

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี

Study on Coastal Erosion at Chaolao beach, Chanthaburi



T117584



โดย

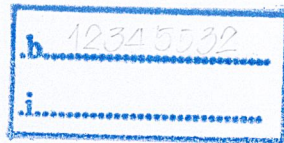
นายภัทรภัทร รอบคอบ

นายวรุฒ กุมภำพันธ์

นายวณิษ คด้ยสกุล

2553

เลขหมู่.....
กขทะเบียน **117584**
วัน,เดือน,ปี..... **- 9 ส.ค. 2554**



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

**THE STUDY ON COASTAL EROSION AT CHAOLAO BEACH ,CHANTABURI
PROVINCE**



MR.NUTTAPAT

ROBKOB

MR.WARUT

KUMPAPAN

MR.WANICH

KLAYSAKUL

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

BACHLOR OF CIVIL ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING

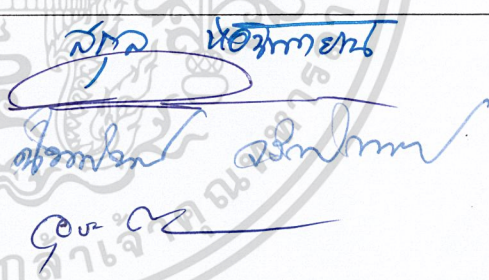
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

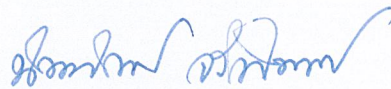
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี		
นักศึกษา	นายนัทภัทร	รอบคอบ	รหัสประจำตัว 50010792
	นายวรุฒ	กুমภำพันธ์	รหัสประจำตัว 50011403
	นายวำณิษ	คล้ายสกุล	รหัสประจำตัว 50011448
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.อุบะ สิริแก้ว		
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ. นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนะเดช		

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สกุล ห่อวโนทยาน	
ผศ.ดร.อุมา สืบบุญเรือง	
ผศ. นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนะเดช	
อ.อุบะ สิริแก้ว	
อ. ปรีชานันท์ สิริแก้ว	

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว



(ผศ. นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนะเดช)

ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 17 เดือน ๕๒, พ.ศ. ๒๕๕๔

หัวข้อโครงการพิเศษ	การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี	
นักศึกษา	นายนันทภัทร	รอบคอบ
	นายวรุฒ	กুমภาพันธ์
	นายวาณิช	คล้ายสกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.อุษะ ศิริแก้ว	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผศ.นันทวัฒน์ จรรย์โรจน์ธนะเดช	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์	
ปีการศึกษา	2553	

บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน สภาพพื้นที่ชายฝั่งของประเทศไทยมีปัญหาการกัดเซาะอย่างต่อเนื่อง และมีความรุนแรงของแต่ละพื้นที่ต่างกันไป การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในประเทศไทย มักประสบปัญหาอุปสรรคในการวิเคราะห์สภาพชายฝั่ง เนื่องจากข้อมูลทางด้านชายฝั่งทะเลและสมุทรศาสตร์ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ไม่มีการบันทึกไว้เลยในส่วนใหญ่ เช่น การบันทึกแผนที่แสดงสภาพชายฝั่งทะเลและท้องทะเล ในช่วงเวลาต่าง ๆ กัน ข้อมูลทางอุทกศาสตร์และเหตุการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ในบริเวณอ่าวไทย

กรณีศึกษาปริญญาโทฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลในบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี ความยาวหาดประมาณ 11 กิโลเมตร ซึ่งเป็นพื้นที่ประสบปัญหาการกัดเซาะอย่างต่อเนื่อง ในการวิเคราะห์ได้อาศัยข้อมูล ได้แก่ ภาพถ่ายทางอากาศ ในปี พ.ศ. 2518 2533 2545 ข้อมูล Dem file ปี พ.ศ. 2543 และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2551 จากกรมแผนที่ทหาร ข้อมูลจากทุ่นสมุทรศาสตร์ ปี พ.ศ. 2536-2543 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ และข้อมูลพายุที่เข้าสู่ภาคตะวันออก ในช่วงปี พ.ศ. 2488-2550 จากกรมอุทกศาสตร์

จากการศึกษาภาพถ่ายทางอากาศ แบ่งพื้นที่ได้ 2 ส่วน คือ บริเวณที่เกิดการกัดเซาะและยื่นของของแผ่นดิน ซึ่งอัตราการถดถอยของแผ่นดินในช่วงปี 2518 – 2551 มีอัตราการกัดเซาะเฉลี่ย 0.99 เมตร

ต่อปี คิดเป็นพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะได้ 1177.00 ตารางเมตรต่อปี และมีอัตราการขึ้นของแผ่นดินเฉลี่ย 0.92 เมตรต่อปี คิดเป็นพื้นที่ที่มีการขึ้นขึ้นของแผ่นดินเฉลี่ย 1355.07 ตารางเมตรต่อปี จะเห็นว่า ถึงแม้ว่าอัตราการขึ้นของแผ่นดินเฉลี่ยมีค่าน้อยกว่าอัตราการถดถอยของแผ่นดินแต่พบว่าพื้นที่การขึ้นของแผ่นดินกลับมีค่ามากกว่าเนื่องจากความยาวของช่วงที่ขึ้นของแผ่นดินมีค่ามากกว่านั่นเอง



Title : THE STUDY ON COASTAL EROSION AT CHAOLAO BEACH
,CHANTABURI PROVINCE

Name : MR.NUTTAPAT ROBKOBOB
MR.WARUT KUMPAPAN
MR.WANICH KLAYSAKUL

Field : CIVIL ENGINEERING

Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : MISS.UBA SIRIKAEW

Advisor : ASS.PROF. NUNTAWAT CHARUSROJTHANADECH

ABSTRACT

Presently, State coastal areas of Thailand, erosion continues. And the severity of each area varies. The study on the coastline change in Thailand often face with difficulties in quantitative analysis of the amount of change . This is due to fact that most of the necessary coastal and oceanographical data have never been recorded . The necessary data are periodical bathymetry map , Hydrographic data and special events occurring in the Gulf of Thailand .

This thesis aims at the study of coastal erosion at Chao lao beach , Chanthaburi. Chao lao beach which is about 11 km. long. According to available information , this shoreline has changed and continuingly . The quantitative analysis performed here in employed some indirectly – related data These data included some aerial photographs during 1975 1990 2002 ,Dem file in 2000 , Satellite photographs in 2008

It is found under this study that the shoreline change in the study area can be classified into two part , the recession and deposition parts of shoreline. The rate of regression of the earth in the year 1978 to 2008. The average erosion rate of 0.99 meters per year to scour the area to be 1177.00 square meters per year. And the rate deposition parts of shoreline average is 0.92 meters per year to scour the area to be 1355.07 square meters per year. Will see that although the average rate of submission of the land is less

than the rate of regression of the earth, but found that the submission of the land area to be greater than the length of the period since the submission of the earth is greater than itself.



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ อุเบ ศิริแก้ว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นันทวัฒน์ จรัสโรจน์
ธนเดช และคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ ที่ได้กรุณาสละเวลาสั่งสอนอบรม และให้
ความช่วยเหลือทางด้านแนวความคิดและวิชาการ อันเป็นส่วนสำคัญให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จ
ลุล่วงไปด้วยดี

อนึ่ง ขอขอบคุณ

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ

ผู้อำนวยการกองภาพถ่ายทางอากาศ กรมแผนที่ทหาร

และเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานดังกล่าว ที่ได้ให้ความร่วมมือ ในด้านการรวบรวมข้อมูลสำหรับปริญญา
นิพนธ์ฉบับนี้

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายสุชัย แซ่สี และนายมงคลเฉลิม คุณสมบัติ ที่ช่วยเหลือ
กำลังภายในการออกสำรวจด้วย

ท้ายนี้ คณะผู้วิจัยใคร่ขอบพระคุณ บิคา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจเสมอ
มาจนสำเร็จการศึกษาถึงขั้นนี้

นายนี้ทธภัทร รอบคอบ

นายวรุฒ กุมภาพันธุ์

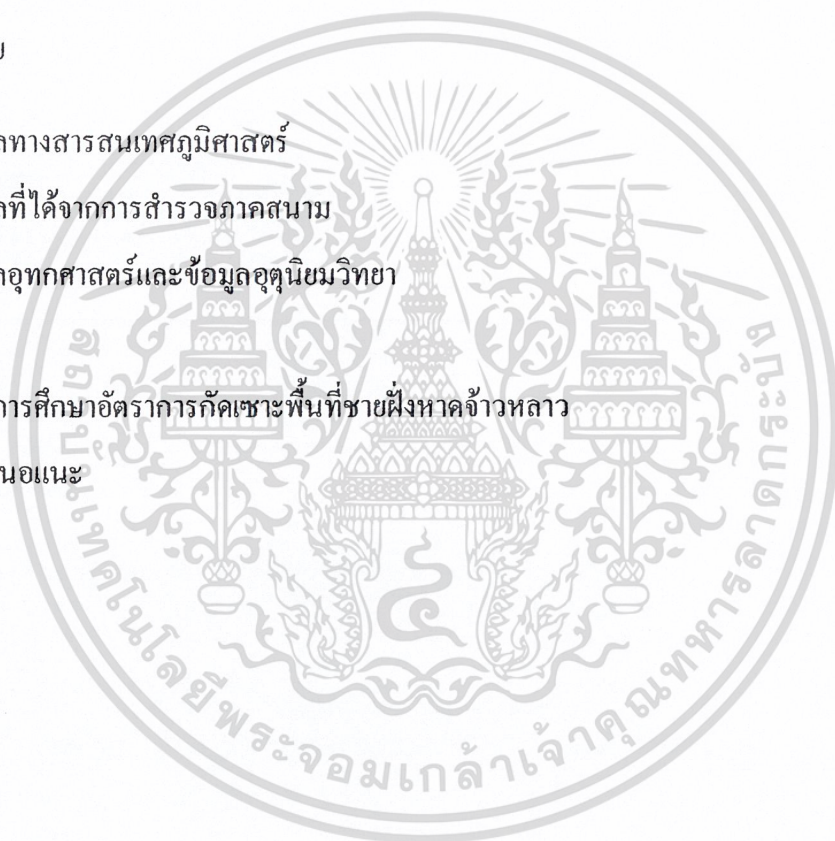
นายวณิช คล้ายสกุล

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 วรรณกรรมปริทัศน์	3
2.1 สภาพพื้นที่ศึกษา	3
2.2 การกักเซาะ	4
2.3 เสถียรภาพชายฝั่งทะเล	4
2.4 สาเหตุของการพังทลายหน้าดิน	11
2.5 ปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลต่อการกักเซาะชายฝั่ง	12
2.6 รีโมตเซนซิง (Remote Sensing)	12
2.7 การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง	33

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	35
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	38
3.1 พื้นที่ศึกษา	38
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา	38
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	39
บทที่ 4 ผลการวิจัย	41
4.1 ข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์	41
4.2 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม	44
4.3 ข้อมูลอุทกศาสตร์และข้อมูลอุทุนิยมวิทยา	55
บทที่ 5 สรุปผล	67
5.1 สรุปการศึกษาอัตราการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งหาดจำหวาด	67
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
เอกสารอ้างอิง	71
ภาคผนวก ก	72
ภาคผนวก ข	80
ภาคผนวก ค	91



สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
2.1	ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชายฝั่งทะเล ที่มา	7
2.2	ลักษณะคลื่นรูป Sine	9
2.3	ระดับน้ำขึ้นลง ณ สถานีตรวจระดับน้ำสงขลา เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553	11
2.4	องค์ประกอบเรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศในแนวตั้ง	15
2.5	เรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศคิงเหนือพื้นราบ	17
2.6	เรขาคณิตของรูปถ่ายคิงเหนือภูมิประเทศที่ไม่เป็นพื้นราบ	17
2.7	รูปเรขาคณิตแสดงความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความต่างระดับ	19
2.8	ระยะเหลือมของภาพคู่สเตอริโอ	20
2.9	แนวการบิน	21
2.10	ประเภทของการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทั่วไป	23
2.11	กระบวนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม	23
2.12	พารามิเตอร์ทางเรขาคณิตที่ใช้	27
2.13	วิธีการตรวจสอบและแก้ไขผลกระทบจากบรรยากาศ	29
4.1	แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) บริเวณที่มีเขื่อนกั้นคลื่น	45
4.2	แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) บริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่น	46
4.3	แสดงลักษณะพื้นฐานของเขื่อนกั้นคลื่น บริเวณหาดเจ้าหลาว	49

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.4	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	49
4.5	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	50
4.6	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	50
4.7	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	51
4.8	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	51
4.9	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	52
4.10	รูปภาพแสดงการสัมภาษณ์สภาพปัญหาเกี่ยวกับบุคคลในพื้นที่	52
4.11	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	53
4.12	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	53
4.13	รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน	54
4.14	รูปภาพแสดงลักษณะตะกอนบริเวณหาดเจ้าหลาว	54
4.15	รูปภาพแสดงลักษณะเม็ดทรายบริเวณหาดเจ้าหลาว	55
	เปรียบเทียบกับขนาดเหรียญ	
4.16	ข้อมูล Wave height ตั้งแต่ปี 2536 – 2539	59
4.17	ข้อมูล Wave height ตั้งแต่ปี 2540 – 2543	59
4.18	เปรียบเทียบความสูงของเขื่อนกับความสูงคลื่น ปี 2536 - 2539	60
4.19	เปรียบเทียบความสูงของเขื่อนกับความสูงคลื่น ปี 2540 - 2543	60

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.20	ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ที่สถานีของทุ่นแหลมสิงค์ ในวันที่ 20 มกราคม 2554	61
4.21	ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ที่สถานีของทุ่นแหลมสิงค์ ในวันที่ 21 มกราคม 2554	61
4.22	รูปแสดงตำแหน่งที่มีการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงของบริเวณที่มีเขื่อน	63
4.23	รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี A	63
4.24	รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี B	64
4.25	รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี C	64
4.26	รูปแสดงตำแหน่งที่การปรับแก้ความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงของบริเวณ ไม่มีเขื่อน	65
4.27	รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี D	65
4.28	รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี E	66
4.29	รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี F	66

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
2.1	จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินที่น้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในลำดับต่างๆ ของการแปลง ข้อมูลภาพดาวเทียม	32
4.1	เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในช่วงปี พ.ศ. 2518 , 2533 , 2543 , 2545 และปี 2551	44
4.2	แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) บริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่น	44
4.3	แสดงการเปรียบเทียบความยาวหาดและความชันหาดระหว่าง ที่มีเขื่อนและไม่มีเขื่อน	47
4.4	แสดงลักษณะสัณฐานของบริเวณที่มีเขื่อนและ ไม่มีเขื่อนของหาดเจ้าหลาว	48
4.5	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2536	55
4.6	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2537	56
4.7	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2538	56
4.8	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2539	56
4.9	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2540	57
4.10	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2541	57
4.11	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2542	57
4.12	ข้อมูลท่อนสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2543	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
4.13	ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยในรอบ 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 - 2543 ที่สถานี อ.เมือง จ.จันทบุรี	58
4.14	การปรับแก้ความยาวหาข้อมูลจากค่าน้ำขึ้น-น้ำลง	62



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ประเทศไทยมีความยาวชายฝั่งทั้งสิ้น 2,614 กิโลเมตร แบ่งออกเป็นชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย 1,660 กิโลเมตร ชายฝั่งด้านทะเลอันดามัน 954 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 23 จังหวัด ในปัจจุบันชายฝั่งทะเลของประเทศไทยได้ประสบปัญหาการถูกกัดเซาะในอัตราความรุนแรงที่เพิ่มขึ้นก่อให้เกิดความสูญเสียทรัพย์สินของประชาชนและทรัพย์สินของทางราชการ ทำให้เสียทัศนียภาพก่อให้เกิดผลกระทบต่อการท่องเที่ยว เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจต่อประชาชน ซึ่งสาเหตุของการกัดเซาะเกิดจาก

1.1.1 สาเหตุจากธรรมชาติ คือ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การพังทลายของหน้าผาลดลง ทำให้ปริมาณตะกอนทดแทนมีปริมาณน้อย ปริมาณตะกอนจากทะเลที่พัดพาเข้าสู่ชายฝั่งลดลง คลื่นและลมมีความรุนแรงผิดปกติ ทิศทางของคลื่นมีการเปลี่ยนแปลง กระแสน้ำมีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และปริมาณฝนตกที่มากกว่าปกติ

1.1.2 สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์ที่ทำให้เกิดการพังทลายของชายฝั่ง ซึ่งเกิดจากการสร้าง Hard engineering Solution , Soft engineering Solution และการสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นแม่น้ำ

การสร้างวิศวกรรมโครงสร้างแข็ง (Hard engineering Solution) ในบริเวณหนึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่ออีกบริเวณหนึ่ง ทำให้ตะกอนที่เคยพัดมาสะสมบริเวณชายฝั่งถูกตัดและตกตะกอนอยู่บริเวณอื่น ทำให้เกิดความลาดชันของชายฝั่งบริเวณที่การสร้าง Hard engineering Solution สูงขึ้น ซึ่งเป็นการเร่งการกัดเซาะชายฝั่ง

การสร้างวิศวกรรมโครงสร้างยืดหยุ่น (Soft engineering Solution) เช่น การถมสร้างชายหาดเทียม (Beach nourishment) ต้องมีการขุดทรายทะเลจากสถานที่หนึ่งมาถมในบริเวณชายหาด และในบริเวณที่มีการขุดทรายขึ้นมาต้องเกิดหลุมลึก ซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดการไหลของตะกอนมาเติมเต็มในหลุม และมีผลต่อเนื่องถึงการพังทลายของชายฝั่งบริเวณใกล้เคียง

การสร้างเขื่อนหรือฝายกั้นแม่น้ำ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดการพังทลายของชายฝั่งทะเล เนื่องจากตะกอนที่จะทับถมบริเวณชายฝั่งมีปริมาณลดน้อยลง เพราะตะกอนถูกกักไว้ที่เขื่อนหรือฝาย รวมถึงการขุดทรายในแม่น้ำเพื่อใช้ในการก่อสร้างและเพื่อการถมที่ ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาการกัดเซาะชายฝั่ง

จังหวัดจันทบุรีมีชายฝั่งทะเลระยะทางยาวประมาณ 108 กิโลเมตร โดยการกัดเซาะชายฝั่งเกิดจากการกระทำของธรรมชาติหรือการกระทำของมนุษย์ ซึ่งในบริเวณที่มีการกัดเซาะชายฝั่งนั้นจะส่งผล

ต่อสภาพชายฝั่ง นำไปสู่ผลกระทบต่อการท่องเที่ยวและการดำเนินชีวิตของประชากรบริเวณนั้น ทำให้ต้องมีการหาวิธีการป้องกันหรือออกแบบวิธีการใช้ประโยชน์ของชายฝั่งและพัฒนาสภาพชายฝั่ง

ในปัจจุบันระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะทางไกล ก็ได้ถูกประยุกต์ใช้ใน ด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจระยะทางไกลเป็นเทคนิคประเมินการกัดเซาะชายฝั่ง และช่วยในการออกแบบวิธีการป้องกันการกัดเซาะหรือวิธีการใช้ประโยชน์ชายฝั่งและพัฒนาชายฝั่งได้ดียิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยการกัดเซาะชายฝั่งนี้มีการศึกษาเพื่อ

1.2.1. ศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งของคลื่นบริเวณ หาดแหลมเสด็จและหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี

1.2.2. เพื่อเปรียบเทียบแนวชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะไปในอดีตกับสภาพแนวชายฝั่งในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

การศึกษางานวิจัยการกัดเซาะชายฝั่งนี้อยู่ในบริเวณหาดแหลมเสด็จและหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี โดยการทำงานเน้นการศึกษาผลกระทบของคลื่นที่มีต่อชายฝั่งไม่ว่าจะอยู่ในสภาพอากาศปกติหรือช่วงมรสุม อีกทั้งยังเป็นการเก็บและศึกษาข้อมูลตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อเปรียบเทียบการกัดเซาะชายฝั่งในอดีตถึงปัจจุบัน

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์

2.1 สภาพพื้นที่ศึกษา

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

หาดเจ้าหลาวและหาดแหลมเสด็จ อยู่ในพื้นที่ของเขตตำบลคลองขุด อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี หาดแหลมเสด็จเป็นหาดทรายขาวสะอาดยาวสุดสายตา เป็นหาดทรายต่อเนื่องกับหาดคู้งวิมาน ณ จุดชมวิวก่อนถึงแหลมเสด็จ จุดชมวิวนี้อยู่บนไหล่เขาจะมองเห็นพื้นที่ที่เรียกว่า แหลมเสด็จ ขึ้นออกไปในทะเล แบ่งทะเลออกเป็นสองด้าน ด้านซ้ายเป็นชายหาดแหลมเสด็จ ด้านขวาเป็นคู้งวิมานเว้งกว้างใหญ่ เรียกว่า อ่าวคู้งกระเบน สูดปลายแหลมเสด็จ จะมีภูเขาขนาดกลางปิดสกัดปลายแหลมไว้

หาดแหลมเสด็จเป็นหาดทรายขาวสะอาดยาวสุดสายตา เป็นหาดทรายต่อเนื่องกับหาดเจ้าหลาว ความยาวของทั้งสองหาดรวมประมาณ 10 กิโลเมตรเศษ หาดทรายทางด้านแหลมเสด็จจะชันเล็กน้อย และค่อย ๆ ลาดออกไปในทะเล เป็นระยะทางนับร้อยเมตร มาทางด้านหาดเจ้าหลาว

2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดจันทบุรี ฝนตกชุกนานประมาณปีละ 6 เดือน ประกอบด้วย 3 ฤดู

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ ถึงกลางเดือนพฤษภาคม

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ถึงกลางเดือนตุลาคม

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายน ถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์

ช่วงระยะเวลาที่ฝนตกติดต่อกันประมาณ 6 เดือน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม นอกจากนี้ฤดูร้อนยังได้รับอิทธิพลจากกระแสลมร้อนจากทะเลจีนใต้พัดผ่านและบางครั้งอาจเกิดการปะทะกับอากาศเย็นจากประเทศจีนที่เคลื่อนตัวลงมาครั้งคราว ทำให้เกิดพายุฝนฟ้าคะนอง

2.1.3 ลักษณะลำน้ำ ประกอบด้วยแม่น้ำสำคัญ 4 สาย

แม่น้ำจันทบุรี มีต้นกำเนิดจากเขาสอยดาวใต้ ในเขตอำเภอโป่งน้ำร้อน และเขาสามง่าม เขาชะอม ในเขตอำเภอมะขาม ไหลผ่านอำเภอเมืองจันทบุรี ออกสู่อ่าวไทยในเขตอำเภอแหลมสิงห์

แม่น้ำพังราด ประกอบด้วยลำน้ำสายสั้นในเขตอำเภอแกลง จังหวัดระยอง และอำเภอนายายอาม จังหวัดจันทบุรี ไหลมาบรรจบกันแล้วไหลออกสู่อ่าวปากน้ำพังราด เป็นแนวเขตระหว่างจังหวัดระยองและจังหวัดจันทบุรี

แม่น้ำเวฬุ มีต้นกำเนิดจากเขาชะอม เขามะกอก และเขาสระบาป ไหลผ่านอำเภอขลุงและออกสู่อ่าวทะเลทางเกาะจิกอำเภอขลุง

คลองวังโตนด ประกอบด้วย 2 สาขา คือ สาขาค้านซ้าย มีต้นกำเนิดจากเขาตีเสียดกัน ซึ่งไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ และสาขาค้านขวาซึ่งมีต้นกำเนิดบริเวณเขาชะมูน เขาชะอม และเขาลำปลายโดยมาบรรจบสาขาซ้ายแล้วไหลออกสู่ทะเลที่ปากน้ำแฉมหนู อำเภอท่าใหม่

2.2 การกัดเซาะ

การกัดเซาะ คือ การเคลื่อนที่ออกของดิน โคลน ก้อนหินและอนุภาคอื่น โดยการกระทำของกระแสน้ำ ลม หรือ น้ำแข็ง โดยการเคลื่อนที่ที่ตามแรงโน้มถ่วงโลกหรือสิ่งมีชีวิต

การกัดเซาะเป็นกระบวนการธรรมชาติ แต่มีหลายๆบริเวณที่การกัดเซาะเกิดขึ้นเพิ่มขึ้น โดยการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยมนุษย์ การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างไม่ดูแลรวมถึงการตัดไม้ทำลายป่า การก่อสร้างอย่างที่ไม่มีการจัดการและการสร้างถนนหรือการสร้างทางเดิน อย่างไรก็ตามการปรับปรุงการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถจำกัดการกัดเซาะได้

การกัดเซาะชายฝั่งเกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งที่ไม่มีที่กำบัง แรกเริ่มเกิดขึ้นจากการกระทำของกระแสน้ำและคลื่น แต่น้ำขึ้นน้ำลงสามารถเปลี่ยนแปลงชายฝั่งได้เช่นกัน

ตะกอนจะเคลื่อนที่ตลอดแนวชายฝั่งโดยการควบคุมของกระแสน้ำ เมื่อน้ำขึ้นปริมาณตะกอนจะเพิ่มขึ้น ทราบหรือก้อนกรวดจะมากขึ้น ซึ่งเป็นการสะสมตะกอนอาจจะมีการย้ายตะกอนอย่างช้าๆ ตลอดแนวชายฝั่งโดยการควบคุมของกระแสน้ำ เป็นการป้องกันชายฝั่งได้ส่วนหนึ่ง ที่บริเวณโค้งของชายฝั่งเกิดการกัดกร่อนของวัตถุในบริเวณนั้นก่อให้เกิดคลื่นแคบ สันดอนทรายใต้น้ำที่อยู่ห่างออกไปจากชายฝั่งจะป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งได้ สันดอนทรายจะเคลื่อนที่ที่ละน้อย การกัดเซาะอาจจะเปลี่ยนทิศทางใหม่ไปกัดเซาะในพื้นที่บริเวณอื่น

2.3 เสถียรภาพชายฝั่งทะเล

การเปลี่ยนแปลงสภาพทางธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน นับเป็นปัญหาสำคัญที่ทั่วโลกกำลังให้ความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีผลกระทบในวงกว้างต่อลักษณะทางกายภาพและชีวภาพ โดยเฉพาะปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด

ในอดีตการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล จะเกิดขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปตามกระบวนการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติ และจะปรับสภาพชายฝั่งให้เข้าอยู่ในภาวะสมดุลอยู่ตลอดเวลา หรือที่เรียกว่า สมดุลแบบพลวัต (Dynamic equilibrium) เป็นความสมดุลบนความเคลื่อนไหว คือเมื่อเกิดกระบวนการใดๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงไปตามธรรมชาติเล็กน้อย เช่น การเคลื่อนตัวของตะกอนทรายจากกระแสน้ำชายฝั่ง ไปจนถึงการเปลี่ยนแปลงธรรมชาติในระดับสากล เช่น การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในมหาสมุทรทั้งที่เพิ่มขึ้นและลดลง แนวชายฝั่งทะเลจะมีการปรับสภาพให้เข้าสู่สมดุลใหม่อยู่ตลอดเวลา ซึ่งเราจะเห็นได้จากแนวชายฝั่งทะเลในปัจจุบัน

แต่จากการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลเพื่อกิจกรรมการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา นับเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งอย่างรวดเร็วและเด่นชัด เนื่องจากมนุษย์มีความต้องการที่จะปรับสภาพแวดล้อมธรรมชาติให้เป็นไปตามความต้องการ ทั้งๆที่ยังไม่มีความเข้าใจในกระบวนการเปลี่ยนแปลงและสมดุลของชายฝั่งทะเล จึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งอย่างไม่พึงประสงค์ตามมา

2.3.1 ลักษณะทางอุทกศาสตร์ชายฝั่ง

ลักษณะทางอุทกศาสตร์ชายฝั่งหรือกระบวนการชายฝั่ง (Coastal processes) หมายถึง กระบวนการของลม คลื่น กระแสน้ำ น้ำขึ้นน้ำลง ที่เกิดขึ้นในทะเลและบริเวณชายฝั่ง ซึ่งมีผลต่อการเกิดและเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมชายฝั่งทะเล โดยมีอิทธิพลจาก

2.3.1.1 ลมมรสุม (Monsoonal wind)

สภาพภูมิศาสตร์ของอ่าวไทย ตั้งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ลักษณะภูมิศาสตร์เช่นนี้ทำให้เกิดความกดอากาศ (Atmospheric pressures) ทั้งสูงและต่ำ ซึ่งมีผลต่อการเกิดลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ของลมตรงข้ามกันอย่างสิ้นเชิง

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จะเกิดขึ้นระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ มีผลให้ลมในฤดูนี้เคลื่อนที่จากตะวันออกเฉียงเหนือมาสู่ตะวันตกเฉียงใต้ มีอิทธิพลต่อการกำเนิดคลื่นในบริเวณอ่าวไทยด้านตะวันตก จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณภาคใต้เป็นหลัก

ส่วนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะพัดผ่านอ่าวไทยระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน มีอิทธิพลต่อการกำเนิดคลื่นในบริเวณอ่าวไทย และส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกเป็นส่วนใหญ่

2.3.1.2 พายุหมุนเขตร้อน (Tropical cyclones)

บริเวณอ่าวไทย เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากพายุหมุนเขตร้อนประเภทพายุดีเปรสชัน (Tropical depression) ที่มีขนาดความเร็วลมใกล้ศูนย์กลางน้อยกว่า 63 ก.ม./ชม. (34 นอต) ซึ่งเป็นพายุที่มีความรุนแรงน้อยที่สุด โดยส่งผลทำให้เกิดฝนตกหนัก คลื่นลมในทะเลรุนแรงและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งตามธรรมชาติในบริเวณพื้นที่ที่พายุพัดผ่าน

2.3.1.3 คลื่น (Waves)

ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ คลื่นลมในอ่าวไทยค่อนข้างจะสงบ ขณะที่ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทะเลจะมีคลื่นจัดโดยมีความสูงคลื่นมากกว่า 2 เมตร ลักษณะของคลื่นที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง นอกจากความสูงของคลื่นแล้ว ยังต้องพิจารณาถึงคาบของคลื่น (Wave period)

ด้วย เพราะคลื่นที่มีคาบยาวจะส่งผลให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกอนชายฝั่งและ ไถลขึ้นบนชายฝั่งได้มากกว่าคลื่นที่มีคาบสั้น

นอกจากนี้ทิศทางของคลื่น นับเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงทิศทางของคลื่นที่เข้ากระทบชายฝั่งที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพธรรมชาติตามปกติ

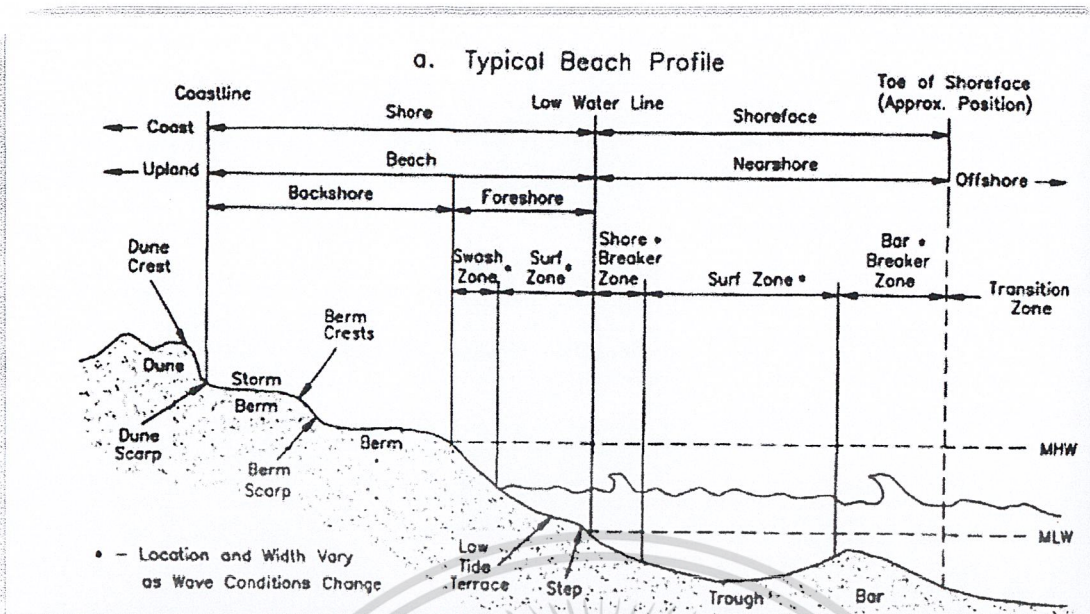
2.3.1.4 น้ำขึ้นน้ำลง (Tides)

อ่าวไทย มีการขึ้นลงของน้ำทะเลในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน เฉพาะในเขตอ่าวไทยตอนกลางและตอนล่าง พบลักษณะการขึ้นลงของน้ำทะเลทั้ง 2 แบบ ได้แก่ น้ำเตี้ย (Diurnal) คือ น้ำขึ้น 1 ครั้งและน้ำลง 1 ครั้งต่อวัน และน้ำผสม (Mixed) ที่มีลักษณะการขึ้นลงของน้ำไม่เป็นระบบแน่นอน มีทั้งน้ำขึ้น 2 ครั้ง และน้ำลง 2 ครั้งต่อวัน และน้ำขึ้น 1 ครั้ง และน้ำลง 1 ครั้งต่อวัน ซึ่งทั้งสองแบบจะมีความสูงและเวลาน้ำขึ้นที่แตกต่างกันมาก

2.3.2 ลักษณะทางธรณีสัณฐานชายฝั่ง

ธรณีสัณฐานชายฝั่ง (Coastal geomorphology) เป็นลักษณะรูปร่างของพื้นที่ชายฝั่ง ตั้งแต่เริ่มต้นเกิดขึ้นแล้วมีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงไปตามกระบวนการทางธรณีวิทยาจนมีรูปลักษณะอย่างที่พบในปัจจุบัน

ธรณีสัณฐานชายฝั่งด้านอ่าวไทย ที่พบเห็นอยู่ในปัจจุบัน มีลักษณะชายฝั่งยาวขนานไปกับแนวภูเขาและพื้นที่สูง ซึ่งเป็นแผ่นดินตอนกลางของภาคใต้ โดยมีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องตามกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาและสภาพแวดล้อมโลก สำหรับธรณีสัณฐานชายฝั่งด้านอ่าวไทยจำแนกออกได้หลายชนิด หรือหลายรูปแบบ ซึ่งแต่ละรูปแบบก็มีการกำเนิด และมีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของชายฝั่งทะเล ที่มา: เฟร็ดจ สัจจันทร์, 2548

ความสนใจส่วนใหญ่ของวิศวกรรมชายฝั่ง จะมุ่งไปที่ 2 บริเวณ นั่นคือบริเวณก่อนคลื่นแตกตัว (ก่อน Breaker zone) และบริเวณหลังจากที่คลื่นแตกตัวแล้ว (หลัง Breaker zone) สิ่งที่วิศวกรชายฝั่งสนใจในพื้นที่ที่คลื่นไม่แตกตัวคือทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น ความสูงคลื่นและความยาวคลื่นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่การออกแบบสิ่งก่อสร้างในบริเวณที่คลื่นไม่แตกตัว ส่วนขอบเขตที่วิศวกรชายฝั่งสนใจในพื้นที่หลังจากคลื่นแตกตัว คือการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง และการออกแบบสิ่งก่อสร้างตามแนวชายฝั่งเป็นต้น

ในหัวข้อนี้เราจะทำความเข้าใจกับความหมายต่างๆของพื้นที่“ชายฝั่ง” ดังนี้

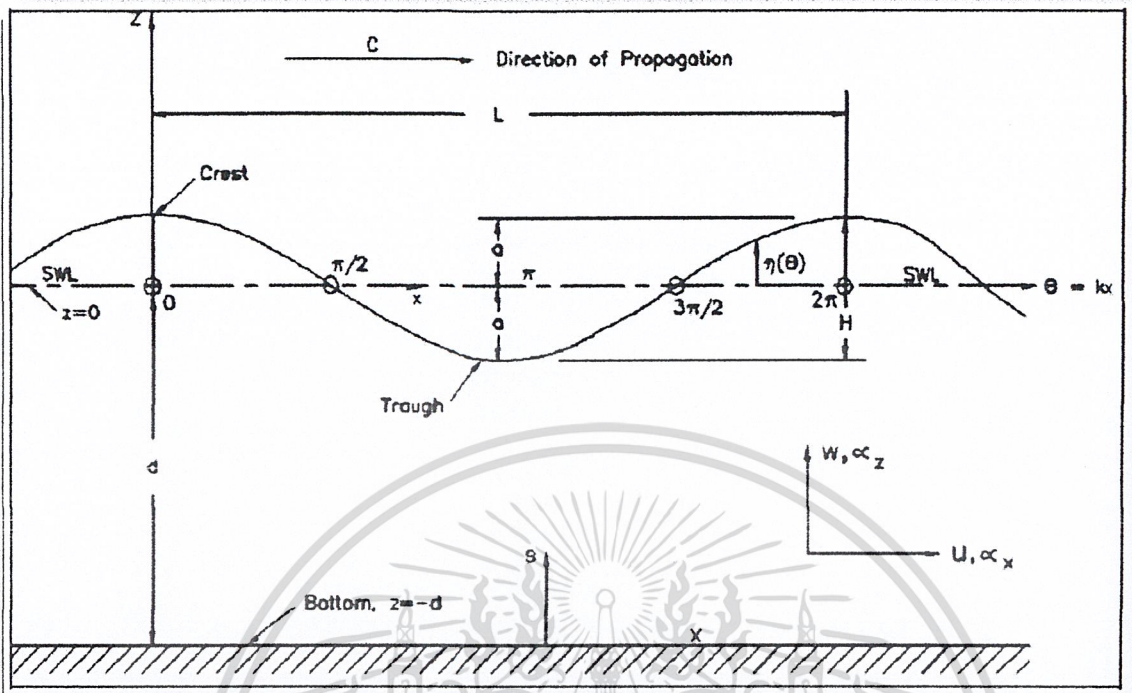
- Offshore zone** หมายถึงบริเวณที่มีความลึกมากๆ จนกล่าวได้ว่าเป็น “พื้นที่น้ำลึก” ซึ่งพื้นที่น้ำลึกนี้จะต้องมีความลึกมากกว่า 0.5 เท่าของความยาวคลื่น เมื่อพื้นที่ทะเลลึกมากๆความลึกจึงไม่มีอิทธิพลใดๆต่อคลื่น
- Transitional zone** หมายถึง พื้นที่ที่ติดกับ offshore zone เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ฝั่งมากขึ้น ความลึกจะค่อยๆน้อยลง ความลึกที่น้อยลงนี้จะส่งผลกระทบต่อคลื่นคลื่นจะสามารถสัมผัสถึงพื้นทะเลได้ทำให้ความสูงคลื่น ความเร็วคลื่นความยาวคลื่น และทิศทางที่คลื่นเคลื่อนที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไป
- Breaker zone** หมายถึงพื้นที่ที่ติดกับ Transitional zone เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าใกล้ฝั่งมากขึ้น ความลึกจะยิ่งน้อยลง ทำให้ความสูงคลื่นเพิ่มขึ้นจนถึงระดับที่คลื่นต้องแตกตัว (Wave breaking) เมื่อคลื่นเกิดการแตกตัวแล้ว จะไม่มีลักษณะเหมือนรูป Sine อีกต่อไปทฤษฎี Linear wave theory จะไม่สามารถใช้อธิบายคลื่นได้

	คลื่นหลังจากแตกตัวจะมีลักษณะคล้ายๆพื้นเลื้อย หน้าคลื่นจะชันเกือบเป็นแนวตั้ง และ Solitary wave theory จะเป็นทฤษฎีคลื่นที่เหมาะสม
Surf zone	หมายถึงพื้นที่ถัดจาก Breaker zone คลื่นจะเคลื่อนที่ในรูปแบบของ“ก้อน” หรือเรียกว่า Bore ปรากฏการณ์ที่สำคัญใน Surf zone คือ Wave set-up และ Wave set-down ภายใน Surf zone จะเกิดกระแสน้ำขึ้นจากการที่คลื่นแตกตัว (Wave-induced current) และเกิดการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง
Swash zone	หมายถึงบริเวณหน้าหาด ที่คลื่นแตกตัวไหลขึ้นลงบริเวณชายหาด บริเวณนี้มักมีนักท่องเที่ยวไปเดินเลียบหาดและก่อปราสาททราย
Beach berm	หมายถึงพื้นที่ถัดจาก Swash zone พื้นที่นี้มักมีต้นไม้ล้มลุกขึ้นปกคลุมหากเป็นหาดท่องเที่ยว นักท่องเที่ยวมักไปปิกนิกและนอนอาบแดด
Dune	หมายถึง เนินทรายที่อยู่ถัดขึ้นไปบนฝั่ง ชายหาดบางแห่งอาจมีหรือไม่มี Dune ก็ได้บางครั้งเราอาจกำหนดบริเวณ Dune คือบริเวณบ้านเรือนหรือถนนที่ก่อสร้างอยู่ริมทะเล

2.3.3 คลื่น (Wave)

ความรู้พื้นฐานด้านคลื่น เป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ความสูงคลื่นอาจมีค่าเพียงไม่กี่มิลลิเมตร Capillary waves หรืออาจสูงเป็นสิบลเมตรสำหรับ สำหรับ Long waves ส่วนคาบคลื่นอาจสั้นมากเพียง 0.1 วินาทีสำหรับ Capillary waves หรือคลื่นอาจมีคาบคลื่นนานเป็นชั่วโมงสำหรับ Tide หรือ tsunami ก็ได้

คลื่นที่เกิดจากลมซึ่งมีคาบประมาณ 1 ถึง 30 วินาทีที่เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า Wind-generated waves หรือ Gravity waves (เนื่องจากคลื่นชนิดนี้เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงลมและแรงโน้มถ่วง) ความสูงคลื่นชนิดนี้จะมีค่าไม่เกิน 10 เมตร ในหัวข้อนี้เราจะมาทำความคุ้นเคยกับองค์ประกอบต่างๆของคลื่น (รูปที่ 1.2-1)



รูปที่ 2-2 ลักษณะคลื่นรูป Sine (ที่มา: Coastal Engineering Manual, 2006)

Wave

หมายถึงคลื่นในทะเล คลื่นของจริงตามสภาพธรรมชาติจะไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์เนื่องจากลักษณะการขึ้นลงของผิวน้ำนั้นมีความสับสนอย่างมาก เราจึงมีความจำเป็นที่ต้องใช้สมการอย่างง่ายมาอธิบายสิ่งที่ซับซ้อนอย่างมาก ในวิศวกรรมชายฝั่งสามารถแบ่งคลื่นที่เกิดจากลมได้เป็น 2 ประเภทคือ Sea และ Swell

Sea

หมายถึง คลื่นที่เกิดในบริเวณพายุหรือพื้นที่ที่ลมพัดผ่านเราทราบแล้วว่าคลื่นในทะเลส่วนมากนั้นเกิดจากลมที่พัดเหนือผิวน้ำเมื่อลมพัดผ่านผิวน้ำก็จะทำให้แต่คลื่นที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความสูงและคาบคลื่นกระจัดกระจายสับสนเป็นอย่างมาก คลื่น Sea จะมีสันคลื่นที่สั้นๆ หรืออาจเรียกอีกชื่อว่า Short-crested waves

Swell

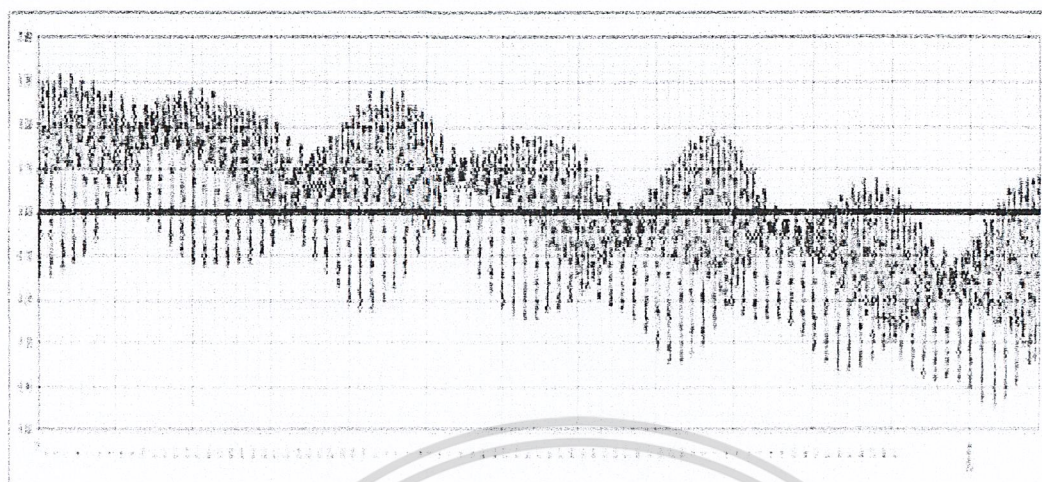
หมายถึง คลื่นที่เกิดขึ้นแล้วได้เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดคลื่น Swell จะค่อยๆสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานกับพื้นทะเลหรือแรงเสียดทาน

ระหว่างอนุภาคน้ำลักษณะของคลื่น Swell จะมีสันคลื่นที่ยาวสักระยะ (Long-crested waves) ลักษณะของ Swell จะมีความสูงคลื่นและคาบคลื่นค่อนข้างคงที่ที่เกิดคลื่น

Wave height	หมายถึงความสูงคลื่น ซึ่งก็คือระยะระหว่างสันคลื่นถึงท้องคลื่น แทนด้วยสัญลักษณ์ H
Wave period	หมายถึงคาบคลื่น ช่วงเวลาที่สันคลื่นที่ติดกัน เคลื่อนที่ผ่านจุดจุดหนึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ T
Wave length	หมายถึงความยาวคลื่น ซึ่งเท่ากับ ระยะในทางราบ ระหว่างสันคลื่นที่ติดกัน แทนด้วยสัญลักษณ์ L
Wave celerity	หมายถึงความเร็วคลื่น ซึ่งก็คือความเร็วที่คลื่นเคลื่อนที่ใน “พื้นที่น้ำลึก” ค่าความเร็วคลื่นจะมีค่าเท่ากับ $1.56T$ ส่วนในน้ำตื้น ความเร็วคลื่นจะช้าลงน้ำยิ่งตื้น คลื่นยิ่งเคลื่อนที่ได้ช้า
Wave crest	หมายถึงสันคลื่น นั่นก็คือจุดปลายยอดของคลื่น
Wave trough	หมายถึงท้องคลื่นหรือจุดที่ต่ำที่สุดของคลื่น
Short-crested waves	หมายถึง คลื่นที่มองไม่เห็นสันคลื่นเป็นแนวยาวคลื่น Sea จะมีลักษณะเป็น Short-crested waves
Long-crested waves	หมายถึง คลื่นที่สามารถมองเห็นสันคลื่นเป็นแนวยาวได้คลื่น Swell จะมีลักษณะเป็น long-crested waves

2.3.4 ระดับน้ำและน้ำขึ้นน้ำลง (Water level and Tide)

พื้นที่ศึกษาของวิศวกรรมชายฝั่งอยู่ในทะเล เป็นที่ที่ซึ่งไม่สามารถหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงได้ระดับน้ำส่งผลต่อคลื่นโดยตรง เนื่องจากเมื่อระดับน้ำเปลี่ยนไป ก็จะทำให้ความลึกบริเวณนั้นเปลี่ยนไป และจะทำให้คุณลักษณะของคลื่นเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยในหัวข้อนี้เราจะมาทำความคุ้นเคยกับลักษณะต่างๆของน้ำขึ้นน้ำลง



รูปที่ 2-3 ระดับน้ำขึ้นลง ณ สถานีตรวจระดับน้ำสงขลา เดือนมกราคมถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553

Tide	หมายถึงน้ำขึ้น น้ำลง ซึ่งแต่ละสถานที่จะมีการขึ้นลงแตกต่างกัน น้ำขึ้นน้ำลงเป็นผลจากแรงดึงดูดของพระอาทิตย์และพระจันทร์ที่มีผลต่อโลก
Tidal range	หมายถึงความแตกต่างของระดับน้ำขึ้นและระดับน้ำลงที่ติดกัน Semi-diurnal tide เนื่องจากโลกไม่ได้ถูกปกคลุมด้วยน้ำล้วนๆ พื้นที่แต่ละแห่งจึงมีลักษณะของน้ำขึ้นน้ำลงแตกต่างกันไป ความลึกและชนิดของตะกอน ยังส่งผลต่อการขึ้นลงของน้ำด้วย คำว่า Semi-diurnal tide หมายถึงการขึ้นลงของน้ำ 2 ครั้งใน 1 วัน
Diurnal tide	หมายถึงลักษณะน้ำขึ้นลงเพียงครั้งเดียวในแต่ละวัน
Mixed tide	หมายถึงลักษณะการขึ้นลงของน้ำ 2 ครั้งใน 1 วันบ้าง และวันละครั้งบ้าง
Ebb tide	หมายถึง ช่วงเวลาน้ำลง
Flood tide	หมายถึง ช่วงเวลาน้ำขึ้น
Tidal cycle	หมายถึงการขึ้นลงของน้ำ 1 รอบ
Spring tide	หมายถึงการขึ้นลงของน้ำเมื่อพระอาทิตย์และพระจันทร์อยู่ในแนวเดียวกัน ทำให้ tidal range มีค่ามาก

2.4 สาเหตุของการพังทลายหน้าดิน แบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภท

2.4.1 การชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติ เป็นการชะล้างพังทลายที่เกิดขึ้นเองภายในสภาพแวดล้อมและสิ่งปกคลุมตามธรรมชาติ ซึ่งเป็นการชะล้างพังทลายแบบค่อยเป็นค่อยไป โดยมีทั้งน้ำและลมเป็นตัวการ

2.4.2 การชะล้างพังทลายของดินแบบมีตัวเร่ง เป็นการชะล้างพังทลายของดินที่มีมนุษย์และปศุสัตว์ช่วยเร่งให้เกิดการพังทลายเพิ่มขึ้นจากการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดขึ้นเป็นประจำ โดยธรรมชาติ การกัดเซาะชายฝั่งทะเลเป็นกระบวนการที่มีปัจจัยมากมายเกี่ยวข้องทั้งเกิดจากการกระทำของธรรมชาติและการกระทำของมนุษย์

2.5 ปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่ง

2.5.1 รูปร่างของชายฝั่งทะเลแต่ละรูปแบบจะมีผลต่อการทับถมของตะกอนและการกัดเซาะที่บริเวณชายฝั่งที่แตกต่างกัน โดยขึ้นกับองค์ประกอบของชายฝั่งบริเวณนั้น

2.5.2 ความลึกของพื้นที่ทะเลจะมีอิทธิพลต่อการขุดคุ้ยตะกอนทรายที่พื้นทะเลของคลื่น

2.5.3 ลักษณะโครงสร้างและส่วนประกอบทางธรณีวิทยา เช่น ชนิดหินและธรณีสัณฐานเป็นปัจจัยหนึ่งของการกัดเซาะชายฝั่ง

2.5.4 ชนิดของพันธุ์พืชที่ปกคลุมแนวชายฝั่ง เช่น ต้นมะพร้าว ต้นสน พืชปกคลุมหน้าดิน จะช่วยลดความรุนแรงในการกัดเซาะชายฝั่ง

2.5.5 อุณหภูมิวิทยาแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลที่เกิดขึ้น เช่น ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลมในแต่ละฤดูกาล จะมีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งไม่เท่ากัน

2.5.6 ลักษณะคลื่นและลมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการกัดเซาะชายฝั่ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่เข้าไปกระทบชายฝั่งก่อให้เกิดพังทลายหรือเสียหายของชายฝั่ง

2.5.7 การขึ้นลงของน้ำเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อเคลื่อนที่ของตะกอน โดยทำให้ตะกอนเกิดการทับถมหรือถูกพัดพาออกจากชายฝั่งสู่ทะเล

2.6 รีโมตเซนซิง (Remote Sensing)

รีโมตเซนซิง (Remote Sensing) หรือการสำรวจข้อมูลระยะไกล (การรับรู้ระยะไกล) เป็นศัพท์เทคนิคที่ใช้เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาใน พ.ศ.2503 หมายถึง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่ง ที่บันทึกคุณลักษณะของวัตถุ (Object) หรือปรากฏการณ์ (Phenomena) ต่างๆ จากการสะท้อนแสงหรือ การแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Energy) โดยเครื่องวัดอุปกรณ์บันทึกที่ติดอยู่กับยานสำรวจ การใช้รีโมตเซนซิงเริ่มแพร่หลายนับตั้งแต่สหรัฐอเมริกาได้ส่งดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรก LANDSAT-1 ขึ้นใน พ.ศ.2515

เราสามารถหาคุณลักษณะของวัตถุได้จากลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากวัตถุนั้น ๆ คือ "วัตถุแต่ละชนิด จะมีลักษณะการสะท้อนแสงหรือการแผ่รังสีที่เฉพาะตัวและแตกต่างกันไป ถ้าวัตถุหรือสภาพแวดล้อมเป็นคนละประเภทกัน" คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น(Spectral) รูปทรงลักษณะของ

วัตถุดิบพื้นโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal) รีโมตเซนซิงจึงเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการจำแนก และเข้าใจวัตถุหรือสภาพแวดล้อมต่าง ๆ จากลักษณะเฉพาะตัวในการสะท้อนแสงหรือแผ่รังสี

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล ในที่นี้จะหมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพทางเครื่องบินในระดับต่ำ ที่เรียกว่า รูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photo) และข้อมูลที่ได้จากการบันทึกภาพจากดาวเทียมในระดับสูงกว่า เรียกว่า ภาพถ่ายจากดาวเทียม (Satellite Image)

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสง ซึ่งเป็นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า Passive Remote Sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้นและส่งไปยัง วัตถุเป้าหมาย เรียกว่า Active Remote Sensing เช่น ระบบเรดาร์ เป็นต้น

2.6.1 หลักการของรีโมตเซนซิง

หลักการของรีโมตเซนซิงประกอบด้วยกระบวนการ 2 กระบวนการ ดังต่อไปนี้คือ

2.6.1.1 การได้รับข้อมูล (Data Acquisition) เริ่มตั้งแต่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ, เกิดปฏิสัมพันธ์กับวัตถุดิบพื้นผิวโลก และเดินทางเข้าสู่เครื่องวัด/อุปกรณ์บันทึกที่ติดอยู่กับยานสำรวจ (Platform) ซึ่งโคจรผ่าน ข้อมูลวัตถุหรือปรากฏการณ์บนพื้นผิวโลกที่ถูกบันทึกถูกแปลงเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ส่งลงสู่สถานีรับภาคพื้นดิน (Receiving Station) และผลิตออกมาเป็นข้อมูลในรูปแบบของข้อมูลเชิงอนุมาณ (Analog Data) และข้อมูลเชิงตัวเลข(Digital Data) เพื่อนำไปนำวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

2.6.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) วิธีการวิเคราะห์มีอยู่ 2 วิธี คือ

2.6.1.2.1 การวิเคราะห์ด้วยสายตา (Visual Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลออกมาในเชิงคุณภาพ (Qualitative) ไม่สามารถ วัดออกมาเป็นค่าตัวเลขได้แน่นอน

2.6.1.2.2 การวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Digital Analysis) ที่ให้ผลข้อมูลในเชิงปริมาณ (Quantitative) ที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าตัวเลขได้

2.6.2 ชนิดของรูปถ่ายทางอากาศ

รูปถ่ายทางอากาศแบ่งตามกรรมวิธีของการถ่ายรูป มี 2 ชนิด คือ

2.6.2.1 รูปถ่ายตั้ง (Vertical Photograph) คือ รูปที่ถ่ายให้แกนของกล้องอยู่ในแนวตั้งมากที่สุดถ้าอยู่ในแนวตั้งจริง ระนาบภาพจะขนานกับระนาบของพื้นดิน ขณะถ่ายทำหันหน้ากล้องพุ่งลงไปบนพื้นดินและตั้งฉากกับพื้นดิน รูปถ่ายชนิดนี้มักใช้ในงานแผนที่ งานสำรวจป่าไม้ มีการแปลภาพเพื่อการวิจัย เนื่องจากรูปถ่ายตั้งคล้ายกับพื้นที่จริง จึงนำภาพมาทำสามมิติ ภาพคู่สามมิติ (Stereo Pairs) โดยไม่มีความบิดเบี้ยว และเห็นรายละเอียดได้ชัดเจน

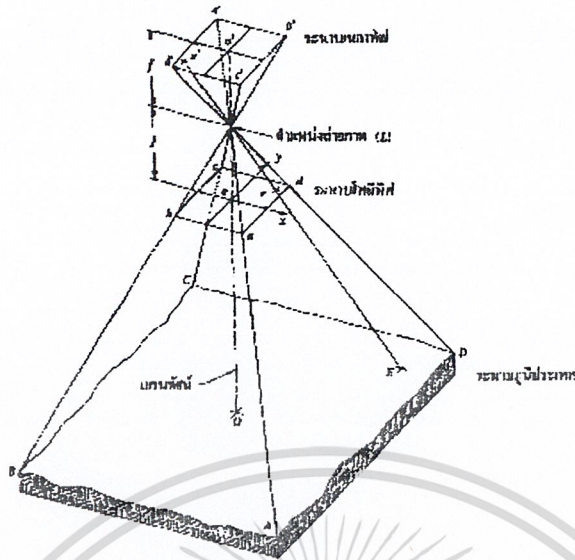
2.6.2.2 รูปถ่ายเฉียง (Oblique Photograph) คือ รูปถ่ายทางอากาศที่ถ่ายให้แกนกล้องทำมุมกับเส้นตั้ง มี 2 ชนิด คือ รูปถ่ายเฉียงต่ำ และรูปถ่ายเฉียงสูง

2.6.2.2.1 รูปถ่ายเฉียงต่ำ (Low-Oblique Photograph) การถ่ายรูปชนิดนี้กำหนดให้แกนกล้องทำมุมกับเส้นตั้ง โดยที่ไม่ปรากฏเส้นขอบฟ้าในรูปถ่าย มีภาพพื้นดินที่ปรากฏอยู่เต็มภาพ แต่เป็นรูปเฉียงรูปถ่ายเฉียงต่ำ ก็คือ รูปถ่ายทางอากาศที่มุมเอียงมาก คุณสมบัติของรูปถ่ายเฉียงต่ำเหมาะสำหรับแสดงรายละเอียดอาคารระฟ้า แผนที่ของย่านอุตสาหกรรม งานก่อสร้างขนาดใหญ่ เส้นทางคมนาคม แต่ไม่ใช้ในการทำแผนที่โดยตรง

2.6.2.2.2 รูปถ่ายเฉียงสูง (High-Oblique Photograph) การถ่ายรูปชนิดนี้แกนกล้องทำมุมกับแนวตั้ง โดยมุมเอียงใหญ่ จนกระทั่งปรากฏเส้นขอบฟ้าในภาพ ภาพที่ได้จึงคลุมเนื้อที่กว้างรวมทั้งพื้นดินพื้นและขอบฟ้าเข้าด้วยกัน จึงเป็นภาพที่รวมพื้นที่ภูมิประเทศไปจนสุดสายตา

2.6.3 องค์ประกอบเรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศในแนวตั้ง

กระบวนการพื้นฐานทางด้านโฟโตแกรมเกี่ยวข้องกับการใช้รูปถ่ายในแนวตั้ง (Vertical photograph) รูปถ่ายในแนวตั้งได้จากการถ่ายรูปโดยกล้องอยู่ในแนวตั้งของแรงโน้มถ่วงของโลกแม้ว่าจะพยายามหลีกเลี่ยงไม่ให้มีมุมกล้อง แต่โดยทั่วไปแล้วภาพก็จะเอียงจากแนวตั้งน้อยกว่า 1 องศา และเป็นส่วนน้อยที่อาจเอียงจากแนวตั้งมากกว่า 3 องศา อย่างไรก็ตามค่ามุมเอียงนี้ก็จะไม่ถือว่าเป็นสำคัญ ยังคงถือว่าเป็นรูปถ่ายในแนวตั้ง



รูปที่ 2-4 องค์ประกอบเรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศในแนวตั้ง
(ที่มา: Thomas M. Lillesand and Ralph W. Kiefer; 1994:299)

องค์ประกอบด้านเรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศในแนวตั้ง พิจารณาจากรูปถ่าย 3.1 เป็นภาพภูมิประเทศ เมื่อดำแสงของภาพภูมิประเทศผ่านเลนส์ของกล้องถ่ายรูป (Exposure Station) จากตำแหน่ง L ระยะห่างของตำแหน่งเนกาทีฟ (Negative) และระยะห่างระหว่างตำแหน่งโพสิทีฟ (Positive) มีระยะเท่ากัน เท่ากับระยะความยาวโฟกัสของเลนส์ (Focus Length) ในกรณีที่ต้องการภาพโพสิทีฟ หรือฟิล์มโพสิทีฟ อาจใช้กระดาษพิมพ์ภาพหรือฟิล์มวางในตำแหน่งโพสิทีฟ ก็จะได้ภาพที่มีขนาดเท่ากับที่วางในตำแหน่งเนกาทีฟ แต่เป็นภาพคนละชนิดกัน

ตำแหน่งของพิกัด X,Y ของภาพ อ้างอิงได้กับตำแหน่งของเส้นตรงที่ลากจากจุด Fiducial Marks ทั้ง 4 ด้าน ของรูปถ่ายมาบรรจบกัน แกน X อยู่ในแนว Fiducial Marks ที่เป็นเส้นทางการบิน และกำหนดให้มีค่าเป็นบวกในทิศทางการบิน ไปข้างหน้าของเครื่องบิน แกน Y ตั้งอยู่ในตำแหน่ง 90 องศาในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาจากแกน X ที่มีค่าเป็นบวก

ตำแหน่งพิกัดกำเนิดของภาพ (Photocoordinate Origin) ตรงกับตำแหน่งมุขสำคัญ (principle Point) ตำแหน่งมุขสำคัญเกิดจากจุดตัดของแนวแกนเลนส์กับระนาบของแผ่นฟิล์ม จุดที่เกิดจากแนวแกนของกล้อง (Optical Axis) ตัดกับภูมิประเทศ เรียกว่าจุดมุขสำคัญของภาคพื้นดิน (Ground Principal Point) คือจุด 0 ในภาพ

จากรูป 2-4 มีระนาบ 3 ระนาบ คือ

1. ระนาบภูมิประเทศ ในพื้นที่ที่มีตำแหน่ง ABCD มีจุด O เป็นจุดศูนย์กลาง และมีจุด E เป็นตำแหน่งสังเกต

2. ระนาบเนกาทีฟ จากเรขาคณิตของภาพ จะได้ภาพหัวกลับของภูมิประเทศ a', b', c', d' และ e'

3. ระนาบโพสิทีฟ จากเรขาคณิตของภาพ ตำแหน่งต่างๆ ทั้ง 5 ตำแหน่งยังคงอยู่ในพื้นที่เดิม เป็น a, b, c, d และ e

2.6.4 มาตรฐาน

มาตรฐานของรูปถ่าย คือ อัตราส่วนของระบบรูปถ่ายต่อระยะเดียวกันบนพื้นดิน มาตรฐานนี้อาจบอกได้ในรูปของหน่วยเทียบเท่าเศษส่วนที่ไม่มีมิติ หรืออัตราส่วนที่ไม่มีมิติ เช่น

หน่วยเทียบเท่า 1 นิ้ว = 100 ฟุต

เศษส่วนที่ไม่มีมิติ 1 นิ้ว = 1/1,200

อัตราส่วนที่ไม่มีมิติ 1 นิ้ว = 1:1,200

มาตรฐานใหญ่ 1 นิ้ว = 100 ฟุต

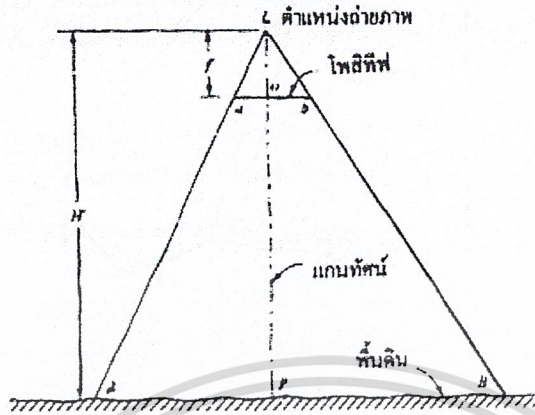
มาตรฐานเล็ก 1 นิ้ว = 1,000 ฟุต

ถ้ามาตรฐาน 1:15,000 หมายถึง ระยะทางบนภาคพื้นดินยาวกว่าระยะในรูปถ่ายทางอากาศ 15,000 เท่า

มาตรฐานของรูปถ่ายทางอากาศหาได้โดยใช้อัตราส่วนระหว่างความยาวโฟกัส (Focus Length) ของเลนส์และความสูงของเครื่องบิน

ในการถ่ายรูปทางอากาศ พื้นที่ภูมิประเทศมีลักษณะแตกต่างกัน มีทั้งพื้นราบและพื้นที่สูงๆ ต่ำๆ ย่อมทำให้เรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศมีความแตกต่างกัน ทำให้การหามาตรฐานแตกต่างกันไปด้วย

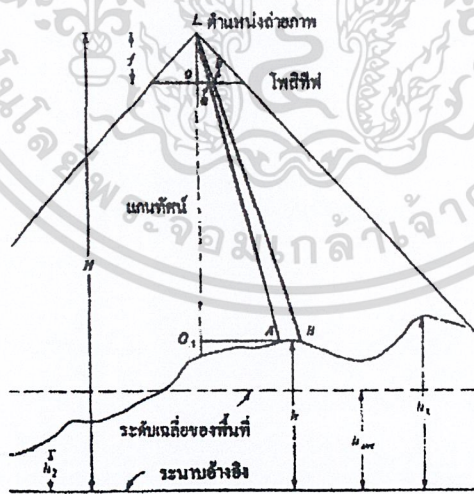
2.6.4.1 มาตรการส่วนของรูปถ่ายตั้งเหนือพื้นราบ



รูปที่ 2-5 เรขาคณิตของรูปถ่ายทางอากาศตั้งเหนือพื้นราบ
(ที่มา : วิชา จีวาลัย และปรีชา วงศ์วิวัฒน์; 2531:119)

มาตรการส่วนของรูปถ่ายตั้งเหนือพื้นราบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายรูป และเป็นสัดส่วนผกผันกับความสูงของเครื่องบินเหนือระดับพื้นดิน

2.6.4.2 มาตรการส่วนของรูปถ่ายตั้งเหนือภูมิประเทศที่ไม่เป็นพื้นราบ



รูปที่ 2-6 เรขาคณิตของรูปถ่ายตั้งเหนือภูมิประเทศที่ไม่เป็นพื้นราบ
(ที่มา : วิชา จีวาลัย และปรีชา วงศ์วิวัฒน์; 2531:121)

มาตรการส่วนของรูปถ่ายตั้งเหนือภูมิประเทศที่ไม่เป็นพื้นราบเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวโฟกัสของกล้องถ่ายรูปและเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะวัตถุ ซึ่งหาได้จากความต่างของความสูงของเครื่องบินเหนือระดับอ้างอิง กับความสูงของภูมิประเทศที่ถ่ายรูปจากระดับอ้างอิงนั้น

มาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศจะไม่สม่ำเสมอคงที่ โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามความสูงต่ำของภูมิประเทศ หรือสภาพของเครื่องบินที่ไม่ได้รักษาระดับให้อยู่ในระดับคงที่ได้

มาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศจะไม่สม่ำเสมอคงที่ โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามความสูงต่ำของภูมิประเทศ หรือสภาพของเครื่องบินที่ไม่ได้รักษาระดับให้อยู่ในระดับคงที่ได้

มาตราส่วนที่นิยมใช้ในการถ่ายภาพทางอากาศมีดังนี้

- 1.มาตราส่วนขนาดใหญ่ เช่น 1 : 5,000 ถึง 1 : 10,000
- 2.มาตราส่วนขนาดกลาง เช่น 1 : 10,000 ถึง 1 : 20,000
- 3.มาตราส่วนขนาดเล็ก เช่น 1 : 20,000 ถึง 1 : 40,000

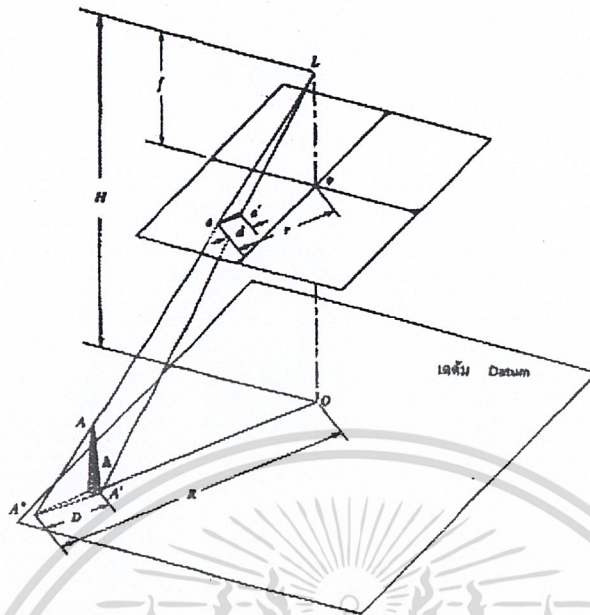
การใช้งานรูปถ่ายทางอากาศแตกต่างกันตามประเภทหรือวัตถุประสงค์ เช่น งานการทำแผนที่ และงานสำรวจทางธรณีวิทยาใช้มาตราส่วนขนาดเล็ก งานผังเมืองมาตราส่วนขนาดใหญ่ งานด้านป่าไม้ใช้มาตราส่วนขนาดกลาง เป็นต้น

2.6.5 ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากต่างระดับ (Relief Displacement) ของรูปถ่ายทางอากาศในแนวดิ่ง

การถ่ายภาพทางอากาศในแนวดิ่งที่วัตถุเป้าหมายมีความสูงมากและเมื่อวัตถุเป้าหมายอยู่ห่างจากจุดमुखยสำคัญมากเท่าใด ก็จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งวัตถุเป้าหมายมากตามไปด้วยเรียกความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งวัตถุที่มีลักษณะเช่นนี้ว่า ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความต่างระดับ (Relief Displacement)

ความผิดพลาดทางเรขาคณิต (Geometric Distortion) เกิดขึ้นกับรูปถ่ายในแนวดิ่ง เมื่อกล้องถ่ายภาพตรงลงไปบนแนวดิ่งยังภาคพื้นดิน วัตถุที่มีความสูงเช่น ตัวตึกที่ปรากฏในภาพมีลักษณะเอนออกไปจากमुखยสำคัญ (Principle Point) ที่ศูนย์กลางภาค ความผิดปกตินี้เกิดมากขึ้นกับวัตถุที่มีระยะห่างจากศูนย์กลางมากยิ่งขึ้น และจะมีความผิดปกตีสองเท่าตัวกับวัตถุที่อยู่ตามขอบรูปถ่าย

สำหรับจุดที่มีความสูงกว่าระดับอ้างอิง ความคลาดเคลื่อนจากความต่างระดับจะมีทิศทางออกไปจากจุดमुखยสำคัญ ส่วนจุดที่มีระดับต่ำกว่าระดับอ้างอิง ความคลาดเคลื่อนจะมีทิศทางเข้าข้างในศูนย์กลางภาพหรือจุดमुखยสำคัญ



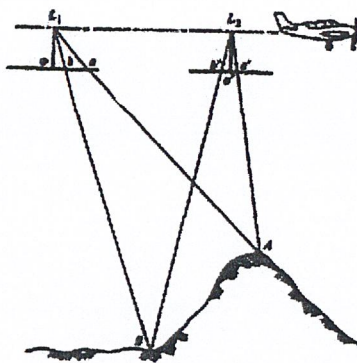
รูป 2-7 รูปเรขาคณิตแสดงคลาดเคลื่อนเนื่องจากความต่างระดับ
(ที่มา: Thomas M. Lillesand and Ralph W. Kiefer; 1994:310)

ในการแปลรูปถ่าย ควรต้องสามารถระบุส่วนบนและส่วนล่างสุดของวัตถุได้ชัดเจนและต้องรู้ระดับความสูงของเครื่องบินในการถ่ายรูปด้วย

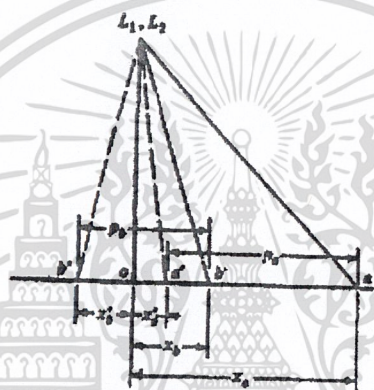
2.6.6 ระยะเหลื่อม (Parallax)

ระยะเหลื่อม หมายถึง การเปลี่ยนตำแหน่งปรากฏของวัตถุเนื่องจากการเปลี่ยนตำแหน่งสังเกต ทำให้เห็นวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างจากตำแหน่งเดิม ปรากฏการณ์นี้สังเกตได้เมื่อมองวัตถุจากหน้าต่างรถยนต์ที่กำลังเคลื่อนที่ หน้าต่างรถยนต์เป็นเหมือนกรอบภาพ มีวัตถุ เช่น ภูเขา ซึ่งอยู่ห่างไกลออกไปมากดูเหมือนมีการเคลื่อนที่อย่างช้าๆ ในขณะที่วัตถุที่อยู่ใกล้หน้าต่าง เช่น ต้นไม้สองข้างถนนมีการเคลื่อนที่เร็วกว่า

ลักษณะทางธรรมชาติของระยะสามเหลื่อม เกิดขึ้นเมื่อใช้รูปถ่ายทางอากาศในแนวตั้งนำมาซ้อนทับกัน (Overlap)



ก. ระยะเหลื่อมของภาพคู่สเตอริโอ



ข. การซ้อนรูปถ่ายทางอากาศในแนวตั้ง

รูป 2-8 ระยะเหลื่อมของภาพคู่สเตอริโอ (Stereoscopic Displacement)

(ที่มา: Paul R. Wolf; 1974: 144-145)

จากรูป 2-8 ตำแหน่งสัมพันธ์ของ A และ B เปลี่ยนไปเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งสังเกต (ตำแหน่งการถ่ายรูป) เป็นที่น่าสังเกตว่าความคลาดเคลื่อนระยะเหลื่อม (Parallax Displacement) เกิดขึ้นในแนวขนานกับแนวการบิน รูปวัตถุที่จุด A และ B ที่ปรากฏในรูปถ่ายตั้ง 2 รูป เป็นจุด a และจุด b ณ ตำแหน่งถ่าย L1 และ L2 เนื่องจากตำแหน่งถ่ายรูปเปลี่ยนไป ทำให้ตำแหน่งปรากฏของจุด a และจุด b ของรูปถ่ายทั้งสองแตกต่างกัน และระยะเหลื่อมที่จุด A มีมากกว่าที่ B เนื่องจากจุด A อยู่สูงกว่าจุด B

ตามทฤษฎี ทิศทางการบินถ่ายรูปควรสอดคล้องกับแกนพิดูเซียล (Fiducial Axis) แต่ในทางปฏิบัติมักมีการคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นบ้างเล็กน้อย แนวแกนบินที่แท้จริงอยู่ในจุดศูนย์กลางของภาพแรกและภาพสุดท้าย จุดเหล่านี้เรียกว่า จุดร่วมมุขสำคัญ (Conjugate Principle Point) เส้นที่ลากเชื่อมระหว่างจุดมุขสำคัญตั้งแต่จุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายเรียกว่า แนวการบิน (Flight Axis)

แนวการบินสำหรับภาพคู่สเตอริโอเป็นตัวกำหนดพิกัดบนรูปถ่าย (Photocoordinate) ในแนวแกนของ x สำหรับใช้ในการวัดระยะเหลี่ยม เส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับแนวการบินและลากผ่านจุดมุกยสำคัญของแต่ละรูปถ่าย ทำให้เกิดแนวแกน y สำหรับใช้วัดระยะเหลี่ยม

รูปถ่ายทุกรูป ยกเว้นรูปที่อยู่สุดท้ายของแนวการบิน โดยปกติมีแนวการบิน 2 แนว ที่เป็นเช่นนี้ เพราะแนวการบินในขณะถ่ายรูป โดยปกติจะเป็นเส้น โค้ง เมื่อนำรูปมารทำภาพคู่สเตอริโอ (Stereo Pairs) โดยใช้ภาพที่ 1 และ 2 ได้แนวการบิน (Flight Axis) 12 แนวแกน การบิน 23 ได้จากการนำภาพที่ 2 และ 3 มาทำภาพคู่สเตอริโอ เป็นต้น



รูป 2-9 แนวการบิน (Flight Axis)

(ที่มา: Thomas M. Lillesand and Ralph W. kiefer; 1994:314)

2.6.7 ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

ระบบการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ มีปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ได้แก่

2.6.7.1 ผู้ใช้ระบบ (System User) หมายถึง ผู้ใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์คอมพิวเตอร์ จุดประสงค์ในการวิเคราะห์ข้อมูลขึ้นอยู่กับผู้ใช้ ผู้ใช้อาจไม่ได้ทำการวิเคราะห์ด้วยตนเอง

2.6.7.2 นักวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analyst) เป็นผู้ที่ทำงาน โดยตรงกับข้อมูลและถือว่าอยู่ในระบบ เป็นส่วนหนึ่งของระบบ

2.6.7.3 ระบบการเก็บข้อมูล (Data Acquisition System) หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเพื่อเป็นข้อมูลขาเข้า (Input Data) ในระบบสัมพัทธ์ระยะไกล และข้อมูลอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

2.6.7.4 ระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ เป็นศูนย์กลางของการทำงานการวิเคราะห์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้การวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลขาออก (Output Data) ในรูปแบบที่อยู่ ในความต้องการของผู้ใช้ อาจอยู่ในรูปแผนที่เฉพาะเรื่องหรือในรูปแบบอื่น

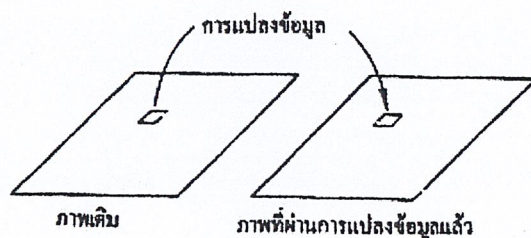
2.6.7.5 ผู้ออกแบบระบบการวิเคราะห์ข้อมูล (System Designers)

ทั้ง 5 ส่วนมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในกระบวนการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ อาจเป็นแผนที่เฉพาะเรื่อง (Thematic Maps) หรือเป็นข้อมูลส่วนหนึ่งในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรืออาจนำผลจากการวิเคราะห์ไปใช้ในการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติต่อไป

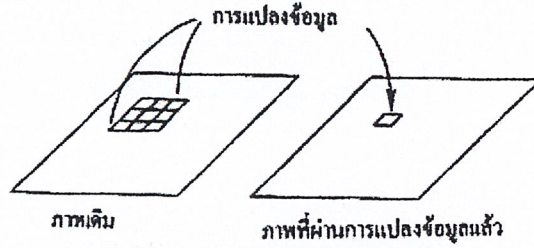
2.6.8 หลักการทั่วไปในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

เทคนิคของการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ อาจจำแนกตามหลักการวิเคราะห์ได้เป็น 2 ประเภทดังนี้การวิเคราะห์จุดภาพเดี่ยว (Point Processing) วิธีนี้เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ง่ายที่สุด ประกอบด้วยการแปลง (Transformation) ค่าดีเอ็น (Digital Number) หรือค่าระดับสีเทา (Gray Level) เดิมของจุดภาพ 1 จุดภาพเป็นค่าดีเอ็นใหม่หรือค่าระดับสีเทาใหม่ เพื่อสร้างข้อมูลภาพใหม่โดยใช้เทคนิค เช่น การเน้นความคมชัด การทำอัตราส่วน เป็นต้น วิธีการนี้เรียนอีกชื่อว่า การแปลงข้อมูลจุดภาพ (Pixel Transformation) หรือปฏิบัติการจุดภาพ (Point Operation)

2.6.8.1 การวิเคราะห์หลายจุดภาพ (Neighborhood Processing) เป็นการแปลงค่าดีเอ็นของแต่ละจุดภาพ โดยมีวิธีการที่เกี่ยวข้องกับค่าดีเอ็นของจุดภาพที่อยู่รอบๆ ด้วย เช่น การกรองข้อมูลภาพ (Filter) เป็นต้น วิธีการนี้เรียกอีกชื่อว่า การแปลงข้อมูลหลายจุดภาพ (Neighborhood Transformation) หรือปฏิบัติการวิเคราะห์จุดภาพเป็นบริเวณ (Local Operation)



ก. การแปลงข้อมูลจุดภาพ



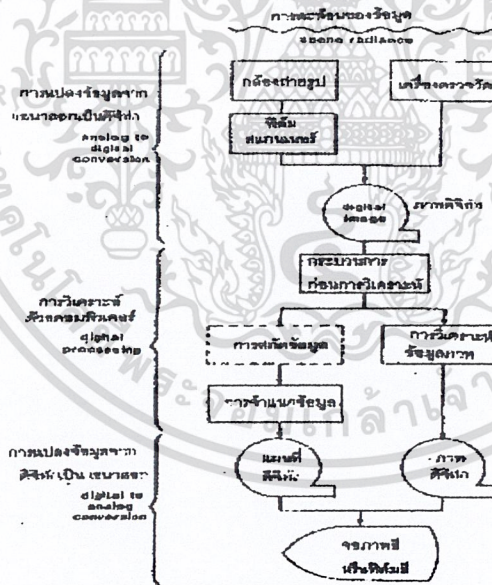
ข. การแปลงข้อมูลจุดภาพใกล้เคียง

รูปที่ 2-10 ประเภทของการวิเคราะห์ข้อมูลโดยทั่วไป

2.6.9 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ คือ

2.6.9.1 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Image Correction) ได้แก่การปรับแก้การวัดรังสี (Radiometric Correction) การปรับแก้ทางเรขาคณิต (Geometric Correction) และการปรับแก้สัญญาณรบกวนจากบรรยากาศ



รูป 2-11 กระบวนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม

2.6.9.2 การเปลี่ยนรูปข้อมูล (Image Conversion) ได้แก่ การเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement) ซึ่งประกอบด้วยการเน้นความคมชัด (Contrast Enhancement) เพื่อให้ข้อมูลมีคุณภาพและแปลความหมายได้ดีขึ้น การเน้นข้อมูลภาพสีเทียม (Pseudocolor Enhancement) การใช้สีช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพ การแปลงข้อมูล (Image Transform) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก

(Principal Component Analysis) การวิเคราะห์จำแนกประเภท (Multiple Discriminant Analysis) การแปลงข้อมูลเรอิ่งสี่ และการแปลงฟูริเยร์ (Fourier Transform) การกรองข้อมูล (Spatial Filtering) ตัวกรองข้อมูล ได้แก่ ตัวกรองข้อมูลความถี่ต่ำ (Low-Pass Filter) ตัวกรองข้อมูลความถี่สูง (High-Pass Filter) การเน้นขอบ (Edge Enhancement) ทฤษฎีการจำแนกประเภทข้อมูล ตัวจำแนกประเภทข้อมูล

2.6.9.3 การจำแนกข้อมูล (Image Classification) ประกอบการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) และการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification)

2.6.10 การปรับแก้ข้อมูลภาพ (Image Correction)

ข้อมูลสัมผัสระยะไกลที่ได้รับจากเครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งอยู่ในดาวเทียมหรือยานสำรวจนั้น ข้อมูลดิบที่ได้นั้นอาจมีข้อบกพร่อง เช่น ข้อมูลที่ขาดหายไป มีสัญญาณรบกวนที่ไม่ต้องการ มีความผิดพลาดทางเรขาคณิต เป็นต้น ข้อบกพร่องเหล่านี้อาจเกิดจากเครื่องตรวจวัด ยานสำรวจที่มีการเคลื่อนที่ไม่คงที่ การรับส่งข้อมูล การบันทึกข้อมูล รวมไปถึงการผลิตข้อมูลลงในเทปบันทึกข้อมูล การที่จะนำข้อมูลไปใช้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขข้อมูลให้มีความถูกต้องเสียก่อน

ขั้นตอนของการแก้ไขข้อมูลภาพก่อนนำไปใช้ เรียกว่า กระบวนการปรับแก้ข้อมูลภาพ (Image Correction) หรือเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า การแก้ไขก่อนการวิเคราะห์ (Preprocessing) การปรับแก้ข้อมูลภาพมี 2 ประเภทดังนี้

2.6.10.1 การปรับแก้การวัดรังสี (Radiometric Correction) เป็นการแก้ไขเกี่ยวกับค่าการสะท้อนพลังงานที่เรียกได้หลายชื่อ เช่น ค่าดีเอ็น (Digital Number) หรือค่าตัวเลขดิจิทัล ค่าความสว่างหรือค่าบีวี (Brightness Value) ค่ารูปภาพหรือค่าพีวี (Pixel Value)

2.6.10.2 การปรับแก้ทางเรขาคณิต (Geometric Correction) เป็นการแก้ไขข้อมูลภาพให้มีความถูกต้องในเรื่องตำแหน่งและพิกัดทางภูมิศาสตร์

อย่างไรก็ตาม การปรับแก้ข้อมูลจะต้องคำนึงถึงการนำไปใช้งาน การใช้งานข้อมูลบางประเภทอาจเน้นการปรับแก้วัดรังสีมีความสำคัญเป็นอันดับแรก เช่น การศึกษาค่าการสะท้อน (Reflectance) ของวัตถุ การใช้งานบางประเภท เช่น การทำแผนที่ การปรับแก้ทางเรขาคณิตมีความสำคัญมากที่สุด

2.6.11 การปรับแก้การวัดรังสี (Radiometric Correction)

วัตถุประสงค์ของการปรับแก้ เพื่อให้ภาพมีข้อมูลการสะท้อนพลังงานที่มีความถูกต้อง ข้อมูลที่ผิดพลาด มีทั้งข้อมูลการสะท้อนที่ขาดหายไป หรือมีความสว่างของภาพมากเกินไป การกระจายของจุดภาพที่ผิดปกติในภาพ ภาพมืดเกินไป ข้อผิดพลาดเหล่านี้เกิดจากอุปกรณ์เครื่องตรวจวัดที่ติดตั้งบนยานสำรวจ ตำแหน่งมุมความสูงของดวงอาทิตย์ และสภาพบรรยากาศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับประเภทของเครื่องตรวจวัดแต่ละชนิดด้วย

2.6.11.1 การปรับแก้เนื่องจากเครื่องตรวจวัด มีสาเหตุและการแก้ไขดังต่อไปนี้

2.6.11.1.1 ความไวของเครื่องตรวจวัด ในกรณีของเครื่องตรวจวัดระบบออปติคที่ใช้เลนส์ บริเวณขอบตรงมุมของภาพจะมีค่าน้อยกว่าบริเวณกลางภาพ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า (Electronic-Optic Sensor) มีการวัดข้อมูลเปรียบเทียบระหว่างค่าพลังงานรังสีตกกระทบและสัญญาณข้อมูลขาออกของเครื่องวัด สามารถนำไปใช้สำหรับการปรับแก้เชิงกลืนได้

2.6.11.1.2 การแก้ไขสัญญาณรบกวน (Noise Removal) สัญญาณรบกวนเกิดจากเครื่องตรวจวัดทำงานผิดปกติ มีการรบกวนทางอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ ความผิดปกติระหว่างการส่งผ่านข้อมูล การบันทึกข้อมูล การแก้ไขเพื่อสร้างภาพกลับคืนมาให้เหมือนข้อมูลจริงมากที่สุด สัญญาณรบกวนเกิดขึ้น 2 แบบ คือ อย่างเป็นระบบและไม่เป็นระบบ ดังนี้

2.6.11.1.3 ข้อมูลบรรทัดภาพขาดหายไป (Line Dropouts) บรรทัดภาพ (Scan line) ที่ขาดหายไป ในภาพเห็นเป็นเส้นสีดำซึ่งหมายถึง ไม่มีค่าสะท้อนพลังงาน การปรับแก้ทำได้โดยแทนค่าบรรทัดภาพที่มีค่าดีเอ็น (Digital Number) เป็นศูนย์ ด้วยค่าสะท้อนพลังงานที่ได้จากค่าเฉลี่ยของค่าดีเอ็นในบรรทัดภาพบนและบรรทัดภาพที่ไม่มีข้อมูล

2.6.11.1.4 ข้อมูลบรรทัดภาพที่เกิดเป็นแถบในภาพ (Banding) เครื่องตรวจวัดทำงานผิดปกติในการบันทึกข้อมูล ทำให้ได้ค่าดีเอ็นสูงกว่าหรือต่ำกว่าปกติ และความผิดปกตินี้เกิดเป็นระบบ มักพบบ่อยในเครื่องตรวจวัดที่เป็นเครื่องกวาดภาพ (Scanner) เช่น แลนค์แซตเอ็มเอสเอส และทีเอ็ม แถบที่ผิดปกตินี้เห็นได้ชัดในภาพสีค่า มีการสะท้อนพลังงานต่ำ เช่น ภาพแหล่งน้ำ ในข้อมูลเอ็มเอสเอสเกิดขึ้นใน ทุก 6 เส้น (Six-line Banding) ส่วนในข้อมูลทีเอ็มเกิดขึ้นในทุก 16 เส้น การปรับแถบใช้วิธีการเปรียบเทียบฮิสโทแกรม (Histogram Matching) ของแถบที่สว่างกว่าและมีค่าน้อยกว่าแล้วหาค่าเฉลี่ยของฮิสโทแกรม แล้วปรับฮิสโทแกรมของบรรทัดภาพที่เป็นปัญหา

2.6.11.1.5 การเลื่อนตำแหน่งของแนวบรรทัดภาพ (Scan Line Offset) แต่ละบรรทัดเลื่อนตำแหน่งออกมาอาจเลื่อนไปทางซ้ายหรือขวาของตำแหน่งเดิมที่ต้องการ ถ้าภาพเป็นพื้นที่ชายฝั่งทะเลบริเวณพื้นดินเป็นภาพสว่างเนื่องจากการสะท้อน ชายฝั่งทะเลเป็นสีดำเนื่องจากการดูดกลืน

ของน้ำ ถ้าบรรทัดภาพข้อมูลพื้นดินเลื่อนไปทางทะเล จะเป็นเป็นเส้นสีขาวในพื้นที่ดำ วิธีการปรับแก้คือการจัดแถวใหม่ในจุดเริ่มต้นของบรรทัดภาพ

2.6.11.1.6 การกระจายข้อมูลจุดภาพผิดพลาด (Bit Error) จุดภาพที่อยู่ใกล้เคียงกัน แต่มีความแตกต่างของค่าสะท้อนพลังงานหรือค่าดีเอ็นเออย่างเห็นได้ชัด และแตกต่างผิดพลาดจากข้อมูลที่แท้จริงข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ภาพเหมือนมีหิมะ การแก้ไขทำได้โดยใช้วิธีการกรองภาพ โดยใช้หน้าต่างปรับแก้ค่าดีเอ็นเอ (Moving Window) โดยใช้หน้าต่างจุดภาพ 3*3 จุดภาพ หรือ 5*5 จุดภาพ

2.6.11.2 การปรับแก้ค่าเนื่องจากการรับแสงและมุมความสูงของดวงอาทิตย์ (Illumination & View Angle Effects)

ปริมาณของสัญญาณ (Signal) ที่เครื่องตรวจวัดได้รับขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างดังนี้

2.6.11.2.1 การสะท้อนของวัตถุเป้าหมาย

2.6.11.2.2 ผลของปฏิสัมพันธ์ของบรรยากาศ

2.6.11.2.3 ความลาดชันของพื้นที่และทิศทางของวัตถุที่มีความสัมพันธ์กับ

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar Azimuth)

2.6.11.2.4 มุมมองของเครื่องตรวจวัด

2.6.11.2.5 มุมความสูงของดวงอาทิตย์

ในการพิจารณาเรื่องมุมความสูงของดวงอาทิตย์และมุมมองของเครื่องตรวจวัด ถ้าตัดผลกระทบของบรรยากาศออกไป ก็จะพบว่า ค่าการสะท้อนพลังงาน (Reflectance) ของวัตถุผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของมุมทั้งสอง ซึ่งปริมาณของพลังงานสะท้อนเขียนเป็นฟังก์ชันความสัมพันธ์ของมุมทั้งสองเรียกว่า BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function) เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบของบรรยากาศร่วมด้วย ค่ารังสีตกกระทบ (Irradiance) ที่วัตถุจะลดลง และการกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Path Radiance) จะเพิ่มขึ้น ความยาวของเส้นทางผ่าน (Path Length) จะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่มุมความสูงของดวงอาทิตย์ลดลง และขณะเดียวกันผลกระทบของบรรยากาศจะยิ่งเพิ่มมากขึ้น

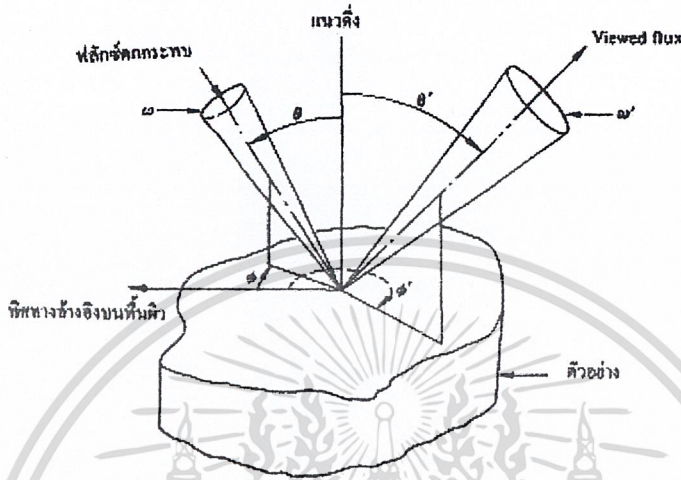
การปรับแก้มุมการรับแสงและมุมความสูงของดวงอาทิตย์ ทำได้โดยใช้สมการดังนี้

$$L = \frac{\cos(X)}{\cos(\theta)} \quad (2.1)$$

เมื่อ θ = มุมดวงอาทิตย์จาก Zenith (Solar Zenith Angle)

X = มุมความสูงที่ต้องการ

สูตรนี้สามารถใช้เป็นมาตรฐานสำหรับข้อมูลหลายวันที่ (Multitemporal Image) เพื่อกำหนดมาตรฐานมุมความสูงของดวงอาทิตย์ได้ โครงการ LACIE ของสหรัฐอเมริกาใช้ค่ามุมมาตรฐาน (Standard Solar Zenith Angle) เท่ากับ 39 องศา



อธิบายการสะท้อนจากพื้นผิว

- $\theta =$ มุมดวงอาทิตย์จากตำแหน่ง Zenith
- $\theta' =$ มุมมองเครื่องตรวจวัดจากตำแหน่ง Zenith
- $\phi =$ มุมเอซิมัท
- $\phi' =$ มุมเอซิมัทของเครื่องตรวจวัด
- $\omega =$ มุมต้น
- $\omega' =$ มุมต้นของพลังงานที่สะท้อนเข้าเครื่องตรวจวัด

รูป 2-12 พารามิเตอร์ทางเรขาคณิตที่ใช้

(ที่มา: Phillip H. Swain and Shirley M. Davis; 1978: 43)

2.6.11.3 การปรับแก้เนื่องจากผลกระทบจากบรรยากาศ (Atmospheric Effect)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานการแผ่รังสี (Radiant Energy) และบรรยากาศ ทำให้การสะท้อนพลังงานของวัตถุที่ตรวจได้ไม่ใช่ค่าการสะท้อนที่แท้จริง เนื่องจากการดูดกลืนพลังงาน และทิศทางของการสะท้อนมีการเปลี่ยนแปลงโดยการกระจัดกระจายในบรรยากาศ

การแก้ไขผลกระทบจากบรรยากาศมีความจำเป็นก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล บรรยากาศมีลักษณะเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ผลกระทบที่มีต่อการเก็บข้อมูลของระบบสัมผัสระยะไกลอยู่ในช่วงคลื่น 0.4 – 2.4 ไมโครเมตร

พลังงานที่แผ่รังสีลงมา มีกำลังลดลงเมื่อผ่านชั้นบนของบรรยากาศมาจนถึงวัตถุที่อยู่บนผิวโลก เมื่อพลังงานตกกระทบพื้นผิวโลกแล้วสะท้อนกลับขึ้นไป พลังงานลดลงอีกเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศขึ้นไปสู่เครื่องตรวจวัด พลังงานที่ตกกระทบบางส่วนถูกดูดกลืนไว้โดยพื้นผิวโลก มีบางส่วน คือ ค่าการสะท้อนที่จะสะท้อนไปโดยวัตถุ สุดท้ายค่าการแผ่รังสี (Radiance) เข้าสู่เครื่องตรวจวัด ร่วมกับพลังงานที่มีการกระจายแสงในเส้นทางผ่านบรรยากาศ (Lp)

การกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Atmospheric Path Radiance) มีความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างปริมาณ (Magnitude) ความยาวคลื่น (Wavelength) การกระจุกกระจายเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวคลื่นลดลง ข้อมูลภาพถ่ายเทียมที่มีช่วงคลื่นสั้น จึงได้รับผลกระทบการกระจายแสงมากกว่าข้อมูลในช่วงคลื่นยาว เช่น ข้อมูลแลนด์แซททีเอ็มแบนด์ 1 มีการกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (Lp) มากกว่าข้อมูลแบนด์ 7 เป็นต้น

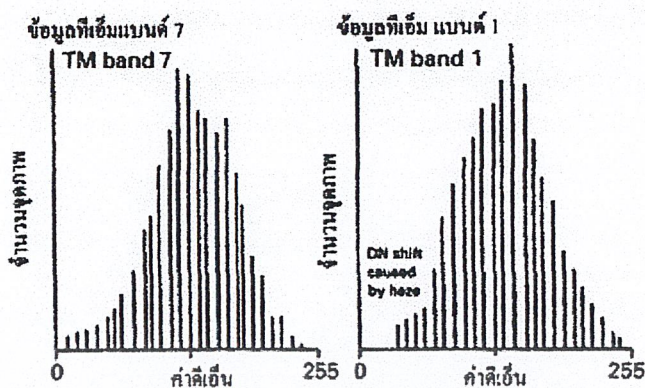
การตรวจสอบและแก้ไขผลกระทบจากบรรยากาศ มี 2 วิธี คือ

2.6.11.3.1 การใช้แบบจำลองการถดถอย (Regression Model) โดยการพลอตกราฟเส้นตรงข้อมูลแลนด์แซททีเอ็มแบนด์ 1 และ แบนด์ 7 ใช้เทคนิคกำลังสองน้อยที่สุด (Least-Square Technique) ถ้าไม่มีการกระจายแสงในแบนด์ 1 เส้นตรงในกราฟจะต้องเริ่มต้นจากจุดศูนย์กำเนิด แต่ถ้ามีการกระจายแสงในแบนด์ที่ 1 จะพบว่า ไม่มีข้อมูลจากจุดกำเนิด การกระจายแสงทำให้เกิดความมัวของภาพทำให้ภาพไม่ชัดเจนหรือเกิด Haze การแก้ไขก็คือ ใช้ค่า Offset (อ่านได้จากกราฟ) ลบออกจากข้อมูลแบนด์ ที่ 1 ทุกจุดภาพ ก็จะแก้ไขทำให้ภาพชัดเจนขึ้นได้

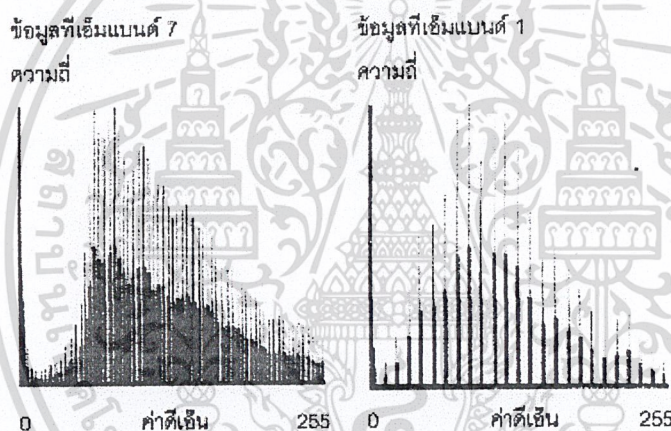
2.6.11.3.2 การใช้ฮิสโทแกรม (Histogram Minimum Method) วิธีนี้ตรวจสอบข้อมูลได้จากฮิสโทแกรม นำข้อมูลแลนด์แซททีเอ็มแบนด์ 1 และ แบนด์ 7 มาทำฮิสโทแกรมเพื่อดูการกระจายของข้อมูล ถ้ามีผลกระทบจากบรรยากาศ ข้อมูลแบนด์ที่ 1 ที่มีค่าดีเอ็นต้าจะไม่มีในขณะที่แบนด์ 7 มีการกระจายของข้อมูลปกติ

การที่ไม่มีข้อมูลในแบนด์ ที่ 1 ระหว่าง 0 – 20 จาคร แสดงว่ามีการกระจายแสงบรรยากาศมาก ไม่มีพลังงานสะท้อนเข้าสู่เครื่องตรวจวัด

การแก้ไขก็คือ นำค่า 20 นี้มาลบออกจากข้อมูลจุดภาพในแบนด์ที่ 1 การปรับแก้ผลกระทบจากบรรยากาศขึ้นอยู่กับความยาวแบนด์ต่างๆ และสภาพบรรยากาศ การกระจุกกระจายในบรรยากาศมีมากในช่วงคลื่นสั้น นอกจากนี้สภาพอากาศดีขึ้น มีหมอกมาก และมีฝุ่นละอองในบรรยากาศที่เป็นเหตุให้การกระจุกกระจายแสงมีมากกว่าอากาศที่แจ่มใสและอากาศแห้ง



ก.กราฟฮิสโตแกรมข้อมูลทีเอ็มแบนด์ 7 และแบนด์ 1
ค่าสีเอ็นขาดหายไปนแบนด์ 1 เกิดจากการกระจายแสงแบบเลือกในบรรยากาศ



ข.กราฟฮิสโตแกรมข้อมูลทีเอ็มแบนด์ 7 และแบนด์ 1
ค่าสีเอ็นในแบนด์ 1 มีการกระจายแบบปกติ
รูปที่ 2-13 วิธีการตรวจสอบและแก้ไขผลกระทบจากบรรยากาศ

2.6.12 ความผิดพลาดทางเรขาคณิต (Geometric Distortion)

ข้อมูลภาพดาวเทียมโดยปกติมักมีความผิดพลาดทางเรขาคณิต ซึ่งเกิดจากความผันแปรของความสูง การทรงตัวและความเร็วของยานสำรวจ รวมถึงความผิดพลาดจากรูปถ่ายจอกว้าง (Panoramic Distortion) ความโค้งของโลก และความคลาดเคลื่อนจากความต่างระดับ

ความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูลสัมผัสระยะไกลอาจแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ความผิดพลาดอย่างเป็นระบบ และไม่เป็นระบบ

2.6.12.1 ความผิดพลาดทางเรขาคณิตอย่างเป็นระบบ เกิดขึ้นครั้งที่และคาดเดาได้ มีลักษณะดังต่อไปนี้

2.6.12.1.1 การเอียงของแนวกวาดภาพ (Scan Skew) เกิดจากความผันแปรของความเร็วของกระจกกวาดภาพและความผิดพลาดในแนวขวาง (Cross-Track) การหมุนรอบตัวเองของโลกในช่วงเวลา 26 วินาทีที่ใช้ในการกวาดภาพเลนซ์แซตที่เอ็ม 1 ภาพนั้น ทำให้เกิดความผิดพลาดในเรื่องทิศทางของการกวาดภาพ (Scan Direction) เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเองตลอดเวลาจากตะวันตกไปตะวันออก เมื่อดาวเทียมโคจรไปข้างหน้า (Forward Motion) จากขั้วโลกเหนือลงมายังขั้วโลกใต้ พื้นที่ในการเก็บข้อมูลจึงเฉไปจากแนวปกติ ทำให้เกิดการเอียงของแนวกวาดภาพจากบรรทัดภาพปกติ การแก้ไขทำได้โดยนำความเร็วของดาวเทียมมาปรับแก้เพื่อหาความสัมพันธ์ที่ถูกต้องทางเรขาคณิตของภาพ

2.6.12.1.2 ความผันแปรของความเร็วของกระจกกวาดภาพ เกิดจากกระจกมีความเร็วในการกวาดภาพไม่คงที่ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดของแนวกวาดภาพ การแก้ไขใช้ความเร็วที่ผันแปรนี้มาแก้ไขผลกระทบนี้

2.6.12.1.3 ความผิดพลาดในแนวขวาง (Cross-Track Distortion) เกิดจากการสุ่มตัวอย่างของจุดภาพตามแนวกวาดภาพ โดยมีช่วงเวลาที่คงที่ จุดภาพที่อยู่ในบริเวณขอบของแนวกวาดภาพมีขนาดใหญ่มากกว่าจุดกวาดภาพที่อยู่ตอนกลางของแนวกวาดภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการกวาดภาพในบริเวณขอบ ทำให้จุดภาพมีขนาดใหญ่มากกว่า การเก็บข้อมูลนำจุดภาพมาบีบอัดเพื่อให้จุดภาพมีขนาดเท่ากัน จึงทำให้มีความผิดพลาดจากความเป็นจริง การแก้ไขทำได้โดยปรับให้มีขนาดของจุดภาพตามสภาพที่เป็นจริง ความผิดพลาดทางเรขาคณิตอย่างเป็นระบบนี้ ข้อมูลภาพดาวเทียมเลนซ์แซตและดาวเทียมอื่นๆ จะถูกนำมาแก้ไขให้ถูกต้องก่อนเผยแพร่ออกสู่ผู้ใช้ข้อมูล

2.6.12.2 ความผิดพลาดทางเรขาคณิตอย่างไม่เป็นระบบ มีสาเหตุมาจากความผันแปรในเรื่องการทรงตัว (Attitude) ความเร็วและความสูง (Altitude) ของยานสำรวจ และเป็นความผิดพลาดที่ไม่สามารถคาดหมายได้ ในกรณีของดาวเทียมเลนซ์แซต อาจวัดความผิดพลาดได้จากข้อมูลภาคพื้นดิน และข้อมูลการเคลื่อนที่ของดาวเทียม (Tracking Data) ความผิดพลาดทางเรขาคณิตอย่างไม่เป็นระบบเกิดจากปัจจัยดังต่อไปนี้

2.6.12.2.1 ความผันแปรของความเร็วของยานสำรวจ เป็นสาเหตุให้มีความผิดพลาดในทิศทางการโคจร (Along-Track Direction)

2.6.12.2.2 ความผันแปรในเรื่องของการทรงตัวของยานสำรวจ (Attitude) ได้แก่ การหมุน (Roll) การโคลงตัว (Pitch) และการส่าย (Yaw) รวมทั้งความผันแปรในเรื่องของความสูง (Altitude) ของยานสำรวจ

2.6.13 การปรับแก้ทางเรขาคณิต (Geometric Correction)

การปรับแก้ทางเรขาคณิต เป็นวิธีการแก้ไขข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้มีความถูกต้องทางด้านพื้นที่ มาตรการส่วน และมีคุณสมบัติโปรเจกชันเหมือนแผนที่ โดยสามารถระบุให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงบนพื้นผิวโลก

การปรับแก้ทางเรขาคณิต แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.6.13.1 การปรับแก้ทางเรขาคณิตที่มีความผิดพลาดเป็นระบบ วิธีการทำได้โดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่ได้จากแบบจำลองความผิดพลาดนำมาแก้ไข ตัวอย่างเช่น การเอียงของแนวกวาดภาพ (Scan skew) การทดสอบอุปกรณ์เลนส์แชดก่อนส่งขึ้นวงโคจร ได้พบว่า ความเร็วของกระจกกวาดภาพไม่คงที่ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุดในแต่ละบรรทัดภาพ ทำให้มีความผิดพลาดอย่างเป็นระบบในแต่ละบรรทัดภาพ ค่าความผันแปรของความเร็วของกระจกกวาดภาพได้นำมาใช้ในการแก้ไขผลกระทบนี้

2.6.13.2 การปรับแก้ทางเรขาคณิตที่มีความผิดพลาดไม่เป็นระบบมีขั้นตอนดังต่อไปนี้
คือ

2.6.13.2.1 การกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCPs)

2.6.13.2.2 การกำหนดลำดับของการแปลงข้อมูล (Orders of Transformation)

2.6.13.2.3 การหาค่าใหม่ (Resample)

2.6.14 ขั้นตอนการปรับแก้ทางเรขาคณิต

การปรับแก้ทางเรขาคณิตในกรณีที่มีความผิดพลาดไม่เป็นระบบแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

2.6.14.1 การกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point, GCPs) การเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน มีความสำคัญในการแก้ไขความผิดพลาดทางเรขาคณิต และมีหลักการในการเลือกตำแหน่ง จะต้องเลือกให้ครอบคลุมทั่วทั้งภาพ เหมือนเป็นหมุดยึดให้ภาพตรึงอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยเลือกภูมิประเทศที่เห็นได้ชัดเจนและเปลี่ยนแปลงได้ยาก

ในกรณีที่เป็นภาพมาตราส่วนใหญ่ควรเลือกสี่แยกถนน 2 สายตัดกัน สนามบิน ตึกหรือสิ่งก่อสร้าง คลองหรือทางน้ำที่ไม่เปลี่ยนแปลงง่าย ในกรณีภาพมาตราส่วนเล็ก เลือกพื้นที่ที่เห็นได้ชัดเจน เช่น พื้นที่ตัวเมือง แหล่งน้ำ โครงสร้างทางธรณีวิทยา

ในกระบวนการแก้ไข มีการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินให้เหมาะสมกับลำดับการแปลงข้อมูลในขั้นตอนที่ 2

2.6.14.3 การกำหนดลำดับของการแปลงข้อมูล (Order of Transformation) การแปลงข้อมูลใช้สมการพหุนาม (Polynomial Equations) โดยปกติใช้ลำดับ 1 และ 2

การแปลงข้อมูลโดยใช้สมการพหุนามลำดับที่ 1 เรียกว่าการแปลงข้อมูลแบบเส้นตรง (Linear Transformations) การแปลงข้อมูลประเภทนี้สามารถแก้ไขความผิดพลาดที่ไม่เป็นเส้นตรง (Nonlinear Distortions) เรียกวิธีการแปลงนี้ได้อีกชื่อหนึ่งว่า Rubber Sheeting ยิ่งลำดับของการแปลงสูงมากขึ้น ก็มีความจำเป็นต้องใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินจำนวนมากขึ้น

การแปลงข้อมูลจากข้อมูลภาพที่ไม่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์ให้เป็นข้อมูลภาพที่มีพิกัดทางภูมิศาสตร์หรือมีโปรเจกชันของแผนที่ เรียกว่า Georeferencing หรือ Geocoding

ลำดับการแปลงข้อมูล	จุดควบคุมภาคพื้นดินน้อยที่สุด
1	3
2	6
3	10
4	15
5	21
6	28
7	36
8	45
9	55
10	66

* ควรใช้ GCP ให้มากกว่าจำนวนน้อยที่สุดในตาราง (ที่มา: ESRI: 210)

ตาราง 2.1 จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดินที่น้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในลำดับต่างๆ ของการแปลงข้อมูลภาพดาวเทียม

2.7 การเปลี่ยนแปลงบริเวณชายฝั่ง

ชายฝั่ง คือส่วนของแผ่นดินที่อยู่ติดกับทะเล โดยธรรมชาติชายฝั่งทะเลมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา สาเหตุจากอิทธิพลของคลื่น คลื่นที่กระทำต่อชายฝั่งจะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของตะกอนทราย กล่าวคือ คลื่นที่เคลื่อนตัวทำมุมกับแนวชายฝั่งจะก่อให้เกิดกระแสน้ำขึ้น 2 ชนิด คือ กระแสน้ำในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง (trip current) และกระแสน้ำชายฝั่ง (longshore current) ซึ่งกระแสน้ำทั้งสองนี้เป็นตัวพัดพาให้ตะกอนเคลื่อนที่ในแนวต่างๆ

บริเวณใกล้ชายฝั่ง (littoral zone) เป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงมาก ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณนี้จะเกิดการปั่นป่วนของพลังงานอันเนื่องจากการแตกตัวของคลื่น ทำให้ตะกอนทรายที่องน้ำถูกยกตัวขึ้น และถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ และจากเหตุผลอีกประการหนึ่ง คือความลึกของท้องน้ำในสภาพธรรมชาติไม่เท่ากัน ทำให้คลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ชายฝั่งเกิดการหักเหหรือบิดแนวของแนวคลื่น ซึ่งเกิดการรวมและการกระจายของพลังงานคลื่นที่เคลื่อนเข้าปะทะชายฝั่ง ทำให้บริเวณต่างๆ มีศักยภาพในการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งที่แตกต่างกัน บริเวณที่พลังงานคลื่นรวมตัวย่อมมีโอกาสถูกกัดเซาะสูงกว่าบริเวณที่พลังงานคลื่นกระจาย

การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลหรือการกัดเซาะและทับถมของตะกอนทราย เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ โดยมีคลื่นและกระแสน้ำชายฝั่งเป็นตัวแปรสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลง การกัดเซาะและทับถมของตะกอนทรายมักจะ ไม่เท่ากันในแต่ละฤดูกาลและแต่ละปี บริเวณใดที่มีอัตราการทับถมมากกว่าการกัดเซาะ ก็จะเกิดการขึ้นของแผ่นดิน ในทางตรงข้าม ถ้าอัตราการกัดเซาะสูงกว่าการทับถม บริเวณนั้นจะเกิดการหดหาย/ถดถอยของแผ่นดิน และถ้าอัตราการกัดเซาะเท่ากับการทับถม บริเวณนั้นจะไม่เปลี่ยนแปลง

โดยทั่วไป การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น (short-term) และการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว (long-term) การเปลี่ยนแปลงระยะสั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละฤดูมรสุมซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพคลื่น กล่าวคือ คลื่นที่มีความสูงมากหรือคลื่นพายุ (storm wave) คลื่นประเภทนี้จะมีความสูง มีโอกาสที่ปะทะชายฝั่งและกัดเซาะสูงกว่าคลื่นที่มีขนาดเล็กกว่า และในขณะเดียวกัน ถ้าระดับน้ำทะเลขึ้นสูงด้วย ยิ่งส่งผลต่อการกัดเซาะสูงขึ้นด้วย สำหรับการเปลี่ยนแปลงระยะยาวนั้นขึ้นอยู่กับความไม่สมดุลของอัตราการกัดเซาะและทับถมของตะกอนทรายในแต่ละปี ซึ่งทำให้ปรากฏการณ์การหดหายและการขึ้นของแผ่นดิน

การกัดเซาะชายฝั่ง มักจะเกิดขึ้นในช่วงฤดูมรสุมซึ่งคลื่นมีขนาดใหญ่ คลื่นที่มีความชัน (wave steepness) สูงเคลื่อนเข้าปะทะชายฝั่ง กัดเซาะและพัดพาตะกอนทรายลงมาเมื่อคลื่นเคลื่อนตัวกลับ (downward) ตะกอนทรายที่ถูกกัดเซาะจะถูกคลื่นและกระแสน้ำพัดพาไปตกตะกอนเกิดเป็นสันดอนทรายใต้น้ำในบริเวณนอกชายฝั่ง หลังฤดูมรสุมซึ่งคลื่นมีความรุนแรงน้อยกว่า ตะกอนทรายเหล่านี้ จะ

ถูกคลื่นยกขึ้นและพัดพามาตกตะกอนใกล้ชายฝั่งเรื่อยๆ จนในที่สุดตะกอนทรายส่วนหนึ่งถูกพัดพามาตกตะกอนบนชายฝั่งทะเล ในช่วงหลังฤดูมรสุมของชายฝั่งบริเวณ Lake Michigan ลักษณะการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายเข้าออกนี้ก็คือ การเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น

นอกจากคลื่นแล้ว กระแสน้ำและการเคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเล การเคลื่อนที่ของตะกอนประกอบด้วย การเคลื่อนที่ของตะกอนในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง (onshore-offshore transport) และการเคลื่อนที่ตะกอนตามแนวชายฝั่ง (longshore transport) การเคลื่อนที่ของตะกอนทรายทั้งสองทิศทางนี้เกิดจากกระแสน้ำชายฝั่งซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากคลื่นเคลื่อนตัวเข้าทำมุมกับแนวชายฝั่ง การเคลื่อนที่ของตะกอนทั้งสองทิศทางนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างมากแต่การเคลื่อนที่ในแนวตั้งฉากมีอิทธิพลมากกว่าสำหรับการเปลี่ยนแปลงในระยะสั้น คือเกิดการเคลื่อนที่ของตะกอนทรายเข้าออกมากกว่าการเคลื่อนที่ในแนวขนานชายฝั่ง และการเคลื่อนที่ในแนวขนานกับชายฝั่งมีอิทธิพลมากกว่าสำหรับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว คือกระแสน้ำชายฝั่งจะพัดพาตะกอนทรายให้เคลื่อนตัวตามไปด้วย ทำให้ตะกอนทรายไปตกทับถมบริเวณอื่น ตะกอนทรายจะถูกพาไปได้ไกลขนาดไหนขึ้นอยู่กับความแรงของกระแสน้ำและขนาดของตะกอนทราย ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า การเคลื่อนที่ของตะกอนตามแนวชายฝั่ง เป็นตัวแปรสำคัญในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในระยะยาว J.Munch-Peterson ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลประเทศเคนมาร์มาเป็นเวลา 40 ปี ได้กล่าวในเชิงเปรียบเทียบว่า เราจะเข้าใจปรากฏการณ์เคลื่อนที่ของตะกอนชายฝั่ง โดยมองคลื่นที่ซัดเข้าหาฝั่งเป็นรถตักดินและกระแสน้ำชายฝั่งเป็นสายพานลำเลียงตะกอนทราย โดยมีมุมที่คลื่นเคลื่อนเข้ามาเป็นตัวขับเคลื่อนกำลังของสายพาน

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลมีลักษณะเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่ค่อนข้างจะสลับซับซ้อน โดยมีคลื่นและกระแสน้ำบริเวณชายฝั่งเป็นตัวแปรในการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในเชิงปริมาณ (quantitative) เป็นสิ่งที่ยากมาก การบรรยายปรากฏการณ์ต่างๆ สามารถทำได้เพียงในเชิงอนุมาน (qualitative) เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อความเข้าใจถึงกลไกของการเปลี่ยนแปลง และนำมาเป็นข้อมูลสำหรับการป้องกัน และอนุรักษ์ชายฝั่งทะเลต่อไป

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Maged m.m and s.b. Mansor (1998) ทำการศึกษาตัวแบบการกัดเซาะชายฝั่ง โดยการใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกล ซึ่งสาเหตุการกัดเซาะชายฝั่งเกิดจากพลังงานคลื่นที่ส่งเข้าไปในบริเวณนั้น พลังงานคลื่นนี้สามารถทับถมตะกอนหรือกัดเซาะตลอดแนวชายฝั่ง หนึ่งในพื้นที่ที่รายงานปัญหาชัดเจนคือ ชายฝั่งคูลา ทาเลนกานู การศึกษานี้มุ่งหมายเพื่อพัฒนาระบบพยากรณ์การกัดเซาะ โดยตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ถูกนำไปใช้เพื่อตรวจสอบและพยากรณ์การกัดเซาะ ตัวแบบนี้ใช้ประโยชน์จากข้อมูลหลายประเภท ประกอบด้วยข้อมูลการสำรวจระยะไกล การสำรวจทางเรือ และข้อมูลจริงภาคสนาม ในโครงการนี้ภาพถ่ายทางอากาศ และภาพถ่ายจากแอร์ซา/ทอปซา (AIRSAR/TOPSAR) ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการพยากรณ์การกัดเซาะชายฝั่ง

ผลลัพธ์แสดงให้เห็นแสดงให้เห็นชายฝั่งคูลา ทาเลนกานู ไม่มีกำแพงตะกอนและมีการกัดเซาะในหลายแห่ง ตัวแบบของฟังก์ชันการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability distribution functional model) ถูกนำมาปรับให้เหมาะสมในการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง โดยใช้ประโยชน์จากข้อมูลทางเรือจากปี 1971-1983 โดยรวบรวมจากข้อมูลทอปซา (TOPSAR) กับการสำรวจทางเรือ การทับถม ตะกอนและการกัดเซาะในชายฝั่งคูลา ทาเลนกานู สามารถนำมาพยากรณ์ ด้วยวิธีการทางสถิติแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งเป็นไปตามสมมติฐานธรรมชาติ การศึกษานี้แสดงให้เห็นการกัดเซาะชายฝั่งที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูกลางมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และการสะสมตะกอนเกิดขึ้นภายในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

Micha Klein and Dov Zviely (2001) ได้ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการพัฒนาท่าเรือที่ติดกับชายหาดบริเวณท่าเรือเมอซ์เลีย ประเทศอิสราเอล โดยเป้าหมายในการศึกษารั้งนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทางเหนือและทางใต้ของท่าเรือเมอซ์เลีย โดยใช้เทคนิคการสำรวจระยะไกลและเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงกับการพยากรณ์โดยการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ตัวแบบที่สร้างขึ้นโดยสถาบันวิจัยวิศวกรรมชายฝั่งและทะเล (Coastal and Marine Engineering Research Institute, Technior, Israel Institute of Technology, Haifa, Israel) ผลลัพธ์ที่ได้จากตัวแบบในช่วงแรกได้พยากรณ์การกัดเซาะชายฝั่งทางเหนือของท่าเรือ วิธีการแก้ไขปัญหาลำดับนี้คือ การสร้างกำแพงกันคลื่น ร่วมกับการวางแผนตามความต้องการและกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่จะศึกษา เมื่อเพิ่มกำแพงกันคลื่น ตัวแบบจะสามารถพยากรณ์การสะสมดิน และพยากรณ์ระดับการกัดเซาะ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากหลักฐานภาคสนามนี้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นี้เป็นเพียงการแสดงให้เห็นพื้นที่การกัดเซาะทางทิศเหนือแต่ตัวแบบนี้ไม่สามารถพยากรณ์การกัดเซาะ ที่เกิดขึ้นแล้ว 750 เมตร ทางเหนือของท่าเรือ และไม่มีสนใจการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทางใต้ของท่าเรือ

อภิชาติ เปลี่ยนเจริญ (2547) ทำการศึกษาถึงการกัดเซาะชายฝั่งอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง ที่เกิดจากความสูงคลื่น, ความเร็วลม, ระดับน้ำปานกลาง, ปริมาณน้ำฝน, อุณหภูมิ และความชื้นในอากาศ โดยได้นำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงเพื่อหาสมการที่ใช้ในการพยากรณ์การกัดเซาะชายฝั่ง

ผลจากการศึกษาพบว่า ความชื้นในอากาศมีความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 82% ในทิศทางตรงกันข้าม, ความสูงคลื่นมีความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 68.4% ในทิศทางเดียวกัน, ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 65.3% ในทิศทางตรงกันข้าม, ความเร็วลมมีความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 64.2% ในทิศทางเดียวกัน, น้ำขึ้นน้ำลงมีความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะชายฝั่งประมาณ 40.4% ในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งจากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้นตรงจะได้สมการพยากรณ์การกัดเซาะชายฝั่งทั้งหมด 20 รูปแบบ เพื่อใช้ในการพยากรณ์การกัดเซาะชายฝั่งอำเภอบ้านฉาง จังหวัดระยอง

สุภาพร คาวินฉา (2549) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งบริเวณแหลมสิงห์ถึงปากน้ำแฉมหนู จังหวัดจันทบุรี โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 TM ในระหว่างปี พ.ศ. 2534-2549 ร่วมกับเทคนิคทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการลากเส้นชายฝั่งและการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แนวชายฝั่ง พบว่ามีพื้นที่ชายฝั่งถูกกัดเซาะ 1.21 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชายฝั่งสะสมตัว 0.70 ตารางกิโลเมตร นอกจากนี้ วิเคราะห์ข้อมูลลม ระดับน้ำขึ้นน้ำลงและขนาดอนุภาคตะกอน พบว่าในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะทำให้เกิดการลดลงของปริมาณทรายชายฝั่ง ส่วนในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีการเพิ่มปริมาณทรายบริเวณชายฝั่ง นั่นคือปัจจัยทางลมและความเร็วลมจึงมีอิทธิพลต่ออัตราการกัดเซาะชายฝั่ง ในขณะที่ระดับน้ำมีผลต่อการกัดเซาะชายฝั่งในบริเวณที่ความลาดชันต่ำ

กมลพร มิ่งสกุล (2550) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งบริเวณจังหวัดชุมพรด้วยภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 TM ในระหว่างปี พ.ศ. 2531-2550 เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงโดยใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการลากเส้นชายฝั่งและการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ชายฝั่ง พร้อมทั้งวิเคราะห์สหสัมพันธ์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางสมุทรศาสตร์และพื้นที่การกัดเซาะชายฝั่ง ผลการศึกษาพบว่าแนวชายฝั่งจังหวัดชุมพรมีพื้นที่คงสภาพ 0.47 ตารางกิโลเมตร เป็นระยะทาง 160.11 กิโลเมตร มีพื้นที่สะสมตัว 0.32 ตารางกิโลเมตร เป็นระยะทาง 21.73 กิโลเมตรและมีพื้นที่การกัดเซาะชายฝั่งทั้งหมด 0.46 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นระยะทาง 55.30 กิโลเมตร แบ่งเป็นพื้นที่ที่มีการกัดเซาะปานกลางที่ระดับ 1-5 เมตรต่อปี คิดเป็นพื้นที่ 0.33 ตารางกิโลเมตร เป็นระยะทาง 14.11 กิโลเมตร และพื้นที่ที่มีการกัดเซาะรุนแรงในช่วง 5-10 เมตรต่อปีคิดเป็นพื้นที่ 0.07 ตารางกิโลเมตร เป็นระยะทาง 41.19 กิโลเมตร โดยแนวชายฝั่งจังหวัดชุมพร พบว่า ชายฝั่งบริเวณ

จังหวัดชุมพรมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในช่วงระยะเวลา 20 ปี ที่ผ่านมามีอัตราการกัดเซาะชายฝั่งเฉลี่ย 2.45 เมตรต่อปี นอกจากนี้ยังพบว่าระยะทางการกัดเซาะมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนแต่ที่พื้นที่การกัดเซาะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและค่อนข้างคงที่ โดยยกเว้นบริเวณอำเภอหลังสวน อำเภอละแม ส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ระหว่างการกัดเซาะชายฝั่งและปัจจัยทางสมุทรศาสตร์พบว่าปริมาณน้ำฝนและความเร็วลมมีความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะ ในทิศทางเดียวกันแต่ระดับน้ำขึ้นน้ำลงจะพบว่ามี ความสัมพันธ์ต่อการกัดเซาะ ในทิศทางตรงกันข้าม นอกจากนี้แล้วผลการสำรวจในภาคสนามพบว่า ตะกอนทรายมีการเคลื่อนตัวออกจากฝั่งสู่ทะเลในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และกลับมาสะสมตัวทับถมในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ชายฝั่งบริเวณ หาดเจ้าหลาว อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ระยะทางที่ทำการศึกษา 2.16 กิโลเมตร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา สามารถจำแนกได้เป็น 5 ประเภทคือ
 - 1.1 ข้อมูลน้ำขึ้น – น้ำลง ปี พ.ศ. 2554 ข้อมูลจากทวนสำรวจอุทกศาสตร์ ปี พ.ศ. 2536 – 2543 จากกรมอุทกศาสตร์และข้อมูลลมมรสุมและพายุในรอบ 62 ปี จากกรมอุตุนิยมวิทยา
 - 1.2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ
 - 1.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ มาตรฐาน 1 : 4000 ปี พ.ศ. 2518 , 2533 และ 2545 จากกรมแผนที่ทหาร
 - 1.2.2 ข้อมูล DEM FILE ปี พ.ศ. 2543 จากกรมแผนที่ทหาร
 - 1.2.3 ข้อมูล ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT มาตรฐาน 1:4000 จากกรมแผนที่ทหาร
 - 1.3 ข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour) จากการสำรวจภาคสนาม (Survey) ในพื้นที่ชายฝั่งบริเวณหาดเจ้าหลาว
 - 1.4 ข้อมูลการสัมภาษณ์บุคคลในพื้นที่
 - 1.5 ข้อมูลภาพถ่ายบริเวณพื้นที่ศึกษา
2. ระบบคอมพิวเตอร์ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ
 - 2.1 ซอฟต์แวร์ (Software) ของคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม Global Mapping เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์
 - 2.2 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ของคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และจัดเก็บข้อมูล
3. อุปกรณ์ในการสำรวจ ซึ่งมีดังต่อไปนี้
 - 3.1 กล้องระดับ (Level – measuring instrument)
 - 3.2 กล้องวัดมุม (Theodolite)
 - 3.3 ไม้ Staff
 - 3.4 Optical square
 - 3.5 เทปวัดระยะ

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งจำแนกเป็น 3 ประเภทคือ

1.1 ข้อมูลน้ำขึ้น – น้ำลง ปี พ.ศ. 2554 ข้อมูลจากหุ่นสำรวจอุทกศาสตร์ ปี พ.ศ. 2536 – 2543 จากกรมอุทกศาสตร์และข้อมูลลมมรสุมและพายุในรอบ 62 ปี จากกรมอุตุนิยมวิทยา

1.2 ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากกรมแผนที่ทหาร ซึ่งจำแนกเป็น 3 ประเภทคือ

1.2.1 ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ มาตราส่วน 1 : 4000 ปี พ.ศ. 2518 , 2533 และ 2545 ซึ่งได้รับการปรับแก้ผิดพลาดทางเรขาคณิต และปรับแก้พิกัด ให้มีความถูกต้องแล้วจากกรมแผนที่ทหาร

1.2.2 ข้อมูล DEM FILE ปี พ.ศ. 2543 จากกรมแผนที่ทหาร

1.2.3 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT มาตราส่วน 1 : 4000 ความซึ่งได้รับการปรับแก้ผิดพลาดทางเรขาคณิต และปรับแก้พิกัด ให้มีความถูกต้องแล้วจากกรมแผนที่ทหาร

1.3 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

1.3.1 การเก็บข้อมูลเส้นชั้นความสูง (Contour) จากการสำรวจ (Survey)

ระดับความถูกต้องชั้น 3 โดยแบ่งการสำรวจออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ บริเวณที่มีแนวเขื่อนกั้นคลื่นและบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่น ระยะทางบริเวณละ 100 เมตร

1.3.2 ข้อมูลการสัมภาษณ์บุคคลในพื้นที่

1.3.3 ข้อมูลภาพถ่ายสภาพชายหาดในปัจจุบัน

2. การศึกษาและตรวจสอบข้อมูล ปรับแก้ค่าระดับน้ำทะเล จากข้อมูลน้ำขึ้น – น้ำลง เพื่อให้ข้อมูลที่วิเคราะห์มีความถูกต้องก่อนจะนำไปวิเคราะห์

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเพื่อมหาพื้นที่ และความยาวชายหาดที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ทางสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูล DEM FILE เพื่อหาพื้นที่และความยาวโดยใช้โปรแกรม Global Mapper ในการวิเคราะห์ข้อมูลของชายหาดที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามเพื่อหาสภาพพื้นที่ ความลาดชัน ความยาว และสภาพการกัดเซาะ ของชายหาดในปัจจุบัน



บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลทางอุทกศาสตร์ ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของชายฝั่งและสภาพขาดในปัจจุบัน บริเวณหาดเจ้าหลาว อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี สามารถได้ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้

1. ข้อมูลทางสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากการนำภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และข้อมูล DEM FILE จากกรมแผนที่ทหาร ได้ข้อมูล ดังนี้

พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 7030.26 ตารางเมตร

ปี 2533 - 2543 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 9786.60 ตารางเมตร

ปี 2543 - 2545 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 5873.22 ตารางเมตร

ปี 2545 - 2551 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 1944.32 ตารางเมตร

อัตราการกัดเซาะพื้นที่ของชายฝั่งต่อปีได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 อัตราการกัดเซาะของพื้นที่ชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 468.80 ตารางเมตร/ปี

ปี 2533 - 2543 อัตราการกัดเซาะของพื้นที่ชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 978.66 ตารางเมตร/ปี

ปี 2543 - 2545 อัตราการกัดเซาะของพื้นที่ชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 2936.61 ตารางเมตร/ปี

ปี 2545 - 2551 อัตราการกัดเซาะของพื้นที่ชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 324.05 ตารางเมตร/ปี

ปี 2518 - 2551 อัตราการกัดเซาะของพื้นที่ชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1177.00 ตารางเมตร/ปี

ระยะช่วงที่มีการกัดเซาะชายฝั่งได้ดังนี้

ปี 2518 - 2533 ระยะช่วงที่มีการกัดเซาะยาว 1203.82 เมตร

ปี 2533 - 2543 ระยะช่วงที่มีการกัดเซาะยาว 906.99 เมตร

ปี 2543 - 2545 ระยะช่วงที่มีการกัดเซาะยาว 1154.11 เมตร

ปี 2545 - 2551 ระยะช่วงที่มีการกัดเซาะยาว 565.27 เมตร

อัตราการกัดเซาะชายฝั่งต่อปีได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.26 เมตร/ปี

ปี 2533 - 2543 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1.08 เมตร/ปี

ปี 2543 - 2545 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1.93 เมตร/ปี

ปี 2545 - 2551 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.68 เมตร/ปี

ปี 2518 - 2551 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.99 เมตร/ปี

พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้นได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 8641.82 ตารางเมตร

ปี 2533 - 2543 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 9124.70 ตารางเมตร

ปี 2543 - 2545 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 3883.86 ตารางเมตร

ปี 2545 - 2551 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 11938.57 ตารางเมตร

อัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชายฝั่งต่อปีได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 576.12 ตารางเมตร/ปี

ปี 2533 - 2543 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 912.47 ตารางเมตร/ปี

ปี 2543 - 2545 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1941.93 ตารางเมตร/ปี

ปี 2545 - 2551 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1989.76 ตารางเมตร/ปี

ปี 2518 - 2551 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1355.07 ตารางเมตร/ปี

ระยะช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งได้ดังนี้

ปี 2518 - 2533 ระยะช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นยาว 1124.21 เมตร

ปี 2533 - 2543 ระยะช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นยาว 1249.24 เมตร

ปี 2543 - 2545 ระยะช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นยาว 1154.11 เมตร

ปี 2545 - 2551 ระยะช่วงที่มีการเพิ่มขึ้นยาว 565.27 เมตร

อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งต่อปีได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.23 ตารางเมตร/ปี

ปี 2533 - 2543 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1.02 ตารางเมตร/ปี

ปี 2543 - 2545 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1.83 ตารางเมตร/ปี

ปี 2545 - 2551 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.58 ตารางเมตร/ปี

ปี 2518 - 2551 อัตราการเพิ่มขึ้นของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.92 ตารางเมตร/ปี

Year	Area Of beach (m ²)	Erosions					Accretions				
		A ₁ (m ²)	D ₁ (m)	L ₁ (m)	Ma ₁ (m ² /y)	Ml ₁ (m/y)	A ₂ (m ²)	D ₂ (m)	L ₂ (m)	Ma ₂ (m ² /y)	Ml ₂ (m/y)
2518	49190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2533	50500	7030.26	1203.82	3.88	468.68	0.26	8641.82	1124.21	3.45	576.12	0.23
2543	50242	9786.6	906.99	10.81	978.66	1.08	9124.7	1249.4	10.20	912.47	1.02
2545	48140	5873.22	1154.11	3.86	2936.61	1.93	3883.86	1029.24	3.65	1941.93	1.83
2551	58358	1944.32	565.27	4.08	324.05	0.68	11938.57	1562.97	3.50	1989.76	0.58
Average					1177.00	0.99				1355.07	0.92

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งในช่วงปี พ.ศ. 2518 , 2533 , 2543 , 2545 และปี 2551

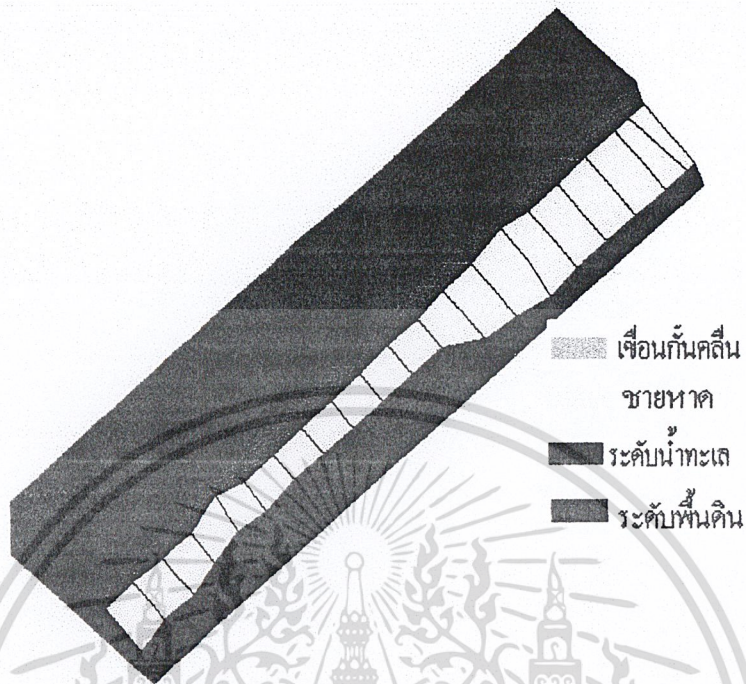
2. ที่ข้อมูลได้จากการสำรวจภาคสนาม

ข้อมูลการสำรวจเส้นชั้นความสูง (Contour)

จากการสำรวจภาคสนามเพื่อสำรวจหาเส้นชั้นความสูง (Contour) โดยแบ่งการสำรวจออกเป็น 2 บริเวณ ได้แก่ บริเวณที่มีแนวเขื่อนกั้นคลื่น และ บริเวณ ไม่มีเขื่อน ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

บริเวณที่มีแนวเขื่อนกั้นคลื่น

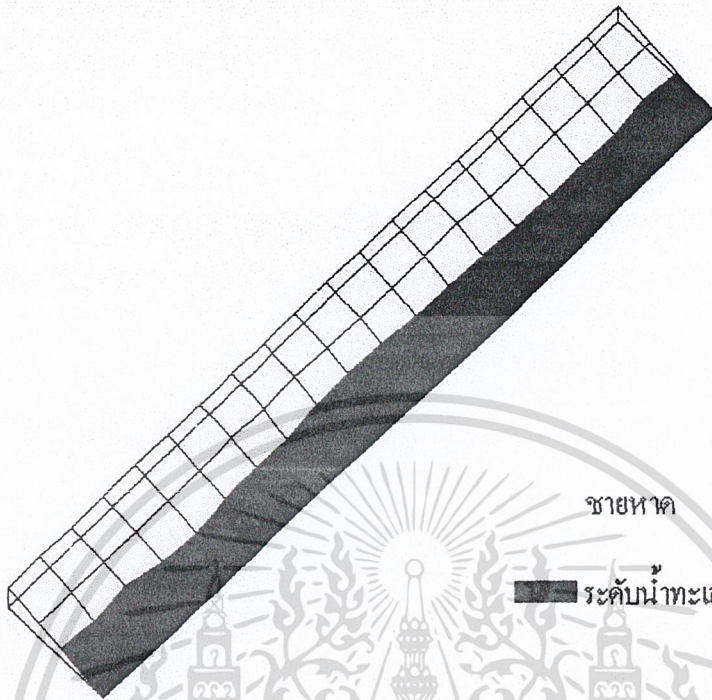
จุดเริ่มต้นการสำรวจคือพิกัด lat 12.57132 long 101.89665 จนถึงจุดสิ้นสุดการสำรวจคือ พิกัด lat 12.57077 long 101.89730 ระยะทาง 100 เมตร



รูปที่ 4-1 แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) บริเวณที่มีเขื่อนกันคลื่น

บริเวณที่ไม่มีแนวเขื่อนกันคลื่น

จุดเริ่มต้นการสำรวจคือพิกัด lat 12.56663 long 101.90318 จนถึงจุดสิ้นสุดการสำรวจคือ
พิกัด lat 12.56603 long 101.90377 ระยะทาง 100 เมตร



รูปที่ 4-2 แสดงเส้นชั้นความสูง (Contour) บริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่น

จากการทำการสำรวจภาคสนาม เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2554 พบว่าบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่น และบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่นมีความยาวและความลาดชันของชายหาดเฉลี่ยดังต่อไปนี้

ความยาวเฉลี่ยของชายหาดบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่นคือ 8.838 เมตร

ความชันเฉลี่ยของชายหาดบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกั้นคลื่นคือ 0.094

ความยาวเฉลี่ยของชายหาดบริเวณที่มีเขื่อนกั้นคลื่นคือ 6.24 เมตร

ความชันเฉลี่ยของชายหาดบริเวณที่มีเขื่อนกั้นคลื่นคือ 0.147

Sta	ระยะทาง	บริเวณที่มีเขื่อน		บริเวณที่ไม่มีเขื่อน	
		ความยาวหาด	ความชันหาด	ความยาวหาด	ความชันหาด
A	0	6.5	0.12	8.4	0.108
B	5	5.6	0.147	8.5	0.126
C	10	5.7	0.127	8.5	0.09
D	15	4.6	0.143	9.2	0.084
E	20	3.8	0.16	9.5	0.084
F	25	3.8	0.252	9	0.088
G	30	3.8	0.137	8.9	0.086
H	35	4	0.157	9	0.1
I	40	4.03	0.153	8.4	0.106
J	45	4.2	0.14	8.2	0.108
K	50	4.4	0.143	8.3	0.112
L	55	4.4	0.141	8.7	0.106
M	60	7.3	0.128	8.8	0.107
N	65	7.8	0.144	8.9	0.11
O	70	8.8	0.14	8.4	0.029
P	75	8.5	0.142	9.4	0.051
Q	80	8.6	0.142	9.2	0.098
R	85	8.9	0.134	9.5	0.087
S	90	8.8	0.144	8.9	0.096
T	95	8.8	0.147	9.3	0.09
U	100	8.7	0.145	8.6	0.095
เฉลี่ย		6.24	0.147	8.83	0.093

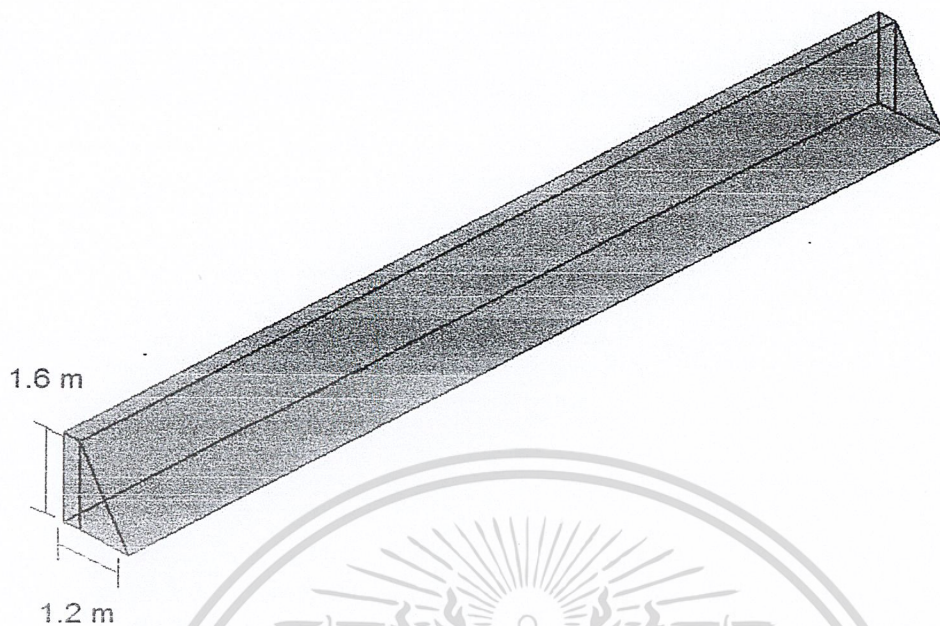
ตารางที่ 4-3 แสดงการเปรียบเทียบความยาวหาดและความชันหาดระหว่างที่มีเขื่อนและไม่มีเขื่อน

ข้อมูลพื้นฐานของเขื่อน

จากการสำรวจพื้นที่หาดเจ้าหลาว พบว่ามีบริเวณที่มีเขื่อนและไม่มีเขื่อนซึ่งมีลักษณะพื้นฐานดังต่อไปนี้

พื้นที่ศึกษา	สาเหตุของการกัดเซาะ	ลักษณะการป้องกัน	ลักษณะพื้นฐานของเขื่อน		
			ความสูง (m)	ความกว้าง (m)	ความยาว (Km)
มีเขื่อน	ธรรมชาติ, มนุษย์	Sea wall	1.6	1.2	1.5
ไม่มีเขื่อน	ธรรมชาติ, มีการสร้างริสอร์ท, มีการปล่อยน้ำเสียจากศูนย์พัฒนาการประมง	-	-	-	-

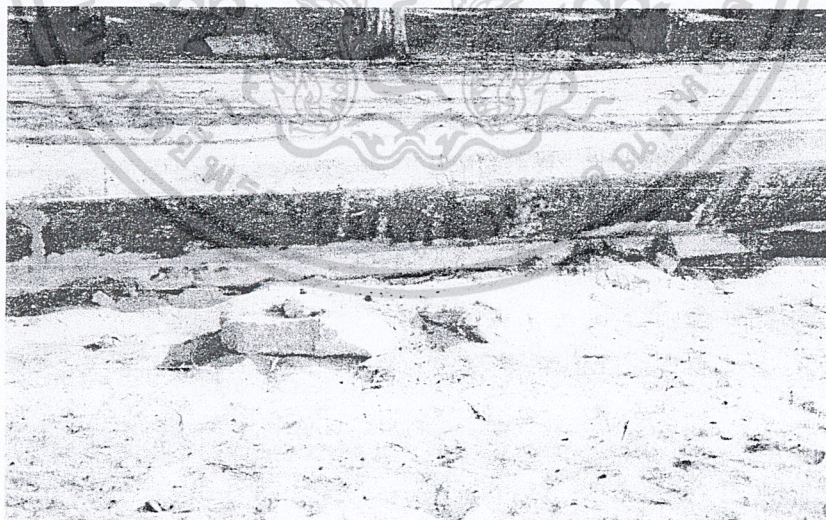
ตารางที่ 4-4 แสดงลักษณะพื้นฐานของบริเวณที่มีเขื่อนและไม่มีเขื่อนของหาดเจ้าหลาว



รูปที่ 4 - 3 แสดงลักษณะพื้นฐานของเขื่อนกันคลื่น บริเวณหาดเจ้าหลาว

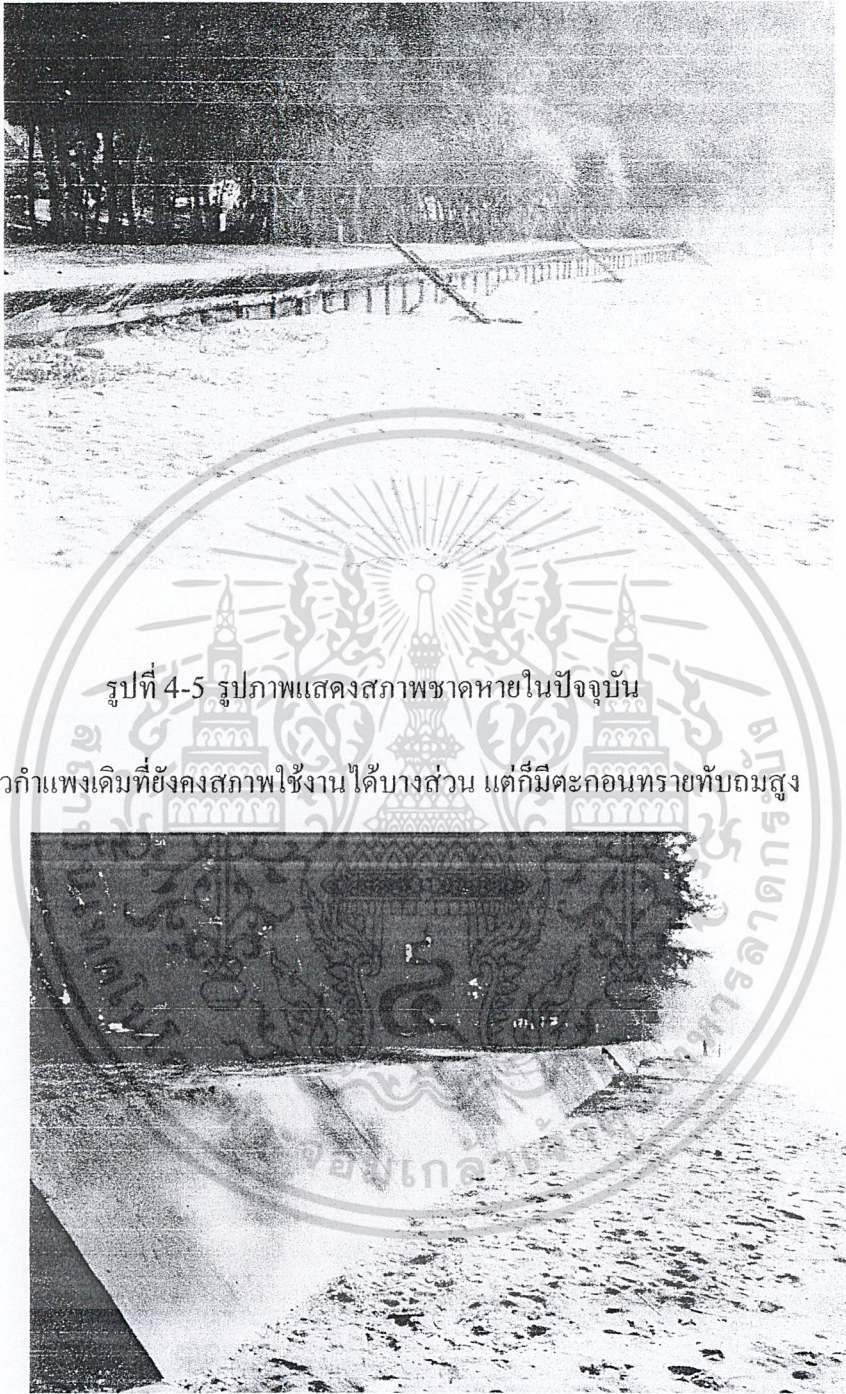
ข้อมูลภาพถ่ายสภาพชายหาดในปัจจุบัน

จากการลงสำรวจพื้นที่ชายหาด บริเวณหาดเจ้าหลาว เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2554 ได้ทำการถ่ายภาพสภาพพื้นที่ชายหาดดังต่อไปนี้



รูปที่ 4-4 รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน

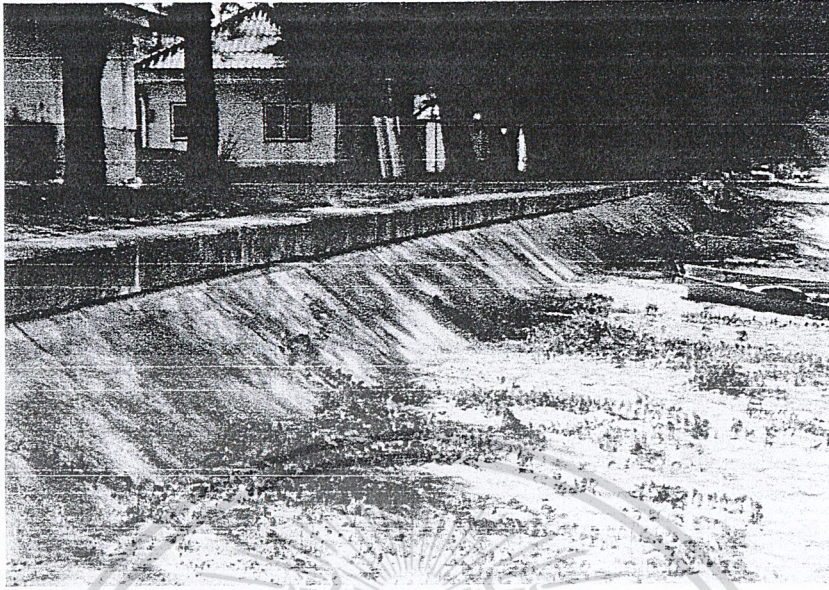
รูปแนวกำแพงป้องกันการกัดเซาะแบบเดิมที่ปัจจุบันถูกทรายทับถมจนเกือบเท่าขอบบนของกำแพง



รูปที่ 4-5 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน
สภาพแนวกำแพงเดิมที่ยังคงสภาพใช้งานได้บางส่วน แต่ก็มีตะกอนทรายทับถมสูง

รูปที่ 4-6 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน

แนวเขื่อนกันคลื่นที่สร้างขึ้นใหม่โดยเขื่อนมีความลาดเอียงมากกว่าเดิมซึ่งจะช่วยให้
เหมาะแก่การรับแรงปะทะของคลื่นมากกว่ากำแพงแบบเดิม



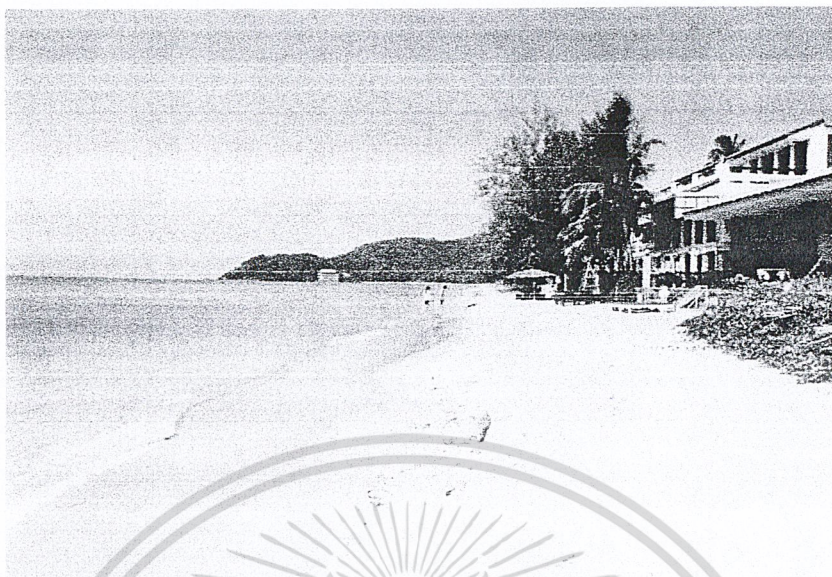
รูปที่ 4-7 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน

สภาพความแตกต่างระหว่างขาดหายกับพื้นที่ที่มีความสูงชันมากพอสมควรซึ่งเกิดจากการกัดเซาะระยะเวลานานทำให้กินพื้นที่ชายฝั่งมาก



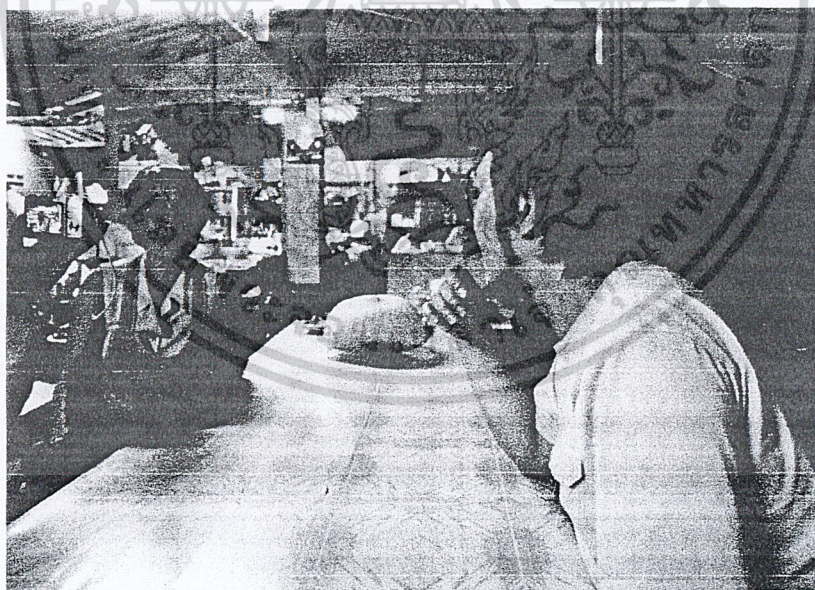
รูปที่ 4-8 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน

สภาพขาดหายบริเวณที่ไม่มีแนวเขื่อนกั้น ซึ่งจะสังเกตได้ว่าแนวขาดจะลึกเข้าไปข้างในมากกว่าบริเวณมีแนวเขื่อน



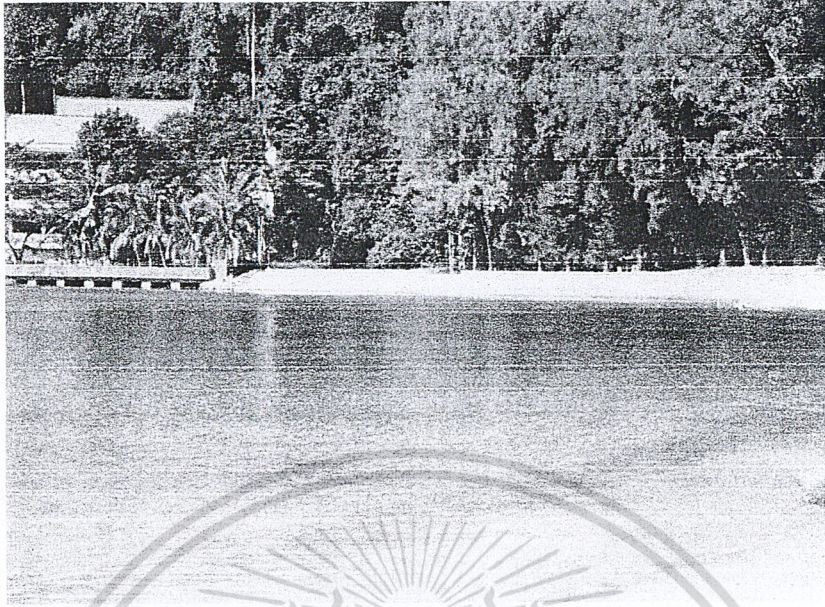
รูปที่ 4-9 รูปภาพแสดงสภาพชายหาดในปัจจุบัน

ภาพหาดทรายของรีสอร์ทบริเวณหาดจ้าวหลาว ซึ่งส่วนใหญ่จะไม่มีแนวกำแพงป้องกัน เพื่อผลทางธุรกิจ จึงทำให้ได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก



รูปที่ 4 - 10 รูปภาพแสดงการสัมภาษณ์สภาพปัญหาเกี่ยวกับบุคคลในพื้นที่

การสอบถามข้อมูลจากชาวบ้านในพื้นที่ ซึ่งได้รับผลกระทบอย่างต่อเนื่อง และเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญในการบอกสภาพความเปลี่ยนแปลงในพื้นที่



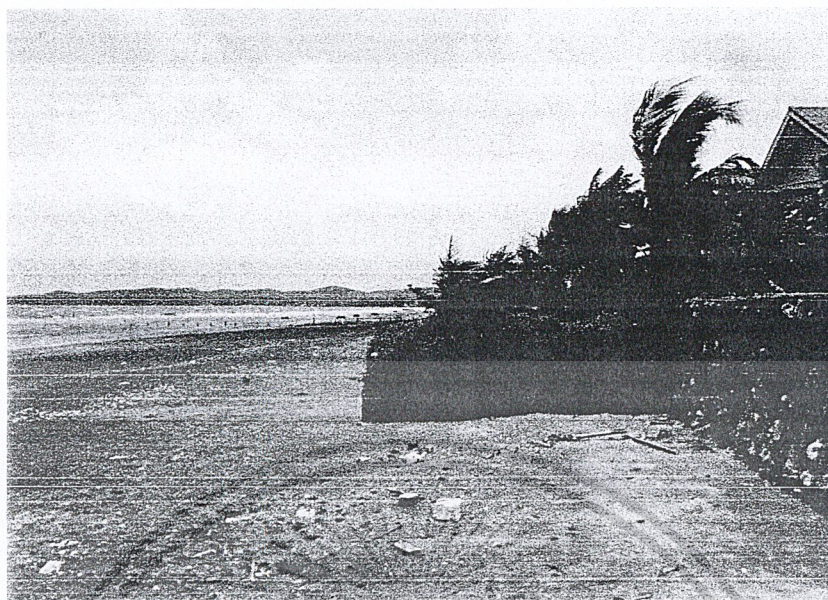
รูปที่ 4-11 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน

แนวเขื่อนกันคลื่นที่ทางราชการได้สร้างขึ้นตลอดแนวชายฝั่งหาดแหลมเสด็จ เพื่อทดแทนแนว
กำแพงเก่าที่พังไปแล้ว



รูปที่ 4-12 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน

ภาพนี้เป็นช่วงบริเวณน้ำลงของหาดเจ้าหลาว ซึ่งลักษณะตะกอนทรายจะมีสีเข้มและเป็นโคลน



รูปที่ 4-13 รูปภาพแสดงสภาพขาดหายในปัจจุบัน

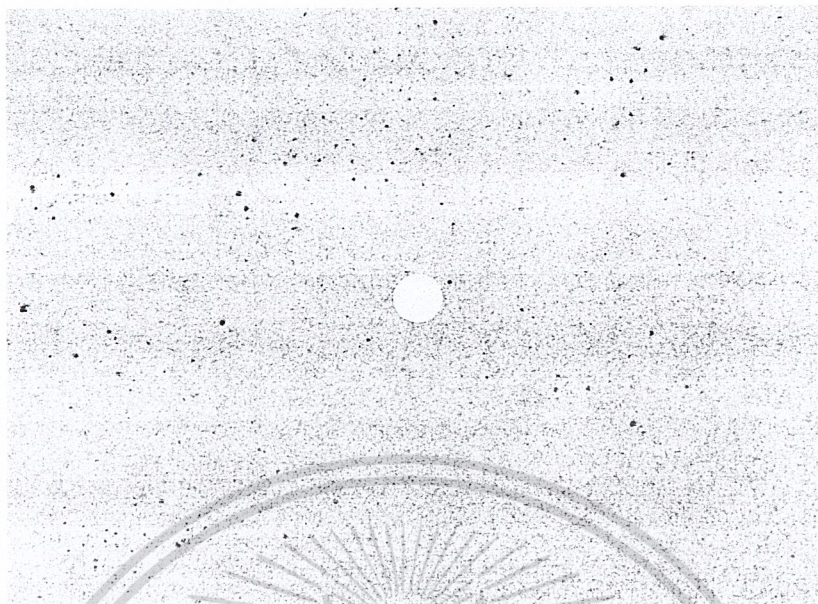
แนวพื้นดินของหาดทรายที่ถูกกัดเซาะมาเป็นเวลานาน จึงต้องทำให้ชาวบ้านบริเวณโดยรอบ
สร้างแนวกำแพงป้องกัน



รูปที่ 4 -14 รูปภาพแสดงลักษณะตะกอนบริเวณหาดเจ้าหลาว

ลักษณะตะกอนของหาดเจ้าหลาวที่ใกล้บริเวณเชิงเขา จะพบว่ามีกรวดขนาดใหญ่ปะปนอยู่กับ

ทราย



รูปที่ 4 -15 รูปภาพแสดงลักษณะเม็ดทรายบริเวณหาดเจ้าหลาวเปรียบเทียบกับขนาดเหรียญ

ตะกอนทรายบริเวณหาดเจ้าหลาวช่วงกลางหาด จะมีขนาดทรายที่ละเอียดมากกว่าบริเวณที่ติดแนว

3. ข้อมูลทางอุทกศาสตร์และข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทางอุทกศาสตร์และอุตุนิยมวิทยา ซึ่งได้แก่ ข้อมูลหุ่นสมุทรศาสตร์ปี 2536 - 2543 ที่สถานีหุ่น เกาะช้าง จ.ตราด ข้อมูลทิศทางของลมเฉลี่ยรอบ 30 ปี ที่สถานี อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี จากกรมทหารเรือ ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงปี 2554 จากกรมอุทกศาสตร์และข้อมูลพายุและลมมรสุมที่ส่งผลกระทบต่อภาคตะวันออกเฉียงเหนือในรอบ 62ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. จากกรมอุตุนิยมวิทยา ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

พ.ศ.2536	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)		1.1	1	0.5	0.7	1.8	2.6		1.3	0.6	1.1	1.1	1.8
wave period (s)		4.2	4.9	3.2	4	5.5	5.5		4.8	3.8	4.8	4.5	5.5
wind speed (m/s)		8	10	5	12	12	11		9	8	12	14	12

ตารางที่ 4-5 ข้อมูลหุ่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2536

พ.ศ.2537	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)		0.9	1.1	0.6	1.0	2.0	2.0	2.4	1.9	1.2	0.80	0.7	2.4
wave period (s)		4.8	5.3	4.5	4.4	5.1	5.5	5.1	5	4	4.8	4.5	5.5
wind speed (m/s)		7.9	8	6.5	5.9	18	19.5	16	8.1	12	10	8.9	19.5

ตารางที่ 4-6 ข้อมูลท่่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2537

พ.ศ.2538	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)	1.2	1											1.2
wave period (s)	5.2	4.9											5.2
wind speed (m/s)													

ตารางที่ 4-7 ข้อมูลท่่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2538

พ.ศ.2539	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)	0.8	1.2	1.2	0.5	1.25	2	2.5	2	2.15	1.5	1.1	1.1	1.45
wave period (s)	4.5	5.2	4	3.5	4.8	5.2	5.8	5.4	5.5	4.5	4.5	3.8	5.8
wind speed (m/s)	9.5	12	6	5	7.5	12	12	12	13	11	7.5	13	13

ตารางที่ 4-8 ข้อมูลท่่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2539

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)		11				1.7	2.35	2.8	1.4	1.1	2.5	0.8	2.8
wave period (s)		5.5		5.8		5	5.8	5.8	5	4	5.5	5.5	5.8
wind speed (m/s)		10		9.5		12	12	13	11.5				

ตารางที่ 4-9 ข้อมูลท่่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2540

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)	1	1.2	1	0.98	1.9	1.9	1.6	1.9	2.39	1.2	1.41		2.39
wave period (s)	4.9	4.8	5.1	4.5	5	5	4.9	5	5.8	5	4.8		5.8
wind speed (m/s)		7.8	11	8.1	12.9	15	12	11	12.1	11	10.2		14.5

ตารางที่ 4-10 ข้อมูลท่่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2541

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)						1	2.2	2.5	1.7				2.5
wave period (s)						4	5.2	5.5	5.5	20			5.5
wind speed (m/s)						12	18	17	9	13	9.8	11	18

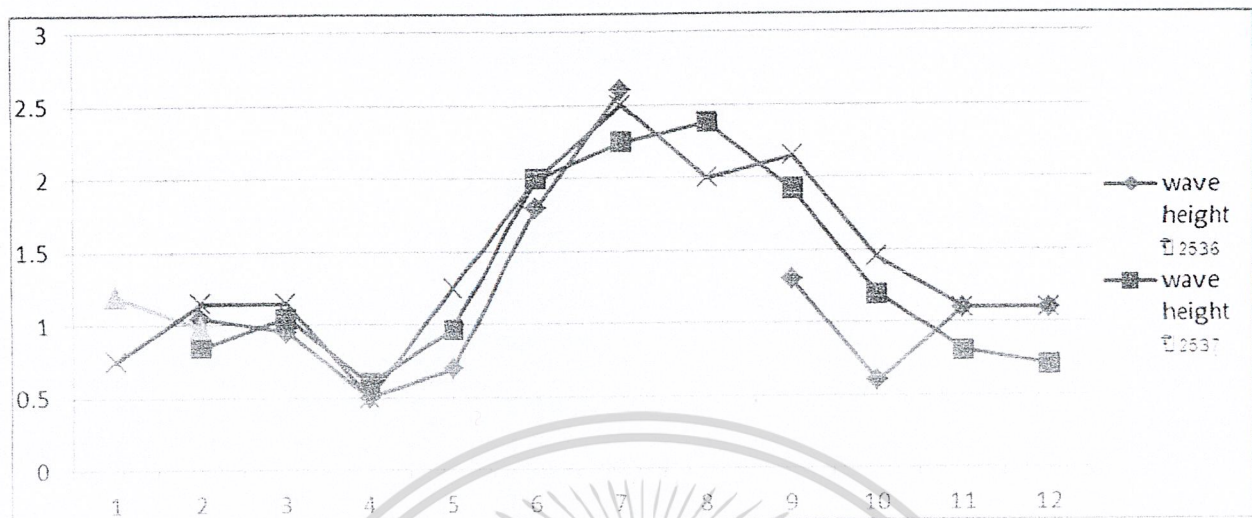
ตารางที่ 4-11 ข้อมูลท่่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2542

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
Significant wave height (m)			0.8	1.18	1.9	2.2		2.4	2.2				2.38
wave period (s)			5.3	5	5.5	5		5.4	5				5.5
wind speed (m/s)	7.7		7.9	8.7	9	12		12	9				12.1

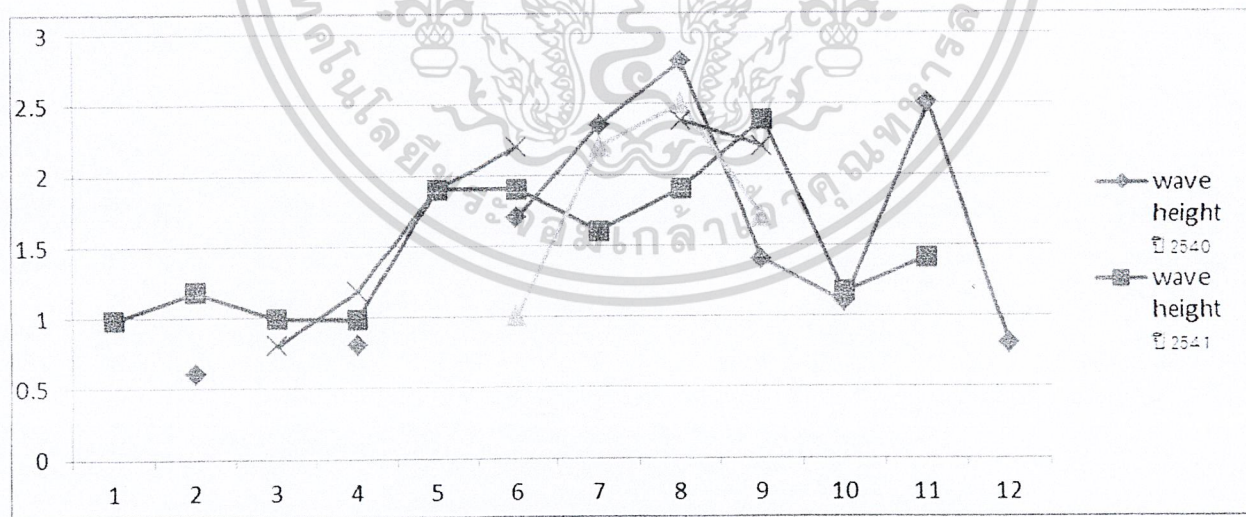
ตารางที่ 4-12 ข้อมูลทึ่นสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ. 2543

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ษ.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รอบปี
ทิศลมเฉลี่ย ในรอบ 30 ปี	NE	S	S	S	S	SW	SW	SW	SW	NE	NE	NE	-

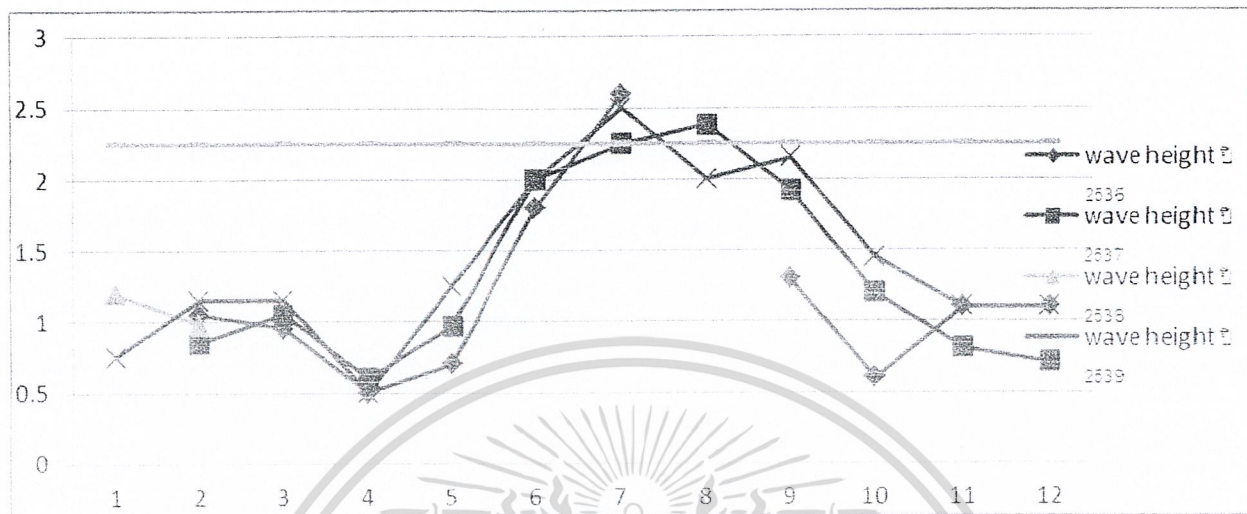
ตารางที่ 4-13 ข้อมูลทิศทางลมเฉลี่ยในรอบ 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 - 2543 ที่สถานี อ.เมือง จ.จันทบุรี



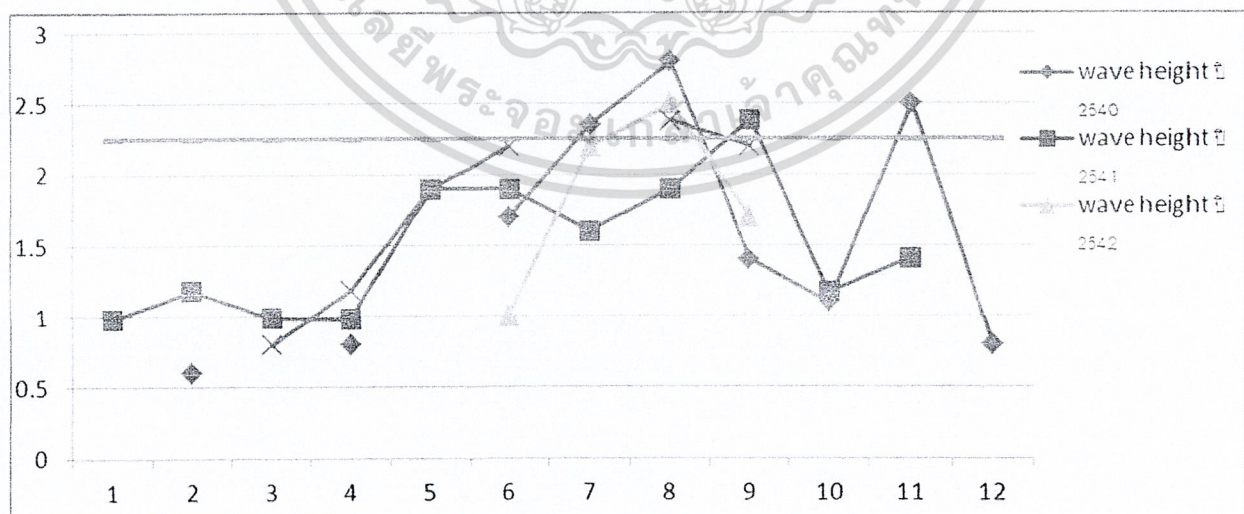
รูปที่ 4-16 ข้อมูล Wave height ตั้งแต่ปี 2536 – 2539



รูปที่ 4-17 ข้อมูล Wave height ตั้งแต่ปี 2540 – 2543

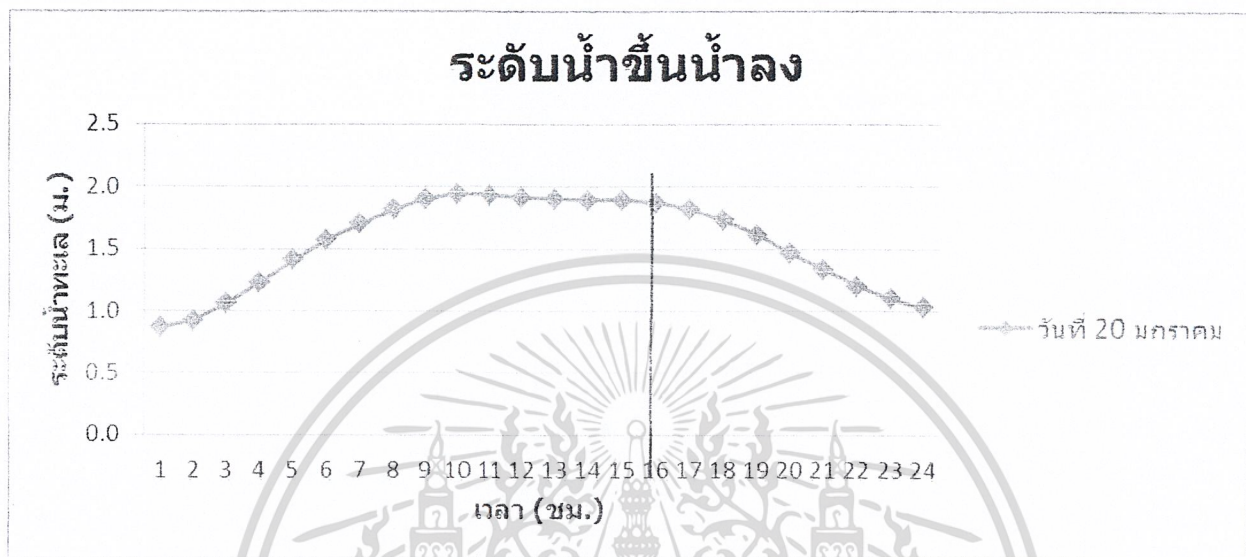


รูปที่ 4-18 เปรียบเทียบความสูงของเขื่อนกับความสูงคลื่น ปี 2536 - 2539

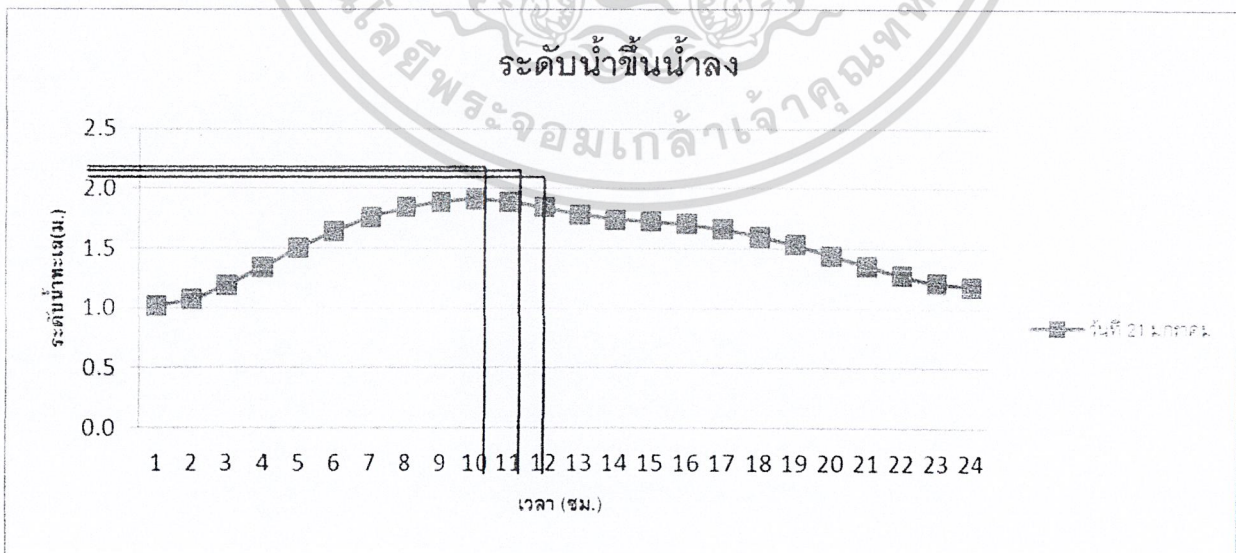


รูปที่ 4-19 เปรียบเทียบความสูงของเขื่อนกับความสูงคลื่น ปี 2540 - 2543

ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ของวันที่ 20 -21 มกราคม 2554



รูปที่ 4-20 ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ที่สถานีของทุ่นแหลมสิงค์ ในวันที่ 20 มกราคม 2554



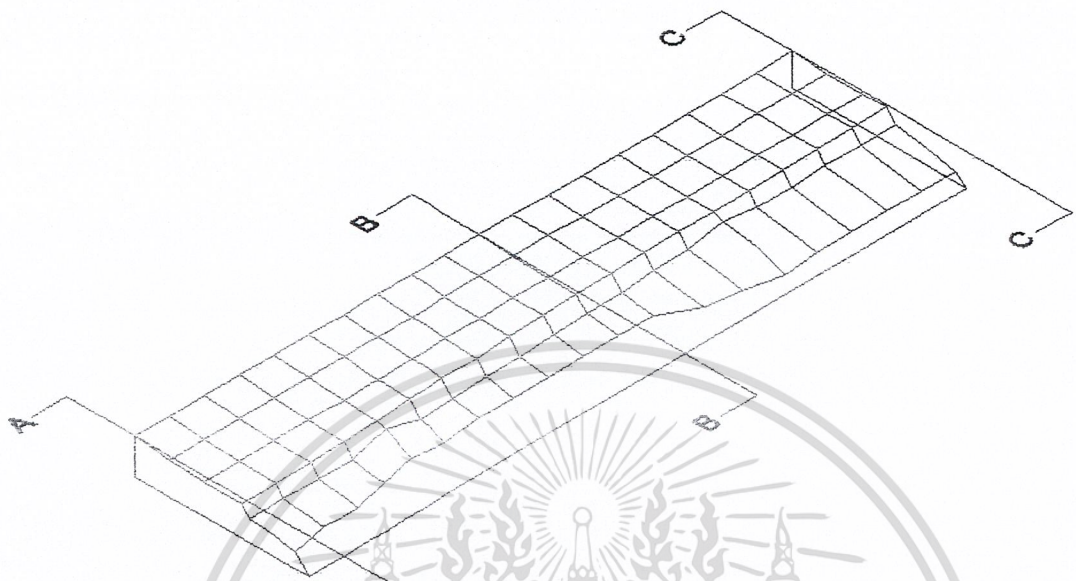
รูปที่ 4-21 ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลง ที่สถานีของทุ่นแหลมสิงค์ ในวันที่ 21 มกราคม 2554

การปรับแก้ค่าความยาวหาคจากค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลง

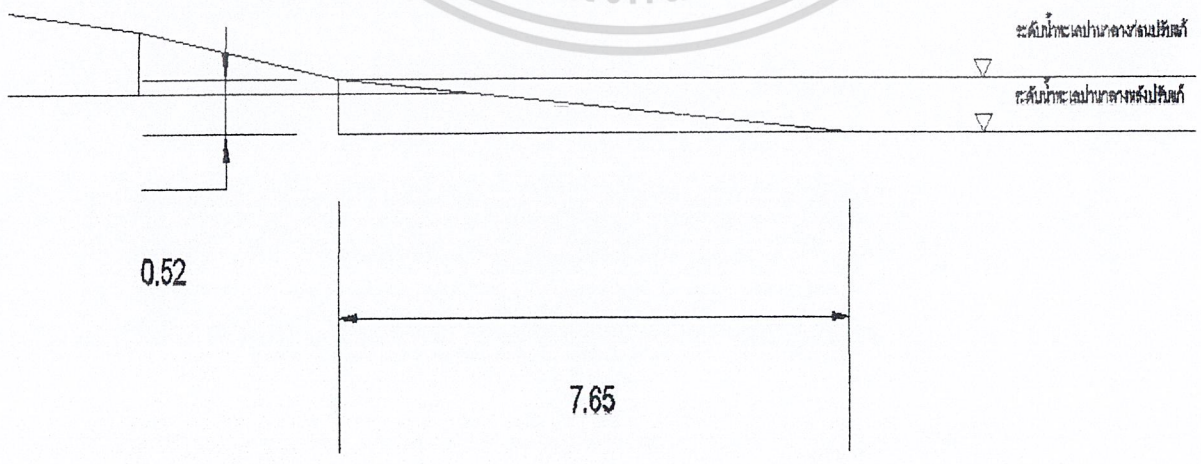
เนื่องจากค่าระดับน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าความยาวหาคที่ทำการสำรวจนั้นมีความไม่ถูกต้องของข้อมูล ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าความยาวหาคจากค่าระดับน้ำขึ้นน้ำลงเสียก่อน โดยที่ค่าระดับน้ำทะเลต่ำที่สุด (LLWL) ที่จังหวัดจันทบุรีคือ 1.38 เมตร ได้ข้อมูลดังต่อไปนี้

พื้นที่	สถานี	ระยะทาง (m)	เวลา	ระดับน้ำทะเลเหนือระดับน้ำทะเลต่ำที่สุด (m)	ระดับน้ำทะเลต่ำที่สุด (m)	ระยะห่างจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (m)	ระยะที่ต้องมีการปรับแก้ (m)	หมายเหตุ
บริเวณที่มีเขื่อน	A	0	12.35	1.94	1.38	0.56	7.56	จุดเริ่มต้นการสำรวจ
	B	50	14.14	1.90	1.38	0.52	3.65	
	C	100	15.29	1.90	1.38	0.52	3.27	จุดสิ้นสุดการสำรวจ
บริเวณที่ไม่มีเขื่อน	D	0	10.25	1.97	1.38	0.59	3.79	จุดเริ่มต้นการสำรวจ
	E	50	11.15	1.95	1.38	0.57	3.17	
	F	100	11.55	1.90	1.38	0.52	3.54	จุดสิ้นสุดการสำรวจ

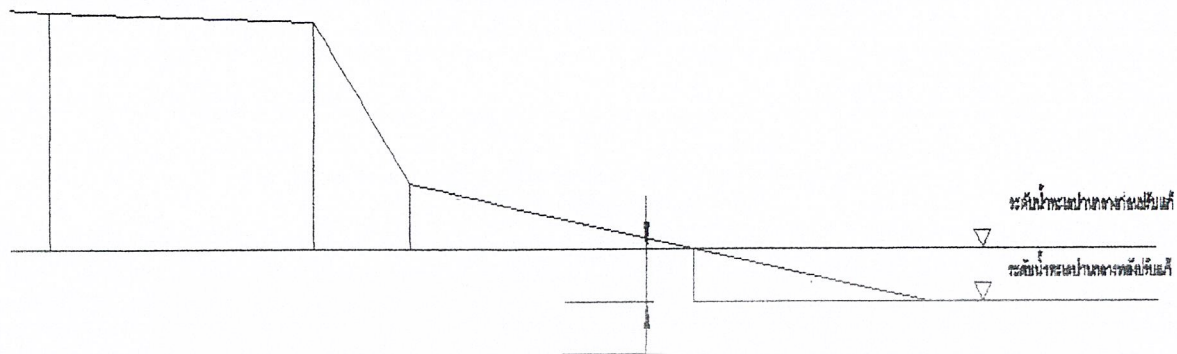
ตารางที่ 4-14 การปรับแก้ค่าความยาวหาคข้อมูลจากค่าน้ำขึ้น-น้ำลง



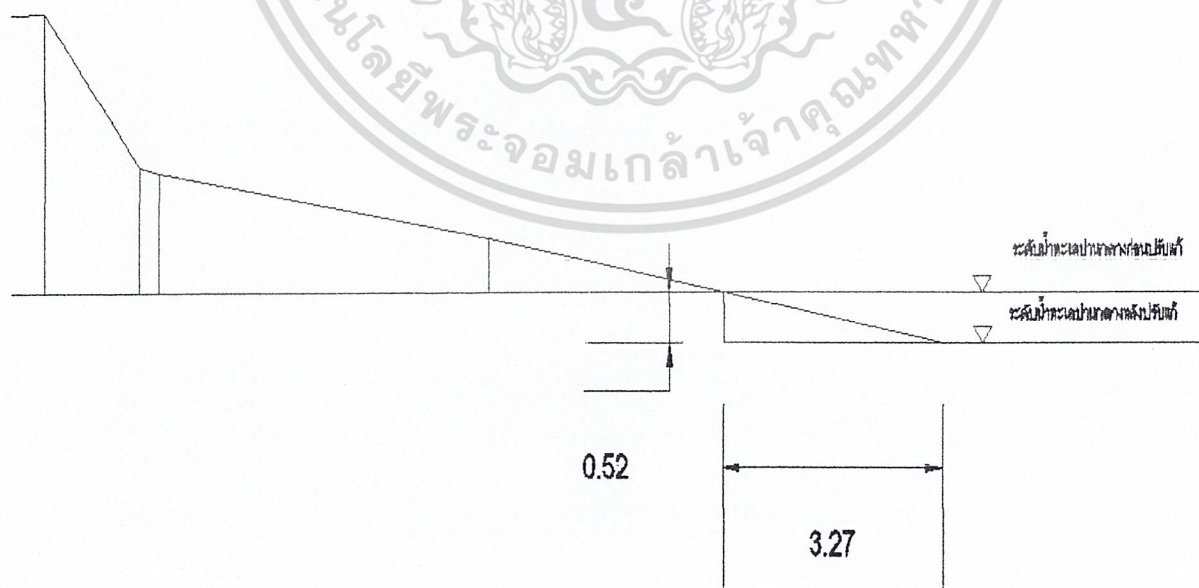
รูปที่ 4-22 รูปแสดงตำแหน่งที่มีการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงของบริเวณที่มีเขื่อน



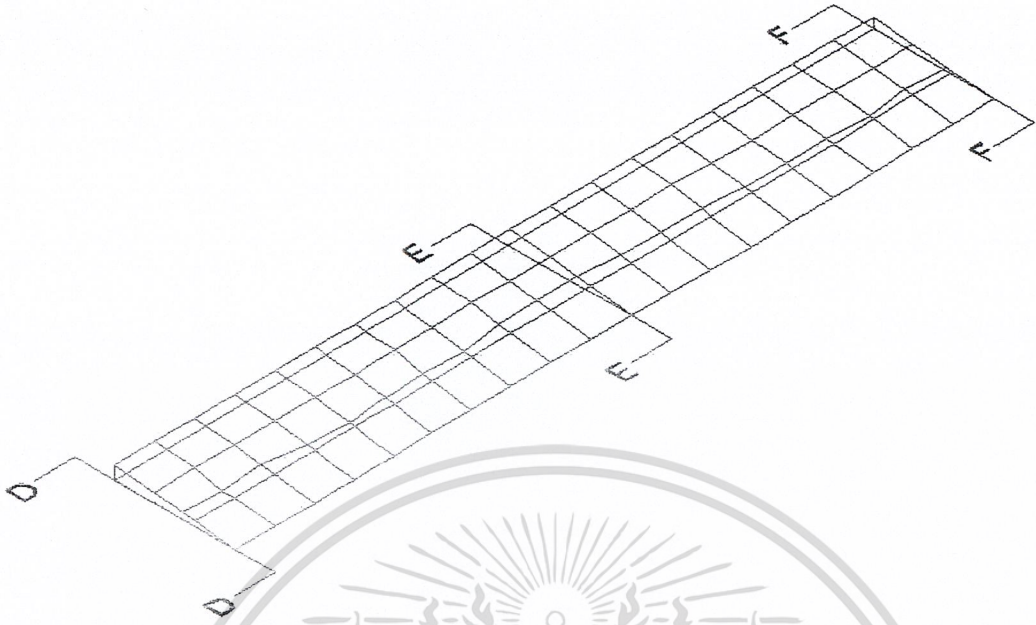
รูปที่ 4-23 รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี A



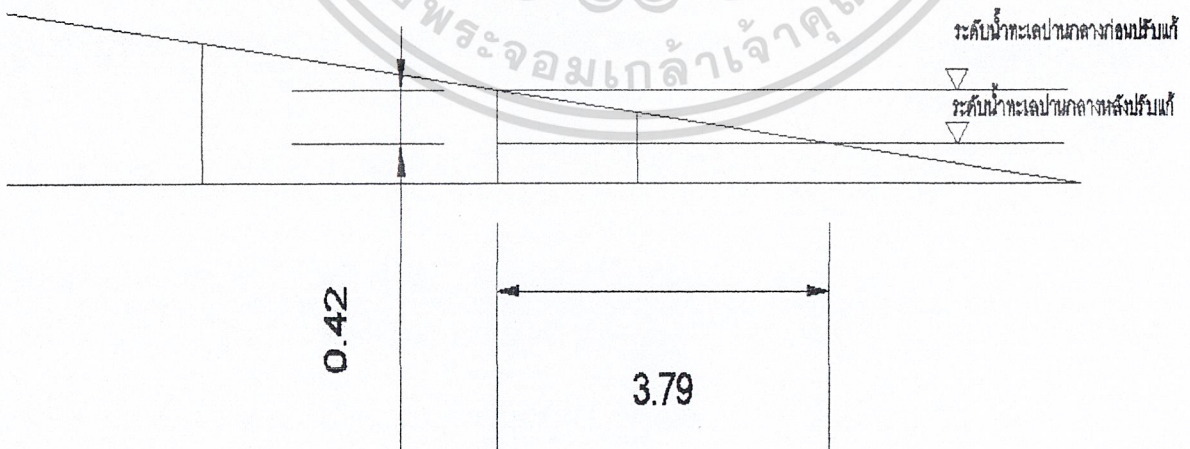
รูปที่ 4-24 รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี B



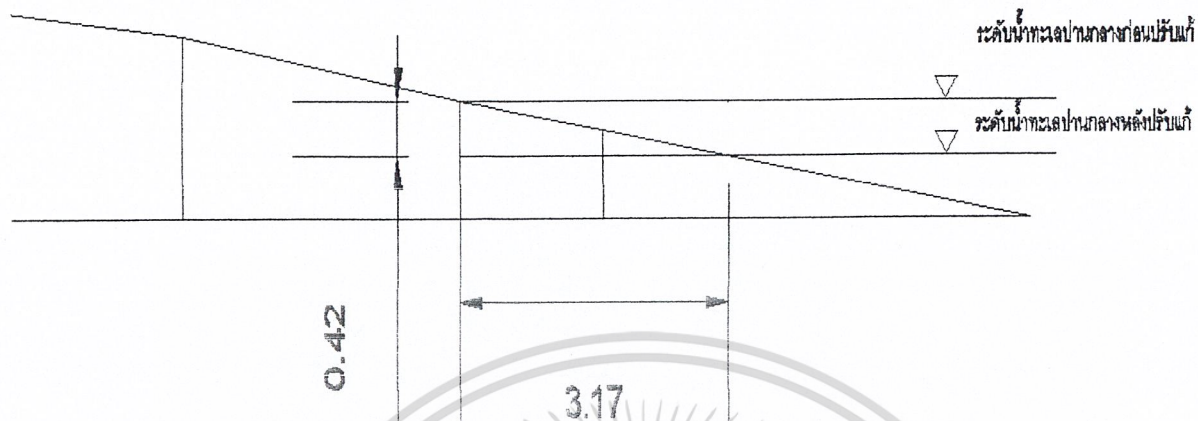
รูปที่ 4-25 รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี C



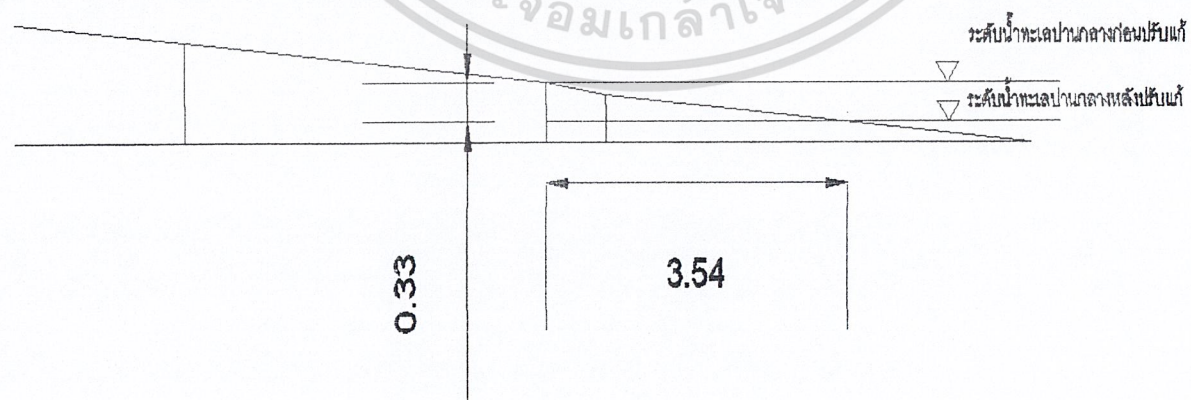
รูปที่ 4-26 รูปแสดงตำแหน่งที่การปรับแก้ความยาวหาดจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงของบริเวณ ไม่มีเขื่อน



รูปที่ 4-27 รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหาดจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี D



รูปที่ 4-28 รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหางจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี E



รูปที่ 4-29 รูปแสดงการปรับแก้ค่าความยาวหางจากระดับน้ำขึ้นน้ำลงที่สถานี F

บทที่ 5

สรุปผล

การศึกษาอัตราการกัดเซาะพื้นที่ชายฝั่งหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ปี 2518 ถึงปี 2551

จากการศึกษาอัตราการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณหาดเจ้าหลาว จังหวัดจันทบุรีนั้น เราสามารถบอกรายละเอียดพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะได้ โดยการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับภาพถ่ายทางอากาศเป็นตัวเปรียบเทียบ เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่ง การศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งนี้ยังนำข้อมูลที่มีปัจจัยในการเพิ่มอัตราการกัดเซาะมาเป็นตัวช่วยวิเคราะห์ข้อมูลด้วย เช่น ข้อมูลน้ำขึ้น-น้ำลง ข้อมูลความสูงคลื่น ข้อมูลทิศทางของลม ข้อมูลการพัฒนารอบๆ ในรอบ 62 ปีที่มีผลกระทบต่อพื้นที่ ฯลฯ จากการศึกษาในช่วงปี 2518-2551 พบว่ามีอัตราการกัดเซาะเฉลี่ยระดับเล็กน้อยอยู่ที่ 0-2 เมตร/ปี โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละช่วงปีจากภาพถ่ายสามารถบอกค่าเฉลี่ยในการกัดเซาะได้คือ

ปี 2518 - 2533 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.26 เมตร/ปี

ปี 2533 - 2543 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1.08 เมตร/ปี

ปี 2543 - 2545 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 1.93 เมตร/ปี

ปี 2545 - 2551 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.68 เมตร/ปี

ปี 2518 - 2551 อัตราการกัดเซาะของชายฝั่งคิดเป็นต่อปีได้ 0.99 เมตร/ปี

เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ที่มีถูกกัดเซาะนั้น สามารถแบ่งรายละเอียดของข้อมูลได้ออกเป็น 2 แบบคือพื้นที่ที่มีการถดถอยจากการกัดเซาะ และพื้นที่ที่มีการเพิ่มขึ้น ซึ่งในแต่ละช่วงปีนั้นจะสามารถวิเคราะห์โดยรวมได้คือ

มีพื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 7030.26 ตารางเมตร

ปี 2533 - 2543 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 9786.60 ตารางเมตร

ปี 2543 - 2545 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 5873.22 ตารางเมตร

ปี 2545 - 2551 พื้นที่ชายฝั่งที่ถูกกัดเซาะ 1944.32 ตารางเมตร

มีพื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้นได้ข้อมูลดังนี้

ปี 2518 - 2533 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 8641.82 ตารางเมตร

ปี 2533 - 2543 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 9124.70 ตารางเมตร

ปี 2543 - 2545 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 3883.86 ตารางเมตร

ปี 2545 - 2551 พื้นที่ชายฝั่งที่เพิ่มขึ้น 11938.57 ตารางเมตร

และรวบรวมข้อมูลทั้งหมดในช่วงปีที่มีการศึกษา มีค่าอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่มากกว่าการกัดเซาะ 9168 ตารางเมตร

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการศึกษาภาพถ่ายนั้น เราจะสังเกตได้จากพื้นที่ตั้งแต่ในช่วงปี พ.ศ. 2533 – 2545 มีอัตราการกัดเซาะมากกว่าการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ เนื่องจากหากเรานำข้อมูลการพัดผ่านของพายุที่สร้างผลกระทบต่อพื้นที่มาศึกษาร่วม จะพบว่าช่วงดังกล่าวมีพายุที่รุนแรงตั้งแต่ระดับรุนแรงอย่างพายุโซนร้อน ไปจนถึงหย่อมความกดอากาศ และมี 2 ครั้งที่จังหวัดทางแถบชายฝั่งทะเลอ่าวไทยได้รับผลกระทบมาก คือ ในช่วงปี พ.ศ. 2532 พายุเกย์ และปี พ.ศ. 2540 พายุลินดา ซึ่งพายุทั้ง 2 ได้มีความรุนแรงในระดับโซนร้อนเมื่อพัดผ่านประเทศไทย และสร้างความเสียหายร้ายแรงมาก ซึ่งทางภาคใต้ของไทยจะได้รับผลกระทบโดย แต่ทั้งนี้ชายฝั่งทะเลด้านจังหวัดจันทบุรีก็ได้รับผลกระทบด้วยเช่นกัน ทำให้ผลจากข้อมูลการกัดเซาะตรงกับปัจจัยทางธรรมชาติที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการกัดเซาะที่มากกว่าช่วงปีที่ได้ศึกษาที่ไม่ได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติ

การศึกษาข้อมูลทิศทางของลมในรอบ 30 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2514 - 2543 และข้อมูลลมมรสุมที่พัดผ่านจันทบุรีในช่วงแต่ละรอบปีตั้งแต่ พ.ศ.2536 – 2543 พบว่าพื้นที่จังหวัดจันทบุรีจะได้รับผลกระทบจากลมมรสุมส่วนใหญ่ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน และมีทิศทางของลมในแนวทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งถ้าวิเคราะห์จากข้อมูลจะพบว่าช่วงมรสุมของชายฝั่งจังหวัดจันทบุรีมีระยะไม่ยาวนานเท่ากับชายฝั่งทางภาคใต้ของไทย ทำให้โดยรวมแล้วพื้นที่ชายหาดจากช่วงปีที่ทำการศึกษามีอัตราการเพิ่มขึ้นของพื้นที่มากกว่าอัตราการกัดเซาะประมาณ 9168 ตารางเมตร

และจากการสำรวจพื้นที่ชายหาดข้าวหลาวนั้น มีการก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นที่ป้องกันการกัดเซาะกัดเซาะชายฝั่งโดยลักษณะของเขื่อนนั้นมีความสูงประมาณ 1.60 เมตรมีความลาดเอียง สร้างตามชายฝั่งตั้งแต่ต้นหาดจนถึงศูนย์พัฒนาการประมง จังหวัดจันทบุรี เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงของคลื่น โดยใช้ข้อมูลจากหุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 – 2543 จากภาพถ่าย เราจะพบว่า อัตราคลื่นเฉลี่ยในแต่ละเดือนของรอบปีที่ทำการศึกษามีค่าต่ำกว่าความสูงของเขื่อนที่สร้างขึ้น ทำให้แสดงให้เห็นว่า เขื่อนที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถช่วยลดปัญหาการกัดเซาะที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ได้ในช่วงฤดูกาลปกติ หากอยู่ในช่วงมรสุมความสูงของคลื่นอาจสูงกว่าขอบเขื่อนที่สร้างไว้จึงอาจทำให้ได้รับผลกระทบบ้าง แต่การก่อสร้างเขื่อนกันคลื่นนั้นก็ส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพความสวยงามของชายหาดด้วยเช่นกัน โดยจะพบว่าบริเวณที่มีเขื่อนกันคลื่นจะมีความชัน 0.147 ส่วนบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกันคลื่นมีความชัน 0.093 และความยาวหาดบริเวณที่มีเขื่อนคือ 6.24 เมตร ส่วนบริเวณที่ไม่มีเขื่อนกันคลื่นมีความยาวหาด 8.83 เมตร

จากข้อมูลที่ได้ทำการวิจัยมานี้จะพบว่า การสร้างเขื่อนนั้นจะส่งผลกระทบต่อทางด้านดีและด้านเสียต่อชายหาดได้ ดังนั้นก่อนการสร้างเขื่อนจึงควรมีการศึกษาข้อมูลเพื่อที่จะออกแบบเขื่อนให้มีความเหมาะสมต่อสภาพพื้นที่นั้นๆเสียก่อน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อมูลสมุทรศาสตร์ที่นำมาวิเคราะห์ผลนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการเฉลี่ยผลในรอบเดือนของปีที่ทำการศึกษา จึงทำให้บางข้อมูลที่นำมาใช้อาจไม่ใช่ข้อมูลที่ต้องการ เนื่องจากในบางเดือนการเก็บข้อมูลไม่ครบถ้วน ทำให้ค่าที่นำมาใช้เป็นการเฉลี่ยจากข้อมูลที่มีการบันทึกไว้เท่านั้น
2. การหาพื้นที่ที่ถูกกัดเซาะจากโปรแกรมที่ศึกษา (Global Mapper) อาจมีความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ เนื่องจากการลากเส้นแนวชายหาดเพื่อหาพื้นที่ในภาพถ่ายทางอากาศ ความคมชัดของภาพในช่วงปีแรกๆจะมีน้อยมาก ทำให้การมองระยะแนวชายฝั่งไม่ถูกต้องเท่าที่ควร



เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันวิจัยและให้คำปรึกษาแห่งมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2549. โครงการสำรวจและศึกษาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลบริเวณอ่าวไทยและอันดามัน. รายงานฉบับสมบูรณ์ (รายงานหลัก). กรุงเทพฯ. ประเทศไทย
2. สีน สีนสกุล สุวัฒน์ ดิยะไพรัช นิรันดร์ ชัยมณี และบรรเจิด อร่ามประยูร. 2545. การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทย. รายงานวิชาการ ธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. 173 หน้า.
3. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2545). คู่มือการจัดการแหล่งธรรมชาติประเภทชายหาด. กรุงเทพฯ: สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 3-4.
4. นายชัยวัฒน์ ผลพิรุฬห์ . องค์ประกอบในการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนล่าง (2529).กรุงเทพมหานคร :สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. Clark, John R. (1996). Coastal Zone Management Handbook. Boca Raton Fla. Lewis pub, 25-32.
6. Coastal Engineering Manual, 2006. US Army Corps of Engineers. Available on-line at http://users.coastal.ufl.edu/~sheppard/eoc6430/Coastal_Engineering_Manual.htm (accessed 1 April 2008).
7. Eckart, C., 1952. The propagation of gravity waves from deep to shallow water. Natl. Bur. Standards, Circular 521, Washington, DC, pp 165-173.
8. Ahrens, J.P. Characteristics of reef breakwater. 1987. Technical report CERC-87-17. Coastal Engineering Research Center, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, U.S.A.
9. Harris, L.E. 2003. Artificial Reefs for Beach and Reef Restoration and Reef Restoration. Florida, U.S.A.
10. Turk, G.F. and Thurlow, C.S. 2003. 63rd Street "Hotspot", Miami Beach, Florida, U.S.A.
11. กรมอุตุนิยมวิทยา.กองภูมิอากาศ .สถิติพายุหมุนเขตร้อนที่เข้าสู่ประเทศไทยในรอบ 62 ปี ที่ส่งผลกระทบต่อภาคตะวันออก.กรุงเทพมหานคร:กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา
12. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ.ข้อมูลจากหุ่่นสมุทรศาสตร์ ปี พ.ศ. 2536 - 2543.กรุงเทพมหานคร



sta	bs	fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	elevation
Bm1	0.348			จุดอ้างอิงบริเวณมุดถนน	
A1		0.969	0	พิกัด lat 12.57132 long 101.89665	0.621
A2		1.361	5		1.013
A3		1.678	10		1.33
A4		1.71	15		1.362
A5		1.689	15.5	สันเขื่อน	1.341
A6		3.053		ฐานเขื่อน	2.705
A7		3.382	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 12.35	3.034
A8		3.83	23		3.482
A9		3.97	25		3.622
B1		0.985	0		0.637
B2		1.334	5		0.986
B3		1.588	10		1.24
B4		1.685	15		1.337
B5		1.688	15.48	สันเขื่อน	1.34
B6		2.946	16.4	ฐานเขื่อน	2.598
B7		3.498	20		3.15
B8		3.768	22	ระดับน้ำทะเล เวลา 12.50	3.42
B9		4.26	25		3.912
C1		0.95	0		0.602
C2		1.288	5		0.94
C3		1.534	10		1.186
C4		1.69	15		1.342
C5		1.689	15.34	สันเขื่อน	1.341
C6		3.16	16.5	ฐานเขื่อน	2.812
C7		3.625	20		3.277
C8		3.885	22.2	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.00	3.537

sta	bs	fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	elevation
D1		0.941	0		0.593
D2		1.313	5		0.965
D3		1.508	10		1.16
D4		1.682	15	สันเขื่อน	1.334
D5		3.243	16.4	ฐานเขื่อน	2.895
D6		3.765	20		3.417
D7		3.9	21	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.19	3.552
E1		0.96	0		0.612
E2		1.281	5		0.933
E3		1.615	10		1.267
E4		1.683	15	สันเขื่อน	1.335
E5		2.163	16.2	ฐานเขื่อน	#VALUE!
E6		3.77	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.25	3.422
E7		4.378	25		4.03
F1		0.962	0		0.614
F2		1.193	5		0.845
F3		1.515	10		1.167
F4		1.689	14.7	สันเขื่อน	1.341
F5		3.385	16.2	ฐานเขื่อน	3.037
F6		4.343	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.36	3.995
G1		1.025	0		0.677
G2		1.322	5		0.974
G3		1.596	10		1.248
G4		1.7	14.4	สันเขื่อน	1.352
G5		3.379	16.2	ฐานเขื่อน	3.031
G6		3.87	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.45	3.522

sta	bs	fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	elevation
D1		0.941	0		0.593
D2		1.313	5		0.965
D3		1.508	10		1.16
D4		1.682	15	สันเขื่อน	1.334
D5		3.243	16.4	ฐานเขื่อน	2.895
D6		3.765	20		3.417
D7		3.9	21	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.19	3.552
E1		0.96	0		0.612
E2		1.281	5		0.933
E3		1.615	10		1.267
E4		1.683	15	สันเขื่อน	1.335
E5		2.163	16.2	ฐานเขื่อน	2.878
E6		3.77	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.25	3.422
E7		4.378	25		4.03
F1		0.962	0		0.614
F2		1.193	5		0.845
F3		1.515	10		1.167
F4		1.689	14.7	สันเขื่อน	1.341
F5		3.385	16.2	ฐานเขื่อน	3.037
F6		4.343	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.36	3.995
G1		1.025	0		0.677
G2		1.322	5		0.974
G3		1.596	10		1.248
G4		1.7	14.4	สันเขื่อน	1.352
G5		3.379	16.2	ฐานเขื่อน	3.031
G6		3.87	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.45	3.522

sta	bs	fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	elevation
H1		1.1	0		0.752
H2		1.359	5		1.011
H3		1.553	10		1.205
H4		1.695	14.6	สันเขื่อน	1.347
H5		3.305	16	ฐานเขื่อน	2.957
H6		3.932	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 13.57	3.584
I1		1.199	0		0.851
I2		1.368	5		1.02
I3		1.56	10		1.212
I4		1.69	14.4	สันเขื่อน	1.342
I5		3.339	15.97	ฐานเขื่อน	2.991
I6		3.958	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.05	3.61
J1		1.229	0		0.881
J2		1.306	5		0.958
J3		1.544	10		1.196
J4		1.696	14.25	สันเขื่อน	1.348
J5		3.313	15.8	ฐานเขื่อน	2.965
J6		3.903	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.10	3.555
K1		1.283	0		0.935
K2		1.396	5		1.048
K3		1.605	10		1.257
K4		1.702	14.09	สันเขื่อน	1.354
K5		3.268	15.6	ฐานเขื่อน	2.92
K6		3.895	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.14	3.547

sta	bs	fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	elavation
L1		1.402	0		1.054
L2		1.458	5		1.11
L3		1.662	10		1.314
L4		1.698	14.07	สันเขื่อน	1.35
L5		3.27	15.6	ฐานเขื่อน	2.922
L6		3.89	20	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.18	3.542
BM2	1.383	1.594	-0.137		
M1		1.273	0		1.136
M2		1.43	5		1.293
M3		1.503	10		1.366
M4		1.49	13.84	สันเขื่อน	1.353
M5		3.065	15.2	ฐานเขื่อน	2.928
M6		3.712	20		3.575
M7		3.998	22.5	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.37	3.861
N1		1.383	0		1.246
N2		1.442	5		1.305
N3		1.525	10		1.388
N4		1.487	13.7	สันเขื่อน	1.35
N5		3.025	15.2	ฐานเขื่อน	2.888
N6		3.695	20		3.558
N7		4.152	23	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.38	4.015
O1		1.332	0		1.195
O2		1.503	5		1.366
O3		1.538	10		1.401
O4		1.488	13.88	สันเขื่อน	1.351
O5		3.03	15.2	ฐานเขื่อน	2.893
O6		3.71	20		3.573
O7		4.26	24	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.44	4.123

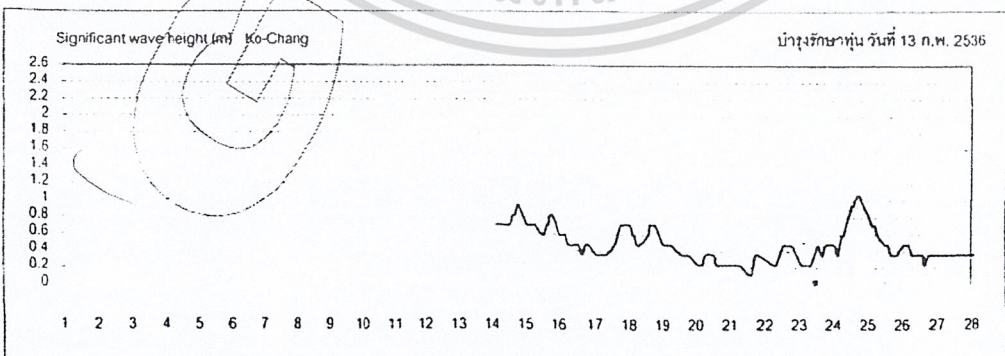
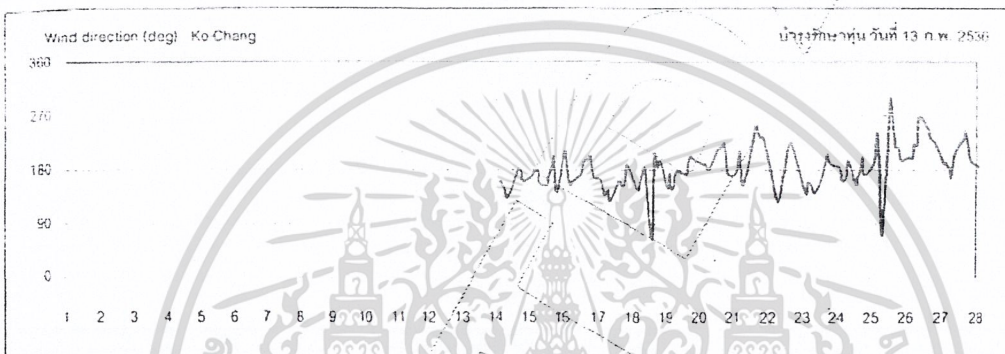
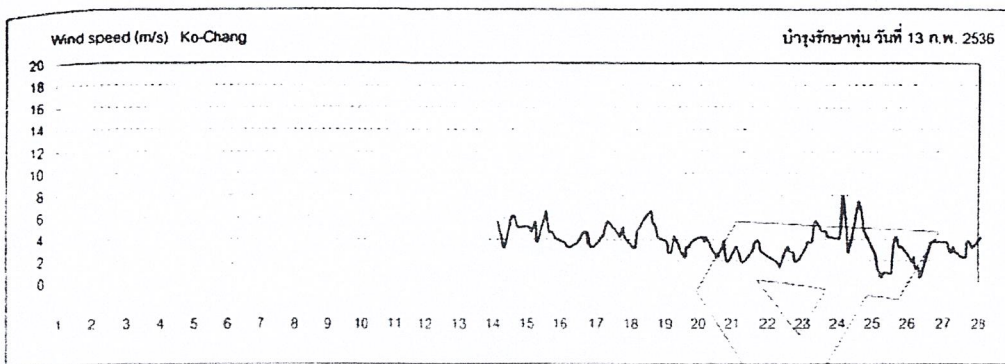
sta	bs	fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	
P1		1.422	0		1.285
P2		1.518	5		1.381
P3		1.559	10		1.422
P4		1.489	13.71	สันเขื่อน	1.352
P5		3.028	15	ฐานเขื่อน	2.891
P6		3.723	20		3.586
P7		4.238	23.5	ระดับน้ำทะเล เวลา 14.49	4.101
Q1		1.444	0		1.307
Q2		1.535	5		1.398
Q3		1.558	10		1.421
Q4		1.488	13.61	สันเขื่อน	1.351
Q5		3.067	14.9	ฐานเขื่อน	2.93
Q6		3.101	15		2.964
Q6		3.772	20		3.635
Q7		4.291	23.5	ระดับน้ำทะเล เวลา 15.00	4.154
R1		1.453	0		1.316
R2		1.332	5		1.195
R3		1.557	10		1.42
R4		1.498	13.54	สันเขื่อน	1.361
R5		3.106	14.6	ฐานเขื่อน	2.969
R6		3.128	15		2.991
R7		3.785	20		3.648
R8		4.3	23.5	ระดับน้ำทะเล เวลา 15.10	4.163
S1		1.45	0		1.313
S2		1.508	5		1.371
S3		1.558	10		1.421
S4		1.508	13.39	สันเขื่อน	1.371
S5		3.085	14.7	ฐานเขื่อน	2.948
S6		3.145	15		3.008
S7		3.805	20		3.668
S8		4.353	23.5	ระดับน้ำทะเล เวลา 15.24	4.216

sta		fs	ระยะทาง	หมายเหตุ	elevation
T1	bs	1.261	0		1.124
T2		1.575	5		1.438
T3		1.619	10		1.482
T4		1.51	13.3	สันเขื่อน	1.373
T5		3.097	14.7	ฐานเขื่อน	2.96
T6		3.157	15		3.02
T7		3.839	20		3.702
T8		4.392	23.5	ระดับน้ำทะเล เวลา 15.29	4.255
BM3	1.854	1.29			
BM4	1.522	1.186			
		1.03			

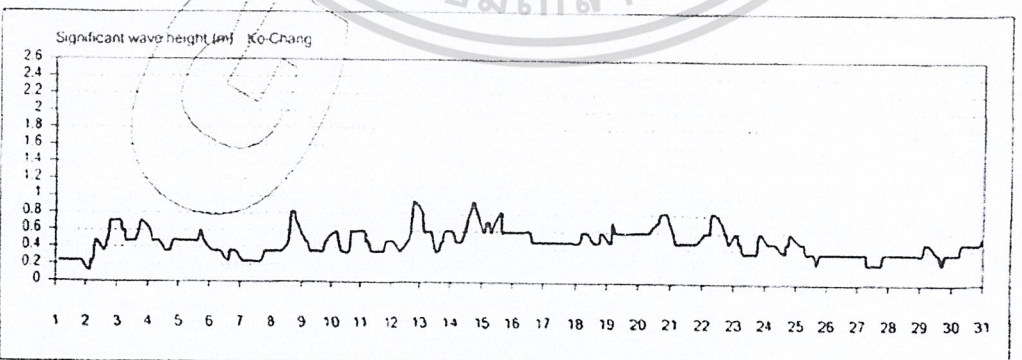
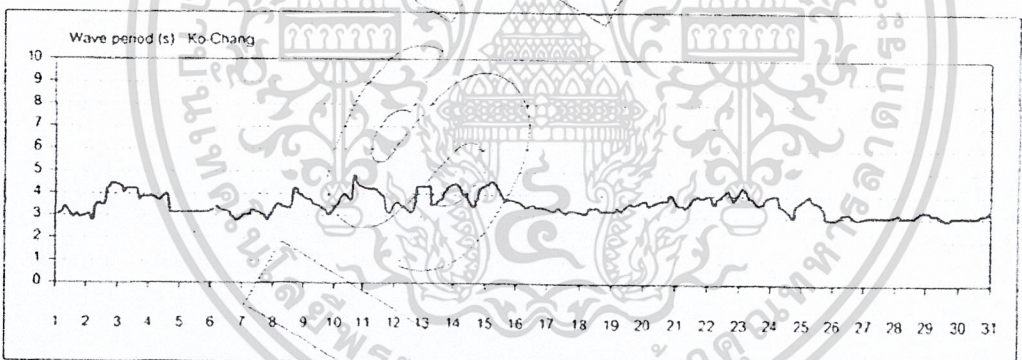
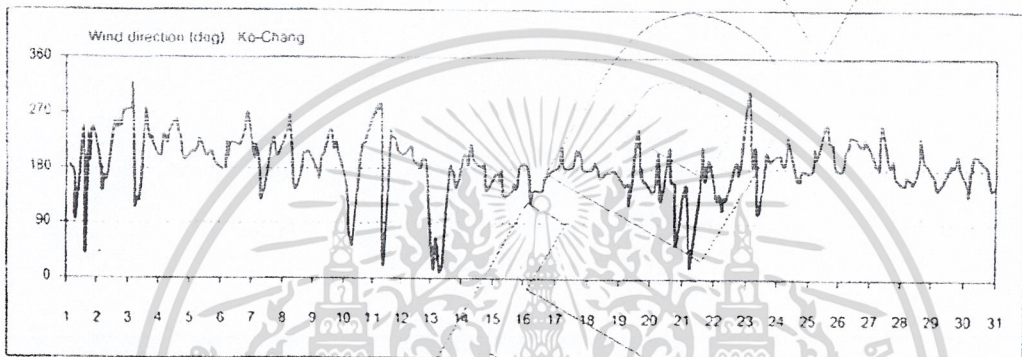
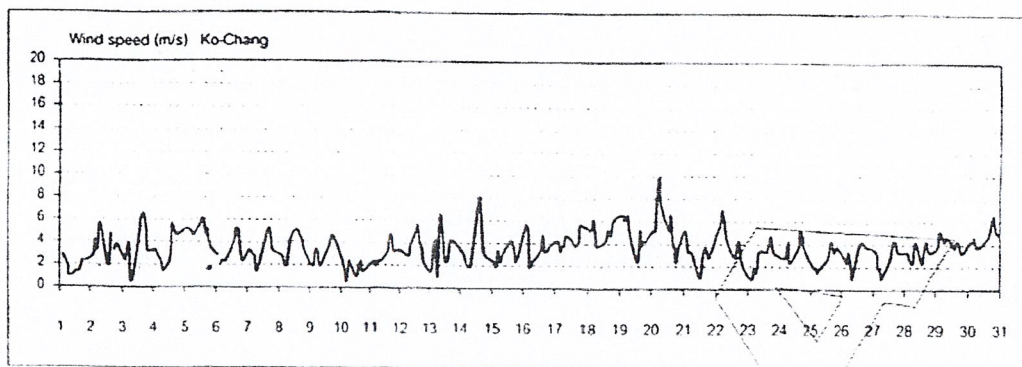




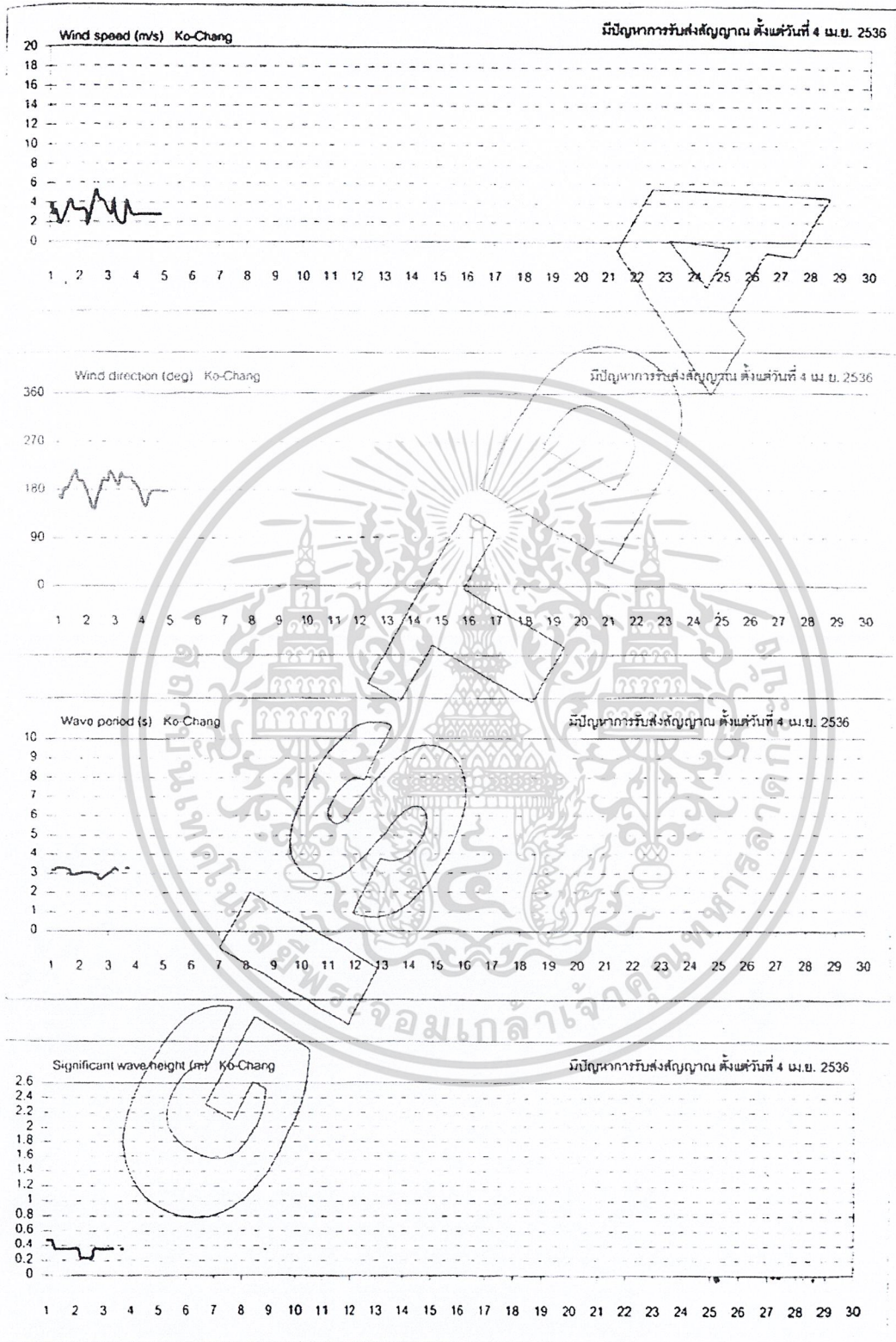




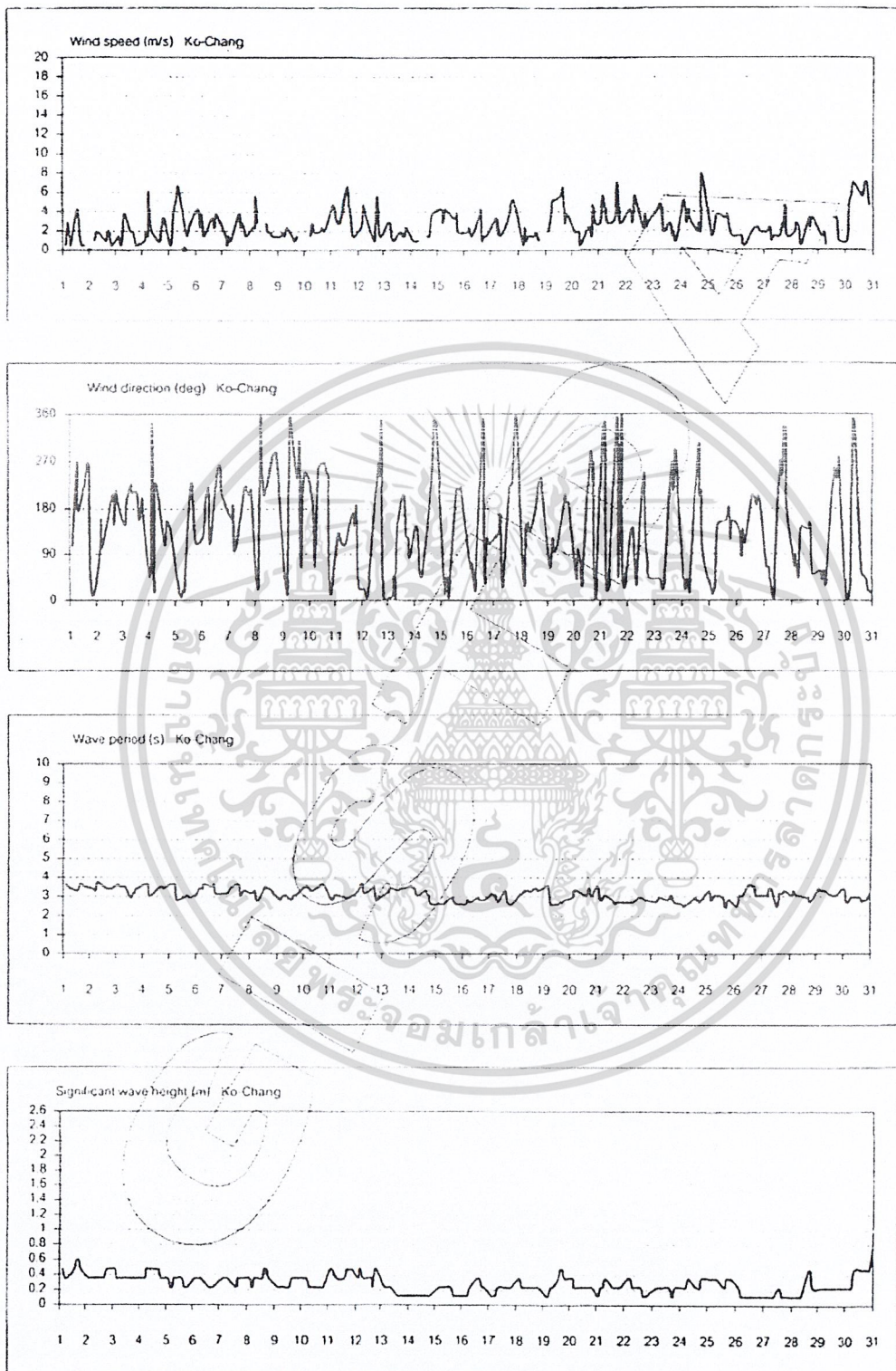
LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY	
	Geo-informatics and Space Technology		OBSERVATION PERIOD	FIGURE
	Development Agency (Public Organization)		1993.02.01-1993.02.28 LT	1



LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY
	OBSERVATION PERIOD		FIGURE
	1993.03.01-1993.03.31 LT		1



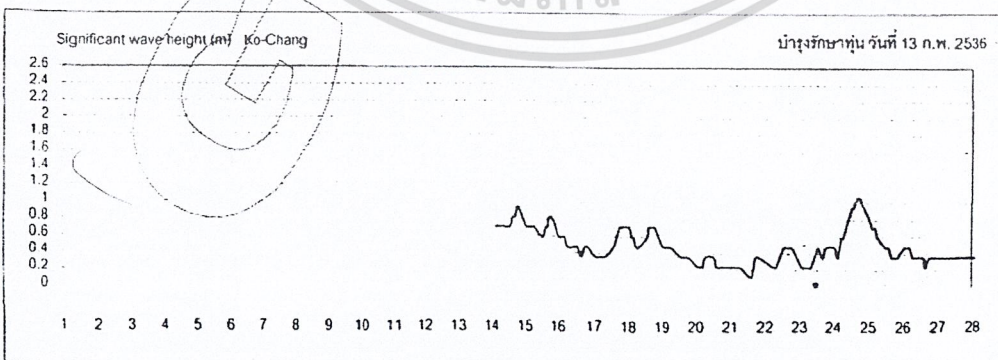
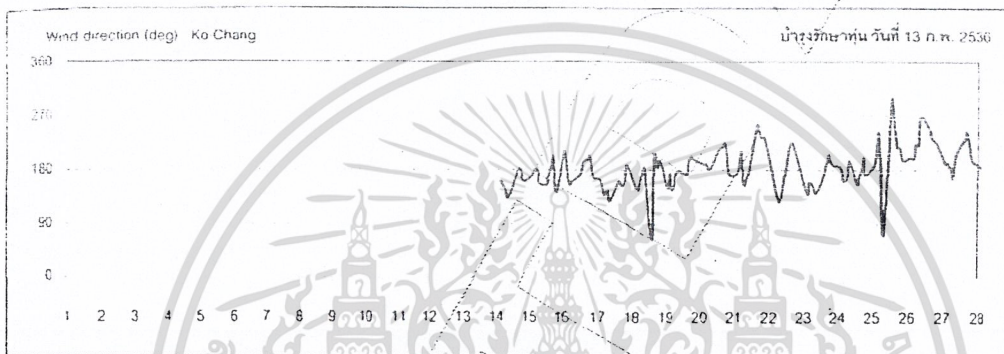
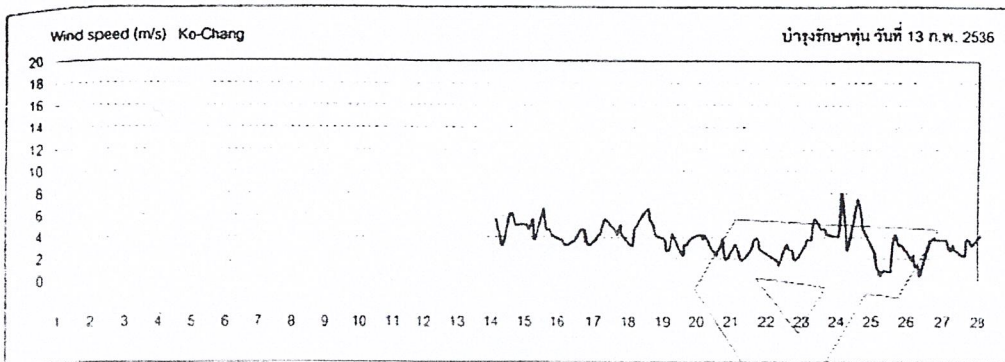
LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY	
	Geo-informatics and Space Technology		OBSERVATION PERIOD	FIGURE
	Development Agency (Public Organization)		1993.04.01-1993.04.30 LT	1



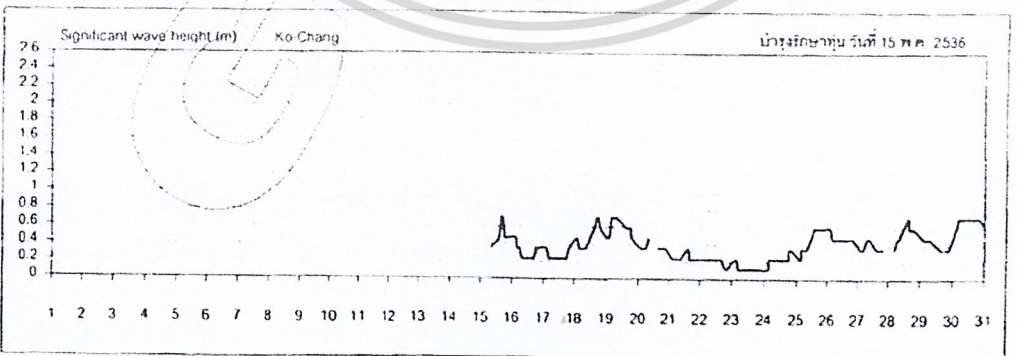
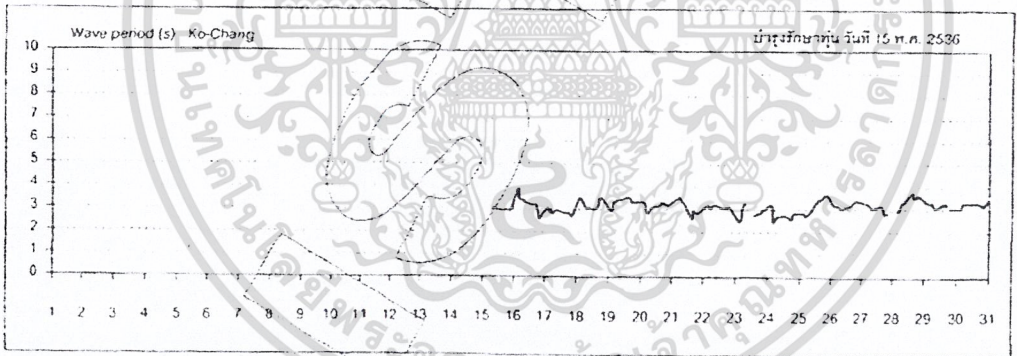
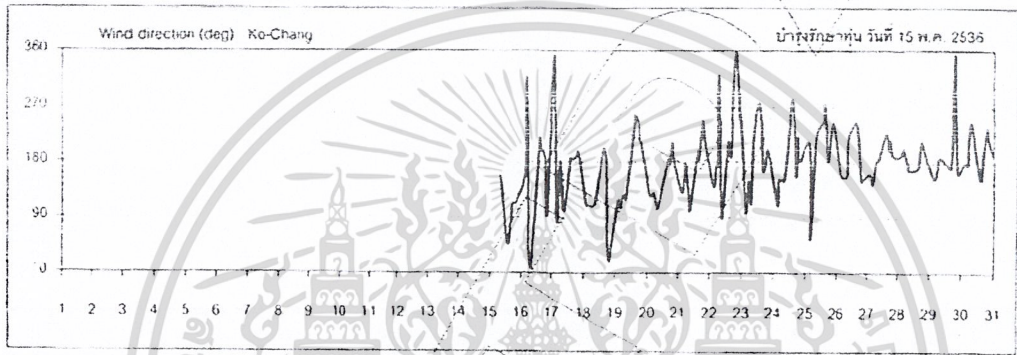
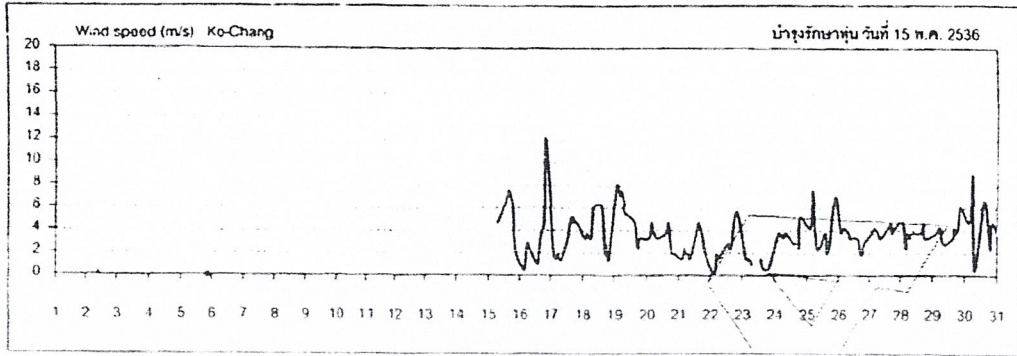
LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m		INSTRUMENT : TOBIS BUOY	
	Geo-informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)		OBSERVATION PERIOD		FIGURE
			1993.10.01-1993.10.31 LT		1




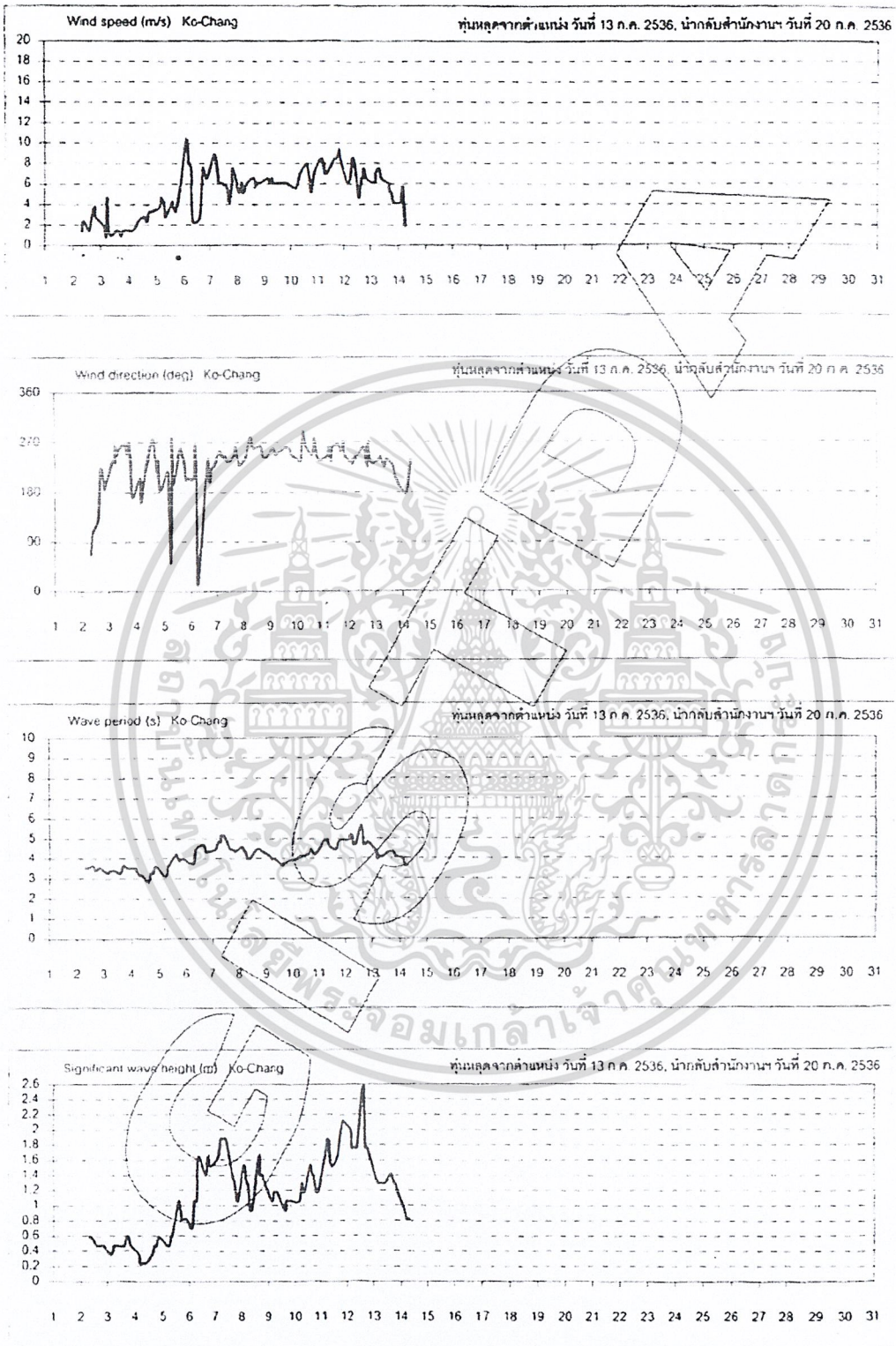
LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY
	Geo-informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)	OBSERVATION PERIOD	FIGURE
		1993.09.01-1993.09.30 LT	1



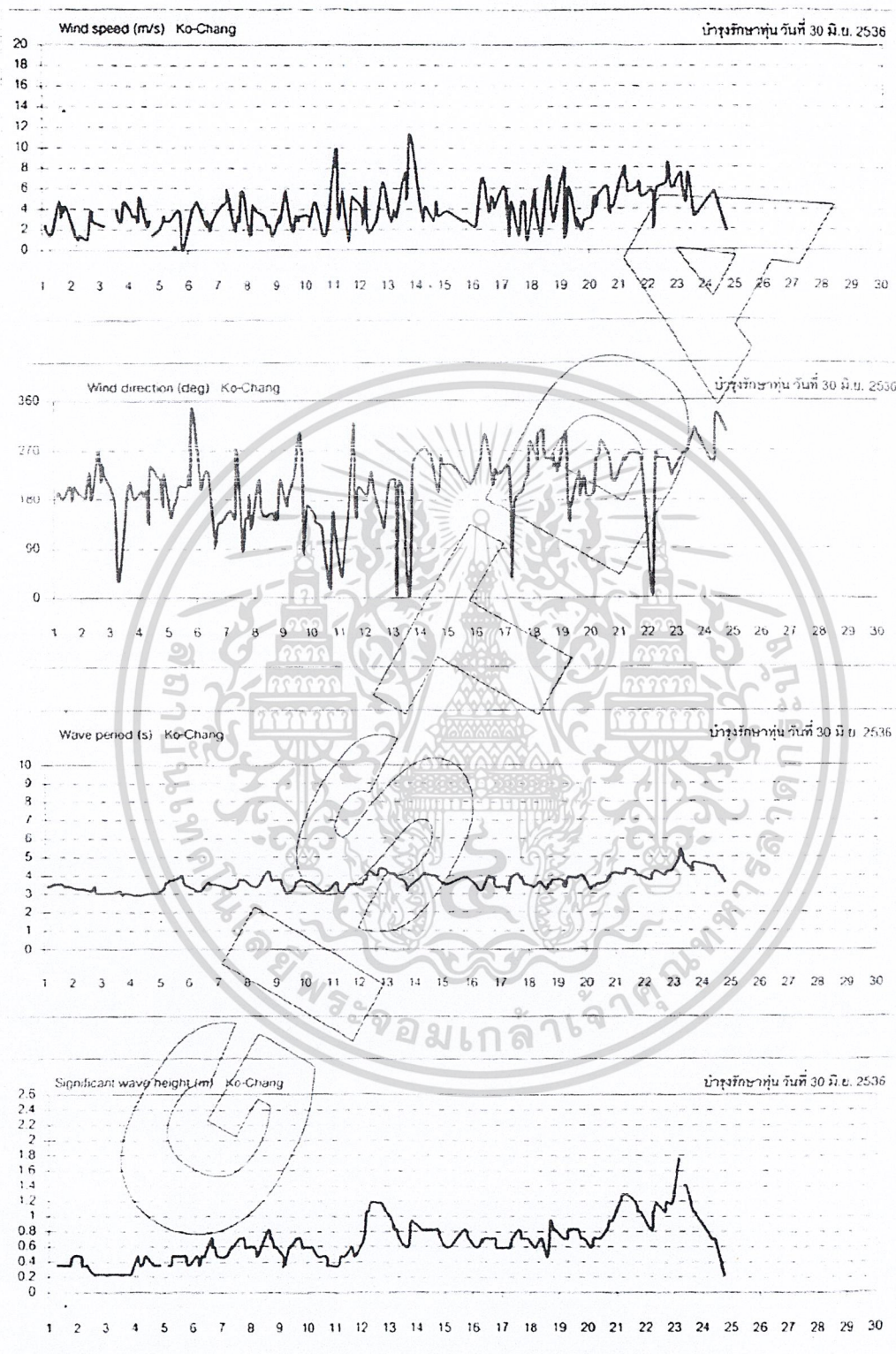
LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY
	Geo-informatics and Space Technology	OBSERVATION PERIOD	FIGURE
	Development Agency (Public Organization)	1993.02.01-1993.02.28 LT	1



LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m		INSTRUMENT : TOBIS BUOY	
	Geo-informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)		OBSERVATION PERIOD		FIGURE
			1993.05.01-1993.05.31 LT		1



LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY
	Geo-informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)		OBSERVATION PERIOD
			1993.07.01-1993.07.31 LT
			FIGURE 1



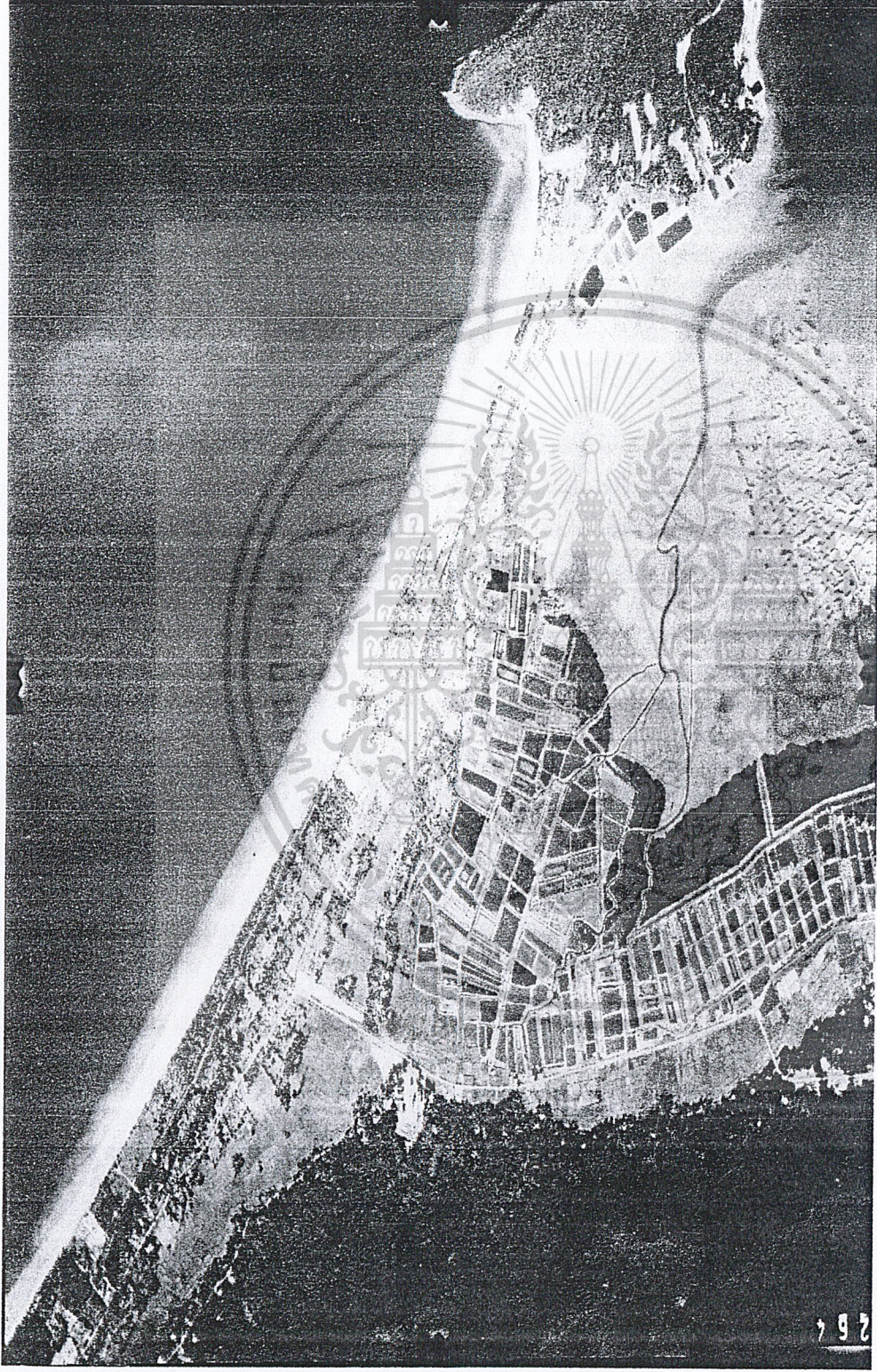
LOCATION : KO CHANG		WATER DEPTH : 32 m	INSTRUMENT : TOBIS BUOY
	Geo-informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization)	OBSERVATION PERIOD	FIGURE
		1993.06.01-1993.06.30 LT	1



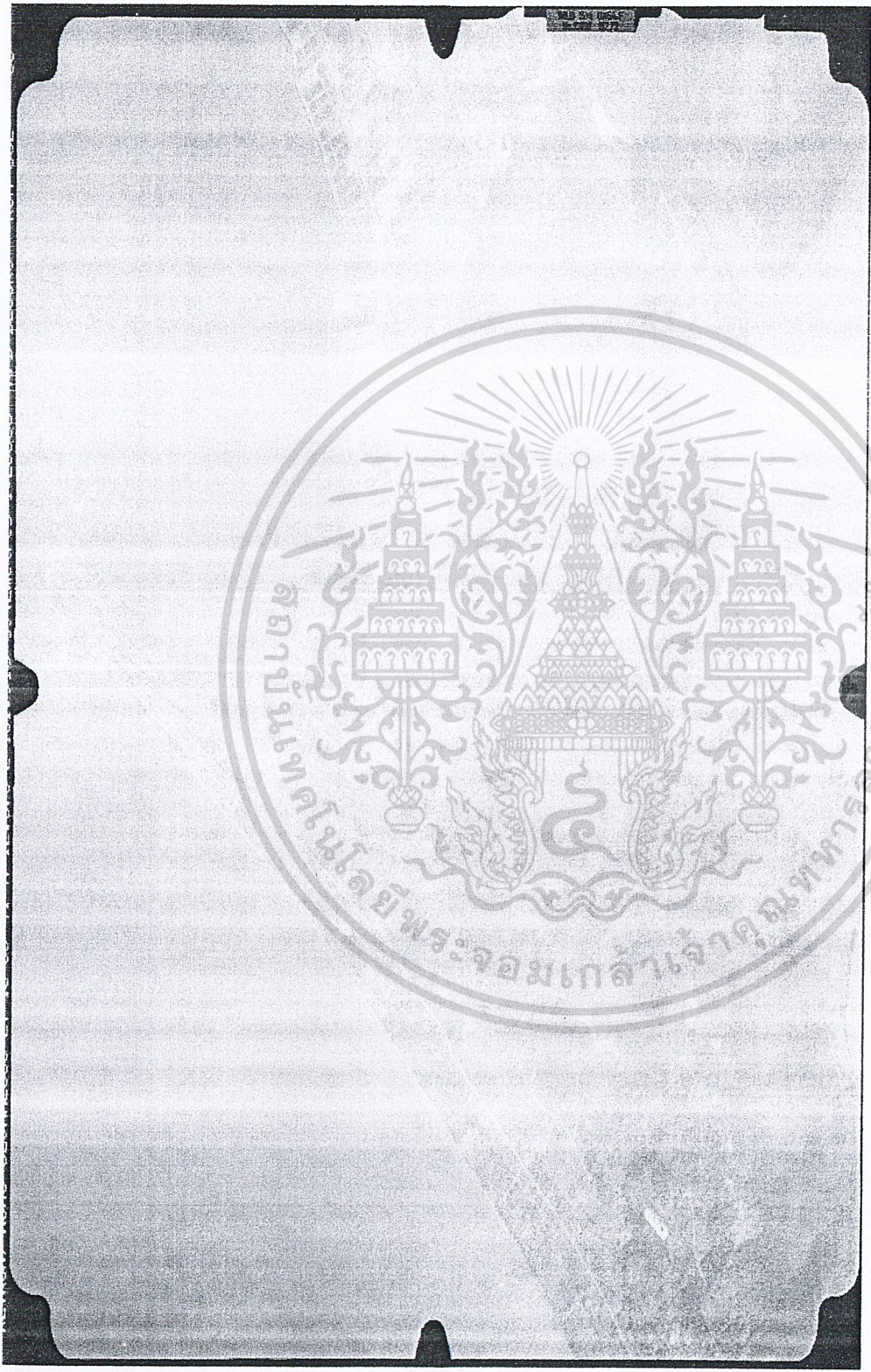
ภาคผนวก ค
ภาพแสดงข้อมูลสารสนเทศนิติศาสตร์



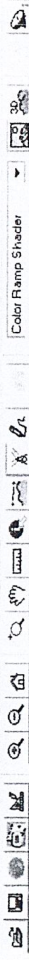
รูปที่ ค - 1 รูปแสดงภาพแสดกนจากฟิล์มภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2518 ที่ยังไม่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตและพิกัดให้ความถูกต้อง



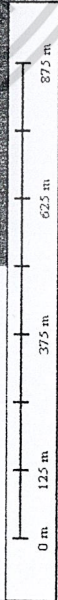
รูปที่ ค - 2 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2518 ที่ยังไม่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตและพิกัดให้มีความถูกต้อง



รูปที่ ค - 3 รูปแสดงภาพแสกนจากฟิล์มภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ. 2545 ที่ยังไม่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตและพิกัดให้ความถูกต้อง

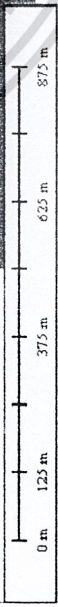
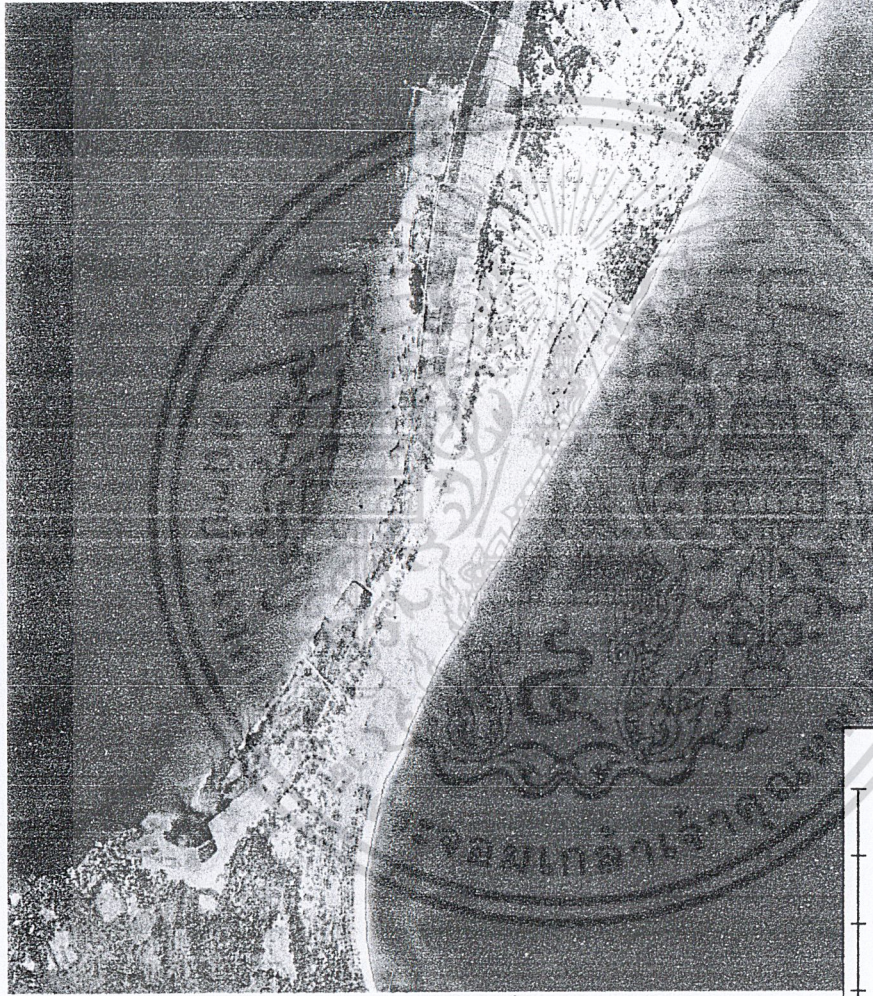
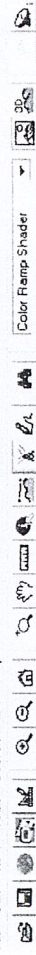


Color Ramp Shader



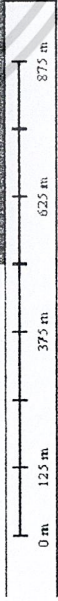
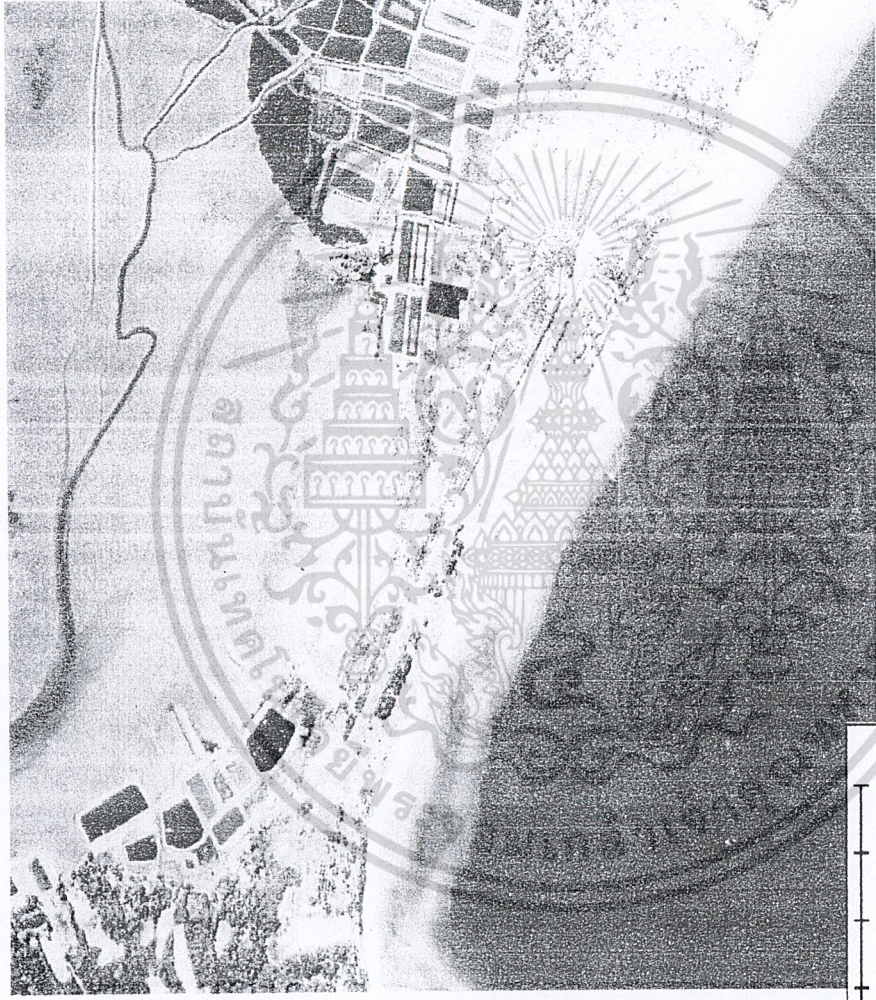
U:9073 UTM (WGS84) - (816121.394, 1390377.397) 12° 33' 40.9612" N, 101°

รูปที่ ค - 4 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2518 ที่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตและพิกัดแล้วนำมาเข้าสู่โปรแกรม Global Mapper



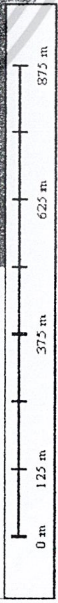
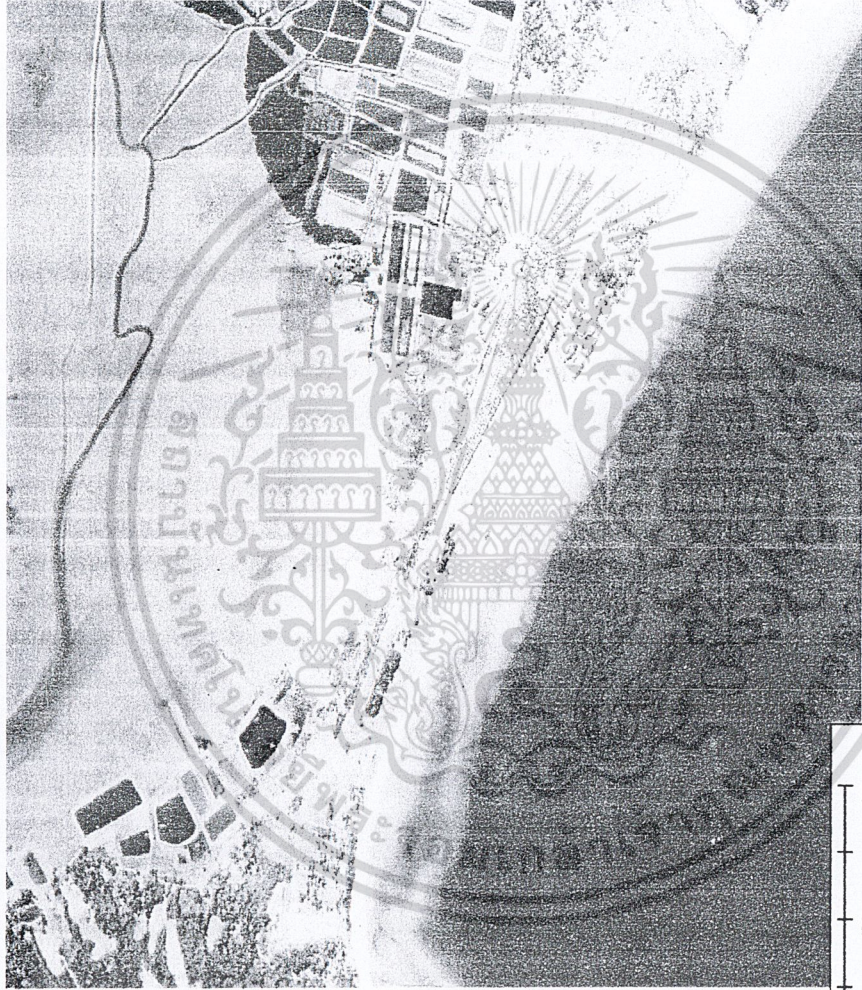
1:9078 UTM (WGS84) - (U.3894, 910, 1390449.462) 12° 33' 44.101" N, 101° 4

รูปที่ ค - 5 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2518 ที่ได้ถูกถ่ายเก็บโดยโปรแกรม Global Mapper แล้ว



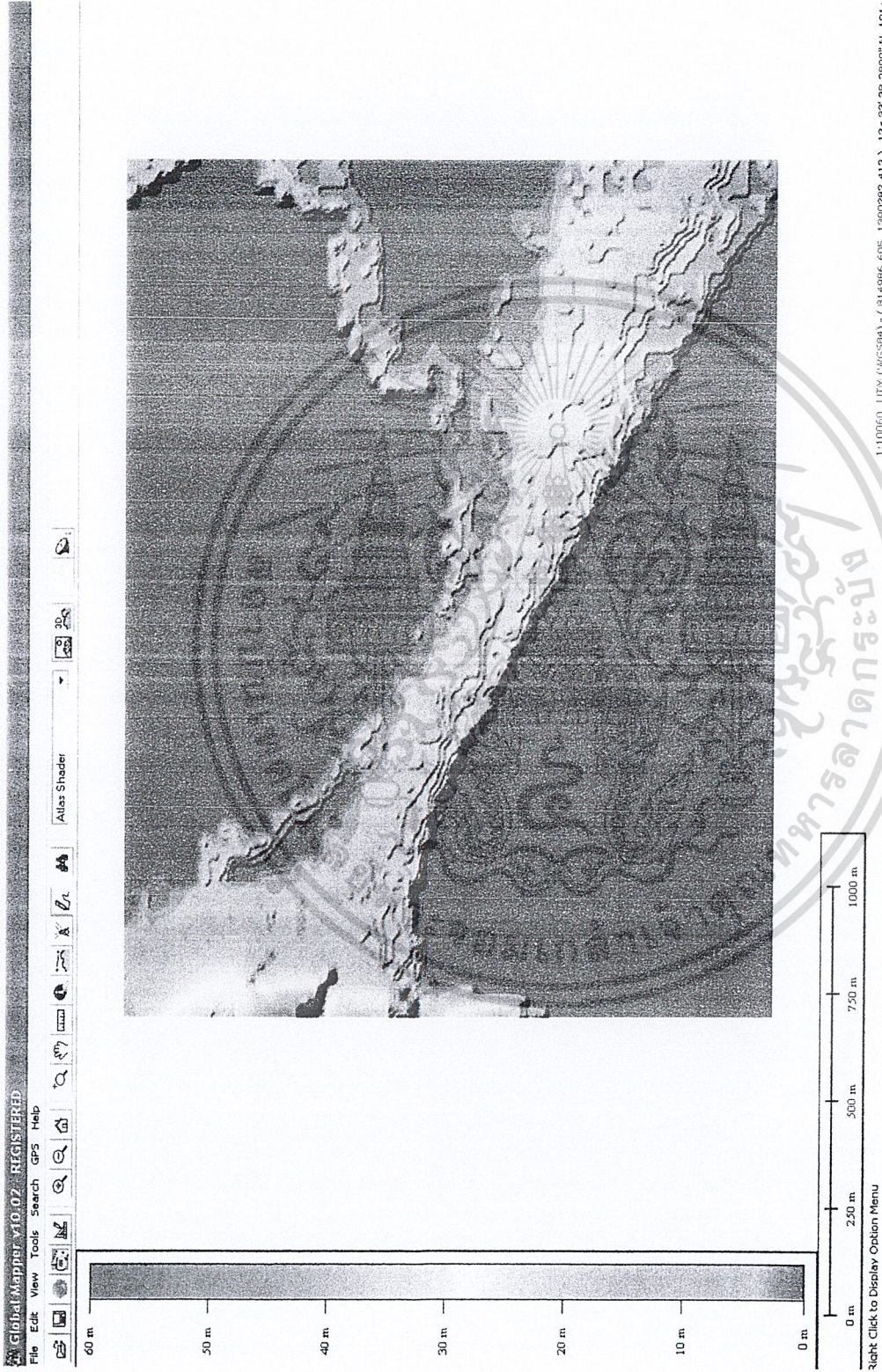
1:9078 UTM (NAD83) (-816551.319, 1390379.799) 12.4.33 40.6dfMondaw.3a

รูปที่ ค - 6 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2533 ที่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตและพิกัดแล้วนำเข้าสู่โปรแกรม Global Mapper

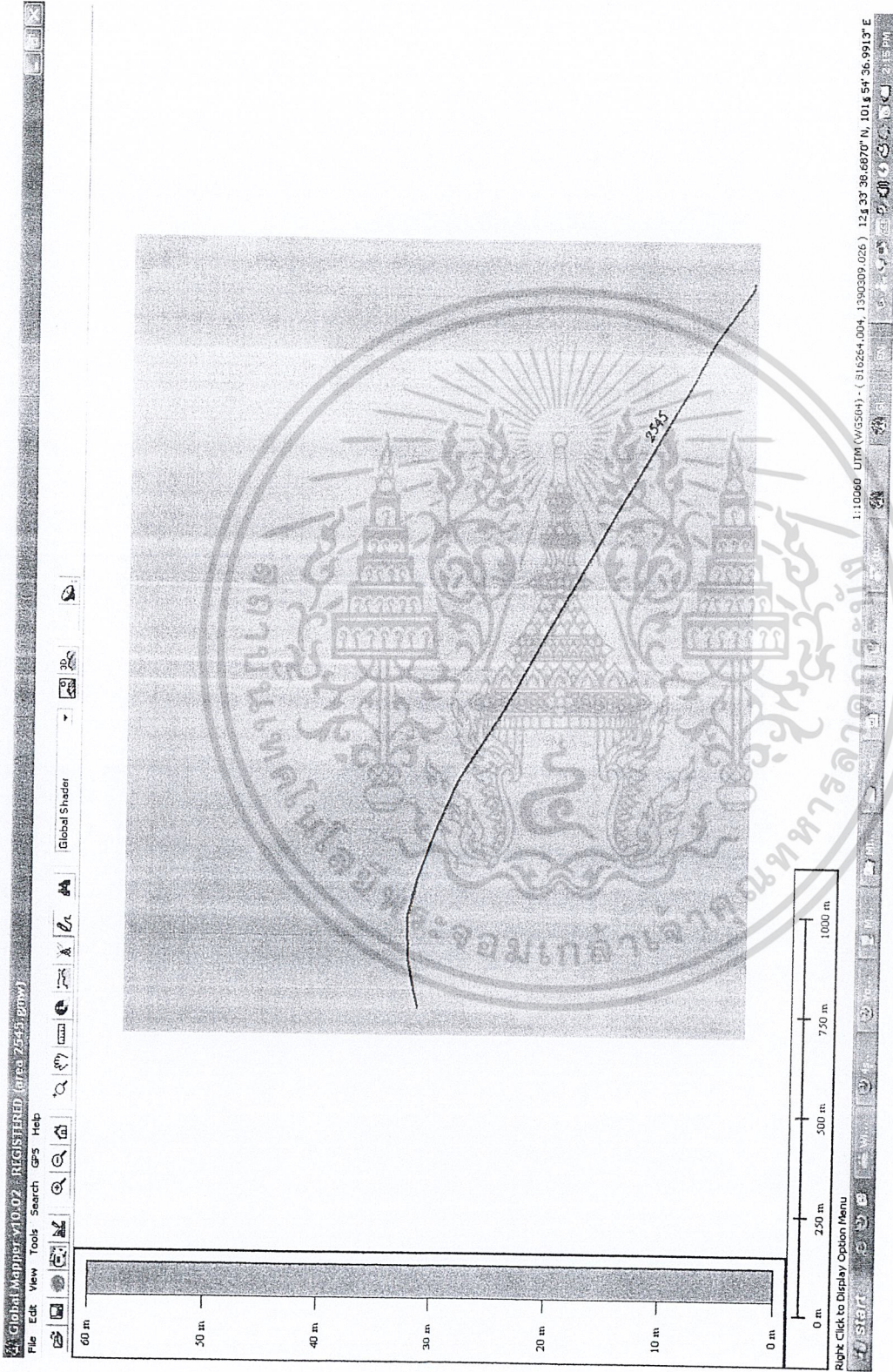


1:90748 UTM (WGS594) - (816536.820, 1390730.464) 12 & 33' 52.2909" N, 101

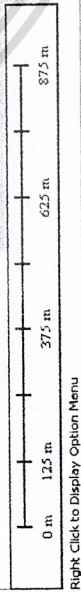
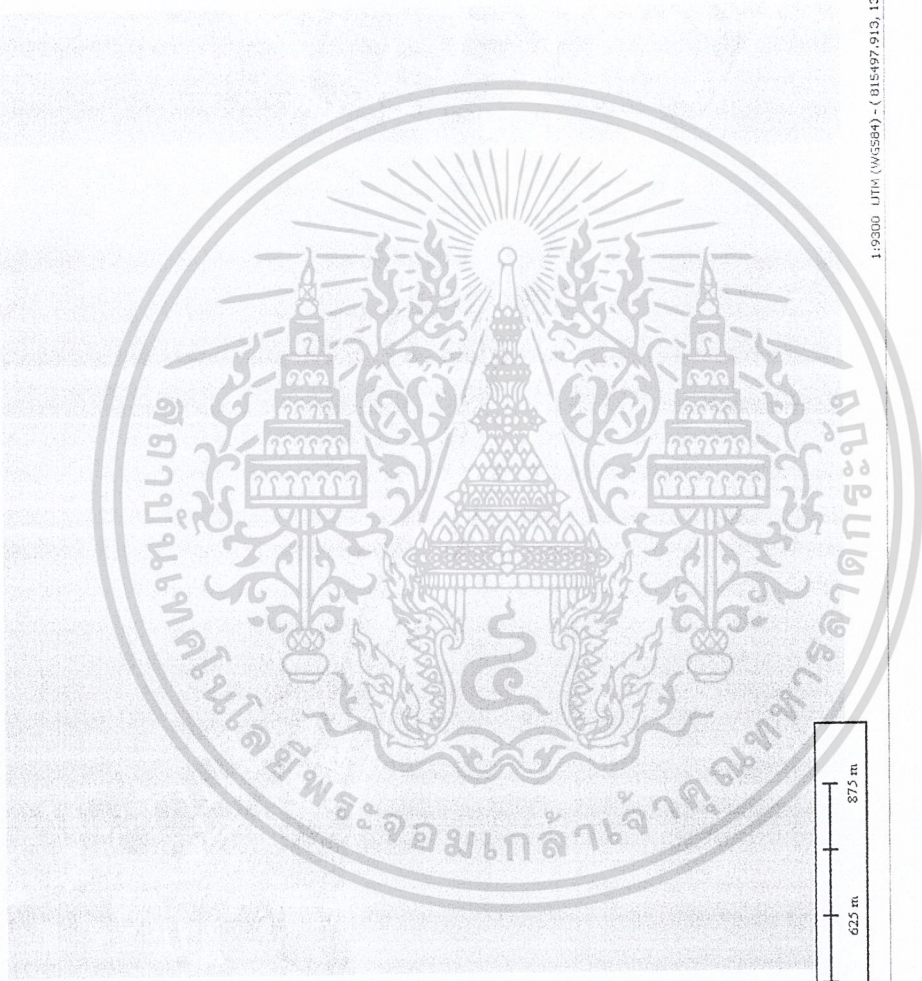
รูปที่ ค - 7 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2533 ที่ ได้ถูกตกแต่งชายฝั่ง โดยโปรแกรม Global Mapper แล้ว



รูปที่ ๘ - 8 รูปภาพแสดงข้อมูล DEM FILE ที่ พ.ศ. 2543 ที่ถูกนำเข้าสู่โปรแกรม Global Mapper



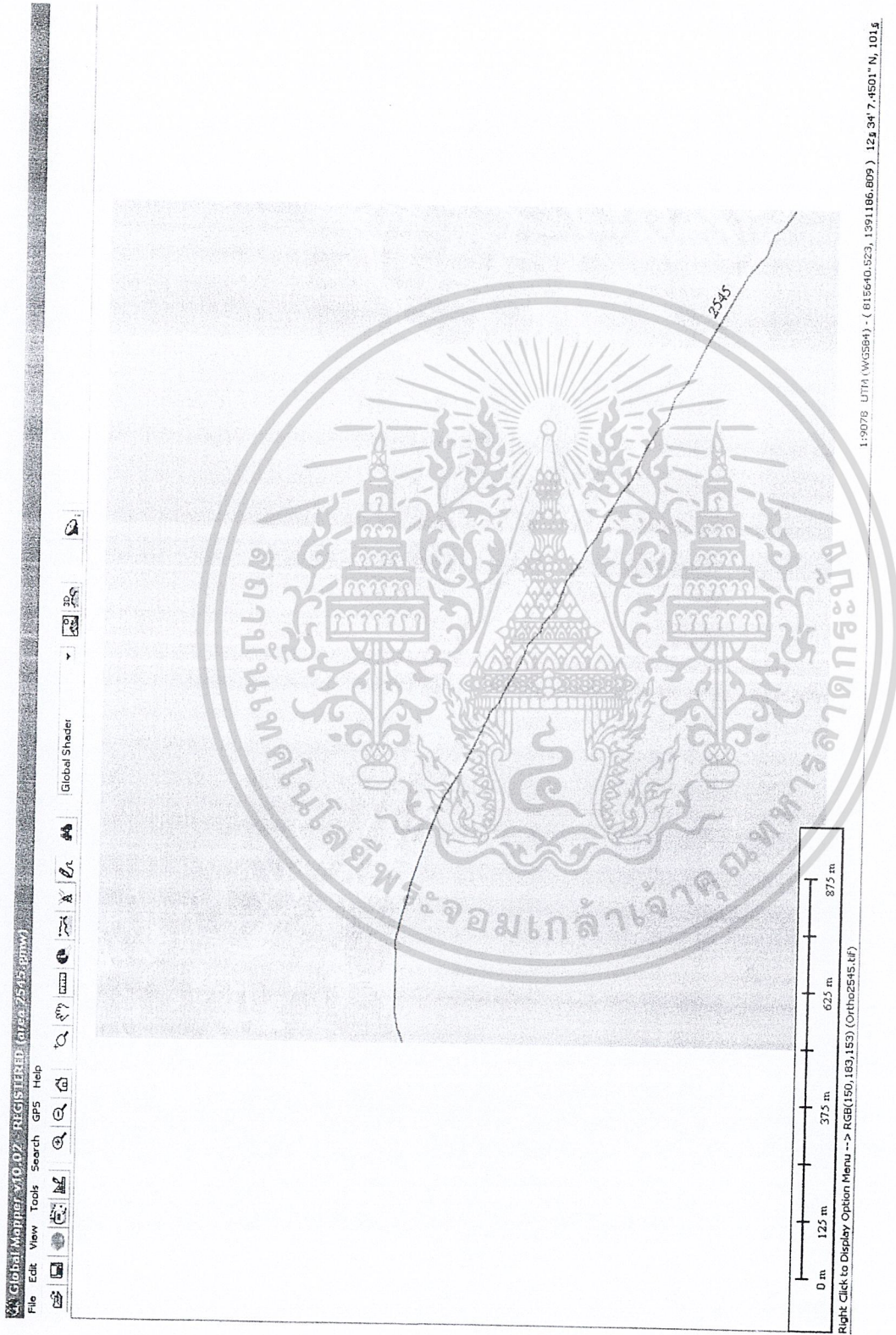
รูปที่ ก -9 รูปภาพแสดงข้อมูล DEM FILE ปี พ.ศ. 2543 ที่ถูกตกแต่งโดยโปรแกรม Global Mapper



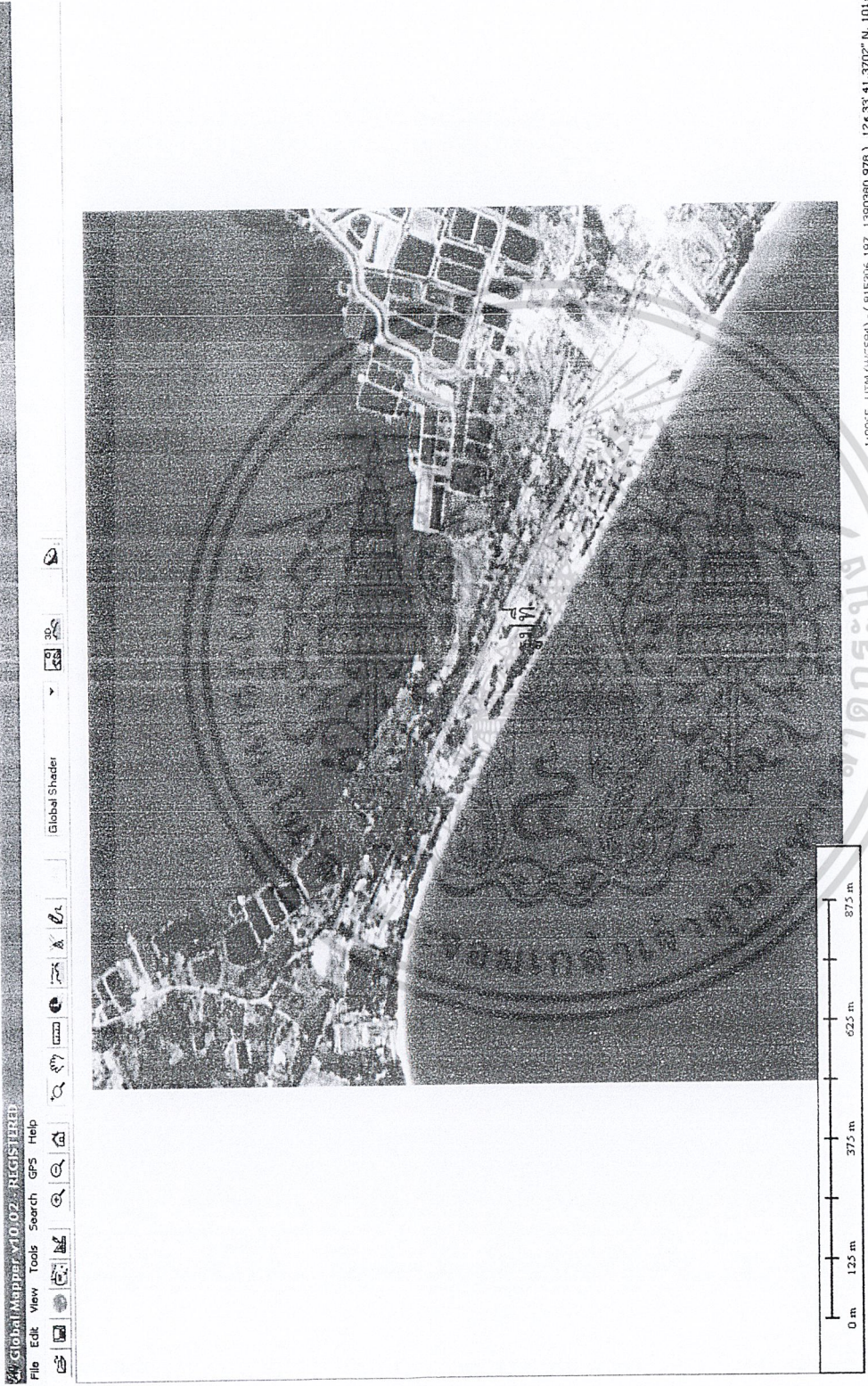
1:9300 UTM (WGS84) - (115497.919, 1390569.000) 12° 35' 40.9120" N, 101°

Right Click to Display Option Menu

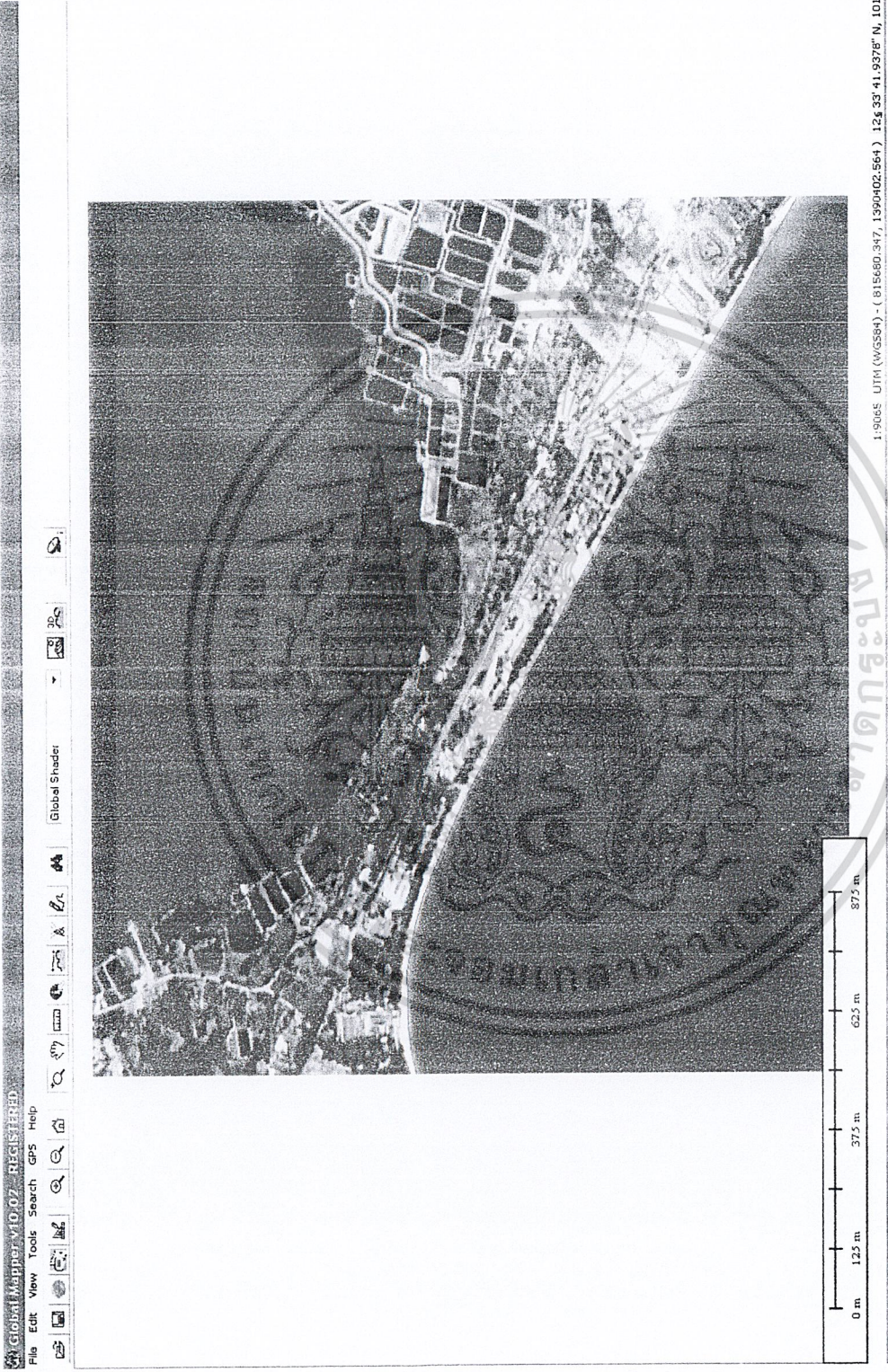
รูปที่ ค - 10 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2545 ที่ได้รับการปรับแก้ทางเรขาคณิตและพิกัดแล้วนำเข้าสู่โปรแกรม Global Mapper



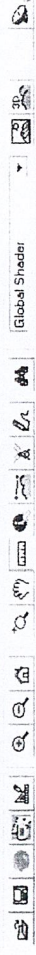
รูปที่ ค - 11 รูปแสดงภาพถ่ายทางอากาศ ปี พ.ศ. 2545 ที่ ได้ถูกตากเส้นชายฝั่ง โดยโปรแกรม Global Mapper แล้ว



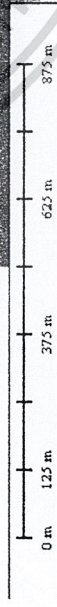
รูปที่ ค-12 รูปแสดงภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2551 ที่ถูกนำเข้าสู่โปรแกรม Global Mapper



ค-13 รูปแสดงภาพถ่ายดาวเทียมปี พ.ศ. 2551 ที่ได้กรลากเส้นชายฝั่ง โดยโปรแกรม Global Mapper แล้ว



Global Shader



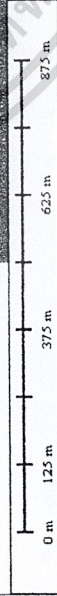
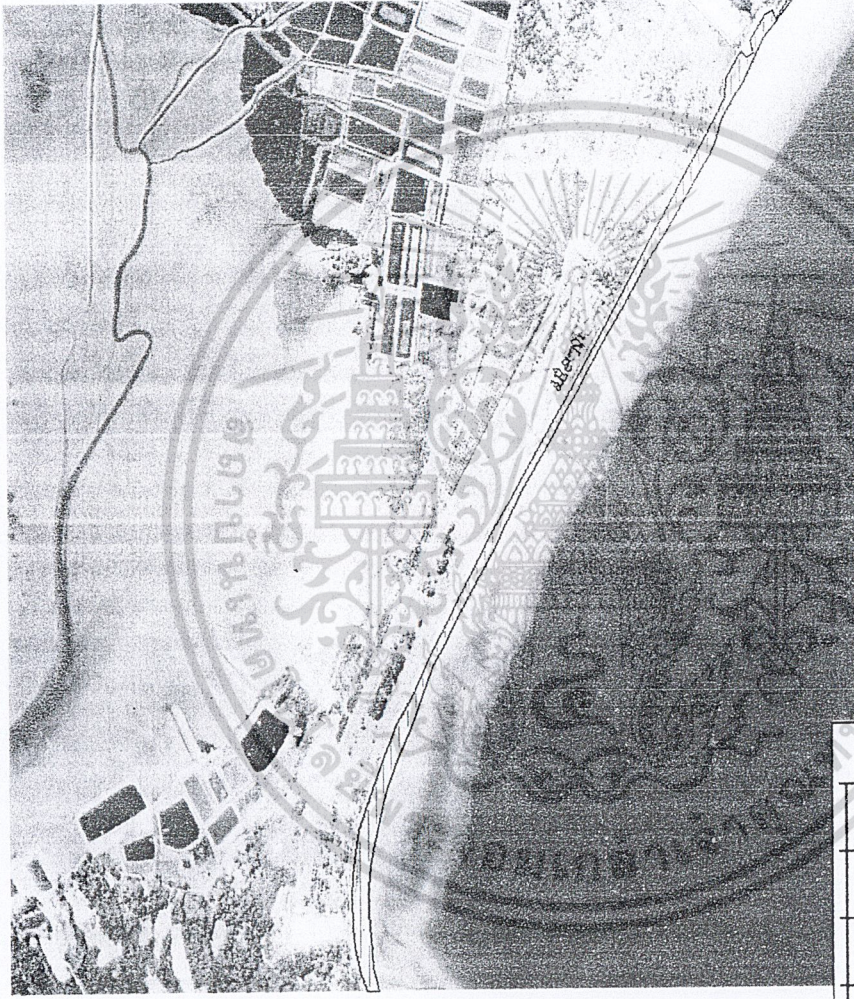
Total Len: 4.566 Km, Total Brg: 1805 00' 0.0", Enclosed Area: 0.01872 sq mi

1:9078 UTM (WGS84) - (613786.321, 1392399.726) 12.5 34 47.5496° N, 101.5

รูปที่ ค-14 รูปแสดงการหาพื้นที่ชายฝั่งของปี พ.ศ. 2518



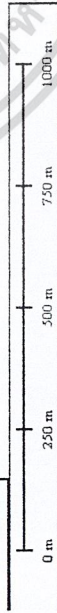
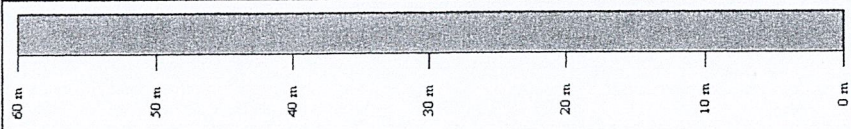
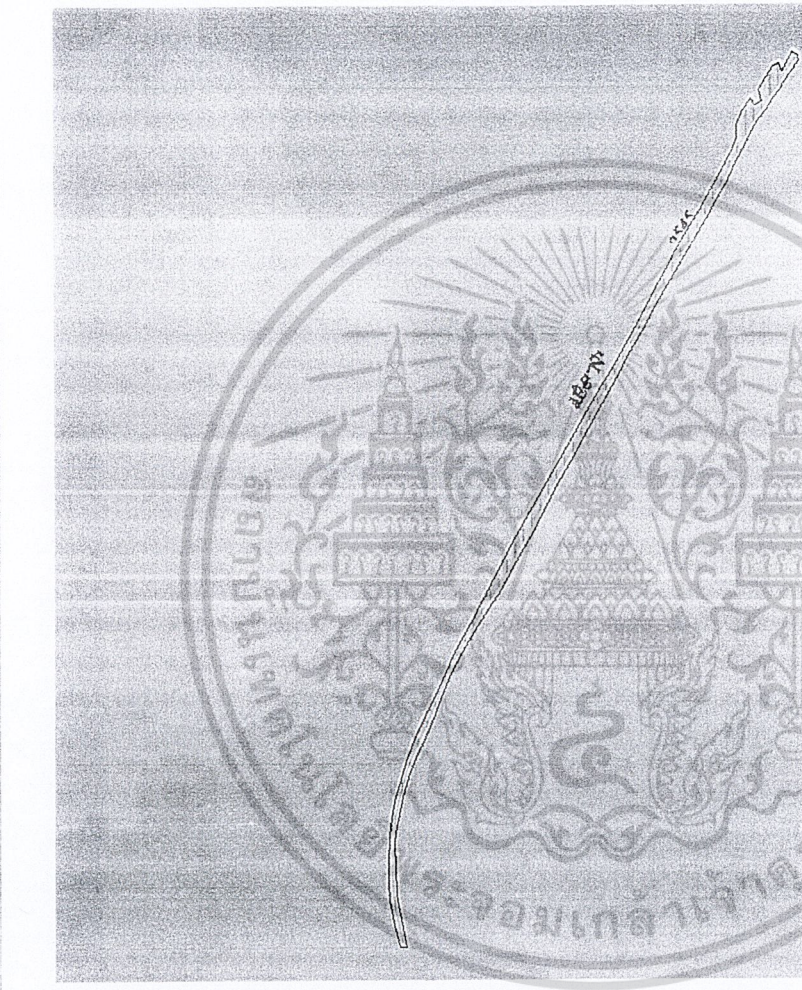
Global Shading



Total Len: 4.415 km, Total Brg: 180g 00' 0.0", Enclosed Area: 0.01953 sq mi

1:8076 UTM: (WGS84) : (816291.670, 1390370.192) 124 33' 40.6657" N, 101.5

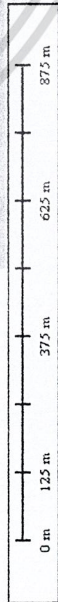
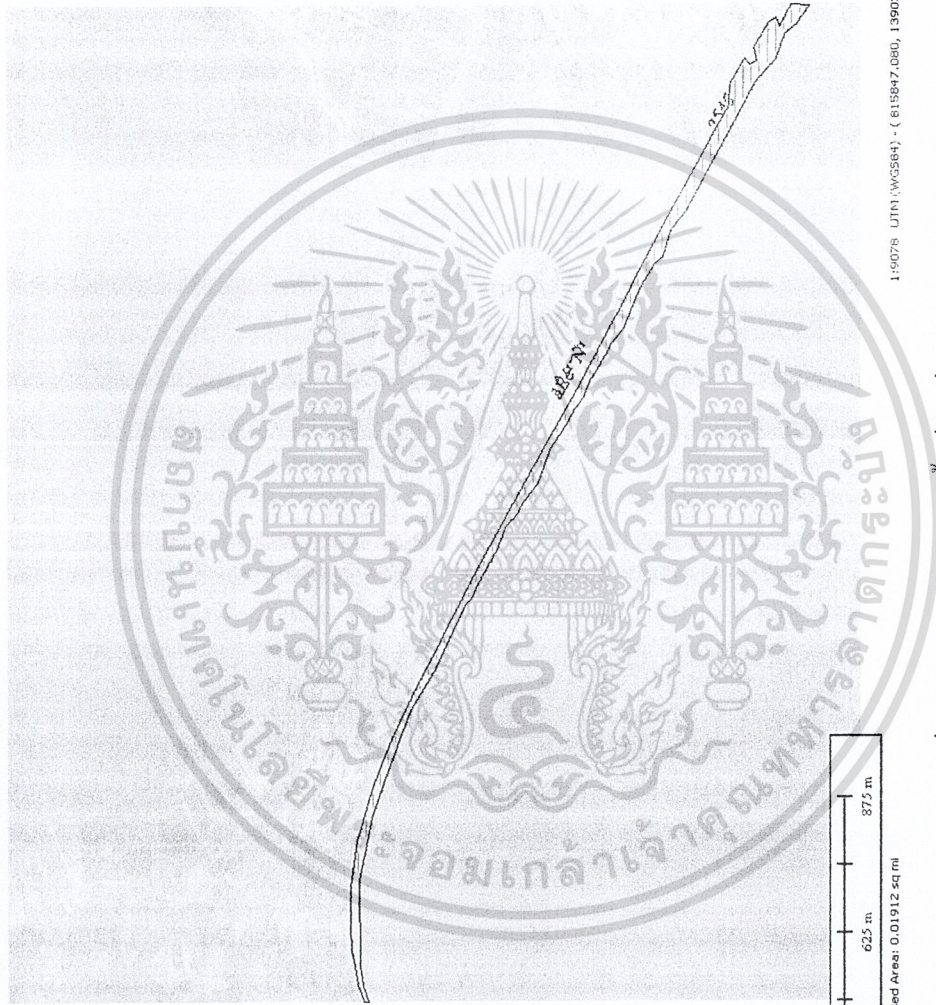
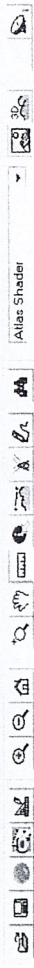
รูปที่ ค-15 รูปแสดงการหาพื้นที่ ขยายหาคงอิงปี พ.ศ. 2533



Total Len: 4.423 km, Total Brg: 180g 00' 0.0", Enclosed Area: 0.01943 sq mi

1410060 UTM (WGS84) - (816503.516, 139047.411) 12° 33' 43.1001" N, 101° 5

รูปที่ ค-16 รูปแสดงการหาพื้นที่ขยหาดของปี พ.ศ. 2543



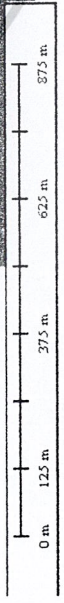
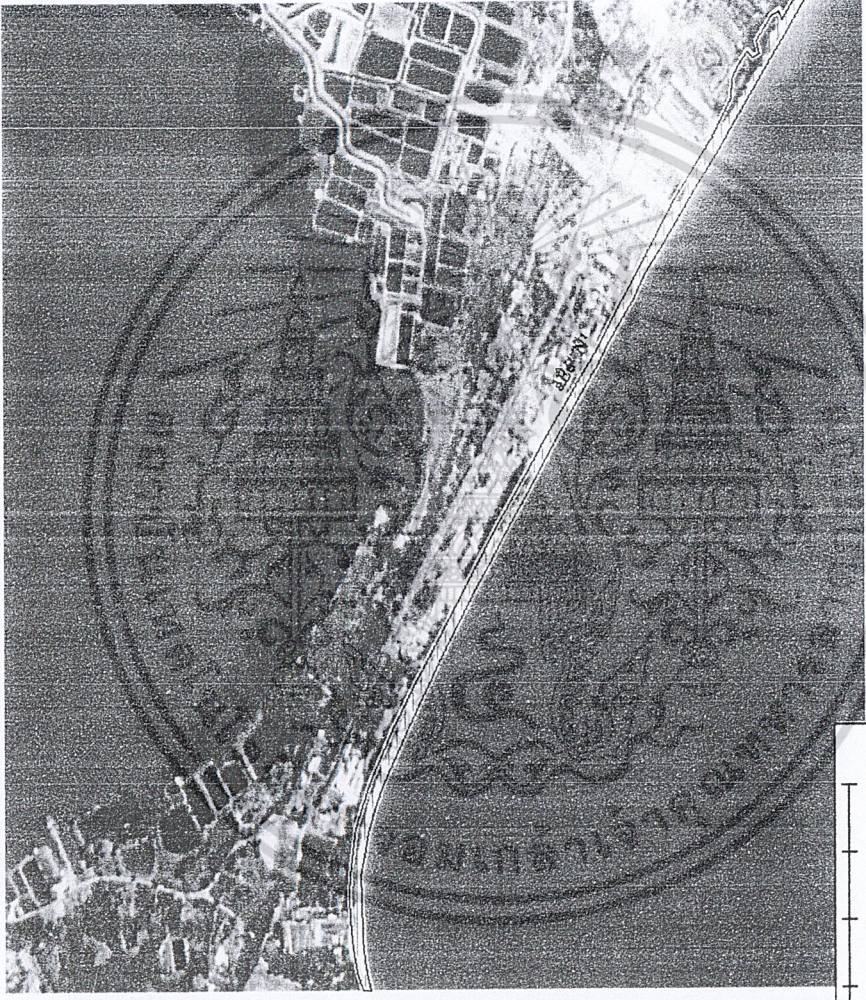
Total Len: 4.474 km, Total Brg: 180.00 0.00', Enclosed Area: 0.01912 sq mi

1:9078 UTM (WGS84) - (815847.080, 1390374.995) 12, 33 '40.9816" N, 101,1

รูปที่ ค-17 รูปแสดงการหาพื้นที่ชายฝั่งปี พ.ศ. 2545



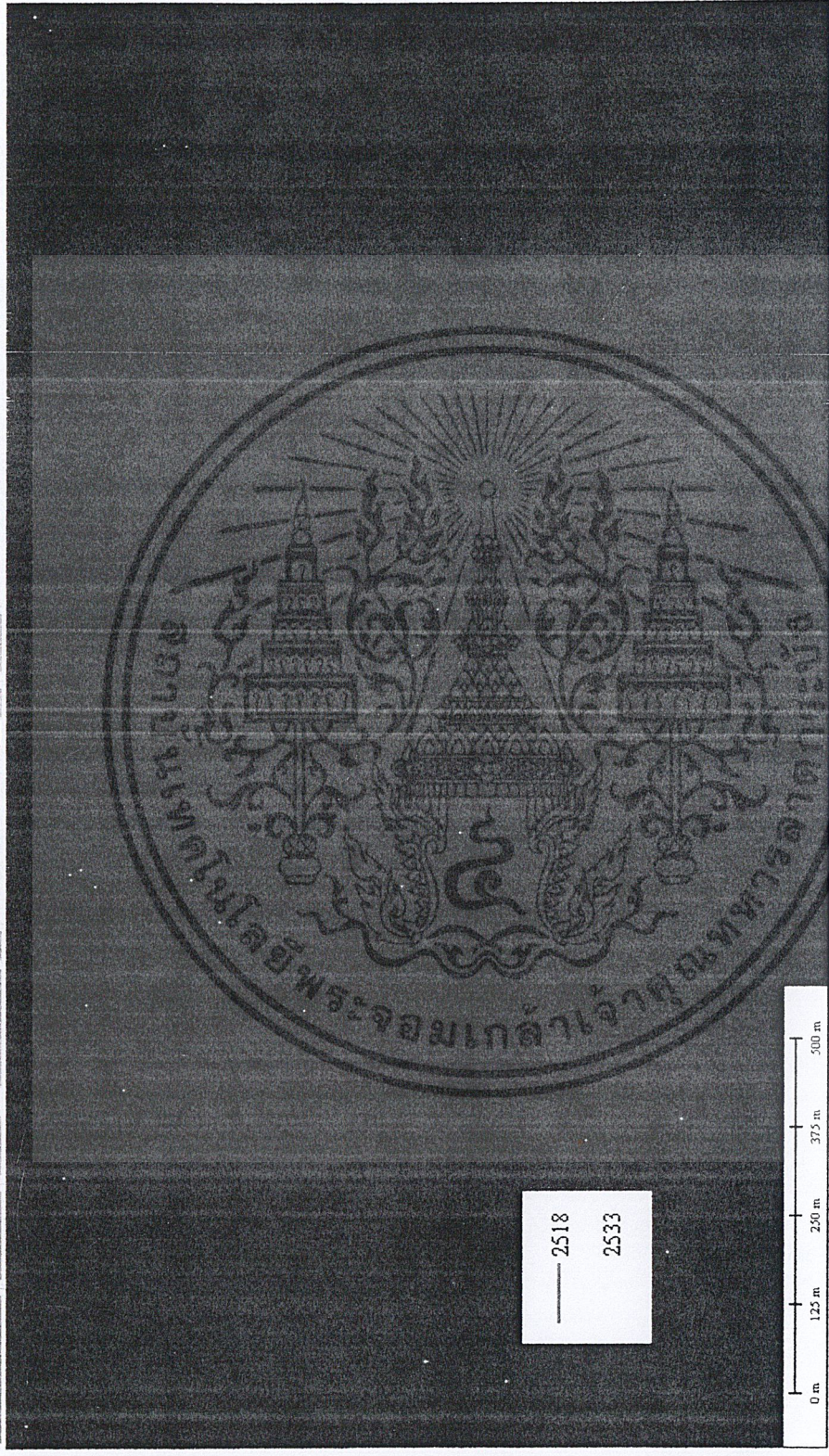
Atlas Shader



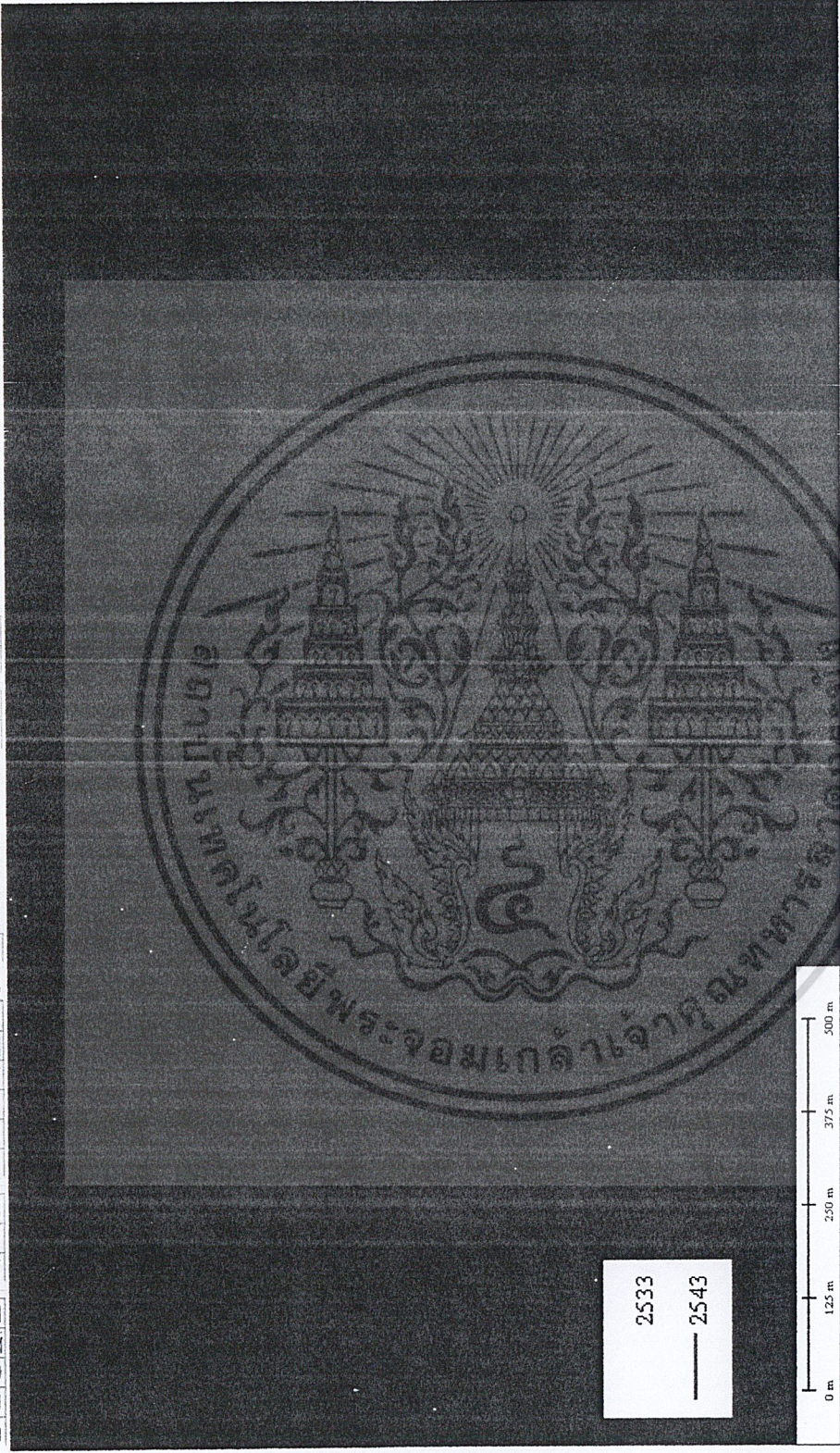
Total Len: 4.438 Km, Total Brg: 180° 00' 0.0", Enclosed Area: 0.0226 sq mi

1:9078 UTM (WGS84) - (616375.735, 1390594.210) 12° 33' 41.416" N, 101° 5

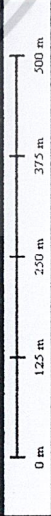
รูปที่ 18- รูปแสดงหาพื้นที่ชายฝั่ง ปี พ.ศ. 2551



รูปที่ ค-19 การเปรียบเทียบการกัดเซาะ และการเพิ่มขึ้น ของพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2533 กับปี พ.ศ. 2518



2533
—— 2543



รูปที่ ค-20 การเปรียบเทียบการกัดเซาะ และการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชายฝั่ง ระหว่างปี พ.ศ. 2543 กับปี พ.ศ. 2533