



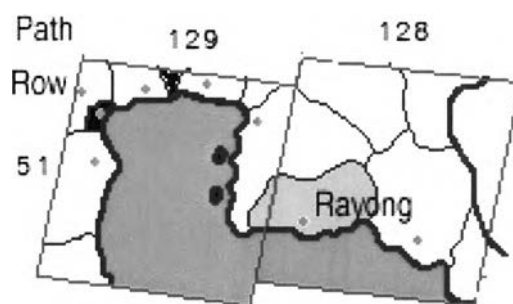
### บทที่ 3

#### วิธีการศึกษา

#### 3.1 การเปลี่ยนแปลงการกระจายของตะกอนแขวนลอย

##### 3.1.1 ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลดาวเทียมจากดาวเทียม Landsat 5 เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital) แสดงระดับการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้เครื่องรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าระบบ TM (Thematic Mapper) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Landsat 5 ซึ่งโคจรผ่านพื้นที่ศึกษา ประมาณ 10.00 น. ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้เป็นข้อมูลดาวเทียมที่ได้จาก full scene จำนวน 2 scene คือ path ที่ 128 row 51 และ path ที่ 129 row 51 เพราะบริเวณพื้นที่ศึกษา คือ บริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและบางส่วนของชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง ตั้งอยู่ระหว่างรอยต่อของทั้ง 2 scene (รูป 3.1) และใช้ช่วงคลื่นใน แบนด์ 1, 2, 3 และ 5 เนื่องจากเป็นช่วงคลื่นที่นิยมใช้ในการศึกษาตะกอนแขวนลอย โดยข้อมูลดาวเทียมได้รับความอนุเคราะห์จาก สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)



รูป 3.1 path และ row ของดาวเทียม Landsat 5

ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้มีทั้งหมด 8 ภาพ โดยข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ครอบคลุมช่วงก่อนการถมทะเล การถมทะเลในระยะที่ 1 และการถมทะเลในระยะที่ 2 โดยแบ่งเป็น 4 ช่วงเวลาและแบ่งเป็น path 128 และ 129 อย่างละ 4 ภาพ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

Path 128 Row 51

1. 18 ธันวาคม 2530 (ก่อนการถมทะเล)
2. 19 พฤศจิกายน 2537 (หลังการถมทะเลระยะที่ 1)
3. 29 ธันวาคม 2540 (กำลังถมทะเลระยะที่ 2)
4. 19 พฤศจิกายน 2543 (หลังการถมทะเลระยะที่ 2)

Path 129 Row 51

1. 5 สิงหาคม 2531 (ก่อนการถมทะเล)
2. 10 พฤศจิกายน 2537 (หลังการถมทะเลระยะที่ 1)
3. 11 มิถุนายน 2540 (หลังการถมทะเลระยะที่ 1)
4. 12 ธันวาคม 2543 (หลังการถมทะเลระยะที่ 2)

สำหรับสภาวะน้ำขึ้นน้ำลงในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด และชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง ในช่วงเวลาที่ดาวเทียมเคลื่อนผ่านนั้น ในปี 2530, 2531 และ 2537 ใช้ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงของช่องเสม็ด ส่วนปี 2540 และ 2543 ใช้ข้อมูลน้ำขึ้นน้ำลงของปากน้ำระยองเพราะเป็นพื้นที่ใกล้เคียง ดังแสดงไว้ในตาราง 3.1

ตาราง 3.1 สภาวะน้ำขึ้นน้ำลงในขณะที่ดาวเทียมผ่านพื้นที่ศึกษา

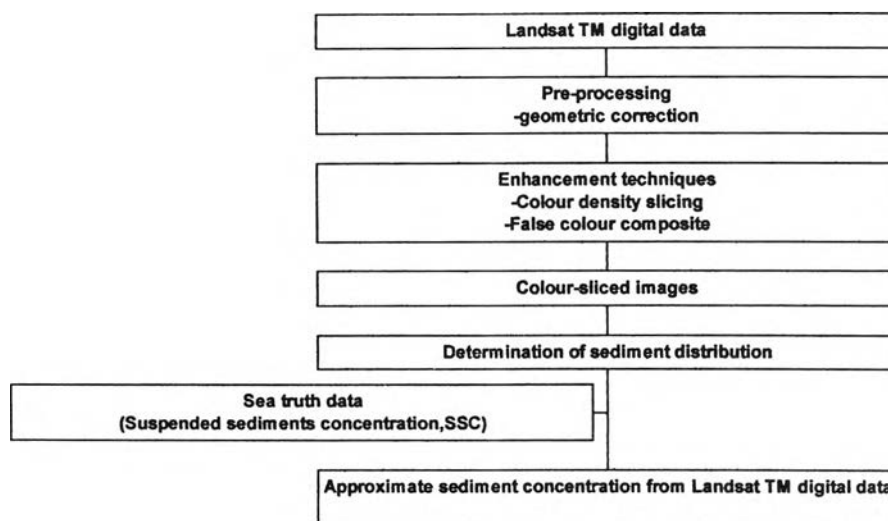
วัน เดือน ปี	ช่วงน้ำเป็นน้ำตาย (วัน)	ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง (ชั่วโมง)	ระดับน้ำสูง (เมตร)
<u>Path 128 Row 51</u>			
18 ธันวาคม 2530	น้ำเกิด + 3	HW	2.8
19 พฤศจิกายน 2537	น้ำเกิด	HW - 1	2.7
29 ธันวาคม 2540	น้ำเกิด	HW - 1	2.2
19 พฤศจิกายน 2543	น้ำตาย - 1	HW + 2	2.3
<u>Path 129 Row 51</u>			
5 สิงหาคม 2531	น้ำตาย	HW + 1	2.0
10 พฤศจิกายน 2537	น้ำตาย	HW	2.9
11 มิถุนายน 2540	น้ำตาย + 2	HW - 7	0.7
12 ธันวาคม 2543	น้ำเกิด - 1	HW	2.4

ส่วนข้อมูลลมนั้น ใช้ข้อมูลลมผิวพื้น(surface winds) ที่สถานีตรวจอากาศระยอง  
ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลลมผิวพื้น(surface winds) ในช่วงเวลาที่ดาวเทียมผ่านพื้นที่ศึกษา

วัน เดือน ปี	ความเร็วลม (knots)	ทิศทาง
<u>Path 128 Row 51</u>		
18 ธันวาคม 2530	4.3	เหนือ
19 พฤศจิกายน 2537	1.9	เหนือ
29 ธันวาคม 2540	0.7	ตะวันออกเฉียงใต้
19 พฤศจิกายน 2543	2.2	เหนือ
<u>Path 129 Row 51</u>		
5 สิงหาคม 2531	5.6	ตะวันตกเฉียงใต้
10 พฤศจิกายน 2537	1.9	เหนือ
11 มิถุนายน 2540	3.3	ตะวันตกเฉียงใต้
12 ธันวาคม 2543	1.1	เหนือ

3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Landsat TM โดยใช้คอมพิวเตอร์ (image processing) เพื่อศึกษารูปแบบการกระจายของตะกอนแขวนลอย (ดังรูป 3.2) ซึ่งในการศึกษานี้ใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม ENVI 3.2



รูป 3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตะกอนแขวนลอยด้วยข้อมูลดาวเทียม

3.1.2.1 ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม(Pre-processing) คือการปรับแต่งข้อมูลดาวเทียม Landsat TM ให้สมบูรณ์ก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกระบวนการต่อไป เนื่องจากความผิดพลาดข้อมูลดาวเทียม Landsat TM

3.1.2.1.1 การแก้ไขความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (geometric correction)

การแก้ความเพี้ยนเชิงเรขาคณิตของข้อมูลดาวเทียม เนื่องจากการโคจรของดาวเทียม การหมุนของโลก ข้อมูลจะถูกแก้ไขให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลก ตามแผนที่ระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) ซึ่งกระทำโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดของข้อมูลดาวเทียม และระบบพิกัดภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลเปรียบเทียบของเครื่องวัด ข้อมูลตำแหน่ง และข้อมูลการทรงตัวที่มีการวัดไว้ จุดควบคุมภาคพื้นดิน เมื่อนำข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ทั้งหมดมาแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (ภาคผนวก ข) ได้ผลดังนี้

ตาราง 3.3 ผลการแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต

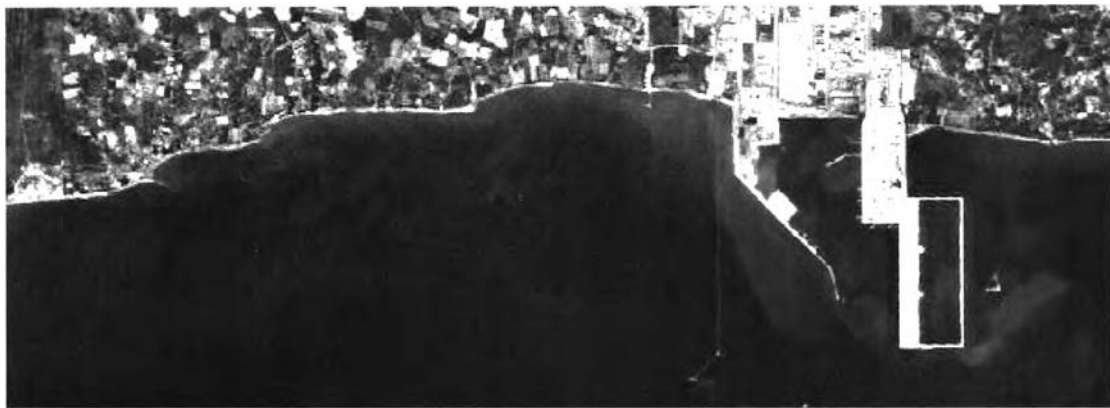
วัน เดือน ปี	Path/Row	จำนวนจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point)	RMS
18 ธันวาคม 2530	128/51	14	0.104564
19 พฤศจิกายน 2537	128/51	23	0.104389
29 ธันวาคม 2540	128/51	30	0.101388
19 พฤศจิกายน 2543	128/51	23	0.108950
5 สิงหาคม 2531	129/51	14	0.106497
10 พฤศจิกายน 2537	129/51	19	0.105167
11 มิถุนายน 2540	129/51	18	0.103439
12 ธันวาคม 2543	129/51	19	0.096324

#### 3.1.2.1.2 กำหนดพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากพื้นที่ศึกษาคือบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง ตั้งอยู่รอยต่อระหว่างระหว่าง path 128 และ 129 เมื่อตัดภาพข้อมูลดาวเทียมแล้ว ภาพข้อมูลดาวเทียมที่อยู่ใน path 128 จะแสดงด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ส่วน path 129 จะแสดงพื้นที่ฝั่งตะวันตก (รูป 3.3)



ก)



ข)



รูป 3.3 ภาพผสมสีจริงข้อมูลดาวเทียม Landsat TM แบนด์ (3,2,1 : R,G,B)  
 ก) path 128 (19 พฤศจิกายน 2543) และ ข) path 129 (12 ธันวาคม 2543)

### 3.1.2.1.3 การตัดข้อมูลเอาเฉพาะพื้นที่ในทะเล (Land masking)

การตัดข้อมูลเฉพาะในทะเลออกจากพื้นดินและเมฆนั้น ใช้ข้อมูลดาวเทียมในช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้นของ Landsat TM ซึ่งตรงกับแบนด์ 5 เพราะช่วงคลื่นดังกล่าว จะถูกดูดกลืนมากในน้ำ จึงทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างแผ่นดินและแผ่นน้ำได้ดี แม้ว่าในบริเวณดังกล่าวจะมีค่าความเข้มข้นของตะกอนที่ค่อนข้างสูง (Bierwirth และ Creasey, 1997) ซึ่งเห็นได้จากค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากดาวเทียมระหว่างน้ำกับแผ่นดินที่มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนโดยบริเวณแผ่นดินจะมีค่าสูงแต่บริเวณแผ่นน้ำจะมีค่าต่ำ

### 3.1.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม (Processing)

#### 3.1.2.2.1 ช่วงความยาวคลื่น (band ) ที่ใช้ศึกษา

จากการศึกษาข้อมูลดาวเทียมที่ผ่านมา เห็นได้ว่าตะกอนแขวนลอยสามารถสะท้อนคลื่นในช่วงที่ตามองเห็น (Visible light) ได้ดี ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้ข้อมูลดาวเทียมในช่วงคลื่นดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ตะกอนแขวนลอย เพื่อที่จะทำให้การวิเคราะห์ได้ผลดีและใช้เวลาน้อย ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลดาวเทียมในช่วงคลื่นแบนด์ 1, 2 และ 3 ของดาวเทียม Landsat TM

#### 3.1.2.2.2 การเน้นภาพ (image enhancement)

ปกติค่าการสะท้อนแสงในบริเวณมหาสมุทรที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียม Landsat TM นั้นนอกจากมีค่าต่ำแล้วยังมีค่าแตกต่างกันน้อยอีกด้วย เทคนิคการเน้นภาพนั้นจะเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้เป็นภาพที่สามารถใช้ในการแปลข้อมูลดาวเทียมด้วยตาได้ง่ายขึ้น เทคนิคการเน้นภาพจะขยายและยืดค่าที่อยู่ในรูปขาวดำ(gray scale) ของแต่ละช่วงความยาวคลื่นทำให้เป็นภาพสี และเน้นภาพให้มีรูปร่างที่สังเกตเห็นง่าย เทคนิคการเน้นภาพที่นิยมใช้ในการศึกษาบริเวณชายฝั่งนั้นมีหลายเทคนิคด้วยกันเช่น contrast stretching, ratioing, smoothing, false colour compositing และ colour density slicing

เทคนิคที่ใช้ทั้งหมดเทคนิค colcolour density slicing เป็นเทคนิคที่มีความง่ายและมีประสิทธิภาพ เทคนิค colour density slicing จะทำการแบ่งช่วงข้อมูลออกตามความเหมาะสม และกำหนดสีที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงข้อมูล โดยดูจาก histogram ของแต่ละแบนด์ (ภาคผนวก ค)ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการเน้นภาพโดยใช้เทคนิค colour density slicing เพื่อแสดงความแตกต่างในรูปแบบของตะกอนแขวนลอย ในระดับความเข้มข้นต่างกัน โดยมีสมมติฐานว่าที่ระดับการสะท้อนแสงต่ำ ระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ำ และระดับการสะท้อนแสงสูง ระดับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยสูง รูปที่ 2.11-2.24 แสดงผลจากการทำ colour density slicing ของแบนด์ 1, 2 และ 3 โดยมีลำดับของสีแสดงความเข้มข้น ดังนี้

ระดับความเข้มแสง	สี
ต่ำ	ฟ้า
↓	น้ำเงิน
	เขียว
	เหลือง
	แดง
สูง	ม่วง

สีฟ้าใช้แสดงบริเวณที่มีค่าความเข้มของแสงต่ำ หมายถึงบริเวณที่มีความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยต่ำ สีฟ้า, เขียว จนถึงสีม่วง แสดงถึงบริเวณที่มีความเข้มของแสงมากขึ้น หมายถึงมีปริมาณตะกอนแขวนลอยมากขึ้นด้วย



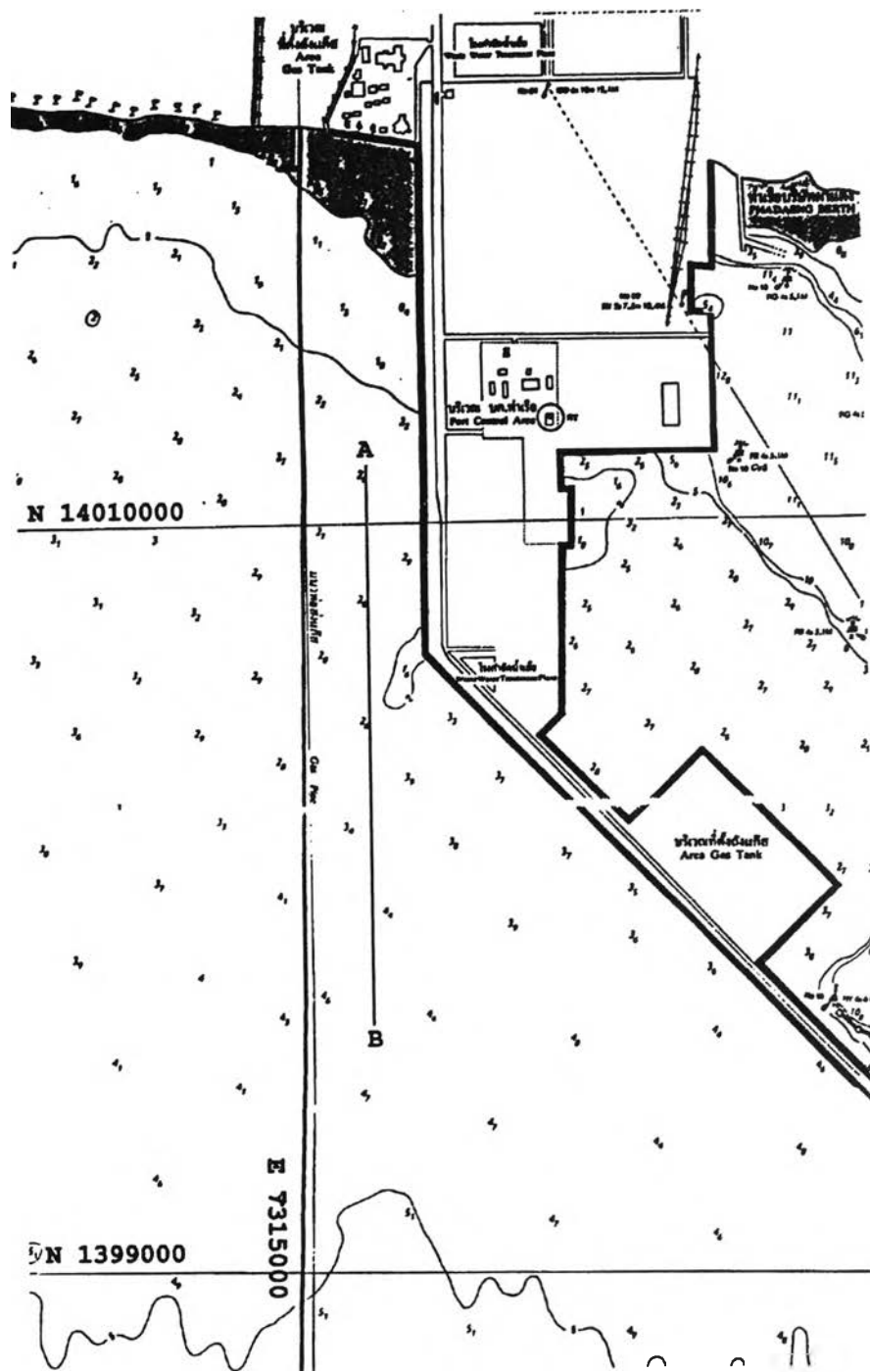
### 3.1.3 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขจากดาวเทียม Landsat TM กับปริมาณตะกอนแขวนลอย

#### 3.1.3.1 การเก็บตัวอย่างภาคสนามเพื่อเปรียบเทียบกับค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขจากดาวเทียม( sea truth)

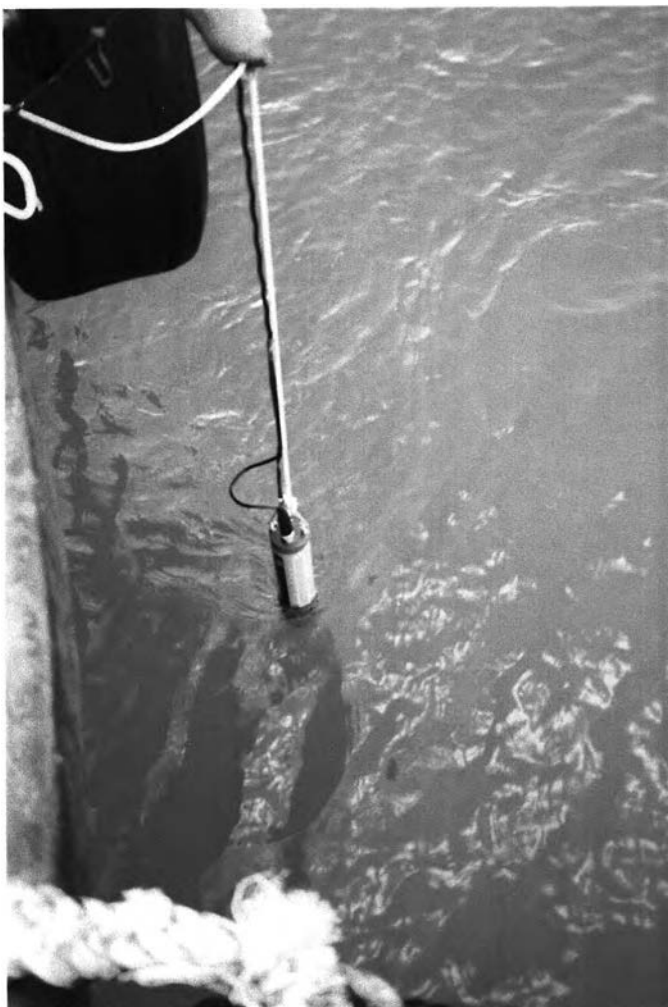
ในการศึกษาการกระจายของปริมาณตะกอนแขวนลอย โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม ครั้งนี้มีความจำเป็นที่ต้องทำ sea truth เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข กับปริมาณตะกอนแขวนลอย สำหรับบริเวณที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ใช้ชายฝั่งทะเลบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (รูป 3.4) ทิศทางการวัดตั้งฉากออกจากฝั่ง ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของดาวเทียมที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ศึกษา เป็นระยะทางประมาณ 1.5 กิโลเมตร การวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจะใช้เรือลากเครื่องวัดคุณภาพน้ำชนิดหลายตัวแปร รุ่น 6000UPG ของบริษัท YSI Incorporated ไปกับผิวน้ำ (รูป 3.5) โดยให้เครื่องวัดจมลงไปในน้ำประมาณ 10 เซนติเมตร โดยทำการวัดในช่วงเวลาใกล้เคียงกับที่ดาวเทียมผ่าน ค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดคุณภาพน้ำชนิดหลายตัวแปร รุ่น 6000UPG เป็นค่าความขุ่นของน้ำทะเล เพราะฉะนั้นต้องนำค่าความขุ่นที่ได้ ไปแปลงเป็นค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย โดยใช้สมการของ Lloyd et al (1987) อ้างถึงใน Smith (1999) ดังนี้

$$\text{Turbidity[NTU]} = 1.103 \times [\text{SSC (mg/l)}]^{0.968}$$

การศึกษาครั้งนี้ตามจุดประสงค์แล้วจะทำการศึกษาทั้งช่วงก่อนการถมทะเล การถมทะเลในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 แต่เนื่องจากผู้ศึกษานั้นเริ่มทำการศึกษาในปี 2543 ทำให้ไม่สามารถทำการวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ในช่วงก่อนถมทะเล และหลังการถมทะเลในระยะที่ 1 ได้ จึงได้ทำการวัดตะกอนแขวนลอยเฉพาะช่วงหลังการถมทะเลในระยะที่ 2 เท่านั้น คือในปี 2543 (ตาราง 3.4) โดยทำการวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย 2 ครั้งคือวันที่ 19 พฤศจิกายน พ. ศ. 2543 และวันที่ 12 ธันวาคม พ. ศ. 2543 ซึ่งเป็นวันที่มีเมฆปกคลุมท้องฟ้าน้อยที่สุด และเป็นวันที่ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ศึกษา โดยวันที่ 19 พฤศจิกายน พ. ศ. 2543 ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่านใน path 128 และวันที่ 12 ธันวาคม พ. ศ. 2543 ดาวเทียมเคลื่อนที่ผ่านใน path 129 ได้ผลการวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย ดังรูป 3.6 และ 3.7



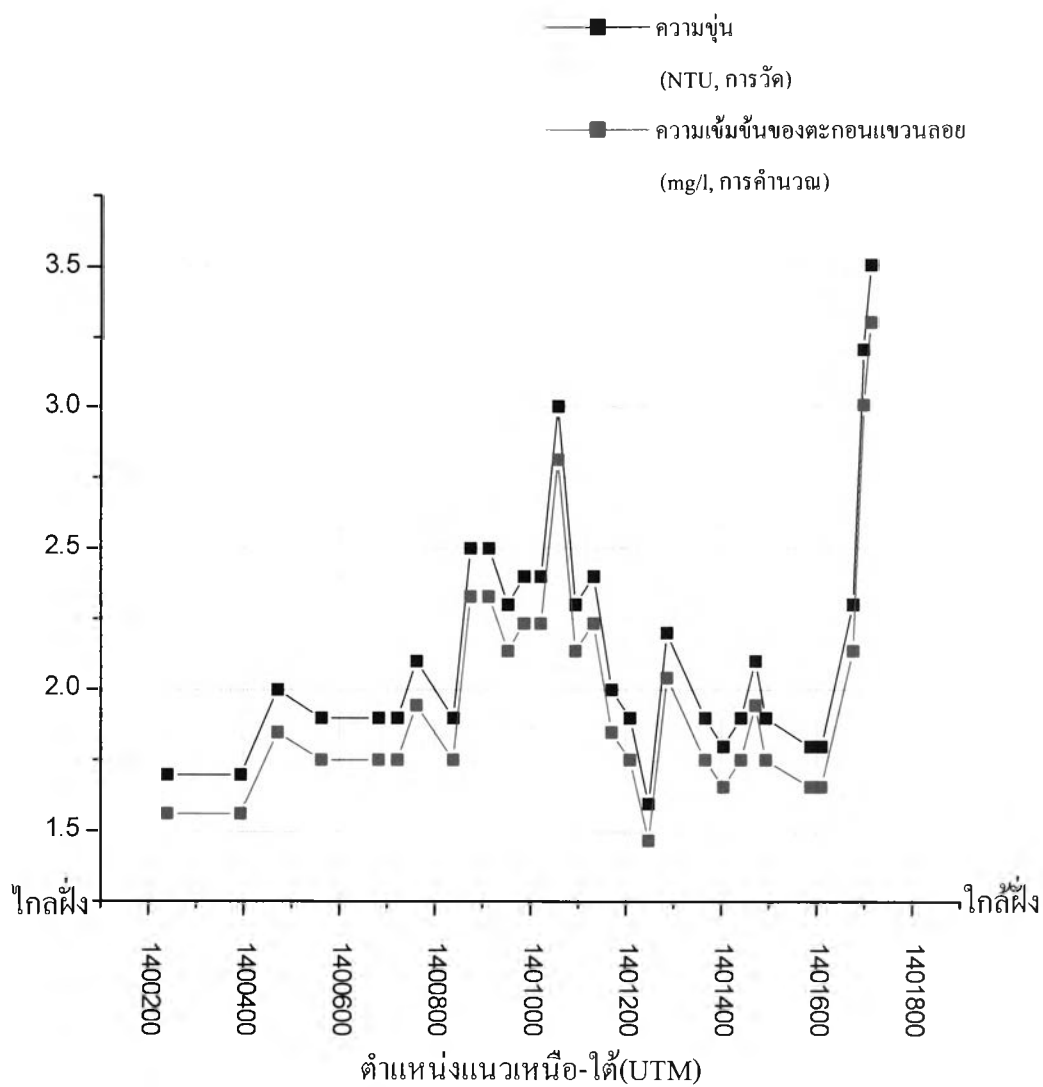
รูป 3.4 บริเวณที่วัดปริมาณตะกอนแขวนลอย ชายฝั่งทะเลนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด



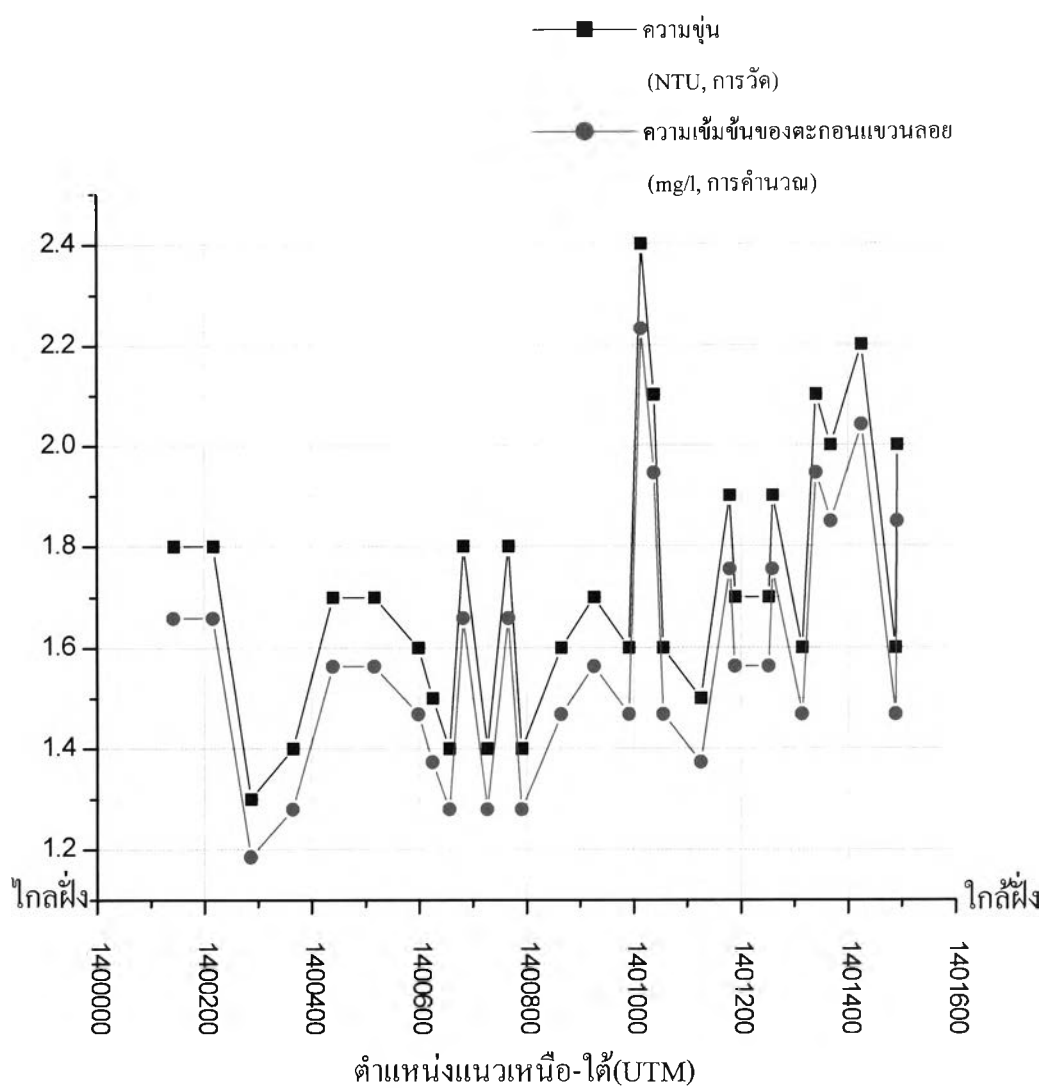
รูป 3.5 การวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย

วัน เดือน ปี	เวลา	ช่วงน้ำเป็นน้ำตาย (วัน)	ช่วงน้ำขึ้นน้ำลง (ชั่วโมง)	ระดับน้ำสูง (เมตร)
19 พฤศจิกายน 2543	10.05	น้ำตาย - 1	HW + 2	2.3
12 ธันวาคม 2543	10.04	น้ำเกิด - 1	HW	2.4

ตาราง 3.4 วันที่ใช้ในการวัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยและวัฏจักรน้ำขึ้นน้ำลง



รูป 3.6 แสดงค่าความขุ่นและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยของน้ำทะเล  
วันที่ 19 พฤศจิกายน 2543

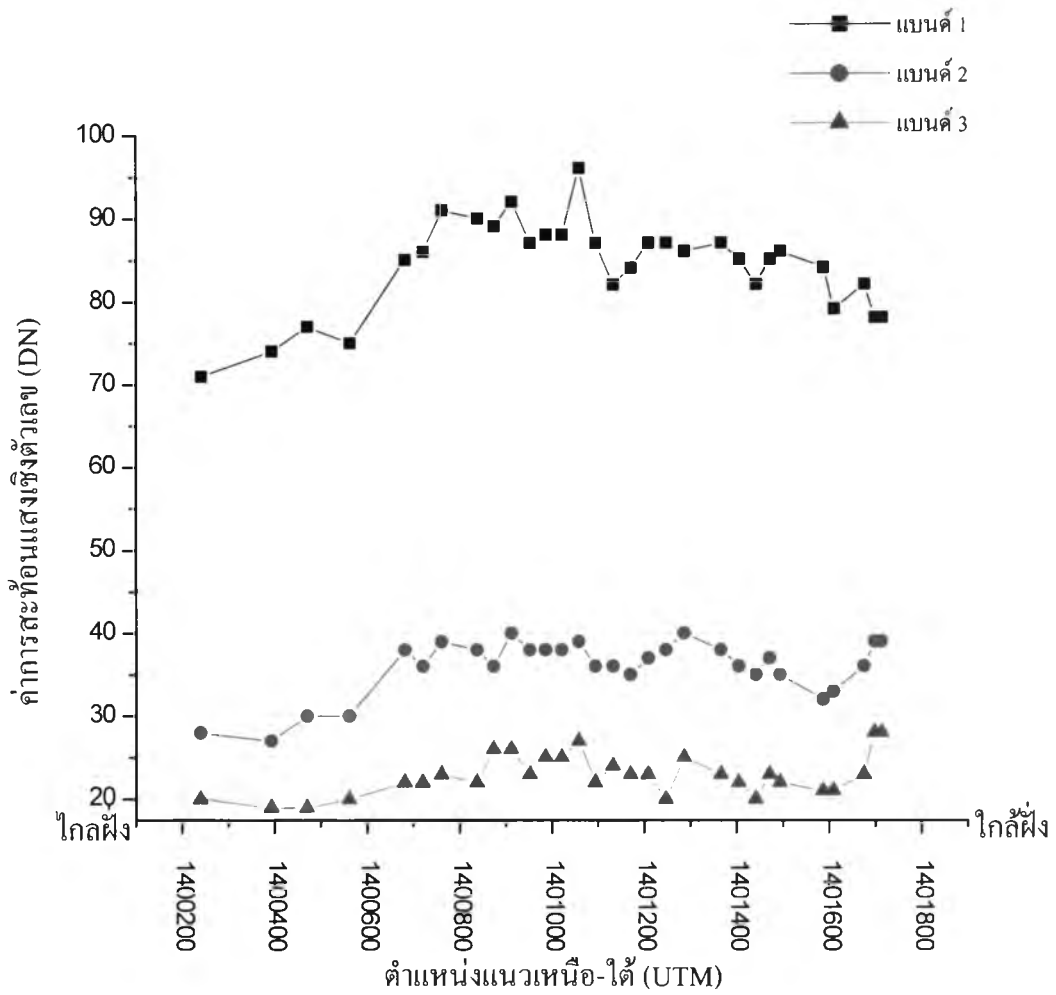


รูป 3.7 แสดงค่าความขุ่นและความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยของน้ำทะเล  
วันที่ 12 ธันวาคม 2543

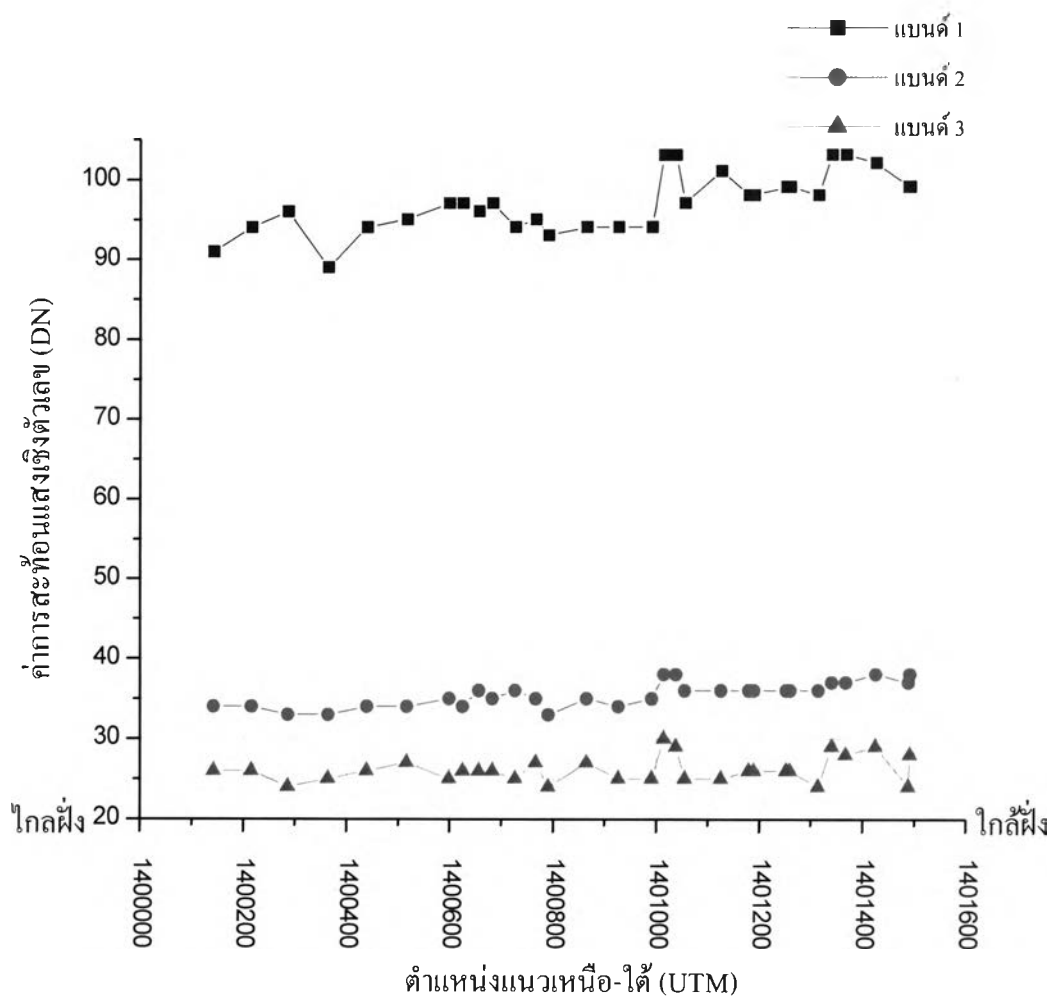
จากข้อมูลตะกอนแขวนลอยที่ได้จากวัดภาคสนาม(sea truth) ที่จะนำไปใช้ในการหาความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสงจากดาวเทียม พบว่าในวันที่ 19 พฤศจิกายน 2543 นั้น ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.46 – 3.29 มิลลิกรัมต่อลิตร และวันที่ 12 ธันวาคม 2543 ค่าความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.18 – 2.23 มิลลิกรัมต่อลิตร และจากกราฟเห็นได้ว่าแนวโน้มความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยจะเพิ่มขึ้น เมื่อใกล้ฝั่งมากขึ้น(รูป 3.7)

### 3.1.3.2 การหาสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขจากดาวเทียม Landsat TM กับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย

นำข้อมูลตะกอนแขวนลอยที่ได้จากวัดภาคสนาม(sea truth) และค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม (รูป 3.8 และ 3.9) ซึ่งเป็นข้อมูลวันและเวลาเดียวกัน คือ วันที่ 19 พฤศจิกายน 2543 และวันที่ 12 ธันวาคม 2543 มาหาความสัมพันธ์ โดยใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า linear regression และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $R^2$ ) ระหว่างค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลขจากดาวเทียม Landsat TM ในแต่ละแบนด์กับความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย(ตาราง 3.5 และ 3.6)



รูป 3.8 ค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข (DN) แบนด์ 1 2 และ 3 ของข้อมูลดาวเทียม วันที่ 19 พฤศจิกายน 2543 ตามตำแหน่งที่วัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย



รูป 3.9 ค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข (DN) แบนด์ 1 2 และ 3 ของข้อมูลดาวเทียม วันที่ 12 ธันวาคม 2543 ตามตำแหน่งที่วัดความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย



ตาราง 3.5 ตำแหน่ง ค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข และความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย  
เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ ของวันที่ 19 พฤศจิกายน 2543

UTM(E)	UTM(N)	SSC(mg/l)	Log SSC	Band1	Band2	Band3
731856	1400241	1.56345	0.194084	71	28	20
731839	1400394	1.56345	0.194084	74	27	19
731835	1400471	1.849262	0.266998	77	30	19
731831	1400563	1.753822	0.243986	75	30	20
731817	1400683	1.753822	0.243986	85	38	22
731815	1400722	1.753822	0.243986	86	36	22
731814	1400762	1.944859	0.288888	91	39	23
731803	1400839	1.753822	0.243986	90	38	22
731804	1400875	2.328692	0.367112	89	36	26
731801	1400913	2.328692	0.367112	92	40	26
731798	1400953	2.1365	0.329703	87	38	23
731798	1400987	2.23253	0.348797	88	38	25
731796	1401022	2.23253	0.348797	88	38	25
731795	1401059	2.811324	0.448911	96	39	27
731794	1401095	2.1365	0.329703	87	36	22
731795	1401133	2.23253	0.348797	82	36	24
731796	1401171	1.849262	0.266998	84	35	23
731795	1401209	1.753822	0.243986	87	37	23
731798	1401248	1.468537	0.166885	87	38	20
731801	1401287	2.040607	0.309759	86	40	25
731805	1401367	1.753822	0.243986	87	38	23
731809	1401405	1.658549	0.219728	85	36	22
731810	1401442	1.753822	0.243986	82	35	20

ตารางที่ 3.5 ตำแหน่ง ค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข และความเข้มชั้นของตะกอนแขวนลอย  
เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ ของวันที่ 19 พฤศจิกายน 2543 (ต่อ)

UTM(E)	UTM(N)	SSC(mg/l)	Log SSC	Band1	Band2	Band3
731810	1401472	1.944859	0.288888	85	37	23
731810	1401494	1.753822	0.243986	86	35	22
731799	1401587	1.658549	0.219728	84	32	21
731800	1401610	1.658549	0.219728	79	33	21
731813	1401676	2.1365	0.329703	82	36	23
731815	1401698	3.00515	0.477866	78	39	28
731814	1401714	3.296634	0.518071	78	39	28

ตารางที่ 3.6 ตำแหน่ง ค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข และความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอย  
เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ ของวันที่ 12 ธันวาคม 2543

UTM(E)	UTM(N)	SSC (mg/L)	Log SSC	Band1	Band2	Band3
731810	1400143	1.658549	0.219728	91	34	26
731798	1400216	1.658549	0.219728	94	34	26
731787	1400287	1.185024	0.073727	96	33	24
731783	1400365	1.27931	0.106976	89	33	25
731783	1400440	1.56345	0.194084	94	34	26
731787	1400517	1.56345	0.194084	95	34	27
731785	1400599	1.468537	0.166885	97	35	25
731743	1400625	1.373819	0.137929	97	34	26
731760	1400657	1.27931	0.106976	96	36	26
731787	1400683	1.658549	0.219728	97	35	26
731764	1400727	1.27931	0.106976	94	36	25
731786	1400767	1.658549	0.219728	95	35	27
731755	1400791	1.27931	0.106976	93	33	24
731758	1400865	1.468537	0.166885	94	35	27
731760	1400927	1.56345	0.194084	94	34	25
731763	1400992	1.468537	0.166885	94	35	25
731771	1401015	2.23253	0.348797	103	38	30
731767	1401039	1.944859	0.288888	103	38	29
731761	1401056	1.468537	0.166885	97	36	25
731764	1401126	1.373819	0.137929	101	36	25
731766	1401180	1.753822	0.243986	98	36	26
731767	1401190	1.56345	0.194084	98	36	26
731764	1401253	1.56345	0.194084	99	36	26

ตารางที่ 3.6 ตำแหน่ง ค่าการสะท้อนแสงเชิงตัวเลข และความเข้มชั้นของตะกอนแขวนลอย  
เพื่อใช้หาความสัมพันธ์ ของวันที่ 12 ธันวาคม 2543 (ต่อ)

UTM(E)	UTM(N)	SSC (mg/L)	Log SSC	Band1	Band2	Band3
731763	1401260	1.753822	0.243986	99	36	26
731766	1401315	1.468537	0.166885	98	36	24
731760	1401341	1.944859	0.288888	103	37	29
731761	1401368	1.849262	0.266998	103	37	28
731766	1401426	2.040607	0.309759	102	38	29
731767	1401489	1.468537	0.166885	99	37	24
731763	1401492	1.849262	0.266998	99	38	28

## 3.2 การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง

### 3.2.1 ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในการวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลดาวเทียมจากดาวเทียม Landsat 5 เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (Digital) แสดงระดับการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยใช้เครื่องรับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ระบบ TM (Thematic Mapper) ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Landsat 5 ซึ่งโคจรผ่านพื้นที่ศึกษา ประมาณ 10.00 น. ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้เป็นข้อมูลดาวเทียมที่ได้จาก full scene ใน path ที่ 129 row 51 ซึ่งครอบคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและบางส่วนของชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง และใช้ข้อมูลในแบนด์ที่ 5 ในการวิเคราะห์เพราะเป็นช่วงคลื่นที่แยกความแตกต่างระหว่างน้ำและแผ่นดินได้ชัดเจน แม้ว่าในบริเวณนั้นมีปริมาณความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยสูง (Bierwirth และ Creasey, 1997) โดยข้อมูลดาวเทียมได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน)

ข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ทั้งหมด 3 ภาพ ครอบคลุมทั้งช่วงก่อนการถมทะเล หลังการถมทะเล ระยะที่ 1 และหลังการถมทะเลระยะที่ 2 เป็นระยะเวลา 12 ปี โดยเลือกข้อมูลดาวเทียมที่ใช้มีระดับน้ำทะเลอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (ตาราง 3.1) ดังนี้

#### Path 129 Row 51

- |                      |                                     |
|----------------------|-------------------------------------|
| 1) 5 สิงหาคม 2531    | (ก่อนการถมทะเล) (รูป 3.10)          |
| 2) 10 พฤศจิกายน 2537 | (หลังการถมทะเลระยะที่ 1) (รูป 3.11) |
| 3) 12 ธันวาคม 2543   | (หลังการถมทะเลระยะที่ 2) (รูป 3.12) |



รูป 3.10 ภาพผสมสีเท็จข้อมูลดาวเทียม Landsat TM แบนด์ (5,3,1 : R,G,B)  
วันที่ 5 สิงหาคม 2531 (ช่วงก่อนการถมทะเล)

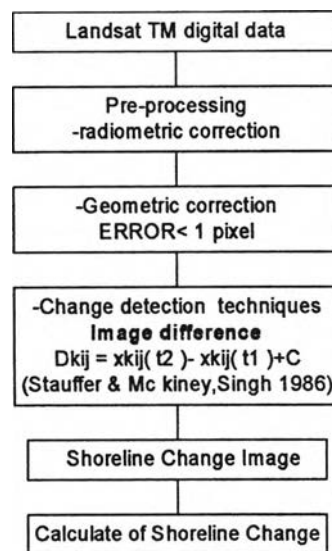


รูป 3.11 ภาพผสมสีเท็จข้อมูลดาวเทียม Landsat TM แบนด์ (5,3,1 : R,G,B)  
วันที่ 10 พฤศจิกายน 2537 (ช่วงหลังการถมทะเลระยะที่ 1)



รูป 3.12 ภาพผสมสีเท็จข้อมูลดาวเทียม Landsat TM แบนด์ (5,3,1 : R,G,B)  
วันที่ 12 ธันวาคม 2543 (ช่วงหลังการถมทะเลระยะที่ 2)

3.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม Landsat TM โดยใช้คอมพิวเตอร์ (image processing) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่ง (รูป 3.13) ซึ่งในการศึกษาค้างนี้ใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม ENVI 3.2



รูป 3.13 ขั้นตอนการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล

3.2.2.1 ก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม(Preprocessing) คือการปรับแต่งข้อมูลดาวเทียม Landsat TM ให้สมบูรณ์ก่อนที่จะวิเคราะห์ข้อมูลเป็นกระบวนการต่อไป เนื่องจากความผิดพลาดข้อมูลดาวเทียม Landsat TM ได้แก่ ความผิดพลาดเชิงคลื่นและความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต ซึ่งได้ทำการแก้ไขแล้วในขั้นตอน 3.1.2.1

3.2.2.1.1 การแก้ไขความผิดพลาดเชิงพลาตเชิงคลื่น(radiometric correction)

ความผิดพลาดเชิงพลาตเชิงคลื่นเป็นความผิดพลาด ของค่าการสะท้อนหรือเปล่งพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุบนผิวโลกที่ดาวเทียมได้รับ เนื่องจากพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้ จะไม่เท่ากับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือเปล่งจากวัตถุเดียวกัน เมื่อทำการวัดในระยะใกล้ ซึ่งเกิดจากมุมทิศ(azimuth) และมุมยก(elevation) ของดวงอาทิตย์ สภาพวะของอากาศ การตอบสนองของเครื่องวัด การทำงานของระบบเครื่องวัด เป็นต้น ซึ่งทั้งหมดมี

อิทธิพลกับพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ดาวเทียมวัดได้ เพราะฉะนั้นเพื่อที่จะได้มาซึ่งพลังงานรังสีตกกระทบ หรือค่าสะท้อนที่ใกล้เคียงค่าที่แท้จริงมากที่สุด จึงเป็นความจำเป็นที่ต้องแก้ความผิดพลาดเชิงคลื่นที่เกิดขึ้น

### 3.2.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม (processing)

#### 3.2.2.2.1 ช่วงความยาวคลื่นที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาที่ผ่านมา เห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งทะเลนั้นนิยมใช้ช่วงคลื่นในย่านอินฟราเรดในการศึกษา เพราะสามารถแยกน้ำกับแผ่นดินได้ชัดเจน ในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้แบนด์ 5 ซึ่งอยู่ในช่วงอินฟราเรดคลื่นสั้นในการศึกษา เพราะนอกจากช่วงคลื่นดังกล่าว จะถูกดูดกลืนมากในน้ำ จึงทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างแผ่นดินและแผ่นน้ำได้ดีแล้ว แม้ในบริเวณที่มีค่าความเข้มข้นของตะกอนที่ค่อนข้างสูงยังสามารถแยกชายฝั่งกับน้ำทะเลได้ชัดเจน ซึ่งเห็นได้จากค่าการสะท้อนแสงที่ได้จากดาวเทียมระหว่างน้ำกับแผ่นดินที่มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยบริเวณแผ่นดินจะมีค่าสูงแต่บริเวณแผ่นน้ำจะมีค่าต่ำ

#### 3.2.2.2.2 Image difference

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเล โดยใช้ข้อมูลดาวเทียมครั้งนี้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า Image difference เทคนิคนี้จะนำข้อมูลดาวเทียมที่ผ่านกระบวนการทั้งการแก้ความผิดพลาดเชิงคลื่นและความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตแล้วมาทำการลบกัน โดยใช้ตำแหน่งจุดภาพเดียวกันมาลบกัน เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของค่าการสะท้อนแสงที่จุดภาพนั้นๆ ดังนั้นกระบวนการแก้ไขค่าความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตจึงมีความสำคัญมาก โดยต้องมีค่าน้อยกว่า 1 จุดภาพ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการแก้ไขค่าความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของข้อมูลดาวเทียมที่นำมาใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของแนวชายฝั่งทะเลจนมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1 จุดภาพดังตารางที่ 2.6 สำหรับสมการที่แสดงการคำนวณของวิธี Image difference มีดังนี้



$$D_{kij} = x_{kij}(t_2) - x_{kij}(t_1) + C$$

X คือค่าการสะท้อนแสงของจุดภาพ ณ ตำแหน่งนั้น

t คือวันที่ของข้อมูลดาวเทียม

k คือแบนด์ของข้อมูลดาวเทียม

i คือตำแหน่งของข้อมูลดาวเทียมในแนวทิศเหนือ-ใต้

j คือตำแหน่งของข้อมูลดาวเทียมในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก

C คือค่าคงที่ สำหรับทำให้ค่าของจุดภาพเป็นบวก

เห็นได้ว่าเทคนิค Image difference เป็นเทคนิคที่ไม่ซับซ้อน มีความง่ายในการคำนวณ ตลอดจนวิเคราะห์ผลได้ง่าย จึงเหมาะที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ซึ่งเน้นศึกษาเฉพาะการรอกและการกัดเซาะชายฝั่งทะเล เพราะการเปลี่ยนแปลงของค่าการสะท้อนแสง ณ จุดภาพ บริเวณชายฝั่งทะเลค่อนข้างชัดเจน ระหว่างน้ำทะเลและแผ่นดิน เทคนิคนี้จะทำให้ได้รูปแบบการรอกและการกัดเซาะชายฝั่งทะเล

ในการศึกษาการผลของการถมทะเลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงแนวชายฝั่งทะเลจะนำข้อมูลดาวเทียมในช่วงเวลาก่อนการถมทะเล หลังการถมทะเลในระยะที่ 1 และหลังการถมทะเลในระยะที่ 2 มาเปรียบเทียบกัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลดาวเทียม ในช่วงก่อนการถมทะเล (5 สิงหาคม 2531) กับช่วงหลังการถมทะเลในระยะที่ 1 (10 พฤศจิกายน 2537)

ขั้นที่ 2 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลดาวเทียมช่วงหลังการถมทะเลในระยะที่ 1 (10 พฤศจิกายน 2537) กับ ช่วงหลังการถมทะเลในระยะที่ 2 (12 ธันวาคม 2543)

ขั้นที่ 3 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลดาวเทียม ในช่วงก่อนการถมทะเล (5 สิงหาคม 2531) กับช่วงหลังการถมทะเลในระยะที่ 2 (12 ธันวาคม 2543)

เมื่อนำข้อมูลดาวเทียมมาทำการเปรียบเทียบด้วยเทคนิคนี้แล้ว ข้อมูลดาวเทียมที่เป็นผลลัพธ์ออกมาจะแสดงออกมาจะผ่านกระบวนการเน้นภาพด้วยวิธี linear stretch

ก่อน ซึ่งข้อมูลดาวเทียมที่ได้ เห็นว่าในบริเวณที่เกิดการงอกของชายฝั่งทะเลจะมีสีขาว ส่วนในบริเวณที่มีการกัดเซาะชายฝั่งเกิดขึ้นจะแสดงด้วยสีดำ

### 3.2.2.2.3 การคำนวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ในการคำนวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่เกิดการงอกและการกัดเซาะนั้น ทำการคำนวณโดยแบ่งข้อมูลดาวเทียมเป็นชั้นย่อยๆ ชั้นหนึ่งมีความกว้าง 10 จุดภาพหรือ 300 เมตร ซึ่งทำการแบ่งข้อมูลดาวเทียมจากบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาตาพุดออกไป ทั้งด้านตะวันออกและด้านตะวันตก โดยในด้านฝั่งตะวันออกจะแบ่งจากพื้นที่ที่ถมทะเลเพื่อใช้เป็นพื้นที่อุตสาหกรรมออกไป ส่วนในด้านฝั่งตะวันตกจะแบ่งจากเขื่อนกันคลื่นออกไป จากนั้นทำการคำนวณพื้นที่แผ่นดินในข้อมูลดาวเทียมที่ทำการแบ่งโดยใช้โปรแกรม ENVI 3.2 เมื่อได้พื้นที่ของแผ่นดินในแต่ละช่วงเวลาทั้ง ก่อนการถมทะเล หลังการถมทะเลระยะที่ 1 และ หลังการถมทะเลระยะที่ 2 แล้วนำพื้นที่แผ่นดินที่คำนวณได้มาลบกับเพื่อดูการเปลี่ยนแปลง ถ้าค่าที่ได้เป็นบวกแสดงว่าเกิดการงอกของชายฝั่งทะเล ถ้าเป็นลบแสดงว่าเกิดการกัดเซาะชายฝั่งทะเล และถ้าเป็นศูนย์แสดงว่าชายฝั่งทะเลไม่มีการเปลี่ยนแปลง