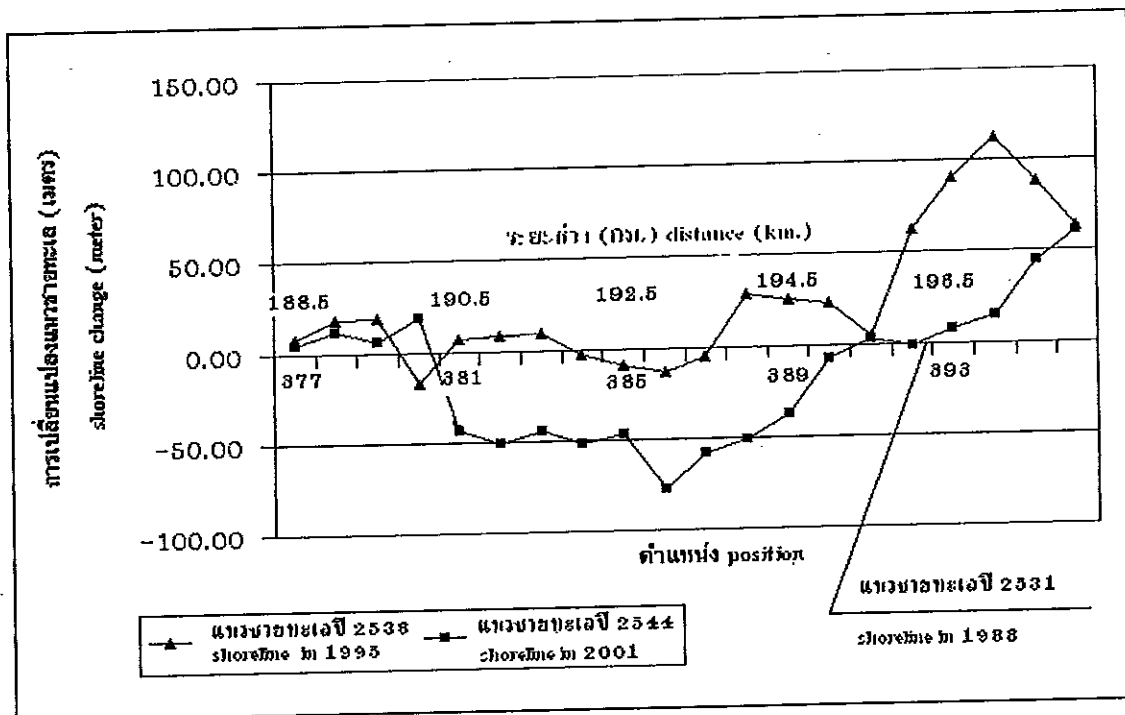
ภาพประกอบ 4.16 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2)



ภาพประกอบ 4.17 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล



ภาพประกอบ 4.18 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่ง 121 บ้านปลายทรายกลาง และตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม



ภาพประกอบ 4.19 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว

ตาราง 4.4 ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงจากวิธีการจำแนกแบบกำกับ

ตำแหน่ง	ชื่อตำแหน่ง	อำเภอ
48	บ้านเกาะฝ้าย (1)	ปากพนัง
49	บ้านเกาะฝ้าย (2)	ปากพนัง
87	บ้านวิวัฒนาการชายทะเล	ปากพนัง
114	บ้านแหลมตะลุมพุก	ปากพนัง
121	บ้านปลายทรายกลาง	ปากพนัง
126	บ้านปลายสุดแหลม	ปากพนัง
386	บ้านสระบัว	ท่าศาลา

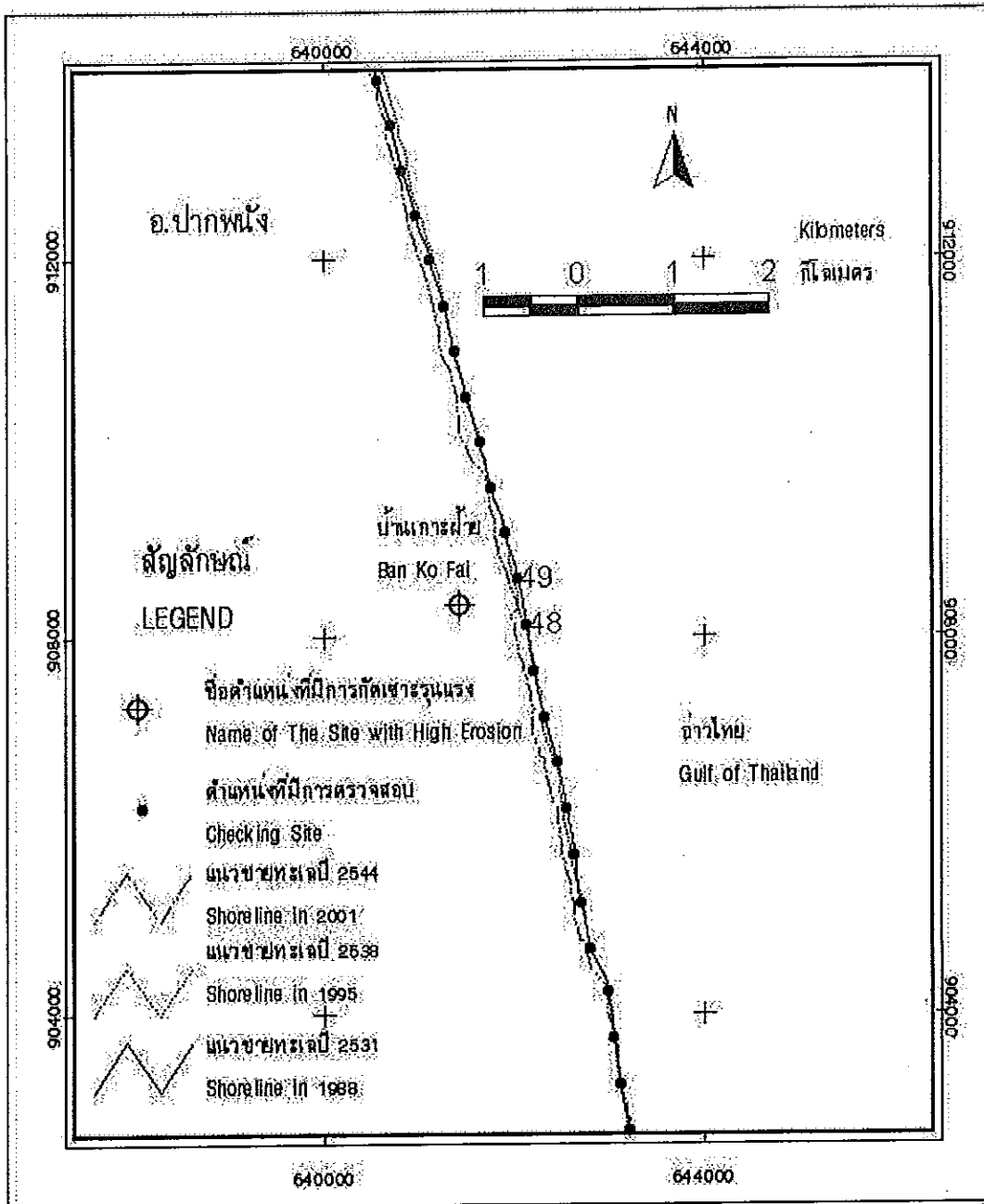
5.46 และ 6.36 เมตรต่อปี ตามลำดับ (ภาพประกอบ 4.20 และ ภาพประกอบ 4.24) ตำแหน่งเหล่านี้พบสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่ง ซึ่งจากงานวิจัยของจักรกริส กสิสุวรรณ (2543) พบว่า มีการเปลี่ยนแนวชายฝั่งทั้งการกัดเซาะและการทับถมบริเวณที่มีการก่อสร้างสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรม

#### 4.2.2 ตำแหน่งที่ 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล

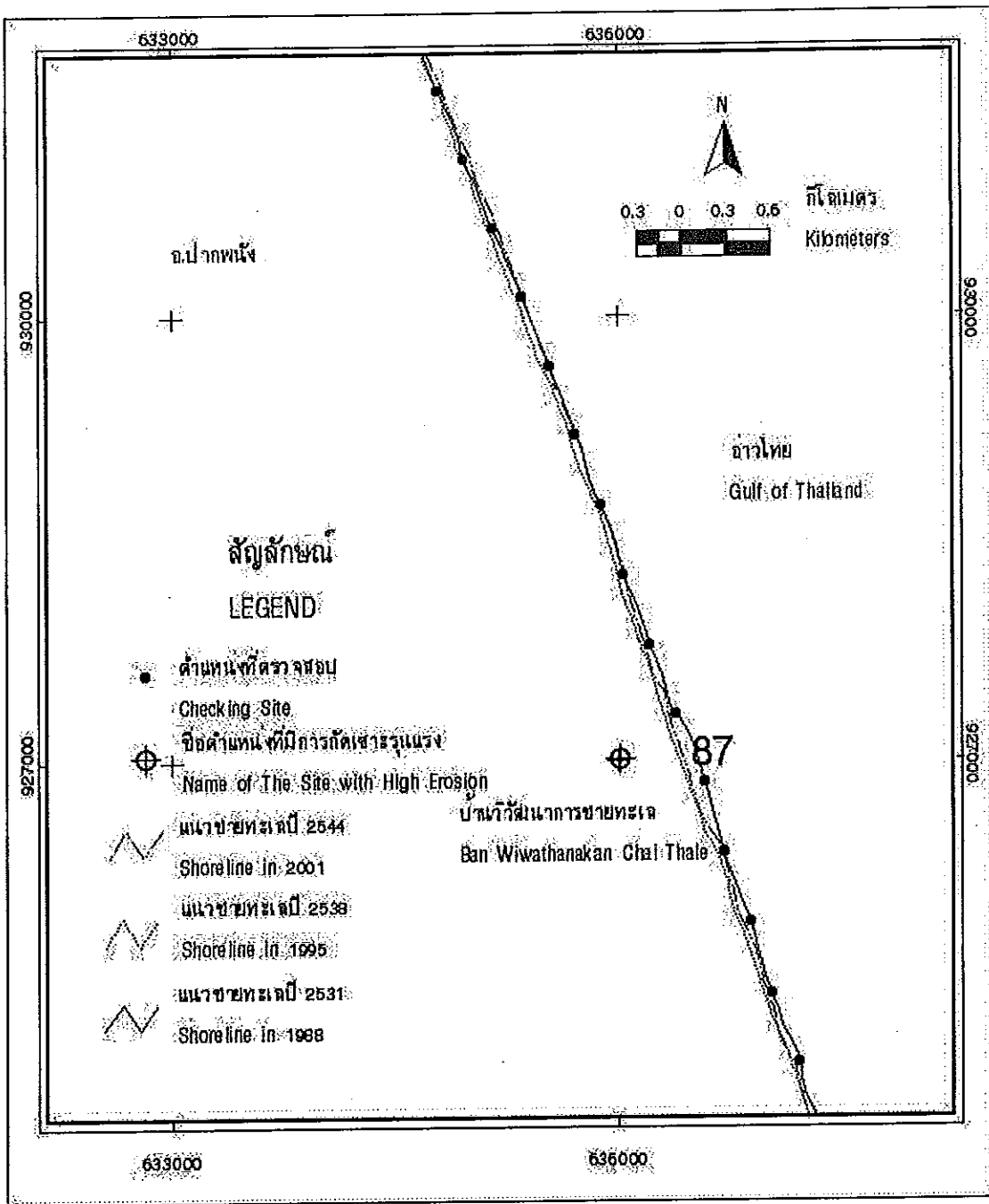
ในปี พ.ศ. 2538 มีอัตราการกัดเซาะสูงมาก ซึ่งเท่ากับ 10.97 เมตร/ปี ส่วนในปี พ.ศ. 2544 มีอัตราการกัดเซาะเพิ่มอีกเล็กน้อย เพียง 6.42 เมตร/ปี แต่จัดเป็นตำแหน่งที่มีการกัดเซาะมากกว่าตำแหน่งอื่นๆ (ภาพประกอบ 4.21 และภาพประกอบ 4.25)

#### 4.2.3 ตำแหน่งที่ 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่งที่ 121 บ้านปลายทรายกลาง และตำแหน่งที่ 126 บ้านปลายสุดแหลม

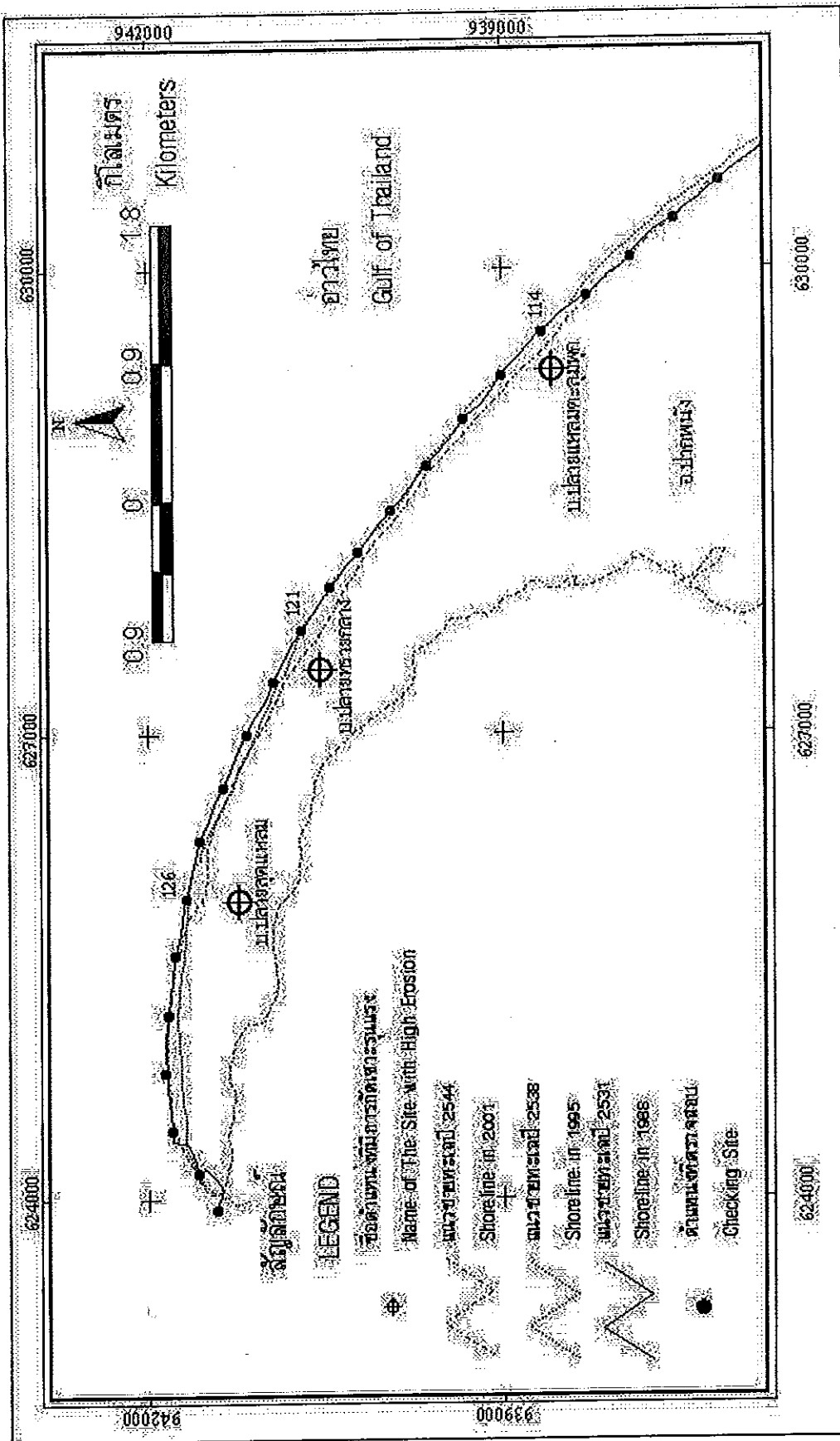
เนื่องจากตำแหน่งเหล่านี้เป็นบริเวณที่อยู่ปลายแหลมตะลุมพุกซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงของแนวชายทะเล เพราะได้รับอิทธิพลจากการเลี้ยวเบนของคลื่นที่หอบพัดพามวลทรายไปสู่ทิศเหนือขึ้นไป ทำให้ทั้งสามตำแหน่งซึ่งได้แก่ บ้านแหลมตะลุมพุก บ้านปลายทรายกลาง และบ้านปลายสุดแหลมมีการกัดเซาะที่สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2538 ซึ่งมีอัตราการกัดเซาะเท่ากับ 0.00 0.18 และ 3.56 เมตร/ปีตามลำดับ ส่วนระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2544 (ภาพประกอบ 4.22 และภาพประกอบ 4.26) มีอัตราการกัดเซาะเท่ากับ 6.44 7.03 8.22 เมตร/ปี ทำให้พบว่าทั้งสามตำแหน่งมีแนวโน้มที่จะมีการกัดเซาะโดยตำแหน่งที่มีอัตราการกัดเซาะสูงเหล่านี้ สอดคล้องกับการค้นพบของจักรกริส กสิสุวรรณ



ภาพประกอบ 4.20 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะผ้ายี่ (1) ตำแหน่ง 49 บ้านเกาะผ้ายี่ (2)

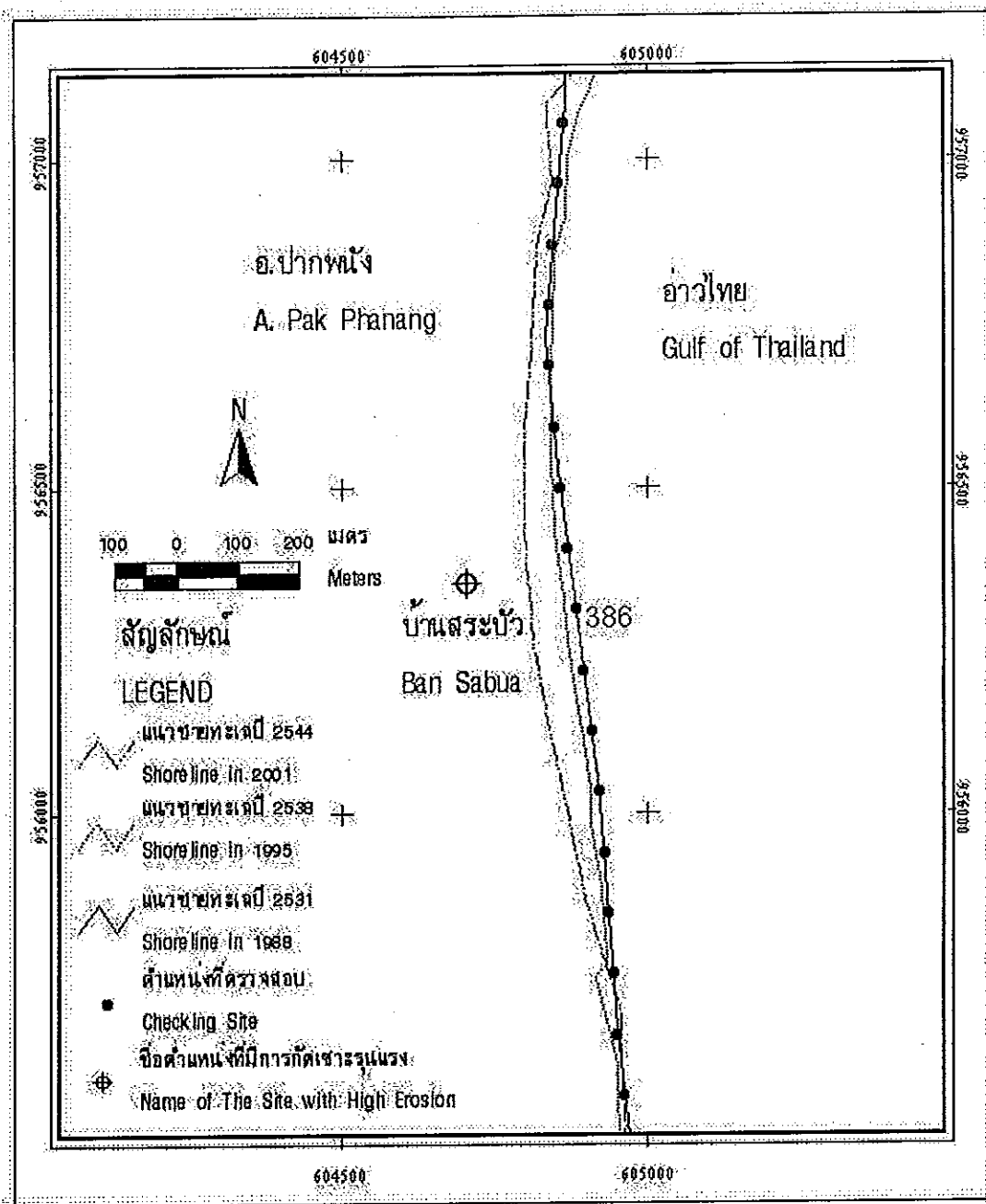


ภาพประกอบ 4.21 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒน์นาการชายทะเล

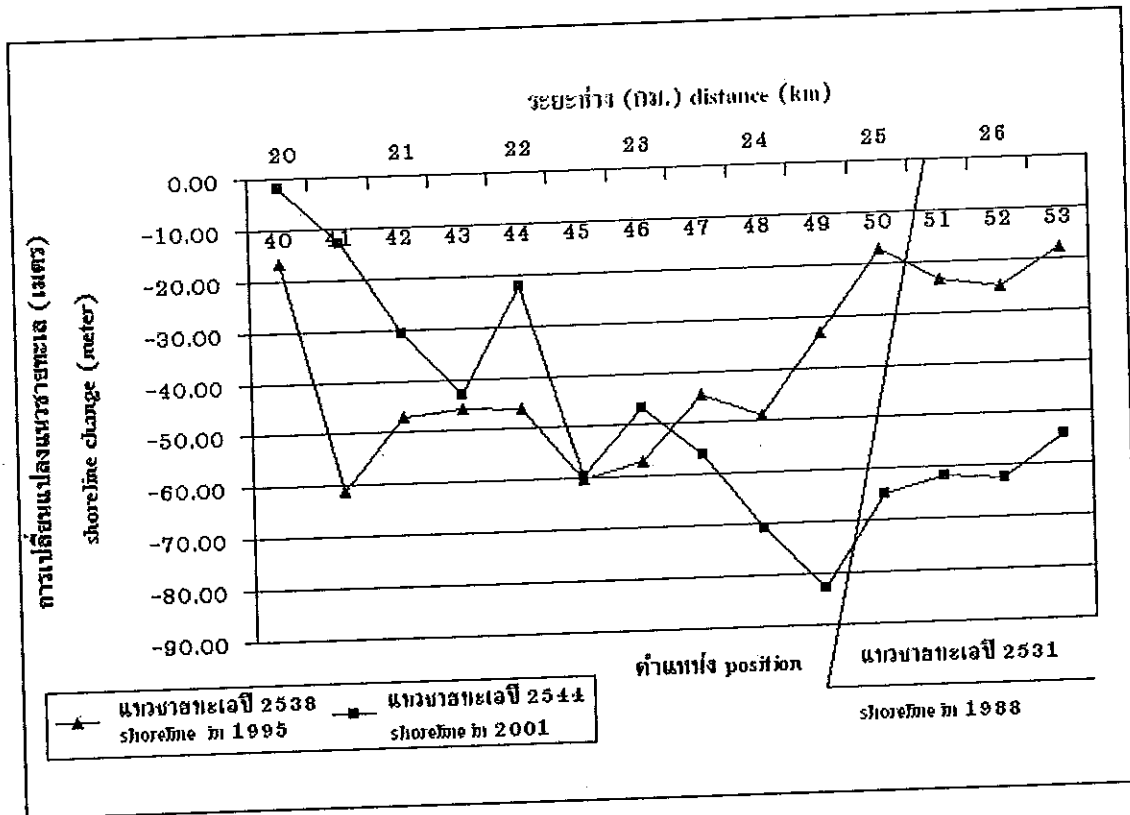


ภาพประกอบ 4-22 ตำแหน่ง 114 บ้านท่าทรายสวนพฤกษศาสตร์ ตำแหน่ง 121 บ้านลาดแค และตำแหน่ง 126 บ้านท่าทรายลาดแค

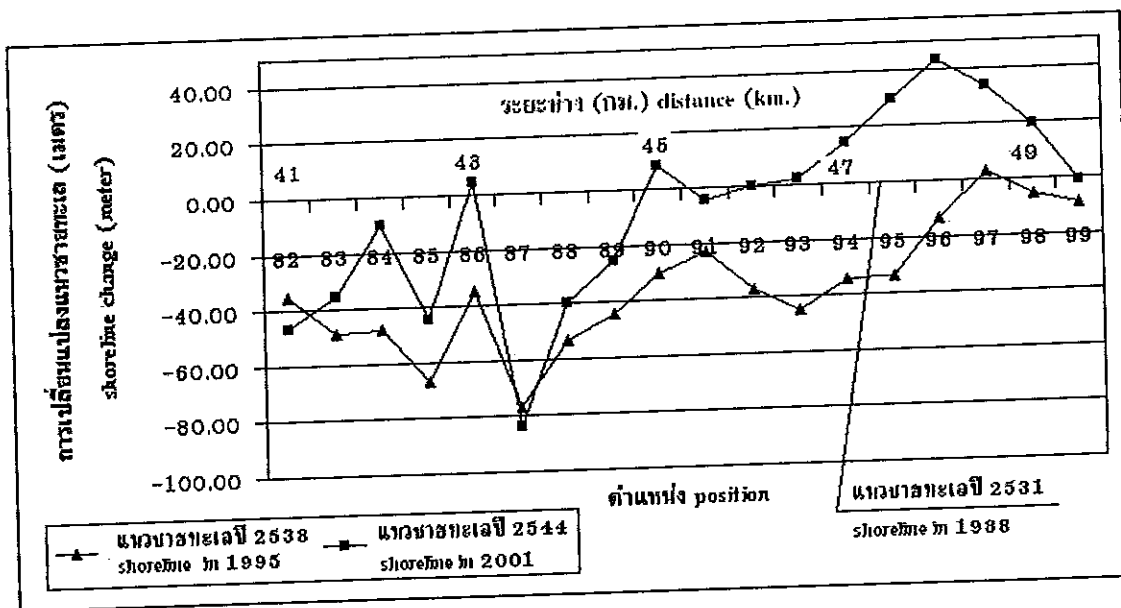




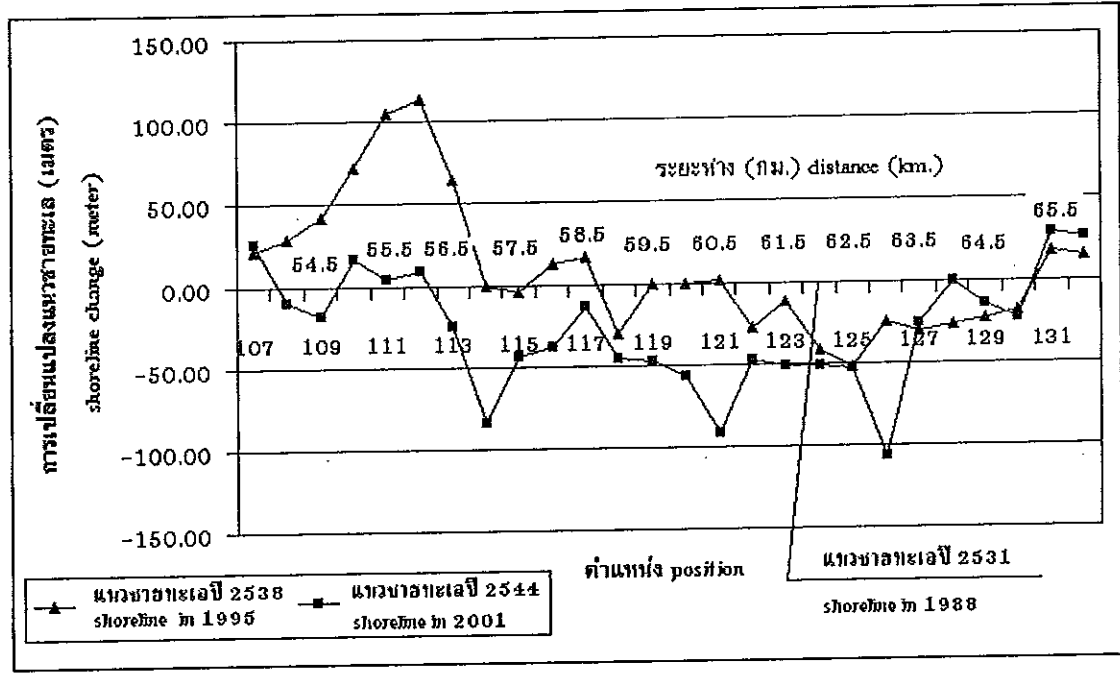
ภาพประกอบ 4.23 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว



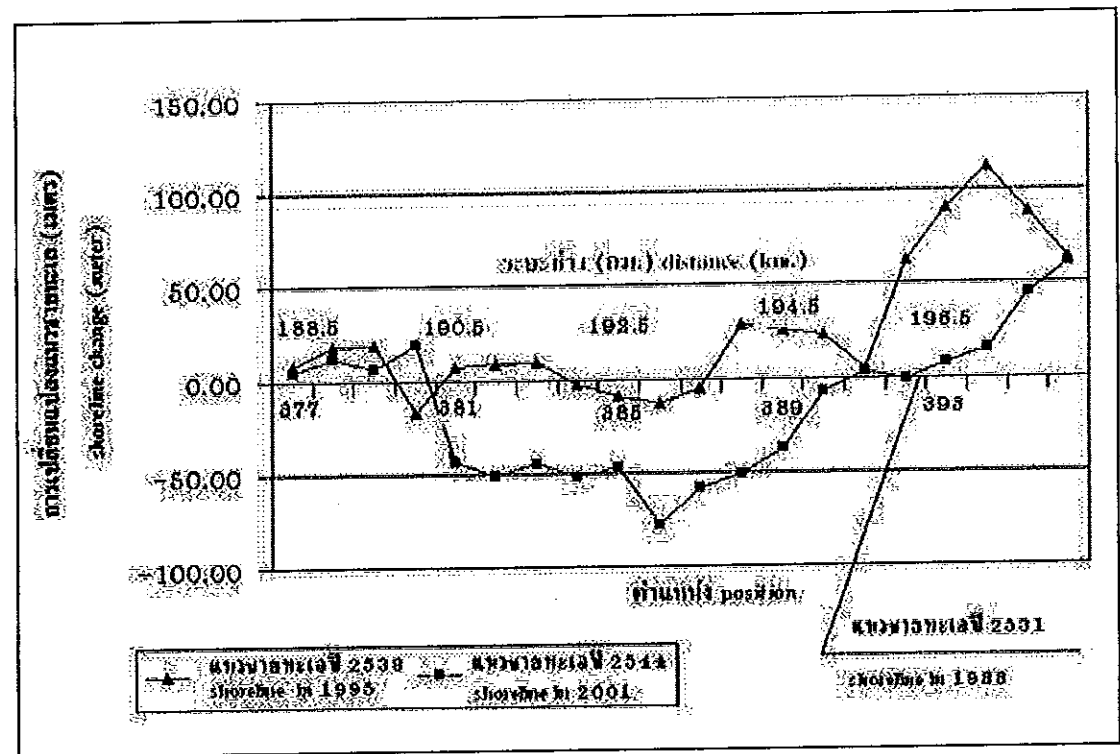
ภาพประกอบ 4.24 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2)



ภาพประกอบ 4.25 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล



ภาพประกอบ 4.26 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่ง 121 บ้านปลายทรายกลาง และตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม



ภาพประกอบ 4.27 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว

(2543) ที่พบว่า บริเวณปลายแหลมจะงอยบริเวณแหลมโพ มีการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งค่อนข้างสูง ทำให้พบการกัดเซาะและการทับถมหลายบริเวณ

#### 4.2.2 ตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว

บ้านสระบัวตั้งอยู่ในอำเภอท่าศาลา มีอัตราการกัดเซาะสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2538 และ ระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับปี พ.ศ. 2544 เท่ากับ 2.16 และ 5.47 เมตร/ปี ตามลำดับ (ภาพประกอบ 4.23 และภาพประกอบ 4.27)

### 4.3 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล

เมื่อนำวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลแบบตรวจหาขอบกับวิธีจำแนกแบบค่ากับมาเปรียบเทียบกันปรากฏดังตาราง 4.5 โดยตัวเลขด้านบนหมายถึงระยะห่างที่มีเส้นสัมผัสระหว่างจุดกับแนวชายทะเลตั้งฉากเมื่อเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2538 หรือปี พ.ศ. 2531 ถึง ปี พ.ศ. 2544 ส่วนตัวเลขในวงเล็บหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลง โดยค่าเป็นลบ หมายถึงการกัดเซาะ

ตาราง 4.5 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลและอัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล เฉพาะตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงแต่ละวิธี

ท่า แห่ง	ชื่อตำแหน่ง	การเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล (เมตร)/ อัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล (เมตร/ปี)			
		วิธีตรวจหาขอบ		วิธีจำแนกแบบค่ากับ	
		ปี 2531- 2538	ปี 2531- 2544	ปี 2531- 2538	ปี 2531- 2544
48	บ้านเกาะฝ้าย (1)	-38.43 (-2.96)	-72.91 (-5.61)	-48.96 (-6.99)	-71.02 (-5.46)
49	บ้านเกาะฝ้าย (2)	-41.91 (-3.22)	-89.01 (-6.85)	-33.10 (-4.73)	-82.71 (-6.36)
87	บ้านวิวัฒนาการ ชายทะเล	-55.01 (-4.23)	-75.72 (-5.82)	-76.79 (-10.97)	-83.46 (-6.42)

หมายเหตุ 1. ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงอัตราการกัดเซาะ

2. เครื่องหมายลบหมายถึงเกิดการกัดเซาะของแนวชายทะเล

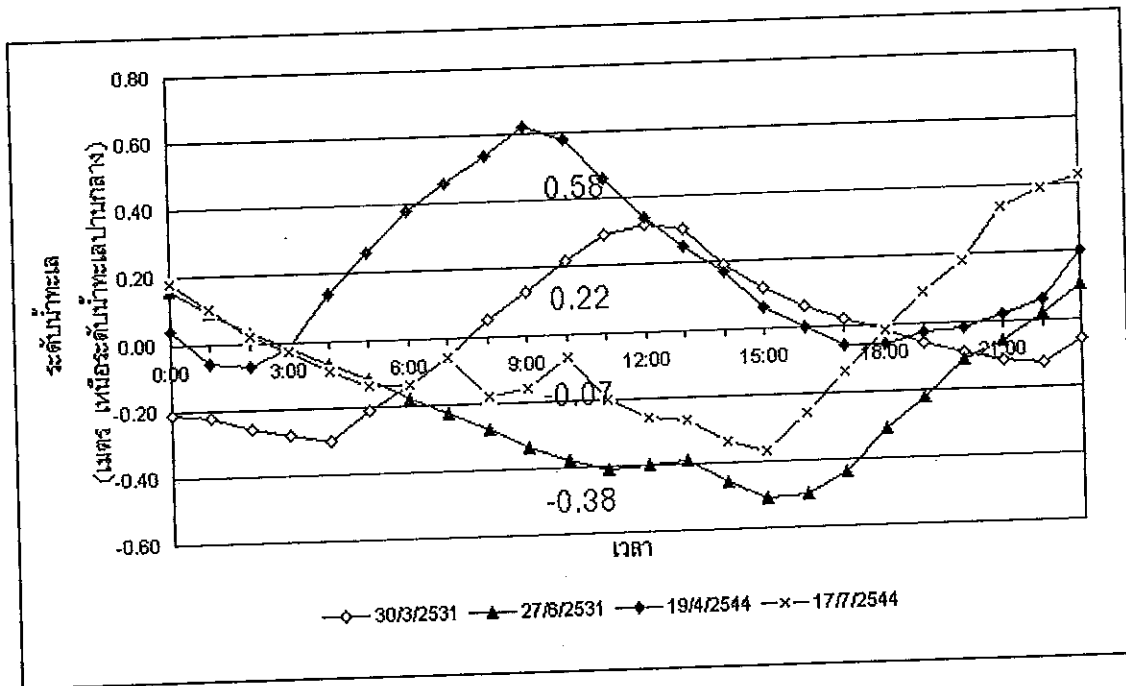
ตาราง 4.5 (ต่อ)

ตำ แหน่ง	ชื่อตำแหน่ง	การเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล (เมตร)/ อัตราการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล (เมตร/ปี)			
		วิธีตรวจหาขอบ		วิธีจำแนกแบบกำกับ	
		ปี 2531- 2538	ปี 2531- 2544	ปี 2531- 2538	ปี 2531- 2544
114	บ้านแหลม	45.49	-85.40	0.0	-83.71
	ตะลุมพุก	(3.50)	(-6.57)	(0.00)	(-6.44)
121	บ้านปลายทราย	13.83	-109.46	1.25	-91.35
	กลาง	(1.06)	(-8.42)	(0.18)	(-7.03)
126	บ้านปลายสุด	-44.57	-89.04	-24.95	-106.81
	แหลม	(-3.43)	(-6.85)	(-3.56)	(-8.22)
386	บ้านสระบัว	-13.46	-77.46	-15.15	-71.11
		(-1.04)	(-5.96)	(-2.16)	(-5.47)

- หมายเหตุ 1. ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงอัตราการกัดเซาะ  
2. เครื่องหมายลบหมายถึงเกิดการกัดเซาะของแนวชายทะเล

เมื่อคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างตั้งฉากระหว่างแนวชายทะเลสองช่วงเวลา ซึ่งได้จากวิธีการตรวจหาขอบและวิธีการจำแนกแบบกำกับระหว่าง ปี พ.ศ. 2531 - 2538 และระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2544 ทุกตำแหน่ง พบว่า มีค่าเท่ากับ 0.852 และ 0.923 ตามลำดับ นั่นคือ ระยะห่างตั้งฉากระหว่างสองช่วงเวลาจากวิธีการตรวจหาขอบและวิธีการจำแนกแบบกำกับมีความสัมพันธ์เชิงบวก แปลผลได้ว่า เมื่อระยะห่างตั้งฉากระหว่างสองช่วงเวลาจากวิธีการตรวจหาขอบเพิ่มขึ้นทำให้ระยะห่างตั้งฉากระหว่างสองช่วงเวลาจากวิธีการจำแนกแบบกำกับเพิ่มอย่างสอดคล้องกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

แม้ว่าผลจากการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ถึงระยะห่างตั้งฉากระหว่างแนวชายทะเลสองช่วงเวลา ซึ่งได้จากวิธีการตรวจหาขอบและวิธีการจำแนกแบบกำกับระหว่าง ปี พ.ศ. 2531 - 2538 และระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2544 ทุกตำแหน่ง จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีค่าสูง แต่ปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อความถูกต้องของตำแหน่งแนวชายทะเล นั่นคือ น้ำขึ้นลง จากการนำข้อมูลระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอ ปากพนังนำมาเขียนกราฟ ปรากฏดังภาพประกอบ 4.28



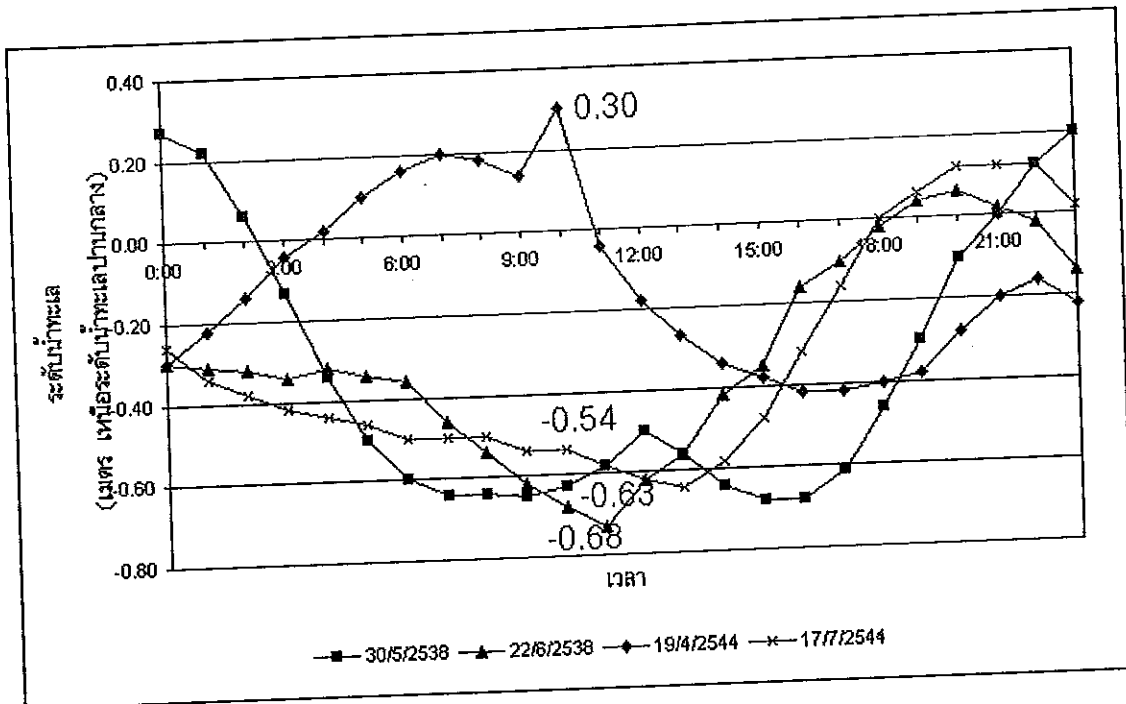
ภาพประกอบ 4.28 ระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอปากพนัง

ที่มา : กรมเจ้าท่า (2544)

หมายเหตุ ตัวเลขแสดงระดับน้ำเวลา 10.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ใกล้เคียงเวลาที่ดาวเทียมบันทึกภาพมากที่สุด

จากภาพประกอบ 4.28 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอปากพนัง เวลา 10.00 น. ระดับน้ำทะเลทั้ง 4 วัน อยู่ในช่วง -0.38 ถึง 0.58 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

จากการนำข้อมูลระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำสิชล มาเขียนเป็นกราฟเส้น ปรากฏผลดังภาพประกอบ 4.29 ซึ่งจากภาพประกอบ 4.21 พบว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับน้ำรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอสิชล เวลา 10.00 น. ระดับน้ำทะเลทั้ง 4 วัน อยู่ในช่วง -0.68 ถึง 0.30 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ทั้งนี้ระดับน้ำทะเลในวันที่ 30 เดือนพฤษภาคม และวันที่ 22 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2538 และวันที่ 17 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2544 มีระดับน้ำใกล้เคียงกันมาก ซึ่งส่งผลทำให้ตำแหน่งของแนวชายทะเลในแนวตั้งทั้ง 4 วันใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 4.29 ระดับน้ำทะเลรายชั่วโมง ณ สถานีวัดระดับน้ำอำเภอลิชล

ที่มา : กรมเจ้าท่า (2544)

หมายเหตุ ตัวเลขแสดงระดับน้ำเวลา 10.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ใกล้เคียงเวลาที่ดาวเทียมบันทึกภาพมากที่สุด

เมื่อศึกษาจากกราฟเส้นทั้ง 6 วัน พบว่า ระดับน้ำทะเลอันเกิดจากน้ำขึ้นลง 4 วัน มีความใกล้เคียงดังกล่าวข้างต้น นั่นคือระดับน้ำ 3 วัน ที่ได้รับจากสถานีวัดระดับน้ำอำเภอลิชล และวันที่ 27 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2531 ที่ได้รับจากสถานีวัดระดับน้ำอำเภอลิชล โดยสถานีวัดระดับน้ำทะเลทั้งสองนี้อยู่ใกล้กับพื้นที่ศึกษามากที่สุด ส่วนวันและเวลาอื่นๆ ระดับน้ำทะเลแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลให้ความเที่ยงตรงถึงการหาตำแหน่งที่มีการกัดเซาะเปลี่ยนแปลงไป

เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งแนวชายทะเลทั้ง 7 ตำแหน่ง เพื่อศึกษาถึงความสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นๆ พบว่า ตำแหน่งแนวชายทะเลตำแหน่งที่ 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) 49 บ้านเกาะฝ้าย (2) และตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว เป็นตำแหน่งที่มีสิ่งปลูกสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่งเพื่อแก้ปัญหาการกัดเซาะแนวชายฝั่งทะเลรอบปรด้วยตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว ตั้งอยู่บริเวณปากน้ำ จึงพบปัญหาการกัดเซาะแนวชายทะเล ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรกริส กสิสุวรรณ (2543) ซึ่งพบว่า บริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างทางวิศวกรรมชายฝั่งจะมีปัญหาการกัดเซาะของชายฝั่ง กล่าวคือในบริเวณหาดบางมะรวด ปากน้ำสายบุรี ปากน้ำบางนราปากน้ำ ตากใบ นอกจากนี้บริเวณปลายแหลมตะลุมพุก ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของ

ชายฝั่งทั้งการกัดเซาะและการทับถมของชายฝั่ง พบในตำแหน่งที่ 114 บ้านแหลมตะลุมพุก 121 บ้านปลายทรายกลาง ตำแหน่งที่ 126 บ้านปลายสุดแหลม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจักรกริส กสิสุวรรณ (2543) เช่นเดียวกัน โดยจักรกริส กสิสุวรรณ (2543) พบว่า บริเวณนี้มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล ทำให้มีการกัดเซาะและการทับถมในหลายบริเวณ อาทิเช่น บริเวณปลายแหลมโพ

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลทั้งสองวิธี ได้แก่ วิธีการตรวจหาขอบแบบ Sobel และวิธีการจำแนกแบบกำกับแก่ตำแหน่งแนวชายทะเลทุกตำแหน่ง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า วิธีการตรวจหาขอบและวิธีการจำแนกแบบกำกับให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือ สามารถใช้วิธีใดวิธีหนึ่งในการตรวจหาแนวชายทะเล แต่วิธีการตรวจหาขอบแบบ Sobel จะได้รับตำแหน่งของแนวชายทะเลที่รวดเร็วกว่า ประหยัดเวลา และดำเนินการได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากใช้ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ส่วนวิธีการจำแนกแบบกำกับ ใช้เวลายาวนานกว่า เพราะจำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ตรวจสอบ การตรวจสอบความถูกต้องของพื้นที่ตรวจสอบถึงค่าสภาพการแยกแยะของประเภทของการจำแนกแต่ละประเภท แต่วิธีนี้จะมีจุดเด่น กล่าวคือ หาตำแหน่งของแนวชายทะเลบริเวณที่เป็นหาดโคลนได้ดีกว่าวิธีตรวจหาขอบแบบ Sobel ทั้งนี้การวิเคราะห์ถึงจุดเด่นและจุดด้อยของทั้งสองวิธีปรากฏดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 จุดเด่นและจุดด้อยของวิธีการตรวจหาขอบและวิธีจำแนกแบบกำกับ

ประเด็นที่วิเคราะห์	วิธีตรวจหาขอบแบบ Sobel	วิธีจำแนกแบบกำกับ
ระยะเวลาที่ใช้	ใช้เวลาน้อยขั้นตอนไม่ซับซ้อน	ใช้เวลาในการดำเนินการที่มากกว่าและมีหลายขั้นตอน
การกำหนดพื้นที่ตรวจสอบ	ไม่มี	มีการกำหนดพื้นที่ตรวจสอบโดยจำแนกเป็นประเภทต่างๆ อย่างละเอียดเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง อาทิ จำแนกเป็นบริเวณที่มีน้ำใส น้ำขุ่น ป่าชายเลน
ผู้ดำเนินการ	ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญการมากนัก	ต้องมีความชำนาญการ และมีความรู้ความเข้าใจถึงสถานที่ที่จะดำเนินการการจำแนกแบบกำกับอย่างถ่องแท้
ต้นทุนในการดำเนินการ	น้อย	สูงกว่า



## ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวชายทะเล

### 1. ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแนวชายทะเล

#### 1.1 ปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ

ธรรมชาติมีผลต่อการกัดเซาะของชายฝั่ง โดยปัจจัยที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน กระแสลม ลมพายุ คลื่น/ฤดูกาลคลื่น กระแสน้ำชายฝั่ง น้ำขึ้นลง การเปลี่ยนระดับน้ำทะเล การสะสมหุบเขาและการอยู่ตัว การยุบตัวของแผ่นดิน ปะการัง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

##### 1.1.1 ปริมาณน้ำฝน

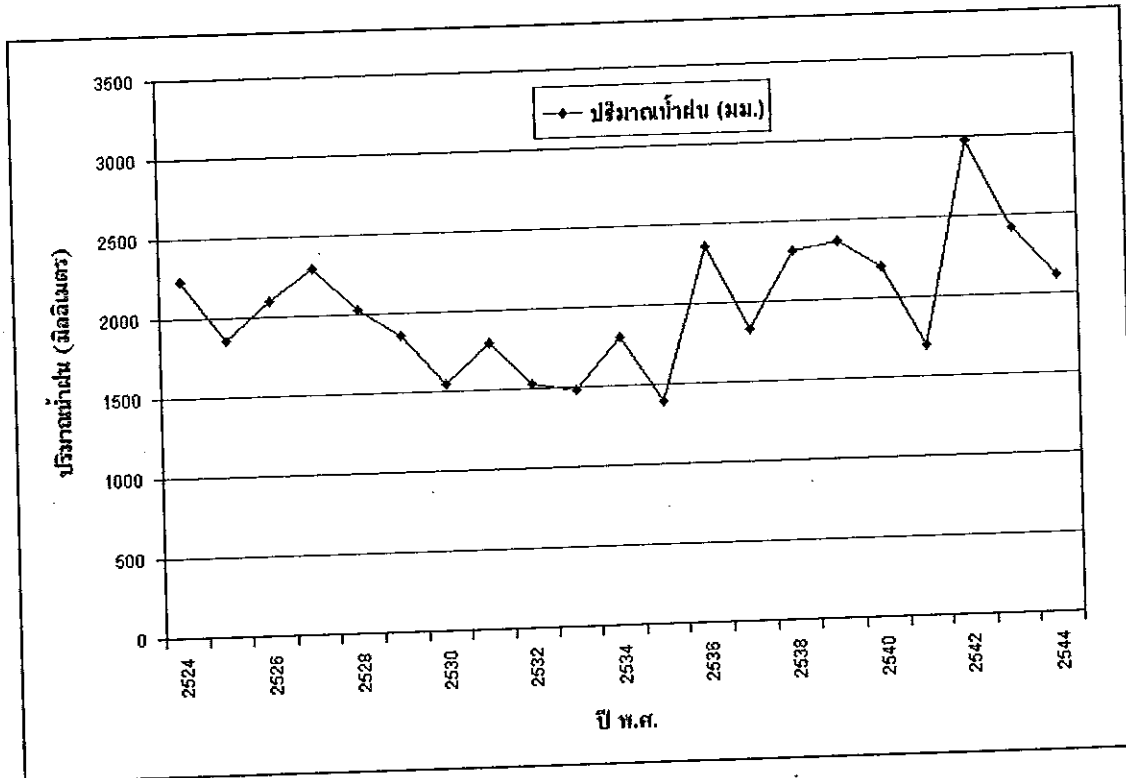
จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนในคาบ 20 ปี (ปี พ.ศ. 2524-2544) ณ สถานีสงขลา ซึ่งอยู่ใกล้ฝั่งมากกว่าสถานีอื่น ๆ และอยู่ใกล้พื้นที่ศึกษา ส่วนสถานีขนอมซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา แต่มีข้อมูลปริมาณน้ำฝนไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นสถานีสงขลาจึงเป็นตัวแทนที่ดีกว่าตำแหน่งอื่น ๆ (ภาพประกอบ 4.30) จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนดังกล่าวข้างต้น พบว่า ปริมาณน้ำฝนมีการแกว่งตัวตลอดเวลาระหว่าง 1,389.9 - 2,969.5 มิลลิเมตร และมีแนวโน้มที่ลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 และค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2536 โดยปี พ.ศ. 2543 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด เท่ากับ 2,690.5 มิลลิเมตร ส่วนปี พ.ศ. 2535 มีปริมาณน้ำฝนน้อยที่สุด เท่ากับ 1,389.9 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 2,007.7 มิลลิเมตร

##### 1.1.2 กระแสลม

จากข้อมูลความเร็วและทิศทางของกระแสลมในคาบ 21 ปี (ปี พ.ศ. 2524-2544) ณ สถานีสงขลา ซึ่งอยู่ใกล้ฝั่งมากกว่าสถานีอื่น ๆ ส่วนสถานีขนอมซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา แต่มีข้อมูลทิศทางไม่ต่อเนื่อง ดังนั้นสถานีสงขลาจึงเป็นตัวแทนที่ดีกว่าตำแหน่งอื่น ๆ จากข้อมูลความเร็วและทิศทางของกระแสลมดังกล่าวข้างต้น พบว่า ความเร็วและทิศทางของกระแสลมเปลี่ยนแปลงตามฤดูมรสุม ซึ่งประกอบด้วย 3 ช่วง ดังนี้

##### (1) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ในระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนมีนาคม ลมที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุดคือลมระหว่างทิศเหนือกับทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.7 - 5.5 นอต



ภาพประกอบ 4.30 ปริมาณน้ำฝนระหว่างปี พ.ศ. 2524 - 2544 ณ สถานีสงขลา  
ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2545)

(2) ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ลมที่มีโอกาสเกิดขึ้นมากที่สุดคือลมที่พัดจากทิศตะวันตกเฉียงใต้ ลมจะมีกำลังอ่อน โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 2.4 - 3.5 นอต ความเร็วลมจะสูงในช่วงต้นฤดูมรสุมและอ่อนลงในช่วงลมเปลี่ยนทิศ

(3) ฤดูลมมรสุมเปลี่ยนแปลง

ในระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน จะเกิดลมที่พัดมาจากหลายทิศทาง ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ว่าเป็นช่วงเปลี่ยนแปลงของลมมรสุม ในระยะเวลา 4 เดือน ความเร็วลมจะอ่อนตัว โดยมีค่าอยู่ในช่วงท้ายของเดือนพฤศจิกายนจะเปลี่ยนทิศและเริ่มพัดจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนระหว่างเดือนพฤษภาคม ลมจะพัดอยู่หลายทิศทางแต่ทิศที่พัดมากที่สุดคือทิศตะวันตกเฉียงใต้

### 1.1.3 ลมพายุ

ในช่วง 48 ปี (ระหว่างปี พ.ศ. 2494 - พ.ศ. 2541) พบว่ามีพายุไซร่อนจำนวน 2 ลูก ที่พัดเข้าสู่จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ พายุไซร่อน Harriet และ พายุไซร่อน Forrest โดยพายุลูกแรกพัดเข้าสู่จังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อวันที่ 26 เดือนตุลาคม พ.ศ. 2505 ส่วนพายุลูกที่สองพัดเข้าเมื่อวันที่ 15 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2535 (ขวรี วราศณัย นงคินาด อยู่ประสิทธิ์วงศ์ และ อีร์ลักษณ์ ประเสริฐแสง, 2542) และในช่วงที่เกิดพายุไซร่อน Forrest ไม่พบรายงานการเปลี่ยนแปลงพื้นที่บริเวณแนวชายฝั่งถึงแม้จะได้รับอิทธิพลจากลมพัดแรงเนื่องจากการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อน (Thana, Jarupongsakul and Chabangborn, 2005)

### 1.1.4 คลื่น/ฤดูกาลคลื่น

คลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นที่เกิดจากลม โดยเฉพาะคลื่นที่พัดเข้าหาฝั่งในแนวทแยงมุมกับแนวชายฝั่งจะเป็นคลื่นที่ทำให้เกิดการกัดเซาะ จากรายงานของเรือเดินสมุทรจำนวนมาก พบว่า คลื่นประมาณร้อยละ 89 ของทั้งปีมีความสูงต่ำกว่า 2 เมตร และคาบคลื่นสั้นกว่า 7 วินาทีที่มีมากถึงร้อยละ 88.5 คลื่นที่สูงกว่า 3 เมตร มีเพียงร้อยละ 3.3 เท่านั้น โดยเกิดมากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือคลื่นเบาที่สุดในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เพราะแผ่นดินกั้นการพัดของลมจากมหาสมุทรอินเดีย ทิศทางของคลื่นเคลื่อนที่มาจากทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะเคลื่อนที่มาจากทิศใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ทิศทางของคลื่นจะมีผลต่อทิศทางการเคลื่อนตัวของตะกอนชายฝั่งด้วย (Sojisuporn, P. et al., 2005:46)

### 1.1.5 กระแสน้ำชายฝั่ง

กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538 : 264-265) สํารวจถึงกระแสน้ำภายในอ่าวไทยซึ่งเก็บข้อมูลระหว่างปี พ.ศ. 2525-2536 พบว่ากระแสน้ำในอ่าวไทยมีลักษณะการไหลแบบวนรอบจุด (rotary) ขณะน้ำขึ้นกระแสน้ำส่วนใหญ่ไหลสู่กันอ่าว ส่วนขณะน้ำลงกระแสน้ำมีทิศทางการไหลออกจากอ่าวไทย

ที่ระดับผิวน้ำอิทธิพลของลมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของทิศทางและความเร็วกระแสน้ำมากกว่าระดับอื่น ขณะน้ำขึ้นกระแสน้ำที่ระดับผิวน้ำส่วนใหญ่กระจายอยู่ในทิศ 320-035 องศา โดยในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสน้ำบางส่วนจะไหลกระจายออกไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 100 องศา ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

กระแสไฟฟ้าบางส่วนจะไหลกระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 35 องศา และในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม กระแสไฟฟ้าบางส่วนจะไหลกระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 35 องศา และทางตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 30 องศา โดยมีความแรงของกระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกันคือ อยู่ระหว่าง 0.1-1.2 นอต ยกเว้นในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมกระแสไฟฟ้าจะเบากว่าฤดูกาลอื่นเล็กน้อย ขณะน้ำลงกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่จะไหลในทิศทางเดียวกับกระแสไฟฟ้าในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมคือ กระจายอยู่ในทิศระหว่าง 100-160 องศา ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสไฟฟ้าบางส่วนจะกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 40 องศา ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสไฟฟ้าบางส่วนจะกระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 40 องศาและไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ประมาณ 70 องศา โดยมีความแรงของกระแสไฟฟ้าใกล้เคียงกันคือ อยู่ระหว่าง 0.4 -1.4 นอต (ภาคผนวก ข ภาพประกอบ ข-1 ข-2 และภาพประกอบ ข-3)

ที่ระดับกลางขณะน้ำขึ้นกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ไหลกระจายอยู่ในทิศระหว่าง 290-035 องศา ส่วนในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสไฟฟ้าไหลกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 15 องศา ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ประมาณ 20 องศา ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กระแสไฟฟ้าบางส่วนกระจายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 40 องศา โดยกระแสไฟฟ้ามีความเร็วระหว่าง 0.2 - 1.4 นอต เว้นแต่ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมจะเบากว่าช่วงอื่นเล็กน้อย ขณะน้ำลงกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่จะไหลกระจายในทิศทางระหว่าง 105-205 องศา ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ กระแสไฟฟ้าบางส่วนกระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 60 องศา และกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 45 องศา ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมกระแสไฟฟ้าบางส่วนจะกระจายไปทางตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 20 องศา และในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ กระแสไฟฟ้าบางส่วนจะกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 10 องศา และกระจายไปทางตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 15 องศา โดยกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่มีความแรงระหว่าง 0.1-1.4 นอต เว้นแต่ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมกระแสไฟฟ้าจะเบากว่าฤดูกาลอื่น (ภาคผนวก ข ภาพประกอบ ข-4 ข-5 และภาพประกอบ ข-6)

ที่ระดับลึก ขณะน้ำขึ้นกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 จุดมีทิศทางการไหลใกล้เคียงกันคือ กระจายอยู่ในทิศทางระหว่าง 280-045 องศา โดยส่วนใหญ่กระแสไฟฟ้ามีความแรงระหว่าง 0.1-1.2 นอต ยกเว้นในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมมีความแรงน้อยกว่าฤดูอื่น ขณะน้ำลงกระแสไฟฟ้าส่วนใหญ่ไหลอยู่ในทิศทางเดียวกับกระแสไฟฟ้าในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมคือ กระจายอยู่ในทิศทางระหว่าง 125-230 องศา ในช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมกระแสไฟฟ้าบางส่วนกระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 70 องศา และกระจายไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ประมาณ 45 องศา ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้กระแสไฟฟ้าบางส่วนกระจายไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ประมาณ 30 องศา โดยความแรงของกระแสไฟฟ้าทั้ง 3 จุดใกล้เคียงกันคือ มีความเร็วระหว่าง 0.1-1.1 นอต (ภาคผนวก ข ภาพประกอบ ข-7 ข-8 และภาพประกอบ ข-9)

### 1.1.7 น้ำขึ้นลง

ลักษณะน้ำขึ้นลงบริเวณชายฝั่งของจังหวัดนครศรีธรรมราชมี 2 ชนิด ได้แก่ บริเวณอำเภอขนอม เป็นแบบน้ำเดี่ยว (Diurnal) ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำขึ้น 1 ครั้ง และน้ำลง 1 ครั้งต่อวัน ส่วนบริเวณอำเภออื่นๆ ที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่ง มีลักษณะน้ำขึ้นลงเป็นแบบน้ำผสมชนิดน้ำเดี่ยวเด่น (Mixed, Diurnal dominant) ซึ่งมีลักษณะเป็นน้ำขึ้น 1 ครั้ง และน้ำลง 1 ครั้งต่อวันเป็นส่วนใหญ่ มีบางขณะที่น้ำขึ้น 2 ครั้ง และน้ำลง 2 ครั้งต่อวัน โดยความสูงและเวลาน้ำขึ้นจะแตกต่างกันมาก (อัปสรสุดา ศิริพงษ์, 2538) อนึ่งน้ำขึ้นลงทำให้เกิดกระแสน้ำอันเนื่องมาจากน้ำขึ้นลง ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งมากกว่าบริเวณตอนกลางของอ่าวไทย

### 1.1.8 การระบายน้ำของแม่น้ำ

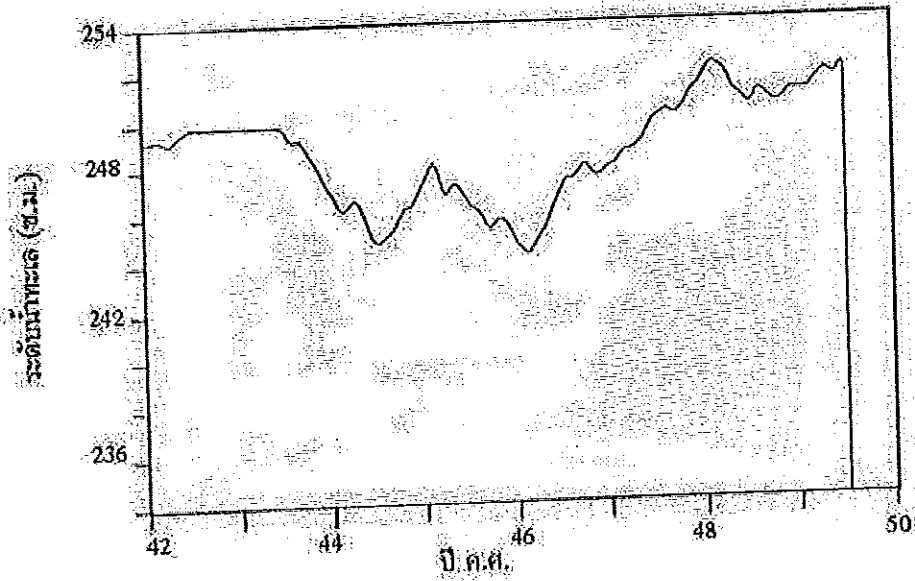
เนื่องจากลุ่มน้ำปากพนัง มีทางน้ำสายย่อย ได้แก่ คลองบางไทร คลองปากพนัง คลองชะวอด คลองฆ้อง คลองเชียร ไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำสายหลักซึ่งอยู่ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา คือ แม่น้ำปากพนัง และแม่น้ำปากพนังไหลลงสู่อ่าวนครศรีธรรมราช ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณตะกอนลงสู่อ่าวปากนครศรีธรรมราช

### 1.1.9 การเปลี่ยนระดับน้ำทะเล

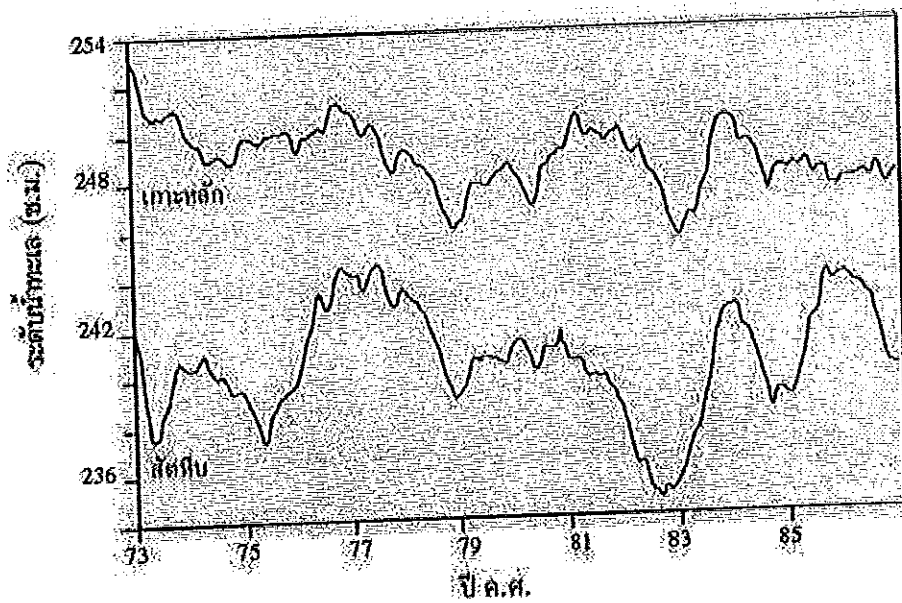
การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในปัจจุบันของประเทศไทย ไม่มีผลการศึกษายืนยันว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เนื่องจากข้อมูลส่วนใหญ่ได้รับจากสถานีวัดระดับน้ำเพียง 2 สถานี คือ ที่สัตหีบ จังหวัดชลบุรี กับที่เกาะหลัก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพียง 2 สถานี ซึ่งจากข้อมูลระดับน้ำทะเลทั้งรายเดือนและรายปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1942 - ค.ศ. 1949 และปี ค.ศ. 1973 - 1986 ที่เกาะหลักกับปี ค.ศ. 1973 - 1986 ที่สถานีสัตหีบมาเปรียบเทียบกัน (ภาพประกอบ 4.31) พบว่า ระดับน้ำทะเลปานกลางในระยะเวลาดังกล่าว ไม่มีการเปลี่ยนแปลง (Neelasri, Punpuk and Radok, 1988)

### 1.1.11 การสะสมหุบเขาและการอยู่ตัว

จากแผนที่ธรณีวิทยา (ภาพประกอบ 4.31) พบว่าตำแหน่งที่เกิดการกัดเซาะรุนแรง มีลักษณะทางธรณีวิทยาแบบตะกอนชายหาด ซึ่งเป็นหินที่เกิดในยุคควาเทอร์นารี (Quaternary age) มีโซ่แนวโชดหินสูงชันซึ่งพบเฉพาะในบริเวณอื่น อาทิเช่น อำเภอขนอมและอำเภอลิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ดังนั้นการสะสมหุบเขาและการอยู่ตัวจึงมิใช่



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 4.31 กราฟระดับน้ำทะเลปานกลางรายปีของประเทศไทย ก) เกาะหลัก จังหวัด  
ประจวบคีรีขันธ์ พ.ศ. 2485 - 2492 ข) เปรียบเทียบระดับน้ำทะเลสถานี  
เกาะหลักและสถานีสีตหีบ พ.ศ. 2416 - 2529

ที่มา : Neelasri, Punpuk, and Radok, 1988

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่งของพื้นที่ศึกษา อย่างไรก็ตามลักษณะทางธรณีวิทยาแบบตะกอนชายหาด ซึ่งมีเม็ดทรายเนื้อร่วนทำให้ง่ายต่อการกัดเซาะของชายฝั่ง

#### 1.1.12 การยุบตัวของแผ่นดิน

ไม่พบรายงานการยุบตัวของแผ่นดิน จึงทำให้การยุบตัวของแผ่นดินไม่เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะของชายฝั่งทั้ง 7 ตำแหน่ง

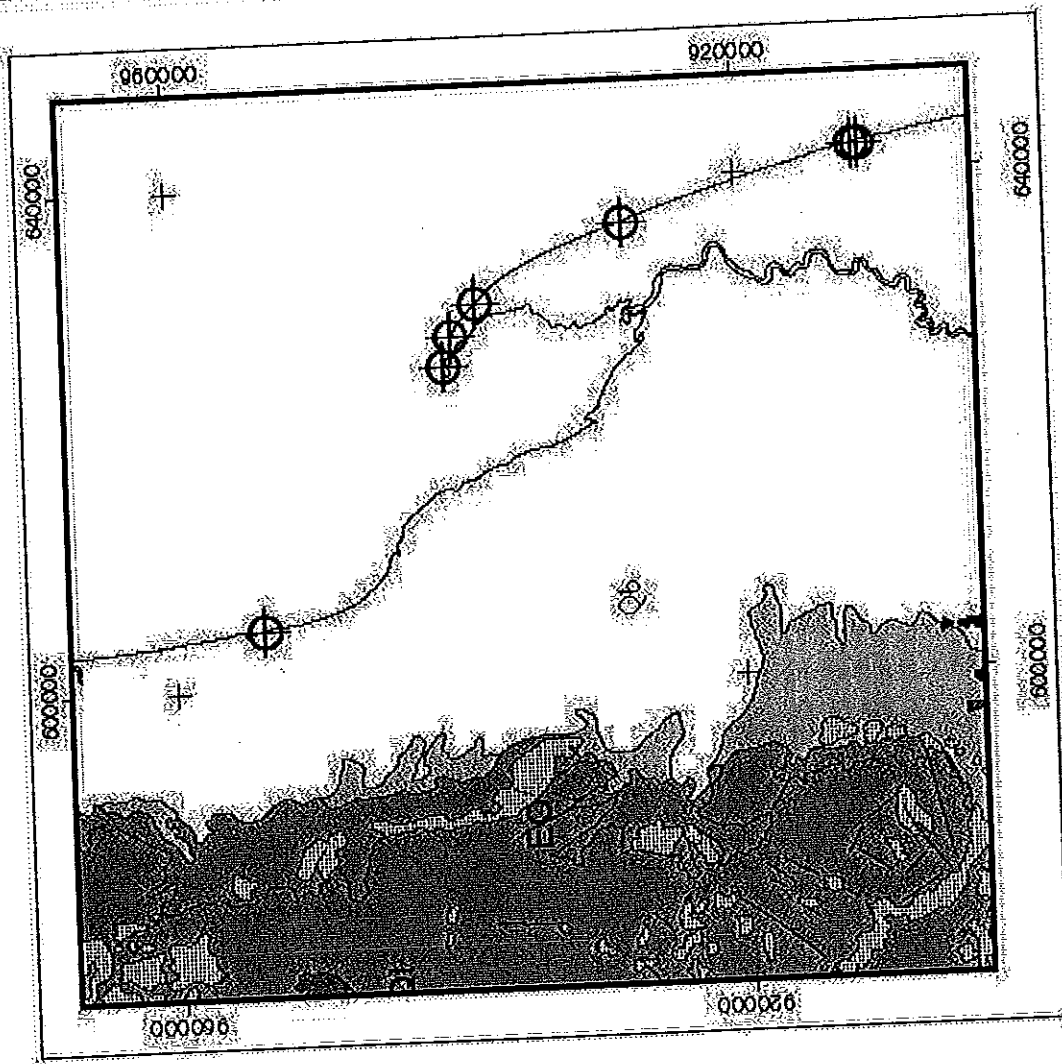
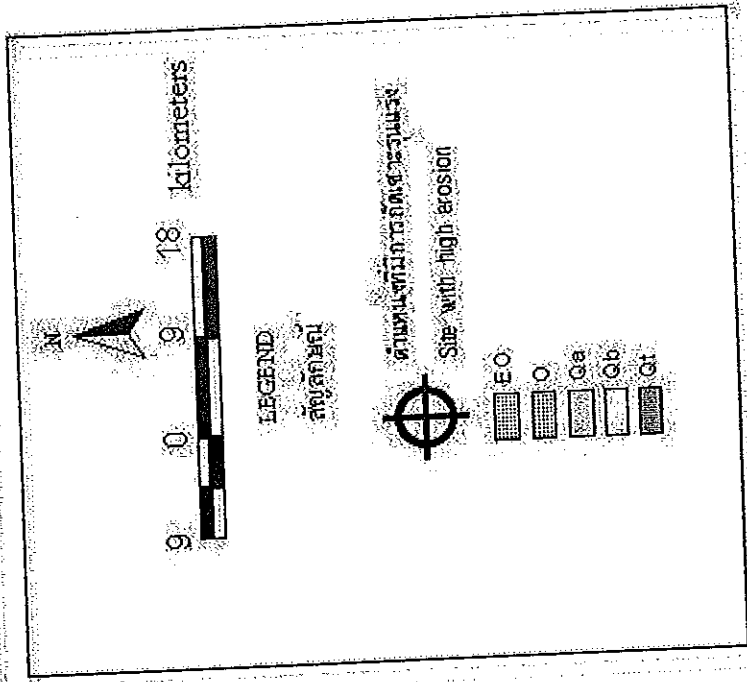
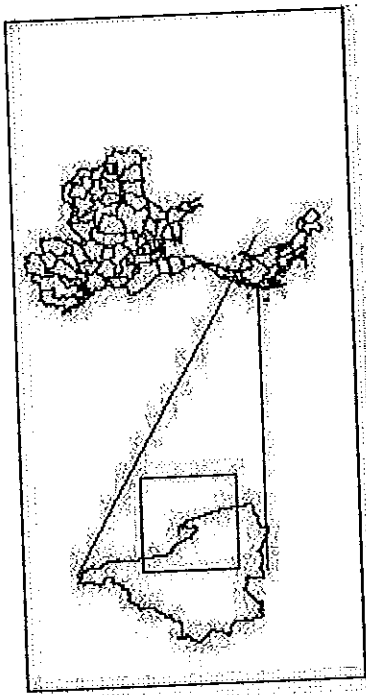
#### 1.1.13 ปะการัง

ปะการังแข็งเป็นแหล่งผลิตทรายให้แก่ชายฝั่ง เมื่อปะการังถูกทำลายจะทำให้ขาดแหล่งทรายออกสู่ชายฝั่งทะเล แต่จากการสำรวจแหล่งปะการังระดับประเทศโดยกองแผนที่ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2547) พบว่า ภายในพื้นที่ที่มีการกัดเซาะรุนแรงไม่พบแหล่งปะการังใดๆ เนื่องจากลักษณะของตะกอนท้องน้ำอ่าวไทยมีลักษณะเป็นโคลนและทรายปนโคลน ดังนั้นปะการังจึงไม่ใช่ปัจจัยที่ทำให้มีผลต่อการลดลงของทรายที่มาเติมแนวชายฝั่งอันส่งผลให้เกิดการกัดเซาะแนวชายฝั่งได้ (กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ, 2538)

### 1.2 ปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์

#### 1.2.1 การพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำ

จากผลการวิจัยของ เชาวน์ ยงเฉลิมชัย และคณะ (2547, 93-102) ซึ่งเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายในลุ่มน้ำปากพนัง ซึ่งครอบคลุมตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงเกือบทุกตำแหน่ง ยกเว้นตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2531 - 2542 พื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้น 181.7 ตารางกิโลเมตร โดยเปลี่ยนจากพื้นที่ป่าธรรมชาติโดยเฉพาะพื้นที่ป่าลาดชัน 95.41 ตารางกิโลเมตร พื้นที่นาข้าว 57.48 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ปลูกยางพาราร่วมกับสวนผสมหมู่บ้าน 22.78 ตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ พบว่า พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เพิ่มขึ้น 184.87 ตารางกิโลเมตร เนื่องมาจากการลดลงของพื้นที่นาข้าวเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปัจจัยนี้จะทำให้เกิดการเพิ่มตะกอนที่ระบายลงสู่อ่าวนครศรีธรรมราช



ภาพประกอบที่ 4.82 ลักษณะการกัดเซาะดิน



### 1.2.2 การขุดลอกตะกอน

จากการสำรวจตะกอนพื้นที่ท้องทะเลระหว่างเดือนพฤศจิกายน - เดือนกุมภาพันธ์ของกองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538) พบว่า ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงมีลักษณะพื้นที่ท้องทะเลเป็นตะกอนดินโคลนปนทราย และตะกอนดินทรายปนโคลน หนึ่งขณะออกภาคสนามมีการขุดลอกตะกอนบริเวณปากคลองฉุกเงิน คลองชะอวด - แพรกเมือง

### 1.2.3 โครงสร้างชายฝั่งและการบำรุงรักษาชายหาด

จากการสำรวจภาคสนามถึงตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรง พบว่า ตำแหน่งที่ 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่งที่ 49 บ้านเกาะฝ้าย (2) มีโครงสร้างชายฝั่งทะเลที่เรียกว่า รอรูปตัวที หลายชุด ก่อสร้างตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง ส่วนตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว พบสิ่งก่อสร้างเป็นรอกก่อสร้างตั้งฉากกับแนวชายฝั่ง ส่วนตำแหน่งอื่นๆ อีก 4 ตำแหน่งไม่พบโครงสร้างชายฝั่งหรือการบำรุงรักษาชายหาด ดังนั้นปัจจัยทางด้านโครงสร้างชายฝั่งจึงอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดการกัดเซาะชายฝั่ง

### 1.2.4 ทางระบายน้ำ

โครงการตามพระราชดำริ ได้ขุดคลองฉุกเงิน ชื่อว่า คลองชะอวด-แพรกเมืองขึ้น เพื่อระบายน้ำกรณีที่น้ำไหลลงสู่อำเภอปากพนังมากเกินไปในฤดูฝน อันจะทำให้ลดความรุนแรงของการเกิดน้ำท่วมในสองฟากแม่น้ำปากพนังในอำเภอปากพนัง

### 1.2.5 การเปลี่ยนสภาพสันทราย

จากผลการวิจัยของ เขาวน ยงเฉลิมชัย และ คณะ (2547, 93-102) พบว่า บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำได้เพิ่มปริมาณมากขึ้น เมื่อสังเกตจากแผนที่พบว่า บริเวณพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้นบริเวณที่เป็นแถบชายฝั่งอันเป็นสันทรายใหม่ และรุกล้ำเข้ามาทางด้านใน ซึ่งเป็นสันทรายเก่า ทำให้สภาพสันทรายเปลี่ยนแปลงไป

### 1.2.6 การก่อสร้างเส้นทางคมนาคมเลียบบึง

ขณะที่ออกภาคสนามครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2545 พบว่า มีการก่อสร้างถนนสี่ช่องทางวิ่งเลียบบึงอำเภอดุสิตและอำเภอบึงสามพัน ซึ่งอาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่เกิดขวางการถ่ายเทของตะกอนลงสู่แนวชายฝั่งให้ลดน้อยลง

### 1.2.7 การพัฒนาทรัพยากร

จากข้อมูลการสอบถามประชาชนเกี่ยวกับการใช้น้ำบาดาลพบว่า สภาพพื้นที่ไม่ก่อให้เกิดวิกฤตจากการใช้น้ำจนทำให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดินอันเนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาลมาใช้มากเกินไป แต่มีปัญหาการรุกตัวของน้ำเค็ม

## 2. ผลการสังเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเล

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทุติยภูมิ รายงานวิจัย วิทยานิพนธ์ เอกสารต่าง ๆ และการออกภาคสนามทำให้สามารถสังเคราะห์ถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลบริเวณหรือตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรง (อัตราการกัดเซาะมากกว่า 5 เมตร/ปี)

### 2.1 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) และตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2)

เนื่องจากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีลมจากทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดคลื่นที่เกิดจากลมหอบพัดพามวลทรายขึ้นสู่ทิศเหนือ แต่เนื่องจากการก่อสร้างโครงสร้างวิศวกรรมชายฝั่งเป็นชุดรอ ขวางการเคลื่อนย้ายของมวลทราย ทำให้เกิดการทับถมของทรายหน้ารอ และมีการกัดเซาะชายฝั่งขึ้นบริเวณถัดจากรอนนอกจากนี้มีการก่อสร้างเส้นทางคมนาคมเลียบบึง จึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง อนึ่งสภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านเกาะฝ้ายปรากฏดังภาคผนวก ค ภาพประกอบ ค-1

### 2.2 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล

เนื่องจากสภาพโครงสร้างชายฝั่งเป็นบริเวณหาดทรายที่คดโค้ง เมื่อมีลมจากทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือพัด ทำให้เกิดคลื่นและกระแสน้ำที่เกิดจากลมหอบพัดพามวลทรายขึ้นสู่ทิศเหนือ และพยายามปรับโครงสร้างของชายฝั่งให้มี

แนวตรงเพื่อลดแรงต้านทานจากกระแสน้ำชายฝั่ง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพสันทราย จึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง อนึ่งสภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านวิวัฒนาการชายทะเลปรากฏดังภาคผนวก ค ภาพประกอบ ค-2

### 2.3 ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก

เนื่องจากสภาพโครงสร้างชายฝั่งเป็นบริเวณหาดทรายปลายแหลมตะลุมพุก ลักษณะทางธรณีวิทยาแบบตะกอนชายหาด (กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2528) เมื่อมีลมจากทิศเหนือและทิศตะวันออกในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัด ทำให้เกิดคลื่นและกระแสน้ำที่เกิดจากลมหอบพัดพามวลทรายขึ้นสู่ทิศเหนือและพยายามปรับโครงสร้างของชายฝั่งให้มีแนวตรงเพื่อลดแรงต้านทานจากกระแสน้ำชายฝั่ง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพสันทรายตามฤดูมรสุม จึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง อนึ่งสภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านแหลมตะลุมพุกปรากฏดังภาคผนวก ค ภาพประกอบ ค-3

### 2.4 ตำแหน่ง 121 บ้านปลายทรายกลาง

เนื่องจากสภาพโครงสร้างชายฝั่งเป็นบริเวณหาดทรายปลายแหลมตะลุมพุก ลักษณะทางธรณีวิทยาแบบตะกอนชายหาด (กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2528) เมื่อมีลมจากทิศเหนือและทิศตะวันออกในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดคลื่นและกระแสน้ำที่เกิดจากลมหอบพัดพามวลทรายขึ้นสู่ทิศเหนือและพยายามปรับโครงสร้างของชายฝั่งให้มีแนวตรงเพื่อลดแรงต้านทานจากกระแสน้ำชายฝั่ง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพสันทรายน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง อนึ่งสภาพการกัดเซาะปรากฏดังภาคผนวก ค ภาพประกอบ ค-4

### 2.5 ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม

เนื่องจากสภาพโครงสร้างชายฝั่งเป็นบริเวณหาดทรายปลายสุดของแหลมตะลุมพุก เมื่อมีลมจากทิศเหนือและทิศตะวันออกในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดคลื่นสูงและกระแสน้ำที่เกิดจากลมหอบพัดพามวลทรายขึ้นสู่ทิศเหนือและพยายามปรับโครงสร้างของชายฝั่งให้มีแนวโค้งล้อมปิดอ่าวปากนครศรีธรรมราชเพื่อลดแรงต้านทานจาก

กระแสน้ำชายฝั่ง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพสัณทรายเป็นประจำ จึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง อนึ่งสภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านปลายสุดแหลมปรากฏดังภาคผนวก ค ภาพประกอบ ค-5

## 2.6 ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว

เนื่องจากในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีลมจากทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดคลื่นที่เกิดจากลมสูงกว่า 3 เมตร (Sojisuporn, P. et al, 2005:46) และกระแสน้ำชายฝั่งหอบพัดพามวลทรายขึ้นสู่ทิศเหนือ แต่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพสัณทราย การก่อสร้างโครงสร้างวิศวกรรมชายฝั่งเป็นชุดรอขวางการเคลื่อนย้ายของมวลทราย ทำให้เกิดการทับถมของทรายหน้ารอ และบริเวณถัดจากรอมีการกัดเซาะชายฝั่งขึ้น นอกจากนี้โครงสร้างของชายฝั่งที่เป็นบริเวณที่รับเอาแรงปะทะจากกระแสน้ำและคลื่นที่เคลื่อนตัวจากปลายแหลมตะลุมพุก จึงน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง อนึ่งสภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านสระบัวปรากฏดังภาคผนวก ค (ภาพประกอบ ค-6)

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยทั้งหมดที่ดำเนินการมาทำให้ได้รับข้อสรุปพร้อมทั้งข้อเสนอแนะ ประกอบการทำวิจัยครั้งต่อไป เพื่อให้การวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ในครั้งต่อไปมีผลการวิจัยที่ถูกต้อง ลดความผิดพลาดในการดำเนินการวิจัย ดังที่จะกล่าวถึงในบทนี้

#### สรุปผล

จากการดำเนินการวิจัยตามวิธีการวิจัยทำให้สามารถสรุปผลการวิจัย โดยแยก กล่าวถึงใน 2 ประเด็น ดังนี้

#### 1. การตรวจหาแนวชายทะเลที่มีการกัดเซาะรุนแรง

การประมวลผลภาพเชิงตัวเลขและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นเครื่องมือที่สำคัญที่ใช้ในการตรวจหาแนวชายทะเล โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เช่น จังหวัด นครศรีธรรมราช ทำให้ลดต้นทุน และระยะเวลาในการดำเนินการโดยใช้วิธีอื่นๆ อาทิเช่น วิธีการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการทำรังวัด จากการบูรณาการการประมวลผลภาพเชิงตัวเลขและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในจังหวัดนครศรีธรรมราชในครั้งนี้ พบว่า มีตำแหน่งที่มีการกัดเซาะจากทั้งสองวิธี 7 ตำแหน่ง ได้แก่ ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) ตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2) ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่ง 121 บ้านปลายทรายกลาง ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม และตำแหน่ง 386 บ้านสระบัว

เมื่อศึกษาแนวโน้มของตำแหน่งทั้ง 7 ด้วยวิธีการตรวจหาขอบ พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2538 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงในตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) ตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2) ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่ง 121 บ้านปลายทรายกลาง ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม และ ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัวเท่ากับ -2.96 -3.22 -4.23 3.50 1.06 -3.43 -1.04 เมตรต่อปี ตามลำดับ ส่วนระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2544 อัตราการกัดเซาะเท่ากับ 5.61 6.85 5.82 6.57 8.42 6.85 5.96 เมตรต่อปี ตามลำดับ

เมื่อศึกษาแนวโน้มของตำแหน่งทั้ง 7 ด้วยวิธีจำแนกแบบกำกับ พบว่า ระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2538 มีอัตราการกัดเซาะในตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) ตำแหน่ง 49 บ้านเกาะฝ้าย (2) ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก ตำแหน่ง 121 บ้านปลายทรายกลาง ตำแหน่ง 126 บ้านปลายสุดแหลม และ ตำแหน่ง 386 บ้านสระบัวเท่ากับ 6.99 4.73 10.97 0.00 0.18 3.56 2.16 เมตรต่อปี ตามลำดับ ส่วนระหว่างปี พ.ศ. 2531 กับ ปี พ.ศ. 2544 อัตราการกัดเซาะเท่ากับ 5.46 6.36 6.42 6.44 7.03 8.22 5.47 เมตรต่อปี ตามลำดับ

## 2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของแนวชายฝั่งที่รุนแรงจากการใช้วิธีศึกษา จากข้อมูลทุติยภูมิที่มีการจัดเก็บมาอย่างต่อเนื่องและจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ดำเนินในพื้นที่ใกล้เคียง พบว่า สามารถแบ่งตำแหน่งที่มีการกัดเซาะแนวชายทะเลที่รุนแรงตามปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรงออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

2.1 ตำแหน่ง 48 บ้านเกาะฝ้าย (1) 49 บ้านเกาะฝ้าย (2) และตำแหน่งที่ 386 บ้านสระบัว ซึ่งทั้งสามตำแหน่งมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ปัจจัยจากกระแสน้ำ คลื่น/ฤดูกาลคลื่น กระแสน้ำชายฝั่ง และโครงสร้างวิศวกรรมชายฝั่ง น่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ

2.2 ตำแหน่ง 87 บ้านวิวัฒนาการชายทะเล ตำแหน่ง 114 บ้านแหลมตะลุมพุก 121 บ้านปลายทรายกลาง 126 บ้านปลายสุดแหลม ซึ่งทั้งสี่ตำแหน่งมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายทะเลที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ กระแสน้ำ คลื่น/ฤดูกาลคลื่น กระแสน้ำชายฝั่ง และโครงสร้างของชายฝั่งน่าจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะของชายฝั่งที่รุนแรง

### ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินการวิจัยทำให้เกิดข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงสำหรับงานวิจัยเกี่ยวกับการตรวจหาแนวชายทะเลครั้งต่อไปดังต่อไปนี้

1. การคัดเลือกภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนสำคัญขั้นตอนแรกก่อนการประมวลผลภาพเชิงตัวเลข เนื่องจากปริมาณเมฆที่เข้ามาบดบังแนวชายทะเล โดยเฉพาะช่วงฤดูฝน ทำให้ไม่สามารถตรวจหาแนวชายทะเลได้ รวมทั้งระดับน้ำขึ้นลงจะมีบทบาทสำคัญระดับหนึ่งโดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย อาทิเช่น บริเวณภายในอ่าว นครศรีธรรมราช ซึ่งควรประยุกต์ใช้วิธีการอื่น อาทิเช่น การทำรังวัดแทน แต่วิธีการเหล่านี้จะสิ้น

เปลืองงบประมาณ และระยะเวลา ซึ่งไม่คุ้มค่าในแง่การลงทุนแก่การดำเนินการเพื่อหาตำแหน่งแนวชายทะเล

2. การกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน แม้ว่าจุดควบคุมภาคพื้นดินจะมีการกระจาย แต่กระจายเฉพาะในบริเวณแนวชายทะเลทำให้ตำแหน่งของแนวชายทะเลมีความถูกต้องมาก แต่ตำแหน่งอื่นๆ โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นภูเขาสูงซึ่งพบมากในควอดแรนต์ที่สอง ดังนั้นจึงควรทำจุดควบคุมภาคพื้นดินเพิ่มขึ้น แต่วิธีการนี้จะดำเนินการได้ยากมากในบริเวณที่เป็นภูเขาโดยเฉพาะเรื่องงบประมาณ เนื่องจากภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลขจากดาวเทียม Landsat 5- TM มีรายละเอียดของภาพขนาด 30 เมตร ทำให้จุดควบคุมภาคพื้นดินต้องมีขนาดใหญ่ คืออย่างน้อยต้องมีขนาดพื้นที่มากกว่า 30x30 ตารางเมตร จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นตำแหน่งจุดควบคุมภาคพื้นดินได้ กอปรด้วยตำแหน่งบนภูเขายากแก่เข้าถึงได้

นอกจากนี้แล้วในการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินในตำแหน่งที่มีการเปลี่ยนแปลงบ่อยๆ เช่น บริเวณปลายแหลมตะลุมพุก ควรมีจุดควบคุมภาคพื้นดินให้มากขึ้น แต่ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้มีจุดควบคุมภาคพื้นดินที่มีคุณลักษณะดังกล่าวข้างต้นมีน้อย เนื่องจากหาตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่ถาวรได้ยาก อนึ่งการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินในแต่ละช่วงเวลาควรจะเป็นตำแหน่งเดียวกัน เพื่อให้ตำแหน่งของจุดควบคุมภาคพื้นดินที่เป็นตำแหน่งถาวรอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน

3. การนำโปรแกรม Erdas Imagine 8.3 เข้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจหาแนวชายทะเลทำให้มีวิธีการตรวจหาแนวชายทะเลที่หลากหลาย เนื่องจากโปรแกรมนี้อาจมีจุดเด่นหลายประการ อาทิเช่น วิธีการตรวจหาขอบมีหลายวิธี ความหลากหลายในวิธีการจำแนกแบบกำกับความยืดหยุ่นในการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินซึ่งสามารถเลือกใช้ได้หลายวิธี อาจดำเนินการโดยการป้อนค่าพิกัดภูมิศาสตร์หรือการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินลงในภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยตรงก็ได้

อนึ่งโปรแกรม Erdas Imagine 8.3 ArcView GIS 3.0 Arc/Info 3.5.1 มีเจ้าของเป็นบริษัทเดียวกัน ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงชนิดของแฟ้มข้อมูลเมื่อนำไปใช้กับโปรแกรมอีกชนิดหนึ่งในขั้นตอนวิเคราะห์แบบเวกเตอร์ ซึ่งการประยุกต์ใช้โปรแกรมจากบริษัทเดียวทำให้ลดโอกาสที่ข้อมูลส่วนหนึ่งจะสูญหายได้

4. วิธีการตรวจหาแนวชายทะเลทั้งสองวิธี แม้จะให้ค่าแนวชายทะเลที่ใกล้เคียงกัน แต่ควรคำนึงถึงกระบวนการวิธีของการตรวจหาแนวชายทะเลด้วยวิธีการตรวจหาขอบ ซึ่งกำหนดให้ตำแหน่งแนวชายทะเล คือ ตำแหน่งที่เกิดขึ้นขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศขึ้นทันทีทันใด ส่วนวิธีการจำแนกแบบกำกับ เป็นวิธีการจำแนกของภาพถ่ายจากดาวเทียมออกเป็นประเภทต่างๆ แล้วจึงนำมาหาตำแหน่งแนวชายทะเลอีกครั้งหนึ่ง อนึ่งวิธีการตรวจหาขอบเป็นวิธีการที่ง่ายใช้เวลาสั้น และเหมาะสมกับแนวชายทะเลที่มีลักษณะเป็นหาดทรายและหุบเขาสูง

ส่วนวิธีการจำแนกแบบกำกับจะเหมาะกับแนวทะเลที่มีความหลากหลายกว่า แต่กระบวนการดำเนินการใช้เวลายาวนานกว่า

5. การคำนวณระยะห่างโดยมีเส้นสัมผัสตั้งฉากระหว่างจุดกับแนวชายทะเลระหว่างสองช่วงเวลา โดยลำพังมิได้มีการตรวจสอบจากภาคสนามด้วยวิธีการรังวัด ซึ่งมีสาเหตุดังกล่าวในตอนต้น คือ ข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณและระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย ซึ่งหากใช้วิธีการรังวัดจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาและงบประมาณสูงมากเพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่วิจัยทั้งจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีแนวชายทะเลประมาณ 243 กิโลเมตร

6. รายละเอียดของภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงตัวเลข ดังกล่าวข้างต้นภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat - 5 TM ซึ่งมีแต่ละจุดภาพมีรายละเอียด 30 เมตร จึงเป็นภาพที่ค่อนข้างหยาบ ควรประยุกต์ใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมดวงอื่นที่มีรายละเอียดที่สูงกว่า เช่น ดาวเทียม IKONOS - 2 หรือจากดาวเทียมดวงอื่นๆ ซึ่งมีรายละเอียดของภาพเท่ากับ 1 เมตร แต่ภาพถ่ายจากดาวเทียมที่มีรายละเอียดที่สูงมากราคาจะแพงขึ้นอย่างสอดคล้องกับรายละเอียด

7. แม้ตำแหน่งที่มีการกัดเซาะรุนแรงพบใน 7 ตำแหน่ง แต่ตำแหน่งอื่นๆ ที่มีอัตราการกัดเซาะค่อนข้างสูงจำเป็นต้องมีการติดตามอย่างใกล้ชิด นั่นคือ ควรเสนอให้หน่วยงานของภาครัฐบาล อาทิเช่น จังหวัดนครศรีธรรมราช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและชายฝั่ง มีการติดตามอย่างใกล้ชิด

8. การจัดเก็บข้อมูลทางด้านสมุทรศาสตร์มีปริมาณน้อยและขาดความต่อเนื่อง จึงเป็นสิ่งที่ยากลำบากในการนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์ต่างๆ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นอย่างต่อเนื่องเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในอนาคต



## บรรณานุกรม

หนังสือ

ภาษาไทย

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา. 2544. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา. กรุงเทพฯ ฯ :  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวรี วราศณัย, นงศ์นาถ อุ่ประสิทธิ์วงศ์ และ อีรลักษณ์ ประเสริฐแสง. 2542. พายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย : สถิติ พ.ศ. 2494-2541. กรุงเทพฯ ฯ : ม.ป.พ.

ธวัช บุรีรักษ์ และ บัญชา คูเจริญไพบูลย์. ม.ป.พ. การแปลความหมายในแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์อักษรวัฒนา.

บัณฑิต ดันศิริ, ไพจิตร อินทโธม และนันทพล หนองหารพิทักษ์. 2542. แผนการใช้ที่ดินลุ่มน้ำ ปากพนัง : โครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. กรุงเทพฯ ฯ : กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

ฝ่ายแผนงานและโครงการ สำนักงานจังหวัดนครศรีธรรมราช. 2536. บรรยายสรุปข้อราชการจังหวัดนครศรีธรรมราช พ.ศ. 2536. นครศรีธรรมราช.

ฝ่ายวิจัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2534. ภูมิลักษณะประเทศไทย. กรุงเทพฯ ฯ : ด้านสุทธนาการพิมพ์.

สมุทรศาสตร์, กอง กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ. 2538. รายงานการวิเคราะห์ข้อมูลสมุทรศาสตร์เขตกลางอ่าวไทย ปี 2525 - 2536. กรุงเทพฯ ฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล (REMOTE SENSING NOTE). กรุงเทพฯ ฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2538. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2537. กรุงเทพฯ ฯ : บริษัทอินทิเกรตเต็ด โปรโมชันเทคโนโลยี จำกัด.

..... 2540. สถานภาพทรัพยากรชายฝั่งทะเลของประเทศไทย พ.ศ. 2539 -  
2540. กรุงเทพฯ ฯ : บริษัท อินทีเกรเต็ด โปรโมชันเทคโนโลยี จำกัด.

ภาษาอังกฤษ

Allen, J.R. 1981. "Beach Erosion as a function of variations in the sediment budget, Sandy Hook, New Jersey, USA", *Earth Surface Processes and Landform*. 6 (1981), 139-150. quoted in French, J.R. and Spencer, T. 2001. "Sea-level rise", In *Habitat Conservation : Managing the Physical Environment*, 305-347. Warren, A and French, J.R. eds. Chichester : John Wiley & Sons.

Arens, S.M., Jungerius, P.D. and Van der Meulen, F. 2001. "Coastal Dunes", In *Habitat Conservation : Managing the Physical Environment*, 305-347. Warren, A and French, J.R. eds. Chichester : John Wiley & Sons.

Bird, E.C.F. 1985. *Coastline Change : A Global Review*. Chichester : Wiley Interscience, quoted in Chen, X. and Zong, Y. 1998. "Coastal Erosion Along the Changing Deltaic Shorelines, China : History, and Perspective", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 46 (1998), 733 -742.

Black, P.E. 1991. *Watershed hydrology*. Englewoods Cliffs : Prentice Halls.

Campbell, J.B. 1987. *Introduction to Remote Sensing*. New York : Guilford Press.

Clark, J.R. 1995. *Coastal Zone Management Handbook*. Florida : Lewis Publishers.

Clayton, K. 1995. "Predicting sea-level rise and managing the consequences", In *Environmental Science for Environmental Management*, 165-184. O'Riordan, T. eds. Singapore City : Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.

Clayton, K.M. 1989. "The implications of climatic change", In *Coastal management*, 165-176. Institution of Civil Engineers. eds. London : Thomas Telford Press.

- Coastal Resources Institute, Prince of Songkla University. 1991. **Coastal Management in Pak Phanang : A Historical Perspective of the Resources and Issues.** Songkhla.
- Coch, N.K. 1995. **Geohazards : natural and human.** Singapore City : Simon & Schuster Asia Pte. Ltd : Singapore.
- Correia, F. *et al.* 1996. "The retreat of the eastern Quateira cliffed coast (Portugal), and its possible causes", In **Studies in European Coastal Management.** Jones, P.S., Healy, M.G. and Williams, A.T. eds. Cardigan : Samara Publishing.
- ERDAS<sup>®</sup>, Inc. 1997. **ERDAS Field Guide.** 4<sup>th</sup> ed. Atlanta : ERDAS<sup>®</sup>, Inc.
- French, P.W. 1997. **Coastal and Estuarine Management.** Routledge Environmental Management Series. New York : Routledge.
- \_\_\_\_\_. 2001. **Coastal defenses : Processes, problems and solutions.** New York : Routledge.
- Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. 1992. **Digital Image Processing.** California : Addison - Wesley Publishing Company, Inc.
- Goudie, A. 1993. **The Nature of the Environment.** 3<sup>rd</sup> ed. Oxford : Blackwell Publishers.
- Graves, J. and Reavey, D. 1996. **Global Environmental Change : plants, animals and communities.** Kuala Lumpur : Longman Malaysia, GPS.
- Houghton, J.T. *et. al.* 1996. **Climate change : IPCC 1995, the science of climate change.** Cambridge : Cambridge University Press.
- Intergraph. 1994. **MGE Base Imager (MBI) : User's Guide for the Windows NT Operating System.** Huntsville : Intergraph Corporation.

- Japan Association on Remote Sensing. 1993. **Remote Sensing Note**. Tokyo : University of Tokyo.
- Jensen, J.R. 1996. **Introductory Digital Image Processing : A Remote Sensing perspective**. New Jersey : Prentice Hall.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W. 1994. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 3<sup>rd</sup> ed. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Pethick, J. 1984. **An Introduction to Coastal Geomorphology**. London : Edward Arnold Publishers, quoted in Johns, R.C. 1995. **Engineering and Design : Coastal Geology**. Washington, D.C. : Department of the Army US. Army Corps. of Engineers.
- Mumby, P.J. 1992. "Natural Change", In **Coastal zone planning and management**, 49-64. Institution of Civil Engineers. eds. London : Thomas Telford Press.
- Neelasri, C., Punpuk, V. and Radok, R. 1988. **An investigation of mean sea level change in the upper gulf of thailand**. Bangkok : s.n.
- Sabins, F.F. 1987. **Remote Sensing : principles and interpretation**. New York : W.H. Freeman.
- Sudara, S. *et al.* 1992. "The impact of Typhoon Gay on Coral communities of Tao Island, Gulf of Thailand", In Ming, C.L. and Wilkinson, C.R. eds. 1992. **3<sup>rd</sup> ASEAN Science and Technology Week Conference Proceeding, Vol. 6 Marine Science : Living Coastal Resources**, 21<sup>st</sup> -23<sup>rd</sup> September 1992, Singapore Department of Zoology Board. Singapore.
- Summerfield, M.A. 1991. **Global Geomorphology : An Introduction to the Study of Landforms**. Singapore City : Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.

Wilson, P.A. 1997. "Rule-based Classification of Water in Landsat MSS Images Using the Variance Filter", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 63 (1997), 485 - 491.

วารสาร

ภาษาไทย

เชาวน์ ยงเฉลิมชัย และคณะ. 2547. "การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในลุ่มน้ำปากพนังโดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์", *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 1(มกราคม-กุมภาพันธ์). 93-102.

دنول دننโยภاس, จักรกริส กสิสุวรรณ และเชาวน์ ยงเฉลิมชัย. 2543. "การประยุกต์ประมวลผลภาพสำรวจแนวชายฝั่งจังหวัดปัตตานีถึงจังหวัดนราธิวาส", *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. 22 (กรกฎาคม - กันยายน 2543), 379 - 391.

สุภัทท์ วงศ์วิเศษสมใจ. 2533. "การกัดเซาะชายฝั่ง", *วารสารภูมิศาสตร์*. 15 (กรกฎาคม 2533), 321 - 337.

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2530. "สัณฐานธรณีวิทยาชายฝั่งของประเทศไทย", *วารสารภูมิศาสตร์*. 15 (กรกฎาคม 2533), 263 - 287.

ภาษาอังกฤษ

Bird, E.C.F. 1985. *Coastline Change : A Global Review*. Chichester : Wiley Interscience, quoted in Li, L. 1993. "Monitoring Coastline Changes Using Remote Sensing Techniques on the Rayong Coastline, Thailand", Master of Science Thesis, Asian Institute of Technology. (Unpublished)

Chen, X. and Zong, Y. 1998. "Coastal Erosion Along the Changing Deltaic Shorelines, China : History, and Prospective", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 46 (1998), 733 - 742.

- Dail, H.J., Merrifield, M.A. and Vevis, M. 2000. "Steep beach morphology changes due to energetic wave forcing", *Marine Geology*. 162 (2000), 443 - 458.
- Frihy, O.E. 1992. "Sea-level rise and shoreline retreat of the Nile delta promontories, Egypt", *Natural Hazards*. 5 (1992), 65 - 81.
- Gaillot, S. and Piegay, H. 1999. "Impact of gravel-mining on stream channel and coastal sediment supply : example of the Calvi Bay in Corsica (France)", *Journal of Coastal Research*. 15 (1999), 774 - 788.
- Hall, M.J. and Pilkey, O.H. 1991. "Effects of hard stabilisation on dry beach width for New Jersey", *Journal of Coastal Research*. 7 (1991), 770 - 785.
- Jones, J.R., Cameron, B. and Fisher, J.J. 1993. "Analysis of Cliff Retreat and Shoreline Erosion : Thomson Island, Massachusetts, USA", *Journal of Coastal Research*. 9 (1993), 87 - 96.
- Kahmstorf, S. 1997. "Ice cold in Paris", *New Scientist*. 153 (1997), 26 - 30.
- Lavalle, P.D. and Lakhan, V.C. 2000. "An Assessment of Lake - Level Fluctuations on Beach and Shoreline Change", *Marine Geology*. 162 (2000), 443 - 458.
- Morton, R.A. 1977. "Historical shoreline change and their causes, Texas Gulf Coast, Transaction Gulf Coast Association", *Geology Society*. 27 (1977), 352 - 364.
- Mumby, P.J., et al. 1995. "Geographic Information Systems : A Tool for Integrated Coastal Zone Management in Belize", *Coastal Management*. 23 (April - June 1995), 111 - 121.
- Sayre, W.O. and Komar, D.D. 1988. "The Jump-Off Joe landslide at Newport, Oregon : history of erosion, development", *Shore and Beach*. 56 (1988), 15 - 22.

- Sojsojorn, P. *et al.* 2005. "Some physical oceanographic characteristics relating to coastal erosion at Pak Phanang river basin, Nakhon Si Thammarat", *Journal of Metals, Materials and Mineral*. 1 (June 2005). 41-53.
- Thana, B. Jarupongsakul, T. and Chababgorn, A. 2005. "Hydro-meteorological Data Analysis for the Study of Coastal Erosion Problem at Pak Phanang River Basin, Nakhon Si Thammarat Province", *Journal of Metals, Materials and Mineral*. 15 (2005), 36 - 40.
- White, K. and Asmar, H.M.E. 1999. "Monitoring Changing Position of Coastlines Using Thematic Mapper Imagery, an Example from the Nile Delta", *Geomorphology*. 29 (1999), 93 - 105.
- Widdows, J., *et al.* 2000. "Temporal Changes in Intertidal Sediment Erodability : Influence of Biological and Climatic Factors", *Continental Shelf Research*. 20 (2000), 1275 - 1289.

#### วิทยานิพนธ์

##### ภาษาไทย

จักรกริส กสิสุวรรณ. 2543. "การประยุกต์ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลเพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งในภาคใต้ตอนล่าง ประเทศไทย (ปัตตานี นราธิวาส)", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา)

##### ภาษาอังกฤษ

Li, L. 1993. "Monitoring Coastline Changes Using Remote Sensing Techniques on the Rayong Coastline, Thailand", Master of Science Thesis, Asian Institute of Technology. (Unpublished)

บทความจากรายงานการประชุมทางวิชาการ  
ภาษาไทย

อัปสรสุดา ศิริพงษ์ และคณะ. 2538. “การกัดเซาะชายหาด”, ใน การสัมมนาาระบบนิเวศป่าชายเลนแห่งชาติ ครั้งที่ 9 “การอนุรักษ์ป่าชายเลนเพื่อสังคมไทยในทศวรรษหน้า” (The Ninth National Seminar on Mangrove Ecology) “Mangrove Conservation for Thai Society in the Next Decade”. 1 - 25. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ภาษาอังกฤษ

Dyhr-Nielson, M. and Sorenson, T. 1970. “Some sand transport phenomena on coasts with bars”, In Proceeding 12<sup>th</sup> Coastal Engineering Conference, Society of Civil Engineers. 855-865. s.l. : s.n., quoted in Rahn, P.H. 1986. Engineering geology : an environmental approach. New York :Elsevier Science Publishing Company, Inc.

Horikawa, K. and Sunamura, T. 1967. “A Study on Erosion of Coastal Cliffs by Using Aerial Photographs”, In Coastal Engineering, 184 - 200. Tokyo : Japan Society of Civil Engineers.

Mumby, P.J. 1992. “Natural Change”, In Coastal zone planning and management, 49 - 64. Institution of Civil Engineers. eds. London : Thomas Telford Press.

Neelasri, C., Punpuk, V., and Radok, R.. 1988. “An investigation of mean sea level change in the upper gulf of Thailand”, In SCOPE Workshop on rising mean sea level and subsiding coastal areas. Bangkok : s.n..

รายงานการวิจัย

ปัญญา จารุศิริ และคณะ. 2543. แผ่นดินไหวในประเทศไทยและพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). กรุงเทพฯ ฯ : ม.ป.พ.



## โสตทัศนวัสดุ

ธรณีวิทยา, กอง กรมทรัพยากรธรณี. 2528. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครศรีธรรมราช.  
(แผนที่). กรุงเทพฯ ฯ.

แผนที่ทหาร, กรม. 2516 ก. แผนที่อำเภอเขาพนม. (แผนที่). พิมพ์ครั้งที่ 2 - RTSD  
ลำดับชุด L 7017 ระวัง 4825 IV มาตรฐาน 1 : 50,000. กรุงเทพฯ ฯ.

..... 2516 ข. แผนที่อำเภอชะอวด. (แผนที่). พิมพ์ครั้งที่ 1 - RTSD ลำดับชุด L  
7017 ระวัง 5024 IV มาตรฐาน 1 : 50,000. กรุงเทพฯ ฯ.

..... 2516 ค. แผนที่อำเภอดอนสัก. (แผนที่). พิมพ์ครั้งที่ 2 - RTSD ลำดับชุด L  
7017 ระวัง 4927 IV มาตรฐาน 1 : 50,000. กรุงเทพฯ ฯ.

..... 2516 ง. แผนที่อำเภอระโนด. (แผนที่). พิมพ์ครั้งที่ 2 - RTSD ลำดับชุด L  
7017 ระวัง 4825 IV มาตรฐาน 1 : 50,000. กรุงเทพฯ ฯ.

“อ่าวนครศรี ฯ เสื่อมโทรมหนักป่าชายเลนพังเหตุอุทกภัยกรุก”, 2543. กรุงเทพธุรกิจ. 12  
มิถุนายน 2543, หน้า 10.

## จุลสาร

ชวรี วราศรัย, นางค์นาค อยู่ประสิทธิ์วงศ์ และธีรลักษณ์ ประเสริฐแสง. 2542. เอกสารวิชาการ  
กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ ฯ : กรมอุตุนิยมวิทยา.

นเรศ ฉำบุญรอด และดารารัตน์ ดิษบรรจง. 2541. จุลสารดาวเทียม. กรุงเทพฯ ฯ :  
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

## อินเทอร์เน็ต

### ภาษาไทย

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2544. “ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเล” (ออนไลน์). สืบค้น  
ได้จาก : <http://www.deqp.go.th/>. สืบค้นเมื่อตุลาคม, 2544.

**ภาษาอังกฤษ**

Canadian Centre for Remote Sensing. 2001. "Satellite Remote Sensing for Monitoring  
Coastline Dynamics of the Canadian Beaufort Sea Coast", (Online), Available :  
<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/>. Retrieved October, 2001.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก โปรแกรมคอมพิวเตอร์หลัก

โปรแกรมคอมพิวเตอร์หลักที่นำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย 3 โปรแกรม ได้แก่ Erdas Imagine, ArcView GIS และ PC Arc/Info โดยแต่ละโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะกล่าวถึงเฉพาะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ย่อยที่นำมาใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้เท่านั้น

### 1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Erdas Imagine

Erdas Imagine 8.3 เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานกับระบบปฏิบัติการ UNIX ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยต่าง ๆ หลายโปรแกรม ในที่นี้ขอกล่าวถึงเฉพาะส่วนที่นำมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งได้แก่ Import/Export, Dataprep, Interpreter, Classifier และ Vector และมีรายละเอียดดังนี้

#### 1.1 โปรแกรมย่อย Import/Export

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการนำเข้าภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขในฟอร์แมตต่าง ๆ และแปลงภาพจากดาวเทียมเชิงตัวเลขจากโปรแกรม Erdas Imagine ไปเป็นโปรแกรมอื่น ๆ

#### 1.2 โปรแกรมย่อย Dataprep

เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ในการตัดภาพให้มีขนาดเล็กลง การปรับแก้เชิงเรขาคณิต การต่อภาพ การจำแนกประเภทแบบไม่กำกับ และการฉายภาพซ้ำ

#### 1.3 โปรแกรมย่อย Interpreter

เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ในการเน้นภาพเชิงพื้นที่ การปรับแก้เชิงคลื่น การเน้นภาพเชิงคลื่น การวิเคราะห์ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พร้อมทั้งมีคำสั่งอรรถประโยชน์เพิ่มเติม

#### 1.4 โปรแกรมย่อย Classifier

ใช้ในการจำแนกประเภทแบบกำกับ และการจำแนกประเภทแบบไม่กำกับ สำหรับการจำแนกประเภทแบบกำกับประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ได้แก่ การกำหนดพื้นที่เทรนนิ่ง

การจำแนกประเภทแบบกำกับด้วยวิธีการต่าง ๆ อาทิ วิธีการจำแนกประเภทแบบ Maximum Likelihood รวมทั้งขั้นการประเมินความแม่นยำ

### 1.5 โปรแกรมย่อยชื่อ Vector

เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่อยู่ในรูปเวกเตอร์ อาทิเช่น การสำเนาเพิ่มข้อมูลเวกเตอร์ การลบเพิ่มข้อมูล การแปลงข้อมูลจากเวกเตอร์เป็นข้อมูลราสเตอร์ หรือการแปลงจากข้อมูลราสเตอร์เป็นข้อมูลเวกเตอร์ เป็นต้น

## 2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ArcView GIS 3.0

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Arc/View 3.0 ที่นำมาใช้ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 6 โปรแกรม ได้แก่ Analysis, Cad Reader, Cadtools Extension, Graticules and Measured Grids, JPEG (JFIF) และ Image Support ซึ่งแต่ละโปรแกรมย่อยมีรายละเอียดโดยสังเขปดังนี้

### 2.1 โปรแกรมย่อยชื่อ Analysis

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีลักษณะของโปรแกรมคล้าย ๆ กับโปรแกรมย่อยชื่อ Overlay ในโปรแกรม Arc/Info อาทิเช่น MapJoin เป็นคำสั่งที่ใช้ในการผนวกชั้นข้อมูล 2 ชั้น มาเก็บไว้ในชั้นข้อมูลเดียวกัน

### 2.2 โปรแกรมย่อยชื่อ Cad Reader

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างภาพ (viewing) การค้นคืน และการวิเคราะห์ชั้นข้อมูลซึ่งได้มาจากการวาดด้วย CAD

### 2.3 โปรแกรมย่อยชื่อ Cadtools Extension

เป็นโปรแกรมที่เพิ่มเติมจากโปรแกรมย่อยชื่อ Cad Reader เพื่อเพิ่มความสามารถในการทำงานกับ CAD 3.1

### 2.4 โปรแกรมย่อยชื่อ Graticules and Measured Grids

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง graticules และเส้นกริดภายในแบบ (layout) ซึ่งในที่นี้หมายถึงแผนที่

## 2.5 โปรแกรมย่อยชื่อ JPEG (JFIF) Image Support

เป็นโปรแกรมที่สนับสนุนการนำเข้าภาพที่จัดเก็บในรูปแบบ jpeg ภายในชั้นข้อมูลหรือภายในกรอบภาพ

### 3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ PC Arc/Info 3.5.1

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ PC Arc/Info 3.5.1 ที่นำมาใช้ประกอบด้วยโปรแกรมย่อย 4 โปรแกรม ได้แก่ Arc Starter Kit, Data Conversion, Arcedit และ Overlay ซึ่งแต่ละโปรแกรมย่อยมีรายละเอียดดังนี้

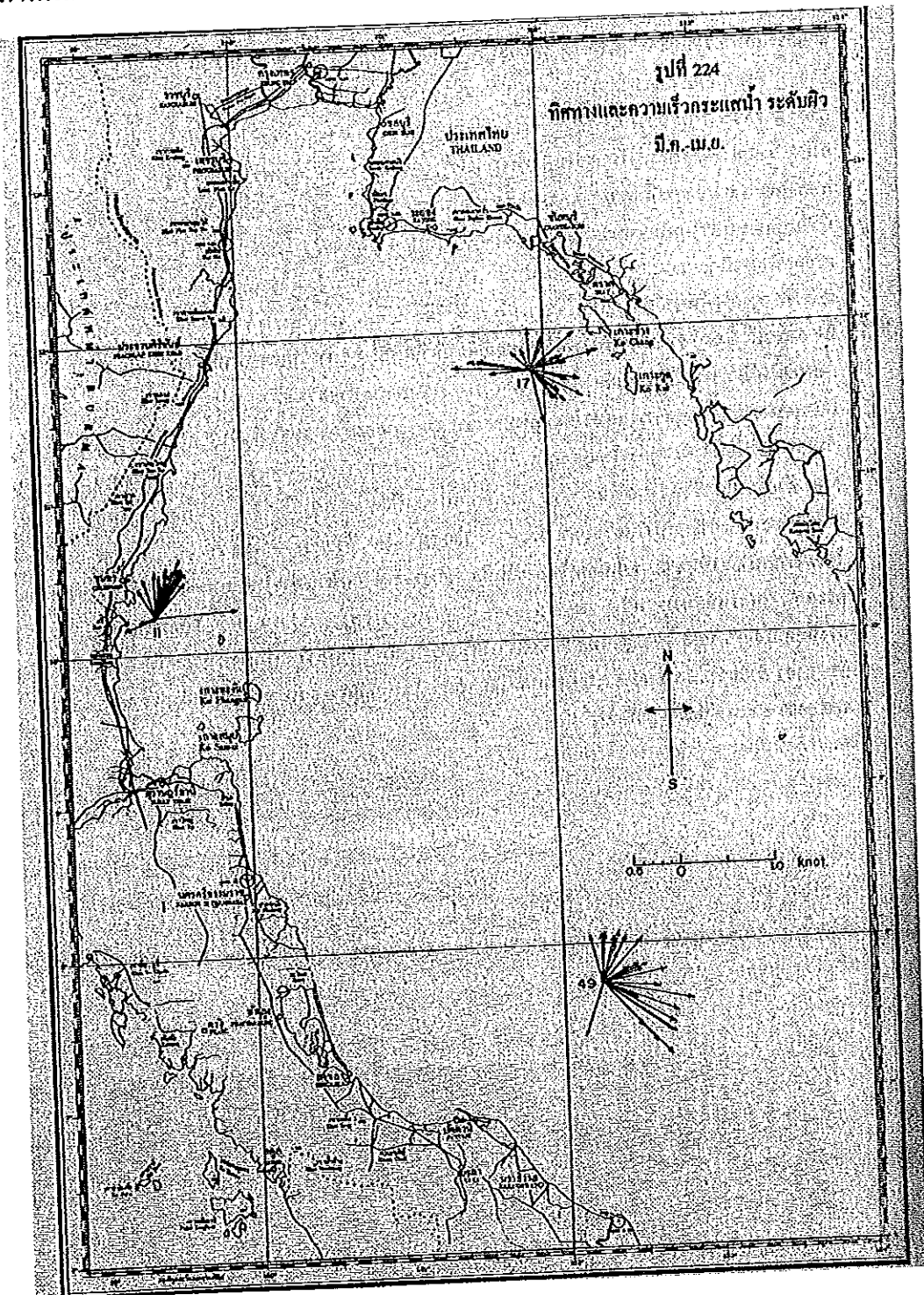
3.1 โปรแกรมย่อยชื่อ Arc Starter Kit เป็นโปรแกรมหลัก (core program) ที่ใช้ในโปรแกรม Arc/Info

3.2 โปรแกรมย่อยชื่อ Data Conversion เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแปลงชนิดของแฟ้มข้อมูลจากโปรแกรมหนึ่งเป็นโปรแกรมหนึ่ง อาทิเช่น DXFARC เป็นคำสั่งที่ใช้ในการแปลงประเภทของแฟ้มข้อมูลจากโปรแกรม AutoCAD ให้อยู่ในชั้นข้อมูล ซึ่งสามารถนำมาใช้ในโปรแกรม Arc/Info เป็นต้น

3.3 โปรแกรมย่อยชื่อ Arcedit เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ไขหรือปรับปรุงชั้นข้อมูลจากการแปลงเป็นตัวเลข เพื่อลดความผิดพลาดต่าง ๆ

3.4 โปรแกรมย่อยชื่อ Overlay เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหรือการทำแบบจำลองต่าง ๆ อาทิเช่น คำสั่ง BUFFER เป็นการสร้างแนวกันชนตามระยะห่างที่ต้องการ

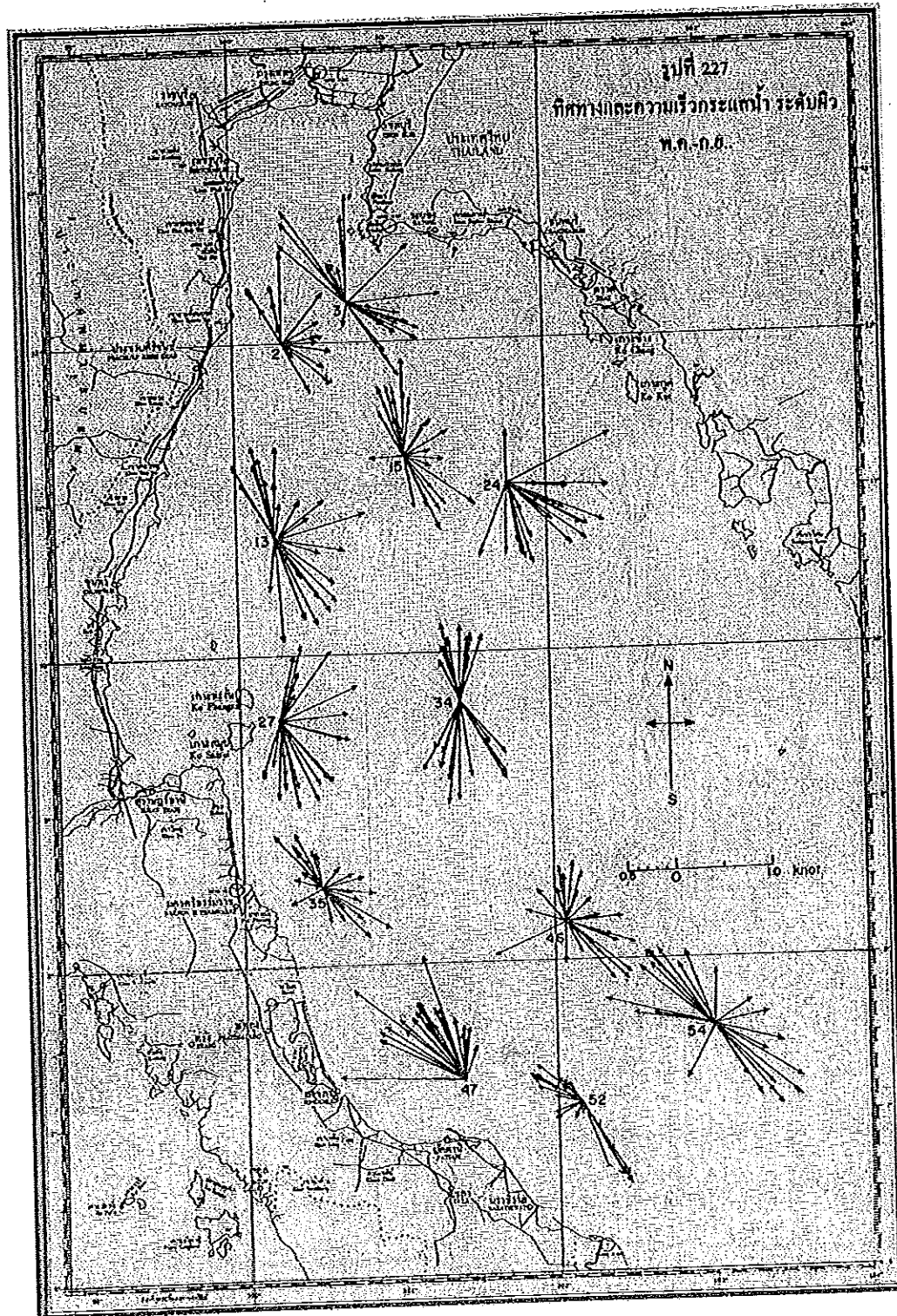
ภาคผนวก ข กระแสน้ำ



ภาพประกอบ ข-1 ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำระดับน้ำเดือนมีนาคม - เดือนเมษายน

พ.ศ. 2525-2536

ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)

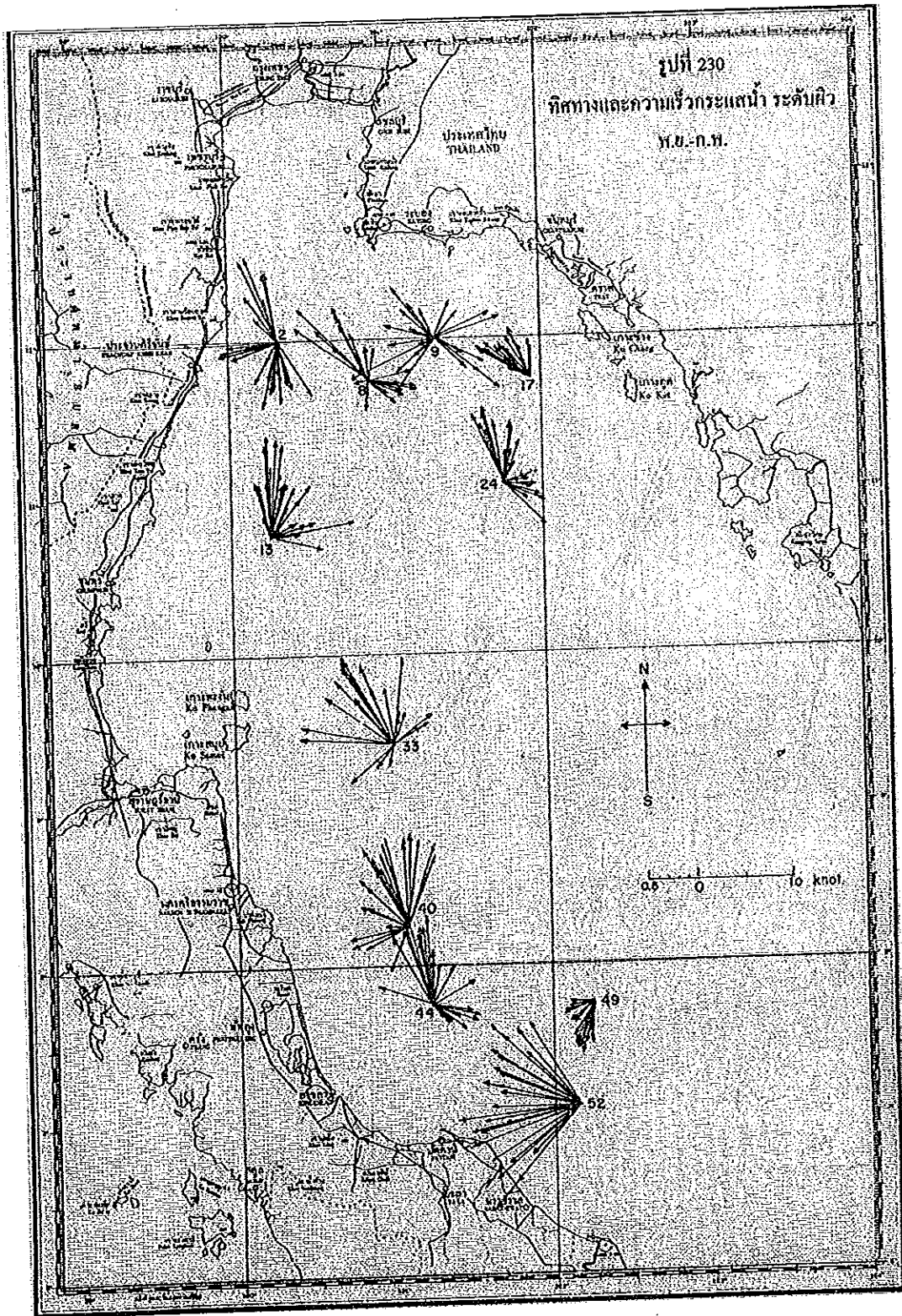


ภาพประกอบ ข-2 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับผิวเดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน

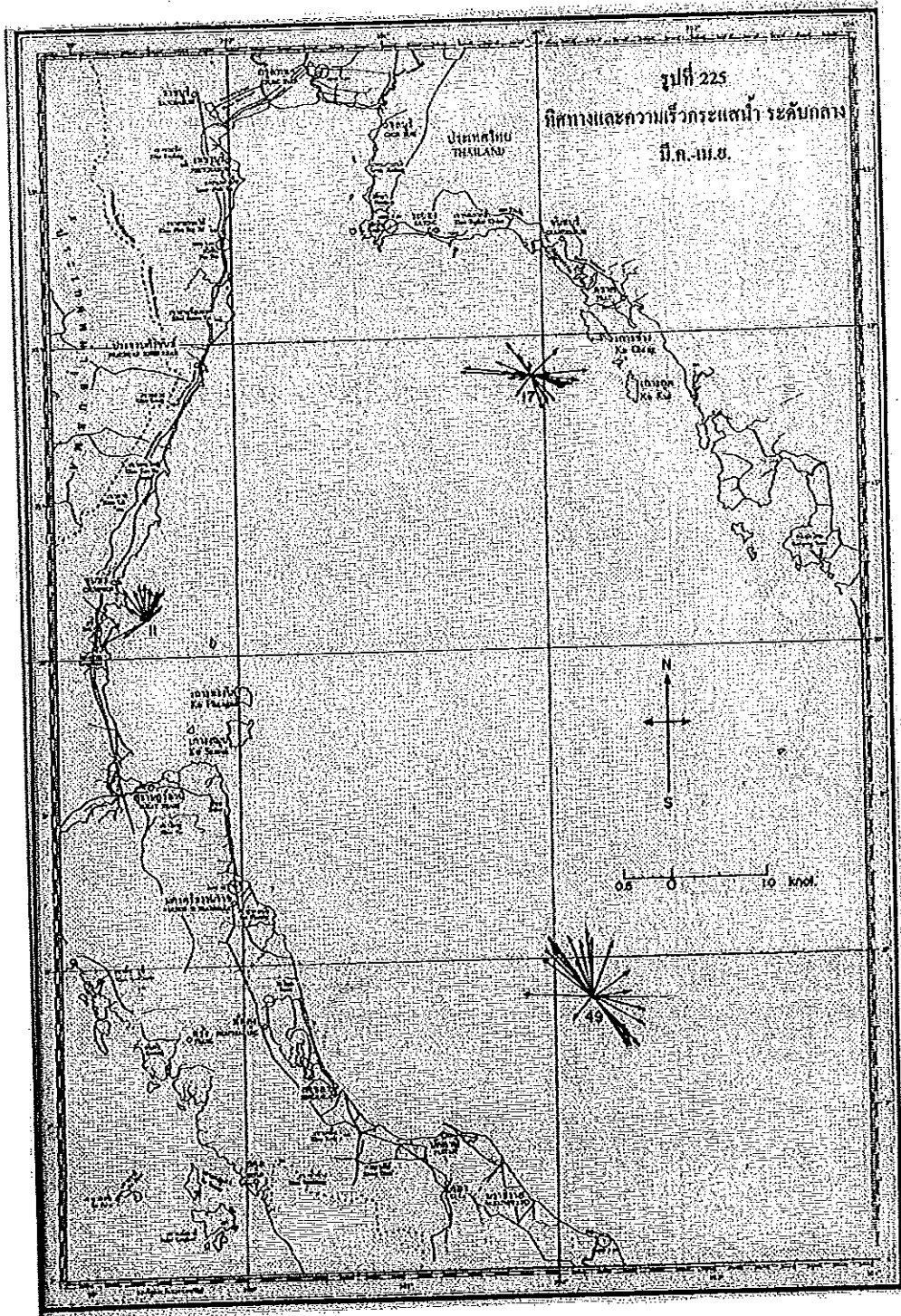
พ.ศ. 2525-2536

ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุตุนิยมวิทยา (2538)



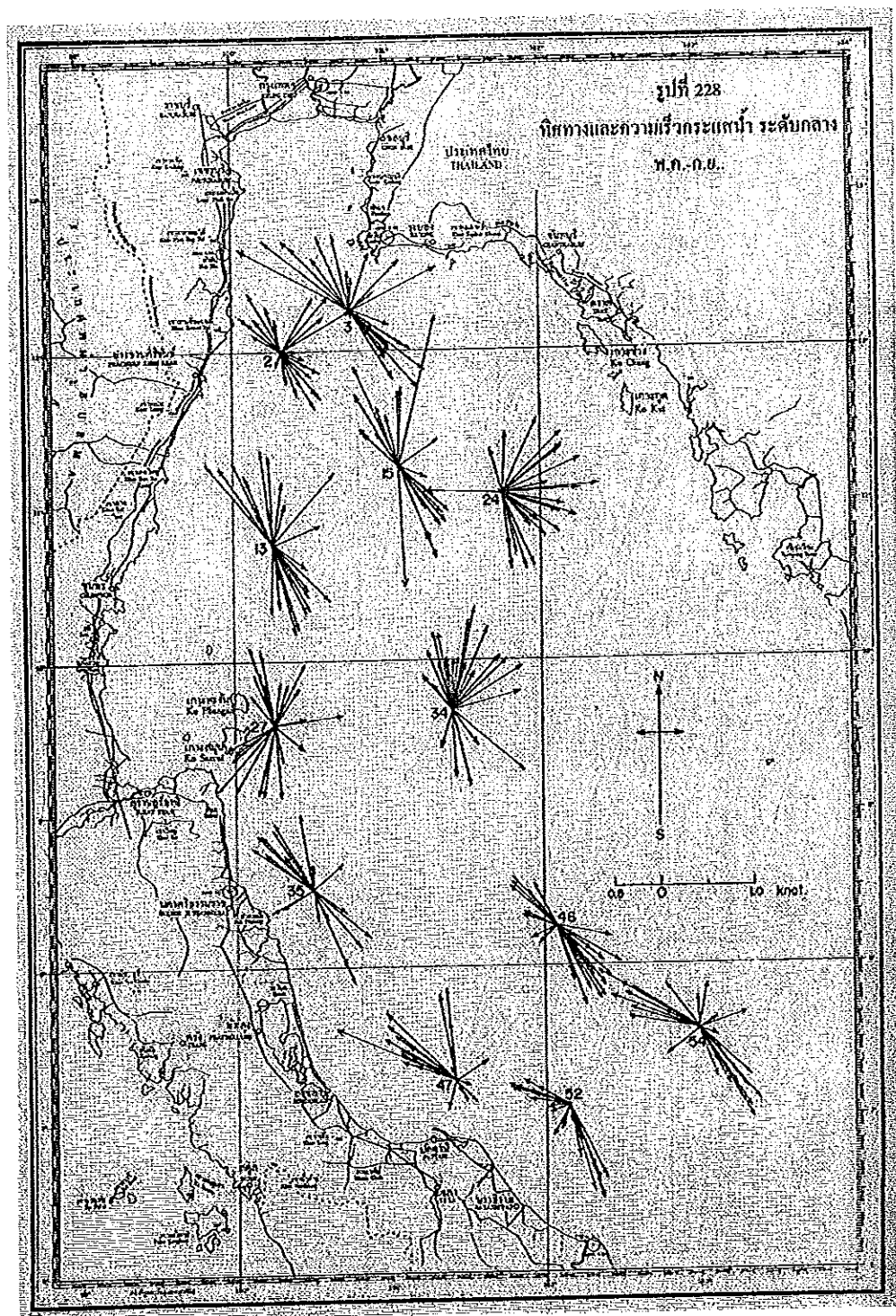


ภาพประกอบ ข-3 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับผิวเดือนพฤศจิกายน-เดือน  
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525-2536  
ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)



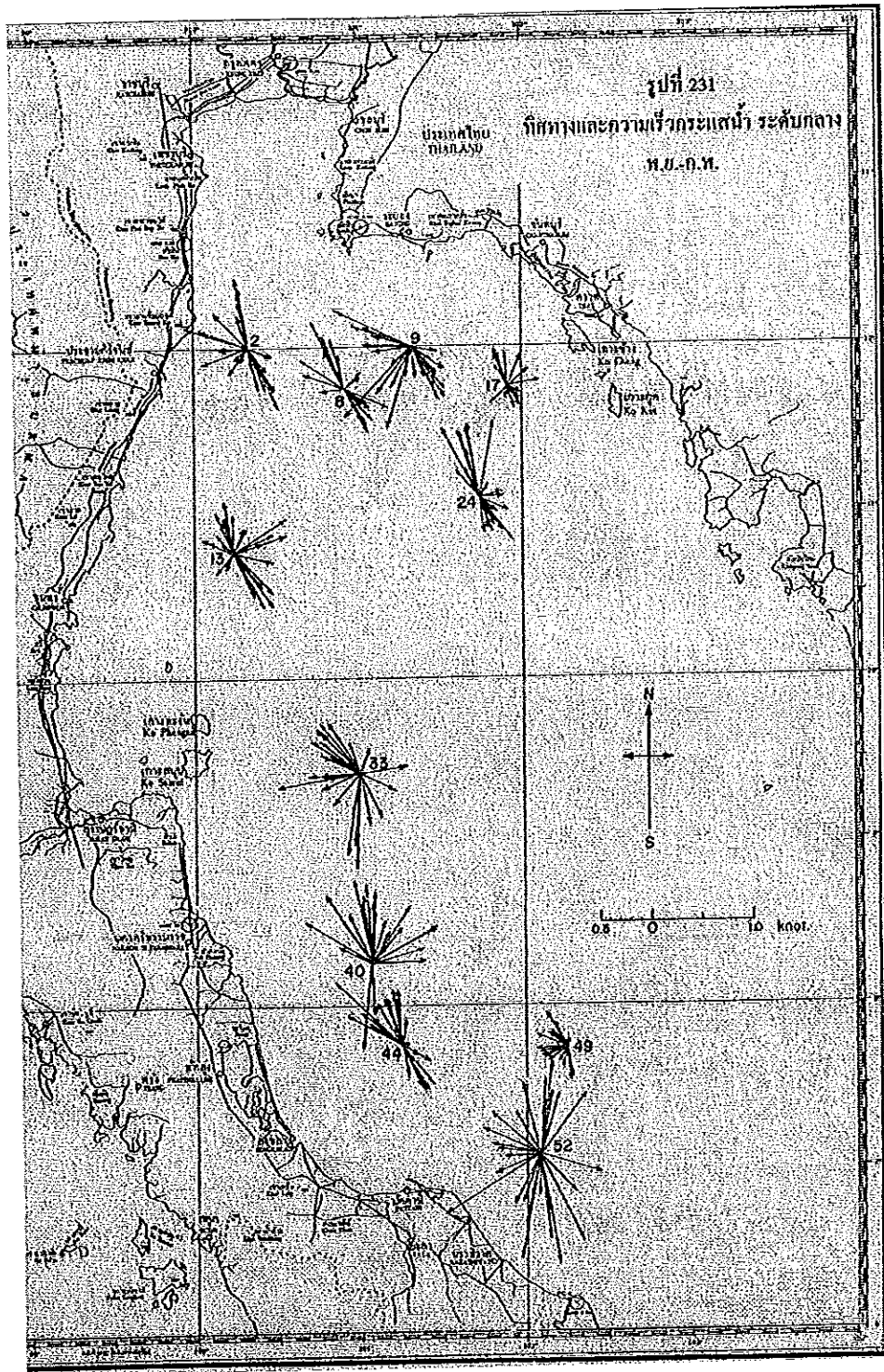
ภาพประกอบ ข-4 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับกลางเดือนมีนาคม-เดือนเมษายน  
พ.ศ. 2525-2536

ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)



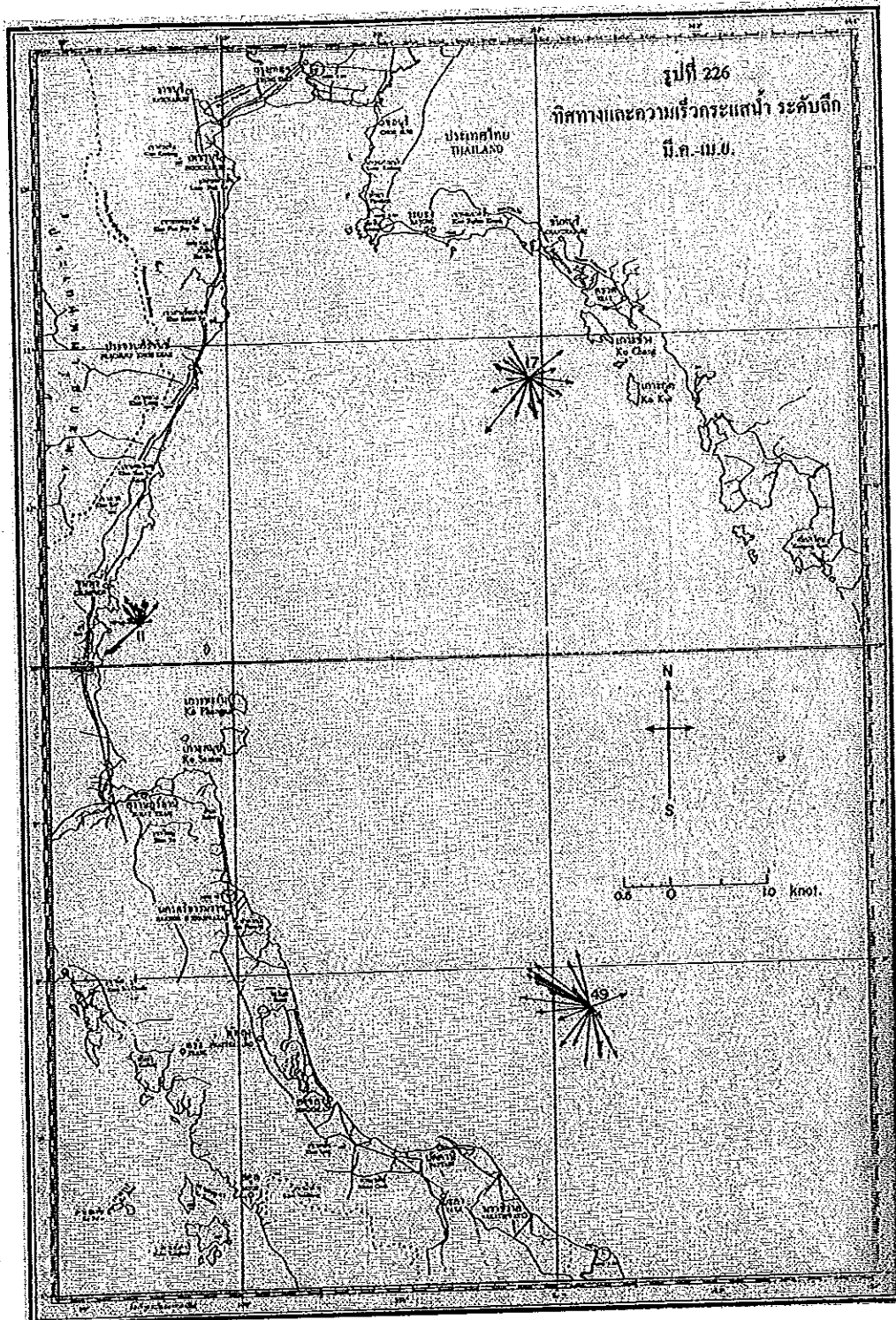
ภาพประกอบ ข-5 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับกลางเดือนพฤษภาคม-เดือน  
กันยายน พ.ศ. 2525-2536

ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)



ภาพประกอบ ข-6 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับกลางเดือนพฤศจิกายน-เดือน  
กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525-2536

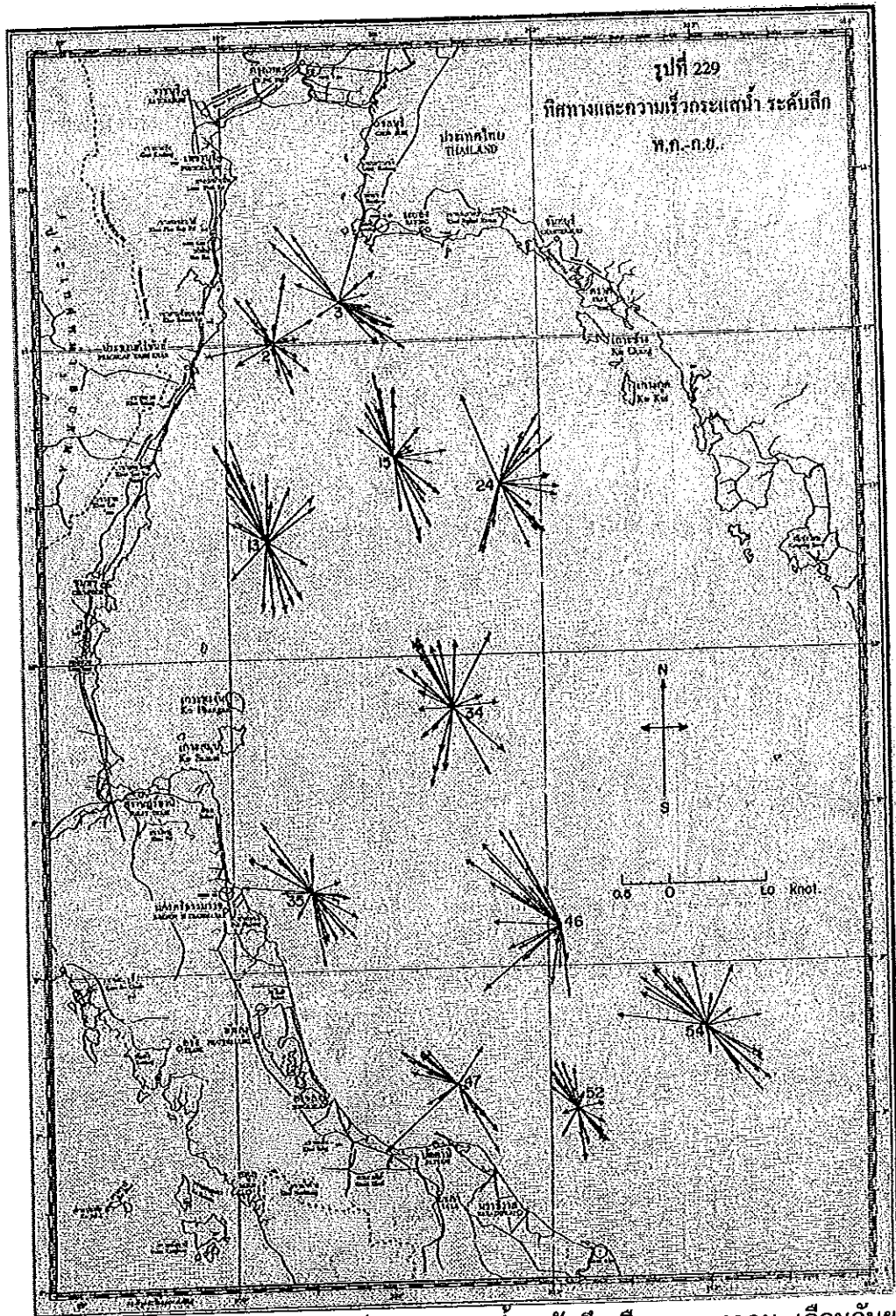
ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)



ภาพประกอบ ข- 7 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับตึกเดือนมีนาคม-เดือนเมษายน

พ.ศ. 2525-2536

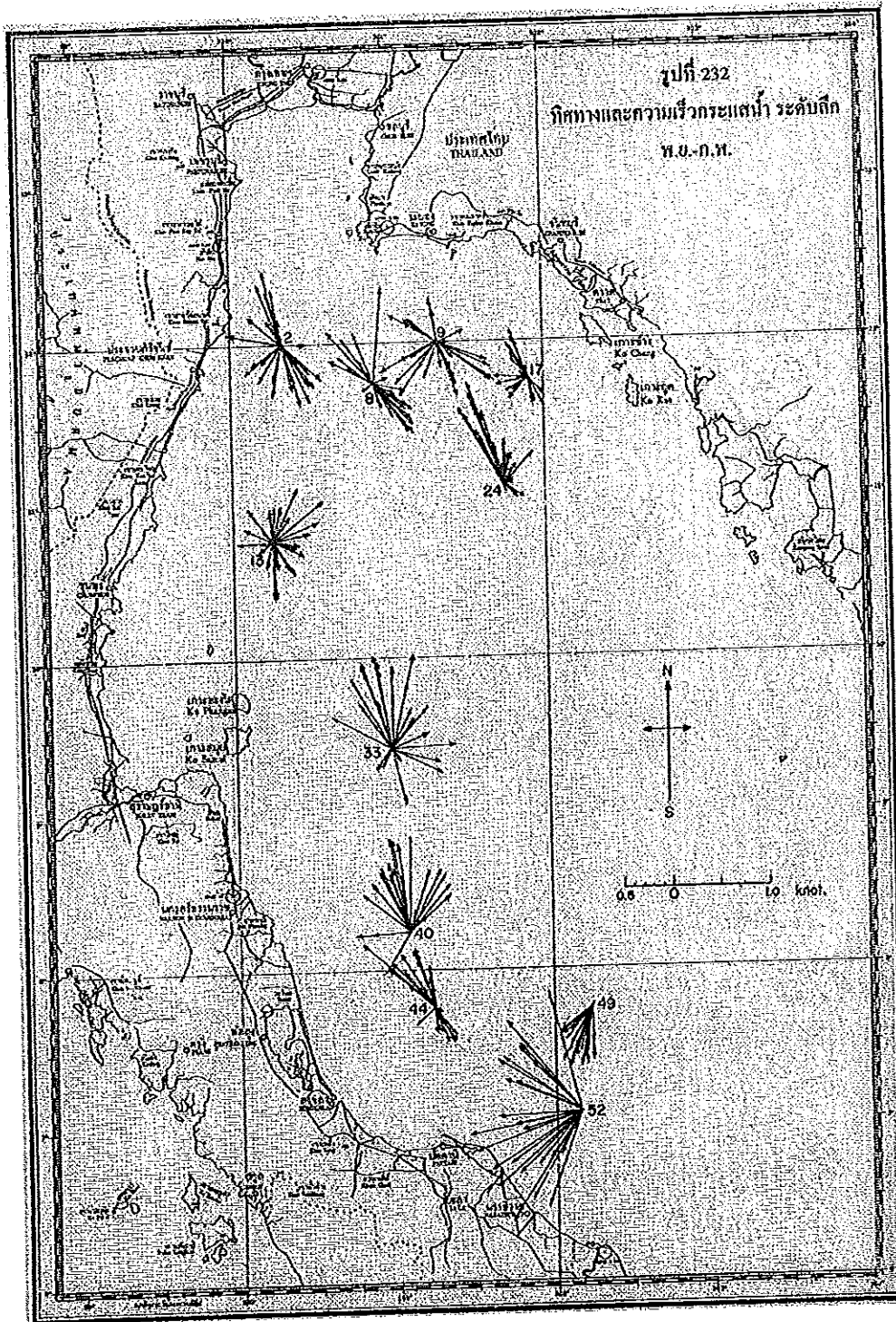
ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)



ภาพประกอบ ข-8 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับลึกเดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน

พ.ศ. 2525-2536

ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)



ภาพประกอบ ข-9 ทิศทางและความเร็วของกระแสลมระดับลึกเดือนพฤศจิกายน-เดือน  
 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2525-2536  
 ที่มา : กองสมุทรศาสตร์ กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2538)

ภาคผนวก ค สภาพพื้นที่ที่มีการกัดเซาะรุนแรง

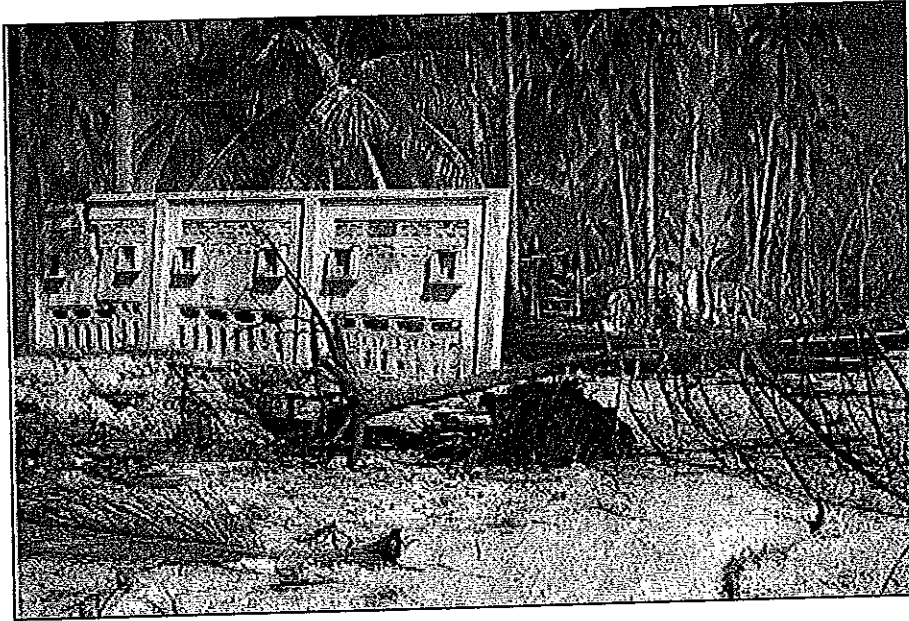


ภาพประกอบ ค-1 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านเกาะฝ้าย (1) และบ้านเกาะฝ้าย (2)

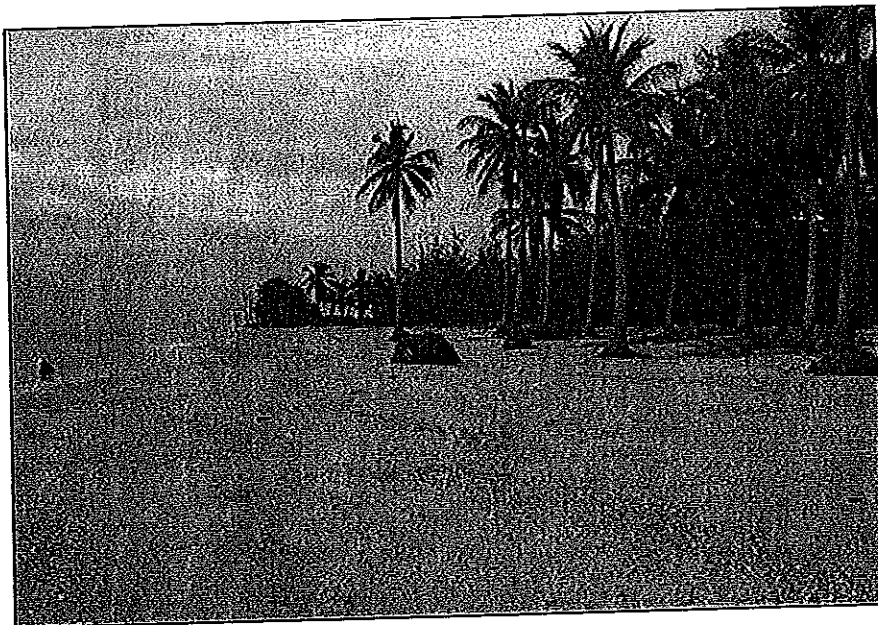


ภาพประกอบ ค-2 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านวิวัฒนาการชายทะเล

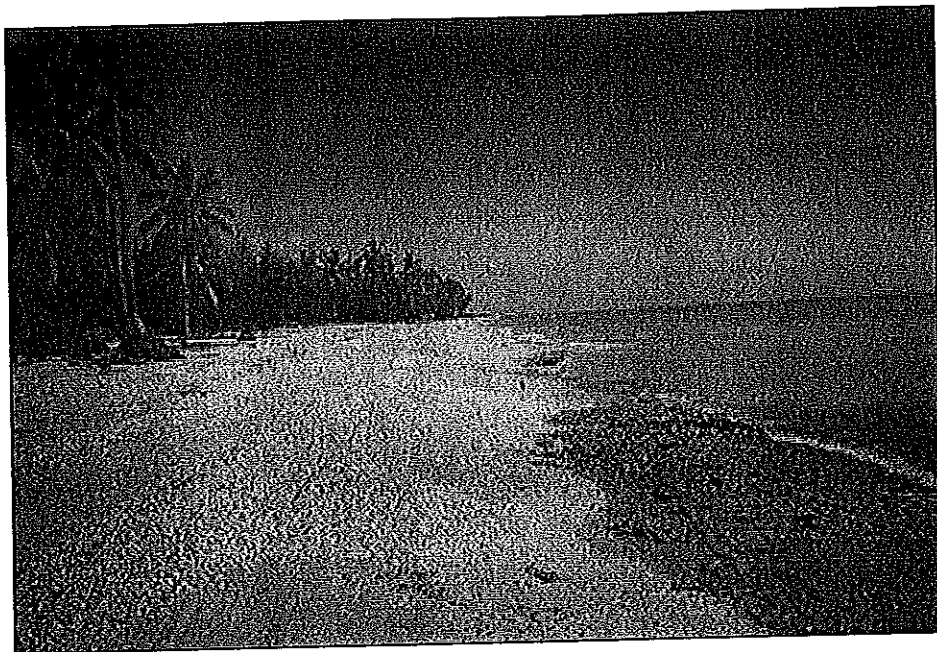




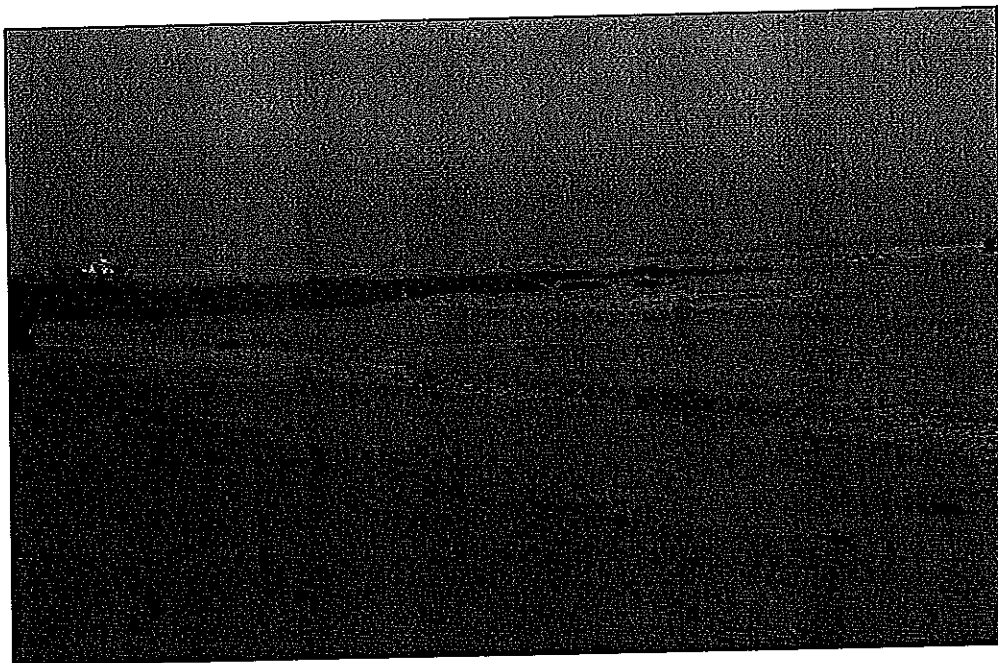
ภาพประกอบ ค-3 สภาพการกีดเซาะบริเวณบ้านแหลมตะลุมพุก



ภาพประกอบ ค-4 สภาพการกีดเซาะบริเวณบ้านปลายทรายกลาง



ภาพประกอบ ค-5 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านปลายสุดแหลม



ภาพประกอบ ค-6 สภาพการกัดเซาะบริเวณบ้านสระบัว

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายจ่านงค์ สิทธิศักดิ์  
รหัสประจำตัวนักศึกษา 4377001  
วุฒิการศึกษา  
วุฒิ ชื่อสถาบัน ปีที่สำเร็จการศึกษา  
วิทยาศาสตรบัณฑิต (ศึกษาศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 2541  
เกียรติคุณอันดับ 2

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนจากสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ กระทรวงศึกษาธิการ

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ครูปฏิบัติการโรงเรียนชุมชนบ้านสี่แยก หมู่ที่ 4 ตำบลทุ่งสง อำเภอนาบอน จังหวัด  
นครศรีธรรมราช