

การจำลองเชิงตัวเลขของคลื่นใกล้ฝั่งในอ่าวไทย



นาวาตรี วิริยะ เหลืองอร่าม ร.น.

# สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล


คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-6650-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NUMERICAL MODELING OF NEAR SHORE WAVE IN THE GULF OF THAILAND



Lcdr. Wiriya Laung-Aram Rtn.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Marine Science

Department of Marine Science

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-6650-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจำลองเชิงตัวเลขของคลื่นใกล้ฝั่งในอ่าวไทย
โดย	นาวาตรี วิริยะ เหลืองอร่าม ร.น.
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. อานนท์ สนิทวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง

---

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน  
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญ นิตินรมยง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อาจารย์ ดร. อานนท์ สนิทวงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. ปราโมทย์ ไศจุศุภกร)

..... กรรมการ  
(นาวาเอก สONG เอกมหาชัย ร.น.)

นาวาตรี วิริยะ เหลืองอร่าม ร.น. : การจำลองเชิงตัวเลขของคลื่นใกล้ฝั่งในอ่าวไทย.  
(NUMERICAL MODELING OF NEAR SHORE WAVE IN THE GULF OF THAILAND)

อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, อ. ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ ดร. ศุภิชัย  
ตั้งใจตรง, 86 หน้า. ISBN 974-17-6650-5.

ระบบพยากรณ์ความสูงของคลื่นที่ใช้อยู่ในประเทศไทยมีพื้นฐานมาจากแบบจำลองเชิงตัวเลข  
WAVE Model (WAM) ซึ่งยังขาดคุณสมบัติในการคำนวณคลื่นชายฝั่ง จึงได้ศึกษาโดยการนำผลการ  
คำนวณในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ของ WAM มาเป็นพลังงานของบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของ  
แบบจำลอง Simulating WAVE Near shore (SWAN) ซึ่งเป็นแบบจำลองเชิงตัวเลขที่ออกแบบมาสำหรับ  
การคำนวณคลื่นบริเวณชายฝั่ง ระหว่างพื้นที่ ละติจูด 6 - 14 องศาเหนือ ลองจิจูด 99 - 103 องศา  
ตะวันออก ความละเอียดในการคำนวณ 3x3 กิโลเมตร ใช้ข้อมูลลมที่ความสูง 10 เมตร จากระดับน้ำทะเล  
ความละเอียด 1° x 1° (111 x 111 ตารางกิโลเมตร) ทุกๆ 12 ชั่วโมงจาก Navy Operational Global  
Atmosphere Prediction System (NOGAPS) พบว่าแบบจำลองทั้งสองสามารถทำงานต่อเนื่องกันได้เป็น  
อย่างดี โดย SWAN สามารถรับพลังงานของคลื่น ณ จุดที่กำหนดไว้ในบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของการ  
คำนวณจาก WAM ได้

ผลการคำนวณคลื่นที่ได้จากแบบจำลอง SWAN ในบริเวณอ่าวไทยในช่วงสภาวะอากาศปกติใน  
ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (มกราคม พ.ศ.2546) ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม (มีนาคม พ.ศ.2546) และฤดู  
มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (มิถุนายน พ.ศ.2546) เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยทุ่นสำรวจ  
สมุทรศาสตร์ระยะไกลและดาวเทียม JASON1 และ GFO แล้วพบว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลอง  
เชิงตัวเลข SWAN จะมีค่าใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดในช่วงเวลาและบริเวณที่ผลการคำนวณจาก  
แบบจำลองเชิงตัวเลข NOGAPS มีค่าใกล้เคียงกับผลจากการตรวจวัด

ผลการคำนวณความสูงของคลื่นในช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา (21 ตุลาคม - 10 พฤศจิกายน พ.ศ.2540)  
เมื่อเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจากทุ่นลอยระยะไกลและหวัหินแล้วพบว่า ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้  
ทั้งสองจุดยังต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดแม้ว่าจะเพิ่มเงื่อนไขของ Friction velocity ให้สูงขึ้น ทั้งนี้  
เนื่องมาจากความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลข NOGAPS ยังคงมีค่าต่ำกว่าความเร็วลมที่ได้จาก  
การตรวจวัดด้วย

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล  
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล  
ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิติ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

## 4672410123:MAJOR MARINE SCIENCE

KEYWORD: WAVE / GULF OF THAILAND / SIMULATING WAVE NEAR SHORE / WAVE MODEL / TYPHOON LINDA

LCDR.WIRIYA LAUNG-ARAM RTN.: NUMERICAL MODELING OF NEAR SHORE WAVE IN THE GULF OF THAILAND. THESIS ADVISOR : ANOND SNIDVONGS, Ph.D., THESIS COADVISOR: SUPICHAJ TANGJAITRONG, Ph.D., 86 pp. ISBN 974-17-6650-5.

Present wave forecasting system in Thailand is based on WAve Model (WAM) which does not include the near shore wave equations. This study uses wave spectrum of South East Asia WAM as input to the open boundary of Simulating WAve Near shore (SWAN) model for calculating wave in the Gulf of Thailand between latitudes  $6 - 14^{\circ}$  N. and longitudes  $99 - 103^{\circ}$  E. The model resolution is  $3 \times 3$  sq. kilometers. Both models were forced by wind field from U.S. Navy Operational Global Atmosphere Prediction System (NOGAPS) which has the resolution of  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  ( $111 \times 111$  sq. kilometers) and are available every 12 hours. Both models can work together smoothly.

SWAN outputs in normal weather conditions during NE monsoon season (January 2003), intermediate monsoon season (March 2003) and southwest monsoon season (June 2003) agree well with the observed waves from Rayong buoy and JASON1 and GFO satellite only when computed wind condition from NOGAPS agree with the observed values.

Wave results from SWAN output during typhoon Linda (21 November – 10 September 1997) were lower than observed data from Rayong and Hua-hin buoys. Probably because NOGAPS wind speed used in the models was slower than the observed one.

Department Marine Science  
Field of study Marine Science  
Academic year 2004

Student's signature.....  
Advisor's signature.....  
Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้โดยการสนับสนุนจาก อาจารย์ ดร. อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร. ศุภิชัย ตั้งใจตรง ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งได้ให้คำแนะนำ จัดหาเครื่องมือ แหล่งข้อมูล ตลอดเวลาที่ทำการวิจัย รวมถึงเป็นที่ปรึกษาในการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณกองทัพเรือที่ให้โอกาสในการศึกษาต่อ รวมถึงเพื่อนร่วมงานทุกท่านที่ได้เสียสละทำงานหนักขึ้นตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

ขอขอบคุณศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก ที่ได้สนับสนุนทุนการศึกษา เครื่องมือและสถานที่ รวมถึงนักวิจัยและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่ปฏิบัติงานอยู่ที่ศูนย์ฯ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและเอื้ออำนวยความสะดวกและความเป็นกันเองตลอดเวลาที่ทำการวิจัย

ขอขอบคุณคณะผู้จัดทำและกลุ่มผู้ใช้งานแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN ที่เปิดเผย Source Code ของแบบจำลองทั้งหมด รวมถึงการให้คำปรึกษาทางด้านเทคนิคของแบบจำลอง โดยอย่างเป็นกันเอง

ขอขอบคุณแหล่งข้อมูลทั้งหมดที่นำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัย อาทิ ข้อมูลหุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ข้อมูลอุทุนิยมวิทยาจากแบบจำลองเชิงตัวเลข NOGAPS ข้อมูลการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม ERS2, JASON1 และ GFO

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่เป็นกำลังใจและที่ปรึกษาที่ดีมาตลอดชีวิต และที่ไม่สามารถจะลืมได้ขอขอบใจ เรือเอกหญิง เขาวมาลย์ เหลืองอร่าม ภรรยาผู้ให้กำลังใจและดูแลผู้จัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป.....	ฉ

### บทที่

1 บทนำ.....	1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	7
4 ผลและการวิเคราะห์ผลการวิจัย.....	13
5 สรุป อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	77
รายการอ้างอิง.....	81
ภาคผนวก.....	83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	89

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

- 1 ค่าเฉลี่ยของผลต่างความเร็วลมจากการตรวจวัดของทุ่นลอยและแบบจำลอง NOGAPS.....80



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 รูปร่างชายฝั่งและความลึกน้ำที่ใช้ในการทดลอง.....	9
2 พื้นที่คำนวณของ WAM และจุดที่อ่านค่าพลังงานของคลื่นสำหรับพื้นที่ขอบเปิด ของการศึกษา.....	10
3 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมกราคม พ.ศ.2546.....	14
4 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยองกับ NOGAPS เดือนมกราคม 2546.....	16
5 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN เดือนมกราคม 2546.....	16
6 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม ERS2 เดือนมกราคม 2546.....	18
7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมกราคม 2546.....	19
8 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม ERS2 เดือนมกราคม 2546.....	20
9 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง SWAN เดือนมกราคม 2546.....	21
10 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1 เดือนมกราคม 2546.....	22
11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมกราคม 2546.....	23
12 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1 เดือนมกราคม 2546.....	24
13 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง SWAN เดือนมกราคม 2546.....	25
14 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม GFO เดือนมกราคม 2546.....	26
15 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมกราคม 2546.....	27
16 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม GFO เดือนมกราคม 2546.....	28
17 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง SWAN เดือนมกราคม 2546.....	29
18 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมีนาคม พ.ศ.2546.....	30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
19 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยองกับ NOGAPS เดือนมีนาคม 2546.....	34
20 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN เดือนมีนาคม 2546.....	34
21 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม ERS2 เดือนมีนาคม 2546.....	35
22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมีนาคม 2546.....	36
23 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม ERS2 เดือนมีนาคม 2546....	37
24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง SWAN เดือนมีนาคม 2546.....	37
25 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1 เดือนมีนาคม 2546..	38
26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมีนาคม 2546.....	40
27 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1 เดือนมีนาคม 2546.....	40
28 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง SWAN เดือนมีนาคม 2546.....	42
29 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม GFO เดือนมีนาคม 2546.....	43
30 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมีนาคม 2546.....	44
31 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม GFO เดือนมีนาคม 2546....	45
32 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง SWAN เดือนมีนาคม 2546.....	46
33 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมิถุนายน พ.ศ.2546.....	47
34 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยองกับ NOGAPS เดือนมิถุนายน 2546.....	49
35 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN เดือนมิถุนายน 2546....	49
36 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม ERS2 เดือนมิถุนายน 2546....	51
37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมิถุนายน 2546.....	52

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
38 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม ERS2 เดือนมิถุนายน 2546	53
39 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง SWAN เดือนมิถุนายน 2546	54
40 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1 เดือนมิถุนายน 2546	55
41 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมิถุนายน 2546	56
42 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1 เดือนมิถุนายน 2546	57
43 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง SWAN เดือนมิถุนายน 2546	58
44 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม GFO เดือนมิถุนายน 2546	59
45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมิถุนายน 2546	60
46 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม GFO เดือนมิถุนายน 2546	61
47 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง SWAN เดือนมิถุนายน 2546	62
48 ความเร็วลมที่เกิดจากพายุไต้ฝุ่นลินดาที่คำนวณโดย NOGAPS และผลการคำนวณ ความสูงของคลื่นจากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ Friction velocity ต่างกัน	65
49 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยหัวหินกับ NOGAPS ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา	69
50 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยองกับ NOGAPS ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา	70
51 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยหัวหินกับ SWAN ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา	71
52 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา	71
53 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN หลังปรับแต่งสมการ Friction Velocity ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา	72
54 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยหัวหินกับ SWAN หลังปรับแต่งสมการ Friction Velocity ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา	73

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
55	แผนผังการทำงานของระบบพยากรณ์คลื่น.....78
56	พื้นที่สำหรับการคำนวณในระบบพยากรณ์คลื่น.....79
57	ตำแหน่งของทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ ปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2546.....86
58	เส้นทางโคจรผ่านอ่าวไทยของดาวเทียม ERS2.....87
59	เส้นทางโคจรผ่านอ่าวไทยของดาวเทียม JASON1.....87
60	เส้นทางโคจรผ่านอ่าวไทยของดาวเทียม GFO.....88



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความพยายามในการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อการพยากรณ์ความสูงของคลื่นครั้งแรกเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านการทหารในเรื่องของการเดินเรือและการยกพลขึ้นบกในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง (Komen *et al*, 1994) จนถึงปัจจุบันแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อการพยากรณ์คลื่นที่มีชื่อเสียงอย่าง WAVE WATCH III ก็ยังเกิดขึ้นและพัฒนาเพื่อการใช้งานสำหรับกองทัพเรือของสหรัฐอเมริกาเป็นหลัก สำหรับอ่าวไทยได้มีการทดลองใช้ WAM สำหรับการพยากรณ์คลื่นและพบว่าสมการคณิตศาสตร์ที่ใช้ใน WAM ยังไม่สามารถจำลองรูปแบบของคลื่นที่เคลื่อนตัวเข้าใกล้ชายฝั่งโดยเฉพาะในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำอย่างรวดเร็ว ในช่วงที่ความลึกของน้ำน้อยกว่า 10 เมตร ได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้เนื่องจาก WAM มีวัตถุประสงค์ในการใช้งานในทะเลเปิด จึงลดรูปสมการในส่วนของการหักเหของคลื่นในช่วงน้ำตื้น การแตกตัวของคลื่นเนื่องจากการจำกัดความลึกน้ำ การเลี้ยวเบนของคลื่นในช่วงน้ำตื้น และสมการปฏิสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้นของคลื่นในบริเวณน้ำตื้นเพื่อลดเวลาในการคำนวณ (ธวัช วิริติพงษ์, 2542) และถึงแม้ว่า WAM จะยังมีข้อจำกัดมากมายแต่ก็ยังคงถูกใช้เป็นระบบพยากรณ์ความสูงคลื่นหลักของหน่วยงานต่างๆ ของประเทศไทยในปัจจุบัน

รูปแบบการดำเนินชีวิตและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับทะเลของคนไทยส่วนใหญ่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่ง เช่น การท่องเที่ยวพักผ่อน การประมงชายฝั่งด้วยเรือประมงขนาดเล็ก นอกจากนี้ด้วยธรรมชาติอันสวยงามของชายหาดและหมู่เกาะต่างๆ ทั้งในฝั่งอ่าวไทยและทะเลอันดามันยังเป็นแหล่งดึงดูดให้นักท่องเที่ยวต่างชาติเข้ามาพักผ่อนก่อให้เกิดรายได้เข้าสู่ประเทศเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่ได้กล่าวถึงมาทั้งหมดเป็นบริเวณที่ระบบพยากรณ์คลื่นของไทยยังไม่สามารถทำได้ดีนัก

การพัฒนากระบวนการพยากรณ์คลื่นในส่วนที่ขาดหายไปของ WAM จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง แนวทางการพัฒนาระบบการพยากรณ์ความสูงของคลื่นสำหรับอ่าวไทยอาจทำได้หลายวิธี แต่วิธีการที่น่าจะมีประสิทธิภาพที่สุดน่าจะเป็นการเลือกแบบจำลองที่สามารถตอบสนองการพยากรณ์คลื่นในส่วนของการที่ขาดหายไปของ WAM ที่มีอยู่แล้วในต่างประเทศ มาพัฒนาให้เหมาะสมกับการคำนวณคลื่นในบริเวณอ่าวไทย สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ได้เลือกแบบจำลองเชิงตัวเลข Simulating WAVes Nearshore (SWAN) ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นที่ Delft University of

Technology ประเทศเนเธอร์แลนด์ เพื่อใช้สำหรับการพยากรณ์คลื่นในบริเวณที่มีรูปแบบของชายฝั่งที่ซับซ้อนของทวีปยุโรป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อนำแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN ที่มีขีดความสามารถในการคำนวณคลื่นในพื้นที่ใกล้ฝั่งได้ มาพัฒนาต่อเพื่อใช้สำหรับอ่าวไทย โดยเน้นการพัฒนาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางกายภาพของอ่าวไทยและส่วนนำเข้าสู่ข้อมูลให้สามารถรับข้อมูลบริเวณขอบพื้นที่เปิดจากระบบการพยากรณ์ความสูงคลื่นเดิมที่มีอยู่แล้วได้

### ขอบเขตการวิจัย

1. คำนวณความสูงคลื่นในบริเวณชายฝั่งของอ่าวไทยด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN โดยใช้ข้อมูลบริเวณขอบเปิดจากแบบจำลองเชิงตัวเลข WAM และข้อมูลลมเหนือผิวน้ำน้ำทะเลจาก Navy Operational Global Atmospheric Prediction System (NOGAPS)
2. เปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลอง SWAN กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในพื้นที่จริงและปรับแก้แบบจำลองให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
3. ออกแบบระบบทั้งในส่วนของเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบเครือข่าย รวมถึงรูปแบบการแสดงผลสำหรับการนำไปใช้ในระบบการพยากรณ์ความสูงของคลื่นสำหรับอ่าวไทย

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เพื่อให้ประเทศมีระบบการพยากรณ์คลื่นชายฝั่งที่แม่นยำขึ้นและมีการนำไปใช้งานจริง อันจะช่วยลดภัยพิบัติและความเสียหายอันเนื่องมาจากคลื่นต่างๆ บริเวณชายฝั่ง

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ฤดูกาลและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่มีผลต่อคลื่นในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน

ในการพยากรณ์อากาศสำหรับประเทศที่มีอาณาเขตติดทะเลปัจจัยหนึ่งที่ต้องรวมไว้ในคำพยากรณ์เสมอได้แก่ความสูงของคลื่นที่เกิดเนื่องจากปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาได้แก่ลมสำหรับอ่าวไทยและทะเลอันดามันเป็นบริเวณที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมซึ่งทำให้เกิดลมพัดปกคลุมอ่าวไทยและทะเลอันดามันใน 3 รูปแบบ คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม (กรมอุตุนิยมวิทยา) นอกจากนี้ในช่วงหนึ่งของทุกๆ ปีจะเป็นช่วงที่อาจมีโอกาสที่พายุหมุนเขตร้อนเคลื่อนตัวผ่านอ่าวไทยและทะเลอันดามันทำให้เกิดสภาวะคลื่นสูงผิดปกติได้

ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ลมพัดจากประเทศจีนลงมาสู่ประเทศไทยในทิศตะวันออกเฉียงเหนือโดยมีทิศทางค่อนข้างคงที่ทั้งวันตลอดช่วงฤดูกาล ทำให้ช่วงเวลาในการพัดปกคลุมของลม (Duration) มีเวลายาวนานทำให้บริเวณที่มีระยะทางที่ลมพัดปกคลุม (Fetch) มากได้แก่บริเวณห่างฝั่งของอ่าวไทยฝั่งตะวันออกไปจนถึงอ่าวไทยฝั่งตะวันตก และบริเวณห่างฝั่งของทะเลอันดามันมีคลื่นสูงกว่าในบริเวณอื่น นอกจากคลื่นที่เกิดจากลมที่พัดปกคลุมเหนือผิวน้ำทะเลแล้ว ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือส่วนที่พัดผ่านทะเลจีนใต้ยังทำให้เกิด Swell เคลื่อนที่เข้ามาในอ่าวไทยอีกด้วย

ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ลมจะพัดจากซีกโลกใต้แล้วเปลี่ยนทิศในบริเวณเส้นศูนย์สูตรเข้าสู่ประเทศไทยในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในช่วงเวลานี้จะทำให้เกิดคลื่นสูงทั่วทั้งทะเลอันดามัน ส่วนอ่าวไทยคลื่นเล็กที่สุดจะอยู่ในบริเวณใกล้ฝั่งของอ่าวไทยฝั่งตะวันตกและสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสูงที่สุดในบริเวณใกล้ฝั่งของอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคมเป็นช่วงเวลาที่ลมอ่อนมีทิศทางไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ คลื่นส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก จะมีคลื่นสูงบ้างเป็นบางครั้งเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ในพื้นที่เล็กๆ เนื่องจากอิทธิพลของลมที่เกิดขึ้นในพื้นที่จำกัด เช่นลมที่เกิดเนื่องจากเมฆก่อตัวทางตั้ง (Cumulonimbus)

พายุหมุนเขตร้อนเป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่สร้างความเสียหายให้แก่มนุษย์มากที่สุดอย่างหนึ่ง มีลักษณะเฉพาะตัวที่เด่นชัดได้แก่ เกิดในทะเลในเขตร้อน มีกลุ่มเมฆปรากฏชัดเจน มีการพัดเวียนของลมเข้าหาศูนย์กลางอย่างต่อเนื่องในทิศทวนเข็มนาฬิกาในซีกโลกเหนือ การแบ่งชนิดจะอาศัยเกณฑ์ของความเร็วลมเป็นหลัก ดังนี้

- พายุดีเปรสชัน (Tropical Depression) ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางต่ำกว่า 63 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- พายุหมุนเขตร้อน (Tropical Storm) ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางตั้งแต่ 63 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แต่ไม่ถึง 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง
- ไต้ฝุ่น (Typhoon) ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางตั้งแต่ 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ขึ้นไป

ในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงต้นเดือนธันวาคมของทุกปีจะเป็นช่วงเวลาที่พายุหมุนเขตร้อนที่ก่อตัวทางด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ตอนล่างมีโอกาสเคลื่อนตัวเข้าสู่อ่าวไทย เมื่อพายุเกิดขึ้นความเร็วลมของพายุจะก่อให้เกิดคลื่นสูงจัดเป็นบริเวณกว้าง เช่นในกรณีของพายุไต้ฝุ่นลินดาที่เคลื่อนตัวเข้าสู่อ่าวไทยในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน ปี พ.ศ. 2540 ทำให้เกิดคลื่นสูงสุดสุดวัดได้ด้วยทุ่นลอยนอกชายฝั่ง อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สูงกว่า 4 เมตร

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองเชิงตัวเลขสำหรับการพยากรณ์คลื่นใกล้ฝั่งที่ถูกนำไปทดสอบและใช้งานในพื้นที่ต่างๆ เป็นจำนวนมากแบบจำลองหนึ่งได้แก่ Simulating WAves Nearshore (SWAN) ซึ่งถูกสร้างและพัฒนาที่ Environmental Fluid Mechanics Section, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยมีพื้นฐานจากสมการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ไม่เกิดกระแสน้ำ (Wave action balance) ตามแนวทางของแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อการพยากรณ์คลื่นรุ่นที่ 3 (Third Generation) SWAN ถูกพัฒนานาขึ้นเป็นรุ่น 40.20 เมื่อเดือน พฤษภาคม ปี พ.ศ.2546 โดยมีการเพิ่มความ สามารถในการคำนวณการแตกตัวของยอดคลื่นด้วยวิธี Cumulative Steepness Method และเปลี่ยนวิธีในแก้สมการ action density equation ในกรณี nonstationary depth ส่งผลให้การคำนวณสามารถทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้นและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น (Booij *et al.*, 2003)



การทดสอบ SWAN ได้ถูกทำในหลายรูปแบบ เช่น การทดลองคำนวณรูปแบบและความสูงของคลื่นในแบบจำลองเชิงกายภาพ (Wave tank) ขนาดใหญ่ ซึ่งจำลองสภาพภูมิประเทศได้น้ำบริเวณชายฝั่งของประเทศเยอรมัน โดยทำการคำนวณคู่ขนานไปกับแบบจำลองเชิงตัวเลขอีก 2 แบบจำลอง ได้แก่ HIndcast Shallow Water Waves (HISWA), MIKE 21 EMS (MIKE 21 Elliptic Mild Slope) ซึ่งทั้ง 3 แบบจำลอง เมื่อมีการปรับแต่งค่าคงที่ต่างๆ โดยเฉพาะในส่วนของสมการที่ใช้อธิบายถึงแรงเสียดทานของพื้นดินใต้น้ำ (Bottom friction) และสมการการแตกตัวของคลื่น (Wave breaking) แล้วสามารถให้ผลการคำนวณใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นในแบบจำลองเชิงกายภาพ (Mai *et al.*, 1999)

การทดสอบ SWAN โดยการคำนวณรูปแบบและความสูงของคลื่นในพื้นที่จริงก็เกิดขึ้นในหลายๆ ที่ เช่น ในกรณีสภาพอากาศปกติ ในพื้นที่ช่องแคบระหว่างหมู่เกาะและชายฝั่งของประเทศเยอรมัน โดยเปรียบเทียบผลการคำนวณกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยหุ่นลอยผลที่ได้คือ SWAN ให้ผลการคำนวณที่ต่ำกว่าค่าจริงประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในการทดลองครั้งดังกล่าวไม่ได้มีการคำนวณผลของคลื่นที่เกิดจากกระแสน้ำเนื่องจากน้ำขึ้น-น้ำลง (Tidal current) (Mai *et al.*, 1999) การทดลองในสภาพอากาศปกติ แต่ภูมิประเทศได้น้ำมีความชันของความลาดเอียงสูง (บริเวณ Pinheiro da Cruz ชายฝั่งที่อยู่ตอนกลางของประเทศโปรตุเกส) และบริเวณพื้นที่ที่ตื้นมากๆ และมีความเอียงของความลาดชันต่ำ (บริเวณตอนใต้ของเกาะ Porto Santo) โดยผลการทดลองดังกล่าวให้ผลการคำนวณเป็นที่น่าพอใจและ SWAN ได้ถูกเลือกนำไปใช้งานในระบบการพยากรณ์ความสูงของคลื่นของกองทัพโปรตุเกส (Rusu *et al.*, 2002)

นอกจากนี้ SWAN ยังถูกนำไปใช้คำนวณความสูงของคลื่นในกรณีสภาพอากาศรุนแรงและสภาพพื้นที่ที่เป็นเกาะในกรณีศึกษาผลกระทบของพายุไต้ฝุ่นที่เคลื่อนตัวผ่านบริเวณเกาะไต้หวัน ทั้งบริเวณฝั่งตะวันออกที่เปิดสู่มหาสมุทรแปซิฟิก และทางด้านตะวันตกที่ติดกับช่องแคบไต้หวันหันเข้าสู่จีนแผ่นดินใหญ่ เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่องานทางด้านวิศวกรรมชายฝั่ง โดยเลือกคำนวณความสูงของคลื่นที่เกิดจากพายุไต้ฝุ่น Herb (1996) , Amber (1997), Kent (1995) และ Zeb (1998) ที่มีเส้นทางเดินแตกต่างกันคือ พายุไต้ฝุ่น Herb เคลื่อนตัวจากตะวันออกไปทางตะวันตกผ่านตอนบนของเกาะ พายุไต้ฝุ่น Amber เคลื่อนตัวจากตะวันออกไปทางตะวันตกผ่านตอนกลางของเกาะ พายุไต้ฝุ่น Kent เคลื่อนตัวจากตะวันออกไปทางตะวันตกผ่านตอนใต้ของเกาะ และพายุไต้ฝุ่น Zeb เคลื่อนตัวจากใต้ไปทางเหนือขนานกับชายฝั่งด้านตะวันออกของเกาะ โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข Rankin-Vortex wind field สร้างข้อมูลลมเหนือพื้นที่คำนวณ (Wind field) ให้กับแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN แล้วเปรียบเทียบผลการคำนวณ

กับข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยสถานีวัดความสูงของคลื่นที่มีอยู่ทั้งทางด้านตะวันออกและตะวันตกของเกาะ ซึ่งได้ผลการเปรียบเทียบคือ สำหรับเส้นทางเดินพายุของ Amber และ Kent ความสูงของคลื่นที่ได้จาก SWAN มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีวัดความสูงของคลื่นในทั้งฝั่งตะวันออกและตะวันตกของเกาะ ส่วนเส้นทางเดินพายุของ Herb และ Zeb ความสูงของคลื่นที่ได้จาก SWAN มีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีวัดความสูงของคลื่นในทั้งฝั่งตะวันออกและตะวันตกของเกาะ โดยมีเหตุผลของความคลาดเคลื่อนในการคำนวณได้แก่ เส้นทางเคลื่อนที่ของพายุทั้งสองได้รับอิทธิพลจากเทือกเขาที่อยู่ตอนกลางของเกาะ (Central Mountain of Taiwan Island) ทำให้ลมที่พัดปกคลุมเหนือบริเวณที่ตั้งของสถานีวัดความสูงของคลื่นอ่อนลง แต่ในความเป็นจริงทั้งสถานีวัดความสูงของคลื่นยังคงได้รับผลกระทบจาก Swell ที่เคลื่อนที่เข้ามาจากนอกพื้นที่การคำนวณ ส่วนแบบจำลองเชิงตัวเลขที่คำนวณในพื้นที่ที่จำกัดทำให้ระยะทางที่ลมพัดปกคลุม (Fetch) ถูกจำกัดลงไปด้วยจึงทำให้ผลการคำนวณต่ำกว่าความสูงของคลื่นที่เกิดขึ้นจริง (Ou et al., 2000)

นอกจาก SWAN จะได้นำไปทดสอบและใช้งานในรูปแบบต่างๆ แล้ว ยังได้มีการปรับปรุงบางส่วน of แบบจำลองให้สามารถคำนวณความสูงของคลื่นได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นด้วย เช่น จากการที่เคยใช้ SWAN ทดลองคำนวณความสูงคลื่นในบริเวณทะเลสาบ SandyDuck ในปี ค.ศ.1997 แล้วพบว่าความสูงคลื่นที่ได้จาก SWAN มีค่าต่ำกว่าความสูงคลื่นที่วัดได้ในพื้นที่จริงของคลื่นในช่วงความถี่ต่ำ (0.05 – 0.19 Hz) จึงได้มีการปรับปรุงแบบจำลองให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นโดยการทดลองเปลี่ยนการตั้งค่าเลขคลื่น (Wavenumber) ซึ่งปรากฏอยู่ในสมการการแตกตัวของยอดคลื่น (Whitecapping formulation) และยกเลิกในส่วนของการแตกตัวของ swell หลังจากนั้นได้ทำการทดลองซ้ำกับการทดลองที่ ทะเลสาบ SandyDuck ในปี ค.ศ.1997 อีกครั้งหนึ่ง ผลที่ได้คือความสูงของคลื่นในช่วงความถี่ต่ำที่ได้จากการคำนวณมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จึงได้ทดลองคำนวณความสูงของคลื่นโดยใช้ SWAN แบบดั้งเดิมและแบบที่ได้รับการปรับปรุงแล้วในบริเวณทะเลสาบ Michigan และอ่าวปากแม่น้ำ Mississippi พบว่าผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลองที่ได้มีการปรับปรุงแล้วให้ผลการคำนวณความสูงของคลื่นได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้มาจากการตรวจวัดในพื้นที่จริงมากกว่าแบบจำลองแบบดั้งเดิมทั้งสองพื้นที่ (Rogers et al., 2001)

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

##### แบบจำลองเชิงตัวเลข

ในแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN คลื่นจะถูกอธิบายด้วย Wave action density spectrum  $N(\sigma, \theta)$  แบบ 2 มิติ เพื่อให้คำนวณคลื่นในบริเวณที่อิทธิพลของปรากฏการณ์แบบไม่เชิงเส้น (nonlinear phenomena) มีผลมากกว่า ปรากฏการณ์เชิงเส้น (linear phenomena) เช่นในบริเวณใกล้ฝั่ง ซึ่งแตกต่างจาก WAM ที่ใช้ Energy density spectrum  $E(\sigma, \theta)$

สมการ Action balance

สมการหลักที่ใช้ในการคำนวณคลื่นของ SWAN

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S_{in} + S_{ds} + S_{nl}}{\sigma}$$

ด้านซ้ายของสมการ  $N(\sigma, \theta)$  คือ action density spectrum เมื่อ  $\sigma$  คือ ความถี่ และ  $\theta$  คือทิศทาง ซึ่งแต่ละพจน์ใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ดังนี้ พจน์ที่หนึ่งอธิบายอัตราการเปลี่ยนแปลงของ  $N(\sigma, \theta)$  เทียบกับเวลา พจน์ที่สองและสามอธิบายการถ่ายทอด  $N(\sigma, \theta)$  ในแนวแกน x และ y โดยที่  $c_x$  และ  $c_y$  เป็นอัตราเร็วในการถ่ายทอดของ  $N(\sigma, \theta)$  ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ พจน์ที่สี่เป็นตัวแทนของการเปลี่ยนแปลงความถี่รวมของกลุ่มคลื่นเมื่อความถี่น้ำเปลี่ยนแปลงไป และพจน์ที่ห้าอธิบายการหักเหของคลื่นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความถี่น้ำ สมการด้านขวาได้แก่ Energy density spectrum ซึ่งประกอบด้วยพลังงานที่ทำให้เกิดคลื่น ในที่นี้ ได้แก่พลังงานที่ถูกถ่ายทอดจากลม ( $S_{in}$ ) กระบวนการในการแตกตัวของคลื่น ได้แก่กระบวนการการแตกตัวของยอดคลื่น (white capping) แรงเสียดทานที่เกิดจากพื้นดินใต้ทะเล (bottom friction) การเหนี่ยวนำให้เกิดการแตกตัวเนื่องจากความลึก (depth-induced breaking) ( $S_{ds}$ ) และพลังงานที่กระจายออกในกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่นแบบไม่เชิงเส้น ( $S_{nl}$ ) หารด้วยความถี่ของคลื่น

พลังงานที่ถ่ายเทจากลม ( $S_{in}$ )

การเกิดของคลื่นเนื่องจากลมอธิบายด้วยสมการ

$$S_{in}(\sigma, \theta) = A + BE(\sigma, \theta)$$

เมื่อ A เป็นตัวแทนของการเกิดคลื่นแบบเชิงเส้น และ BE เป็นตัวแทนของการเกิดคลื่นแบบ Exponential ลมที่ใช้สำหรับสมการเป็นข้อมูลลมที่ความสูง 10 เมตรจากระดับน้ำทะเล ( $U_{10}$ ) ซึ่งถูกคำนวณเป็น Friction velocity ( $U_*$ ) อีกครั้งหนึ่งโดย

$$U_*^2 = C_D U_{10}^2$$

เมื่อ  $C_D$  คือค่า drag coefficient ของ Wu(1982) ตามเงื่อนไข ดังนี้

$$\begin{aligned} C_D(U_{10}) &= 1.2875 \times 10^{-3} && \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที} \\ &= (0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3} && \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที} \end{aligned}$$

การสลายตัวของพลังงานคลื่น ( $S_{ds}$ )

SWAN อธิบายการสลายตัวของพลังงานคลื่นไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่ การแตกตัวของยอดคลื่น (White capping) แรงเสียดทานจากพื้นดินใต้ท้องน้ำ (Bottom friction) และการแตกตัวของคลื่นเนื่องจากการเหนี่ยวนำของความลึก (Depth-induced wave breaking)

กระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่นแบบไม่เชิงเส้น ( $S_{nl}$ )

เป็นกระบวนการสำคัญที่เกิดขึ้นเพื่อถ่ายเทพลังงานของคลื่นจากความถี่หนึ่งไปสู่ความถี่อื่นๆ เมื่อคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างจากหลายๆ สาเหตุ เช่น การแตกตัวของยอดคลื่น การเคลื่อนที่ของคลื่นไปสู่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความลึก ใน SWAN อธิบายกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่นแบบไม่เชิงเส้นไว้ 3 รูปแบบ ได้แก่ Quadruplet wave-wave interactions ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเพื่อถ่ายเทพลังงานจากคลื่นที่มีความถี่สูงสุดไปสู่คลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าในบริเวณน้ำลึก Triad wave-wave interactions เกิดขึ้นในบริเวณน้ำตื้นเพื่อถ่ายเทพลังงานจากคลื่นที่มีความถี่ต่ำกว่าไปยังคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า และการเลี้ยวเบน (Diffraction) เนื่องจากรูปร่างของชายฝั่งและการเปลี่ยนแปลงความลึกของน้ำที่ส่งผลให้คลื่นแต่ละความถี่เกิดการเลี้ยวเบนแตกต่างกันและมีผลกระทบต่อคลื่นที่มีความถี่อื่นๆ

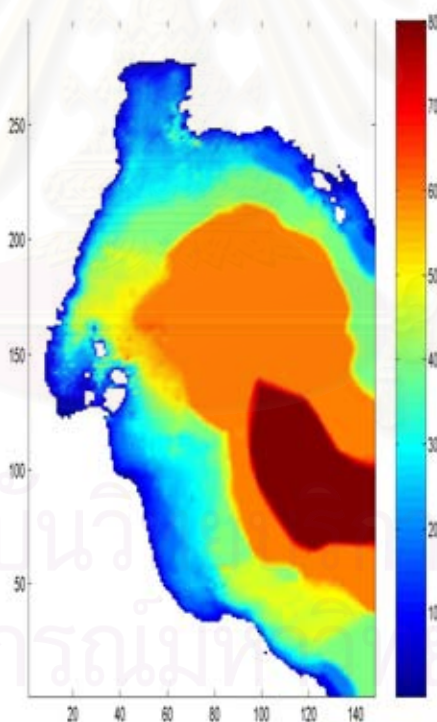
## การประยุกต์แบบจำลองเชิงตัวเลขกับอ่าวไทย

### พื้นที่ศึกษา

พื้นที่อ่าวไทยระหว่างละติจูด 6 – 14 องศาเหนือ ลองจิจูด 99 – 103 องศาตะวันออก ความละเอียดในการคำนวณ ทุก 3 กิโลเมตร (294 จุดในแนวเหนือ-ใต้ และ 147 จุดในแนวตะวันออก-ตะวันตก) ดังรูปที่ 1

### รูปแบบชายฝั่งและภูมิประเทศใต้ทะเล

ความลึกน้ำที่ใช้อ่านจากแผนที่เดินเรือของกรมอุทกศาสตร์ จำนวน 20 ระวัง (ผนวก 1) โดยศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก และนำไปคำนวณความใหม่ให้ความละเอียดทุก 3 กิโลเมตรโดยใช้โปรแกรมภูมิสารสนเทศ ArcView ซึ่งสามารถแสดงความลึกน้ำของพื้นที่ศึกษาได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปร่างชายฝั่งและความลึกน้ำที่ใช้ในการทดลอง

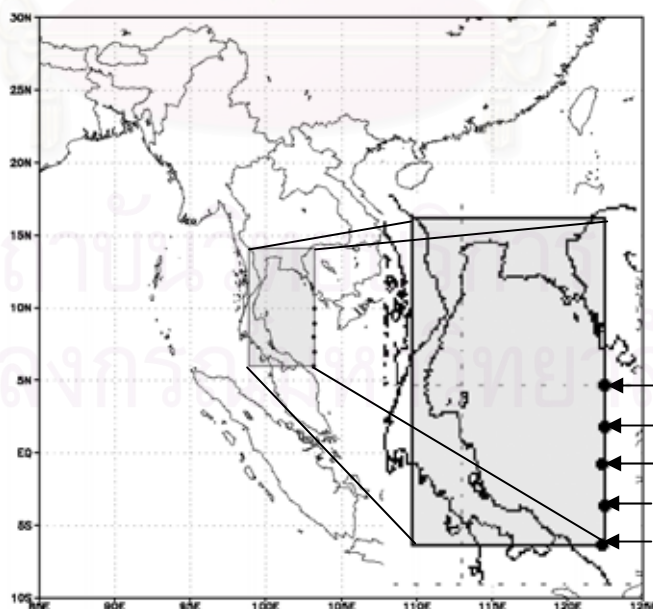
พลังงานภายนอกที่ป้อนเข้าสู่แบบจำลอง

### ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

ข้อมูลลมเหนือผิวหน้าน้ำทะเลที่ความสูง 10 เมตร ความละเอียดทุก 1 องศา (ประมาณ 111 กิโลเมตร) ความถี่ของข้อมูลทุก 12 ชั่วโมง จากแบบจำลองเพื่อการพยากรณ์อากาศของกองทัพเรือสหรัฐอเมริกา (Navy Global Atmospheric Prediction System: NOGAPS) จาก <http://usgodae2.usgodae.org/pub/outgoing/fnmoc/models/nogaps/2003> ซึ่งเป็นความเร็วลมในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก ของทั้งโลกแล้วนำมาตัดเฉพาะพื้นที่ศึกษา

### พลังงานบริเวณพื้นที่ขอบเปิด

คำนวณพลังงานที่ความถี่ต่างๆ จำนวน 25 ความถี่ ตามที่ใช้อยู่ในระบบพยากรณ์คลื่นในปัจจุบันของประเทศไทย ได้แก่ 0.0418, 0.0459, 0.0505, 0.0556, 0.0612, 0.0673, 0.0740, 0.0814, 0.0895, 0.0985, 0.1084, 0.1192, 0.1311, 0.1442, 0.1586, 0.1745, 0.1919, 0.2111, 0.2323, 0.2555, 0.2810, 0.3091, 0.3400, 0.3740 และ 0.4114 เฮิรตซ์ จากแบบจำลอง WAM ที่คำนวณในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในละติจูด 10 องศาใต้ – 30 องศาเหนือ ลองจิจูด 85 – 125 องศาตะวันออก จำนวน 5 จุด บริเวณขอบเปิดทางด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ที่พิกัดละติจูด 6, 7, 8, 9 และ 10 องศาเหนือ ลองจิจูด 103 องศาตะวันออก ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 พื้นที่คำนวณของ WAM และจุดที่อ่านค่าพลังงานของคลื่นสำหรับพื้นที่ขอบเปิดของการศึกษา

## การตรวจสอบผลของแบบจำลอง

การทดลองที่ 1 การคำนวณคลื่นที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาปกติ

1.1 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ใช้ข้อมูลลมเดือนมกราคม พ.ศ.2546 จำนวนแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับ

- 1.1.1 ผลการตรวจวัดจากข้อมูลทุ่นลอยระยะของ (ผนวก 2)
- 1.1.2 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม European Remote Sensing satellite 2 (ERS2) จาก [http://www7300.nrlssc.navy.mil/altimetry/ftp\\_archive/ers2/2003/](http://www7300.nrlssc.navy.mil/altimetry/ftp_archive/ers2/2003/) ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 6 ครั้ง ในวันที่ 2, 4, 7, 15, 23 และ 26 มกราคม พ.ศ.2546 จำนวน 446 จุด ซึ่งได้มาจากการใช้โปรแกรมตัดข้อมูลการตรวจวัดเฉพาะในพื้นที่ที่ต้องการจากข้อมูลผลการสำรวจทั้งหมดของดาวเทียม
- 1.1.3 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม JASON1 จาก [http://www7300.nrlssc.navy.mil/altimetry/ftp\\_archive/jsn1/2003/](http://www7300.nrlssc.navy.mil/altimetry/ftp_archive/jsn1/2003/) ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 5 ครั้ง ในวันที่ 4, 6, 14, 16 และ 24 มกราคม พ.ศ. 2546 จำนวน 413 จุด
- 1.1.4 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม GeoSat Follow-On (GFO) จาก [http://www7300.nrlssc.navy.mil/altimetry/ftp\\_archive/gfo/2003/](http://www7300.nrlssc.navy.mil/altimetry/ftp_archive/gfo/2003/) ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 6 ครั้ง ในวันที่ 8, 11, 15, 25, 28 และ 29 มกราคม พ.ศ.2546 จำนวน 434 จุด

1.2 ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม ใช้ข้อมูลลมเดือนมีนาคม พ.ศ.2546 จำนวนแล้วเปรียบเทียบผลที่ได้กับ

- 1.2.1 ผลการตรวจวัดจากข้อมูลทุ่นลอยระยะของ
- 1.2.2 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม ERS2 ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 3 ครั้ง ในวันที่ 7, 16 และ 18 มีนาคม พ.ศ.2546 จำนวน 191 จุด
- 1.2.3 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม JASON1 ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 8 ครั้ง ได้แก่ เวลา 00:27 น. ของวันที่ 4, เวลา 11:22 และ 23:40 น. ของวันที่ 7, เวลา 22:26 ของวันที่ 14, เวลา 09:22 ของวันที่ 17, เวลา 20:25 ของวันที่ 24, เวลา 07:27 และ 19:36 ของวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ.2546 จำนวน 650 จุด
- 1.2.4 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม GFO ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 3 ครั้ง ได้แก่ วันที่ 20, 21 และ 24 มีนาคม พ.ศ.2546 จำนวน 208 จุด

1.3 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ใช้ข้อมูลลมเดือนมิถุนายน พ.ศ.2546 คำนวณแล้ว  
เปรียบเทียบผลที่ได้กับ

- 1.3.1 ผลการตรวจวัดจากข้อมูลทุ่นลอยระยอง
- 1.3.2 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม ERS2 ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 5 ครั้ง ในวันที่ 4, 7, 10, 12 และ 15 มิถุนาคม พ.ศ.2546 จำนวน 364 จุด
- 1.3.3 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม JASON1 ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 4 ครั้ง ในวันที่ 1, 11, 14 และ 21 มกราคม พ.ศ.2546 จำนวน 339 จุด
- 1.3.4 ผลการตรวจวัดด้วยดาวเทียม GFO ตามเส้นทางที่ดาวเทียมโคจรผ่านอ่าวไทย 6 ครั้ง ในวันที่ 11, 14 และ 17 มกราคม พ.ศ.2546 จำนวน 129 จุด

การทดลองที่ 2 การคำนวณคลื่นที่เกิดเนื่องจากพายุไต้ฝุ่นลินดา ระหว่างวันที่

2.1 ใช้ค่า Friction velocity ( $U_*$ )

$$U_* = U_{10} \sqrt{1.2875 \times 10^{-3}} \quad \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$= U_{10} \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

2.2 ใช้ค่า Friction velocity ( $U_*$ )

$$U_* = U_{10} \sqrt{1.2875 \times 10^{-3}} \quad \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$= U_{10} \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } 7.5 \geq U_{10} < 10 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$= U_{10} \times 1.25 \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } U_{10} \geq 10 \text{ เมตร/วินาที}$$

แล้วเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นระยอง

และหัวหิน (ผนวก 2)



## บทที่ 4

### ผลและการวิเคราะห์ผลการวิจัย

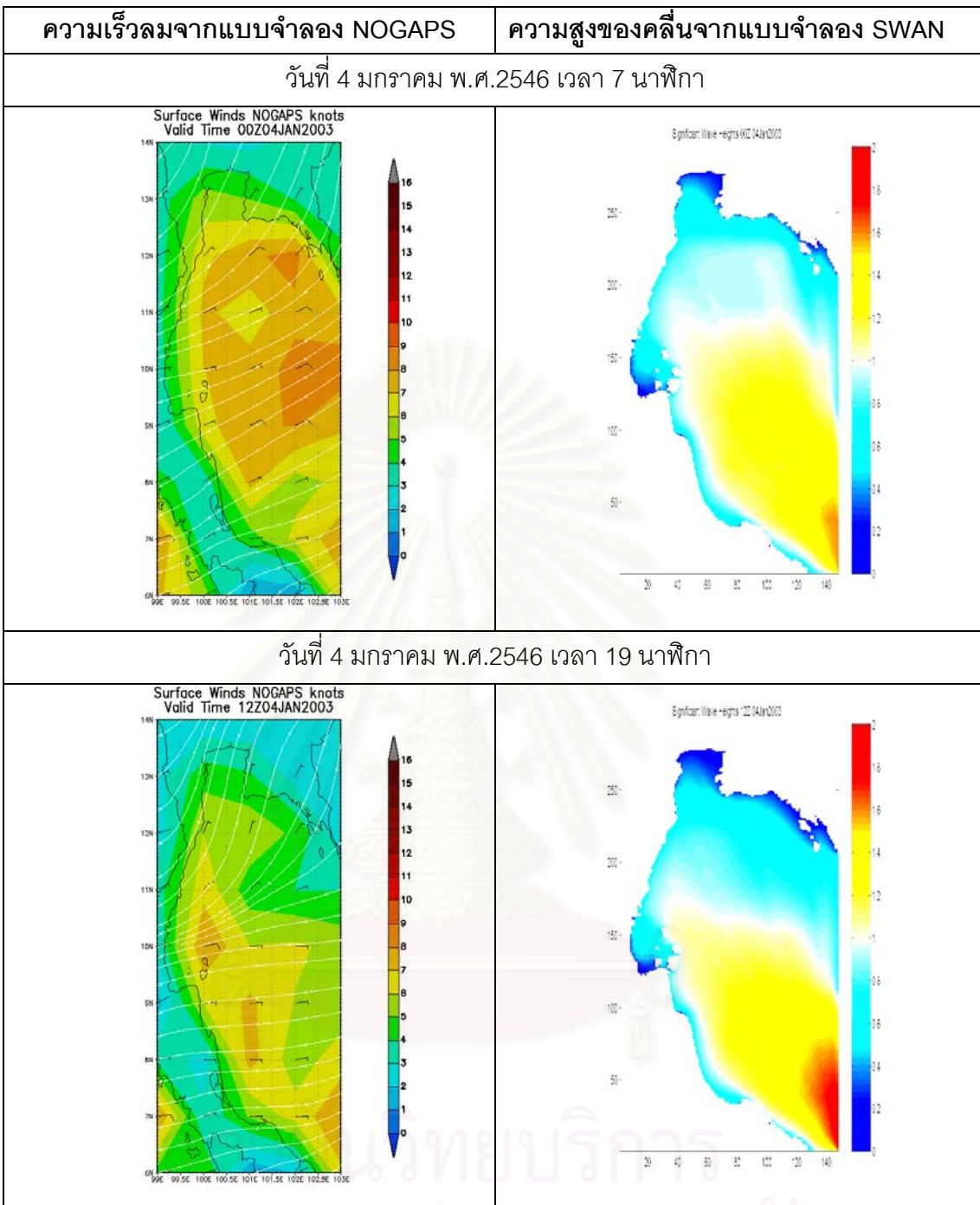
#### 1. การคำนวณคลื่นที่เกิดเนื่องจากปรากฏการณ์ทางอุทุนิยมวิทยาปกติ

##### 1.1 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

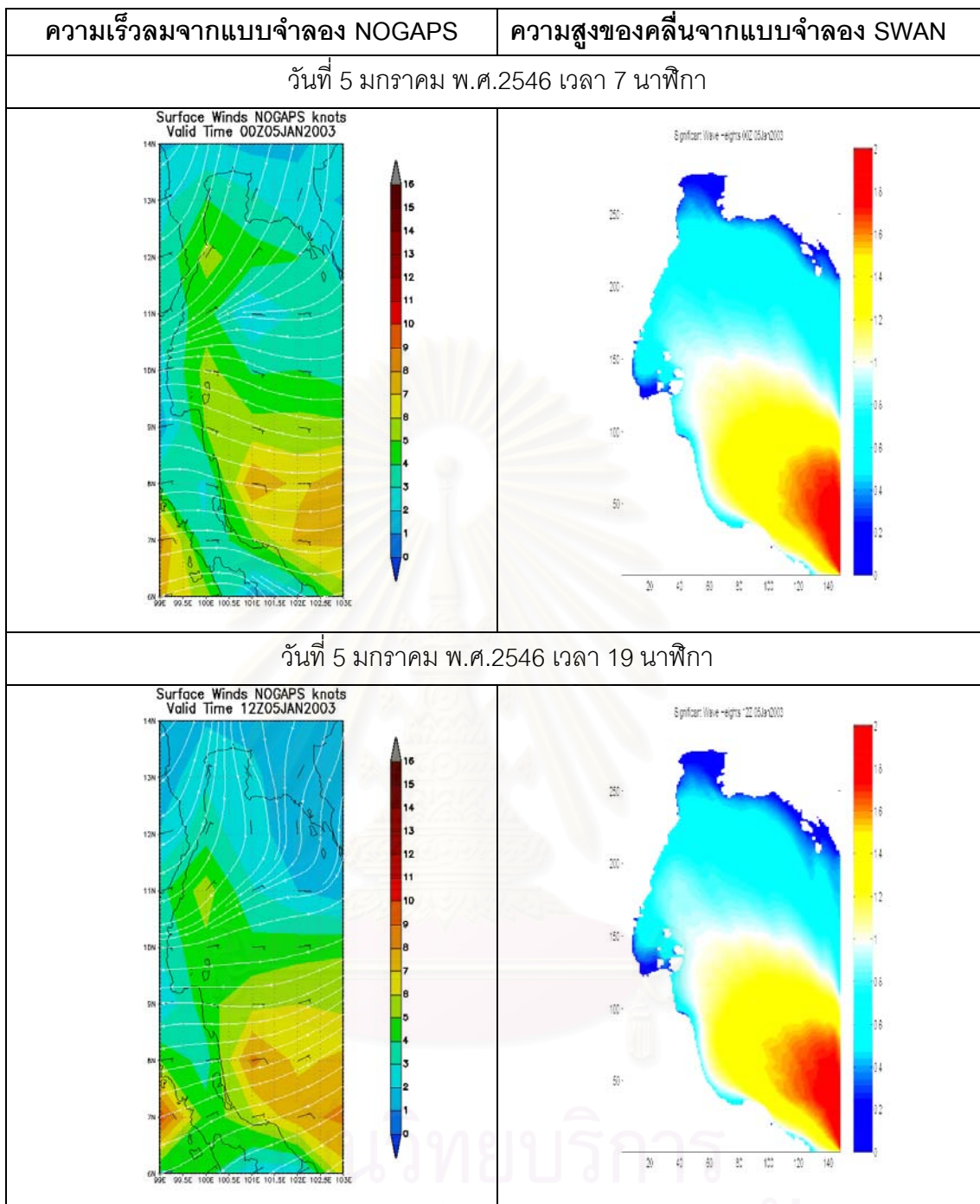
##### 1.1.1 ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณคลื่นด้วยแบบจำลอง SWAN โดยใช้ข้อมูลลมของเดือนมกราคม พ.ศ.2546 ที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS แสดงให้เห็นรูปแบบของการเกิดคลื่นที่ชัดเจนคือ ความสูงของคลื่นทางด้านอ่าวไทยฝั่งตะวันตกที่เป็นด้านใต้ลมตั้งแต่ชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์จนถึงจังหวัดนราธิวาสจะสูงกว่าทางด้านอ่าวไทยฝั่งตะวันออกตลอดทั้งเดือน โดยส่วนใหญ่บริเวณที่มีความสูงคลื่นสูงที่สุดของการคำนวณอยู่บริเวณอ่าวไทยตอนล่างที่เปิดออกสู่ทะเลจีนใต้ ซึ่งในบางครั้งมีความสูงของคลื่นมากกว่า 2 เมตร ส่วนบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกความสูงคลื่นน้อยที่สุดที่บริเวณชายฝั่งแล้วค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นเมื่อห่างฝั่งออกไป โดยอัตราการสูงขึ้นของคลื่นขึ้นอยู่กับความเร็วของลม เช่น ความเร็วลมในอ่าวไทยสูงที่สุดเมื่อเวลา 7 นาฬิกาของวันที่ 4 แล้วค่อยๆ ลดลง ความสูงของคลื่นในอ่าวไทยก็ค่อยๆ ลดลงตามความเร็วลมที่พัดปกคลุม แต่ในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างความสูงของคลื่นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก บริเวณที่มีเกาะบังทิศทางลมเช่นทางด้านตะวันตกของหมู่เกาะอ่างทอง เกาะพังันและเกาะสมุยจะเห็นว่ากรเกิดคลื่นได้รับอิทธิพลจากตัวเกาะทำให้บริเวณดังกล่าวมีความสูงของคลื่นน้อยกว่าทางด้านตรงข้ามของเกาะอย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 3

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมกราคม พ.ศ.2546



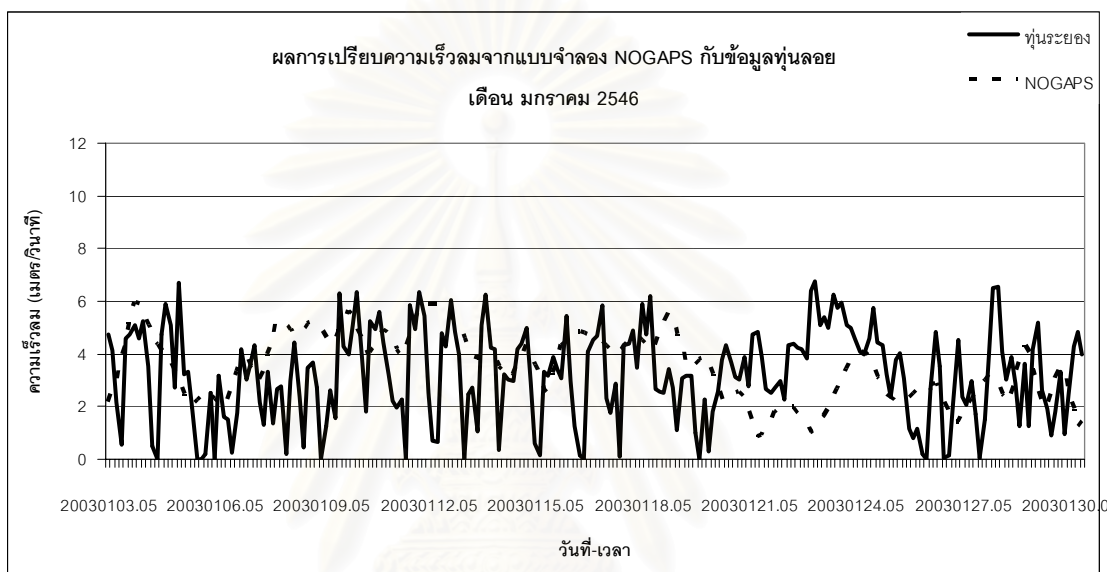
รูปที่ 3 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมกราคม พ.ศ.2546 (ต่อ)

1.1.2 ผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

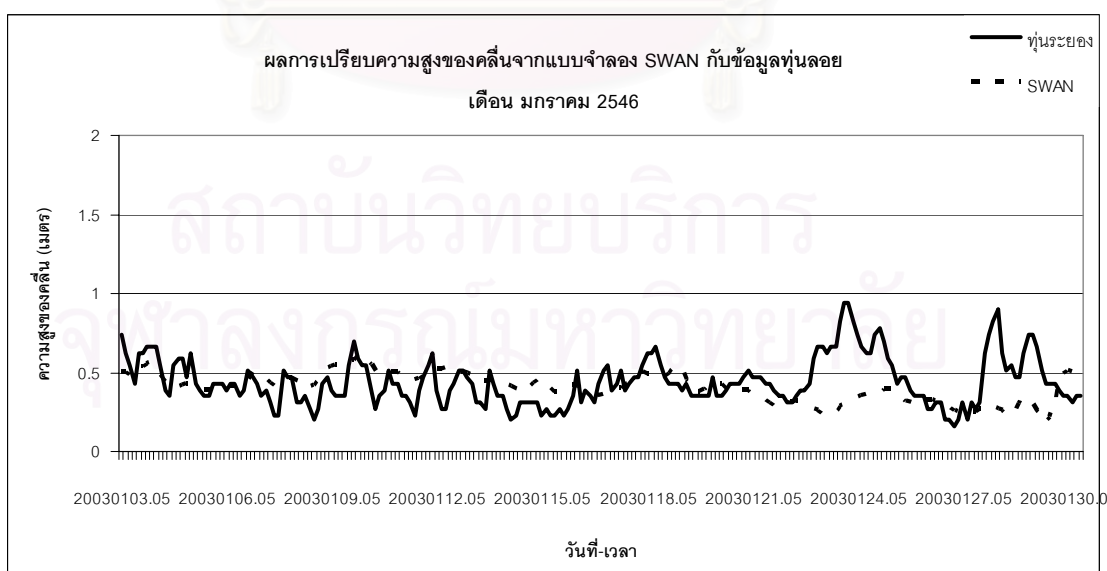
1.1.2.1 ข้อมูลทุ่นลอยระยอง

จากผลการเปรียบเทียบความเร็วลมจากแบบจำลองเชิงตัวเลข NOGAPS และความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัดของทุ่นลอยระยองตามรูปที่ 4 สามารถแบ่งข้อมูลออกได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

- ช่วงที่ความเร็วลมจากแบบจำลองสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับความเร็วลมที่วัดได้ด้วยทุ่นลอย ระหว่างประมาณวันที่ 3 – 20 มกราคม ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นตามที่ได้แสดงในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN มีค่าสูงกว่าหรือใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยทุ่นลอยเช่นเดียวกับข้อมูลลม
- ช่วงที่ความเร็วลมจากแบบจำลองต่ำกว่าความเร็วลมที่วัดได้ด้วยทุ่นลอย ระหว่างประมาณวันที่ 20 – 30 มกราคม การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นก็แสดงให้เห็นว่าผลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดของทุ่นลอยเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยะของกับ NOGAPS เดือนมกราคม 2546



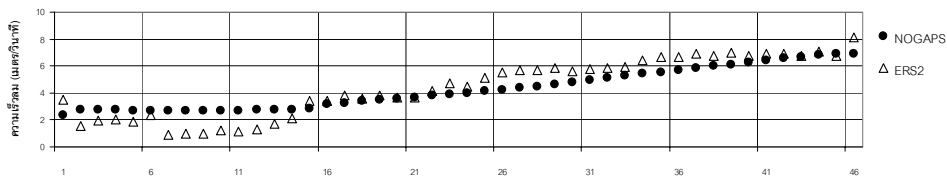
รูปที่ 5 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยะของกับ SWAN เดือนมกราคม 2546

### 1.1.2.2 ข้อมูลจากดาวเทียม ERS2

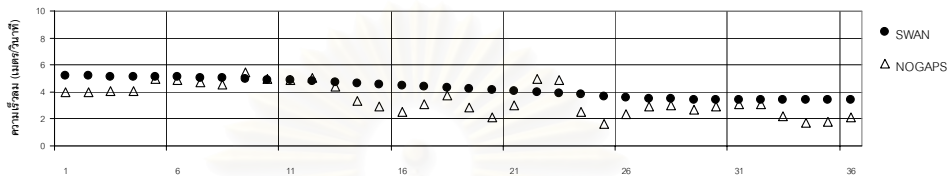
ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองของวันที่ 2, 4 ตอนต้นของวันที่ 7 และบางส่วนของวันที่ 26 มีความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วลมที่ได้จาก ERS2 ในส่วนที่เหลือส่วนใหญ่ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองจะสูงกว่าความเร็วลมที่ได้จาก ERS2 ซึ่งเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปของแผนภูมิกระจาย ดังรูปที่ 7 จะพบว่าโดยรวมแล้วผลการคำนวณจากแบบจำลองจะให้ความเร็วลมสูงกว่าความเร็วลมที่ได้จาก ERS2

พิจารณาผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่น ดังรูปที่ 8 ในบริเวณที่ความเร็วลมจากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับ ERS2 จะพบว่ามีเพียงความสูงของคลื่นในช่วงต้นของวันที่ 7 เท่านั้นที่มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จาก ERS2 ส่วนที่เหลือคลื่นที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าน้อยกว่าผลที่ได้จาก ERS2 นอกจากนี้ในส่วนอื่นๆ เกือบทั้งหมดความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลองก็มีค่าน้อยกว่าผลที่ได้จาก ERS2 เช่นเดียวกัน ซึ่งจะเห็นได้อย่างชัดเจนเมื่อนำมาแสดงความสัมพันธ์ด้วยแผนภูมิกระจายดังรูปที่ 9 ว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลองต่ำกว่าผลที่ได้จาก ERS2 โดยความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 – 1.0 เมตร ส่วนผลการตรวจวัดความสูงของคลื่นอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.6 เมตร

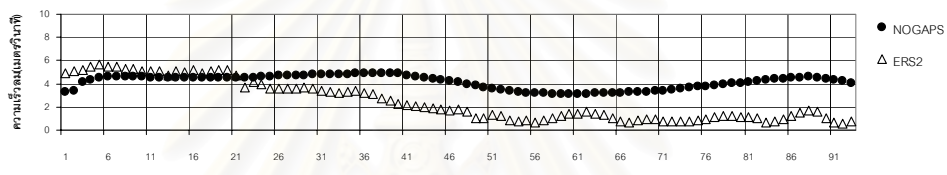
วันที่ 2 มกราคม 2546



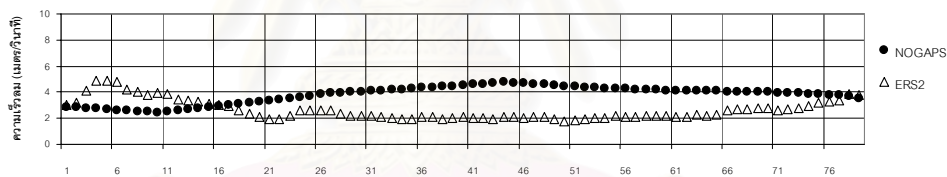
วันที่ 4 มกราคม 2546



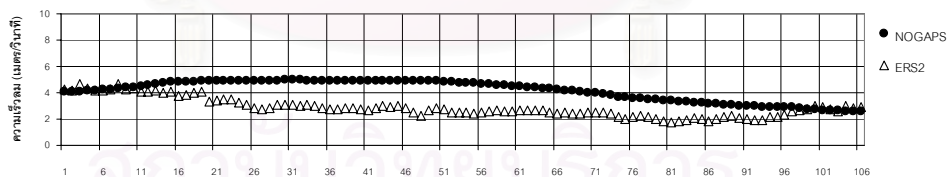
วันที่ 7 มกราคม 2546



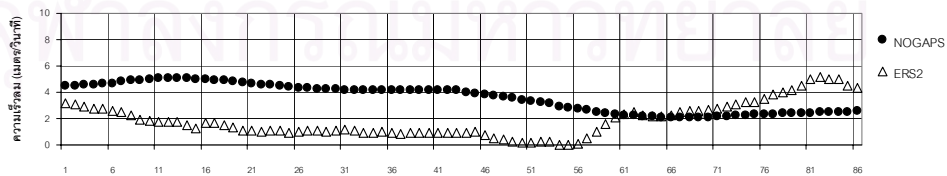
วันที่ 15 มกราคม 2546



วันที่ 23 มกราคม 2546

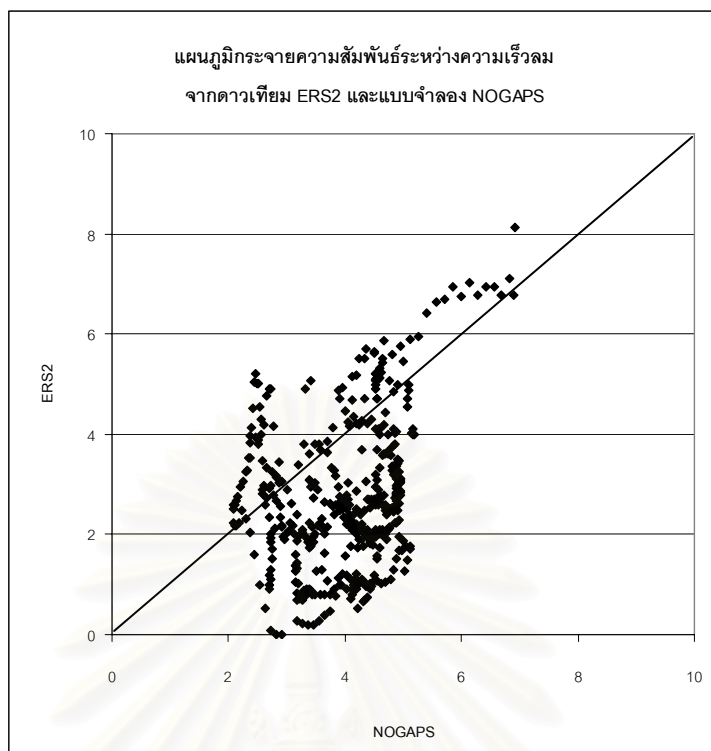


วันที่ 26 มกราคม 2546



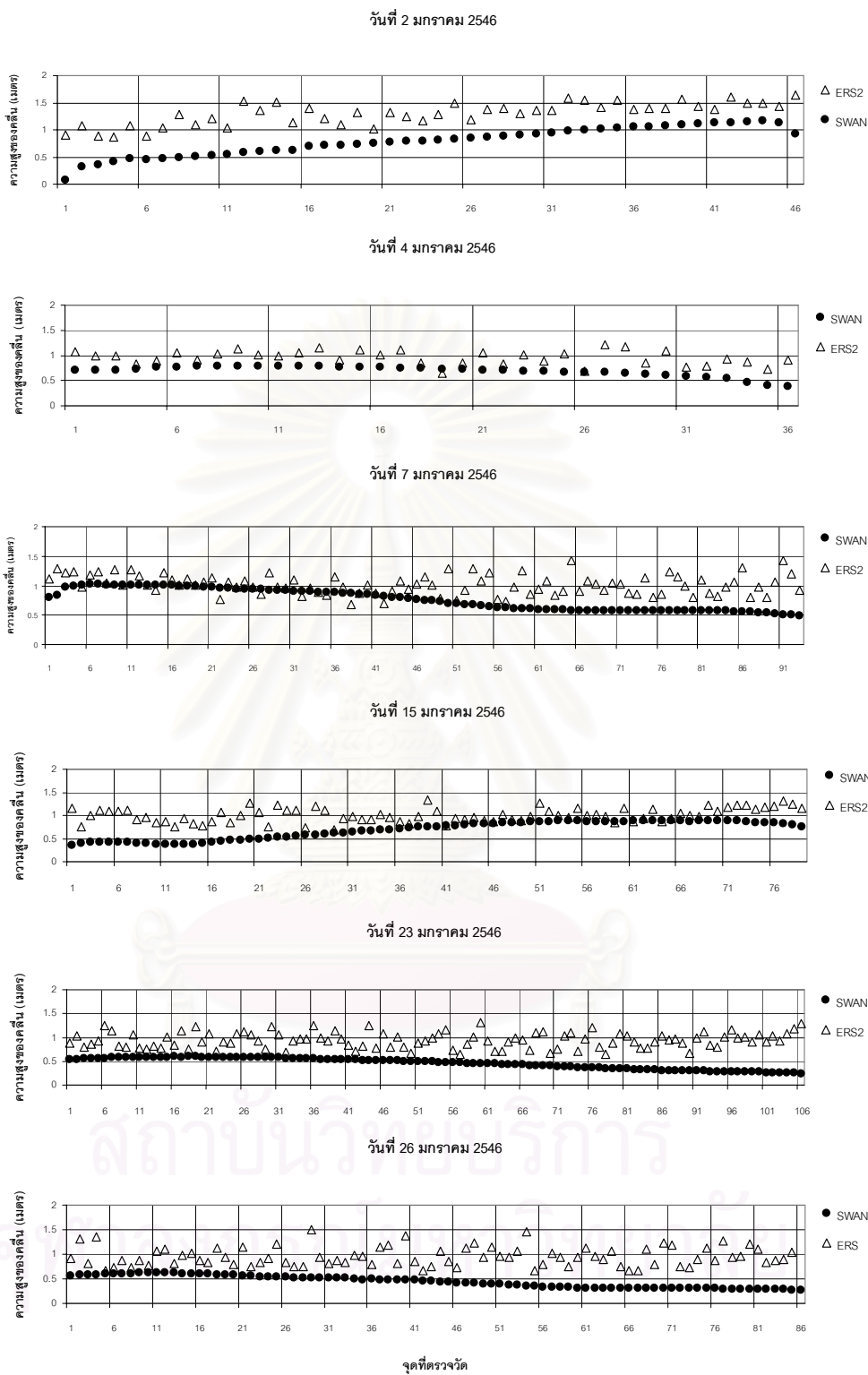
จุดที่ตรวจวัด

รูปที่ 6 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม ERS2 เดือนมกราคม 2546



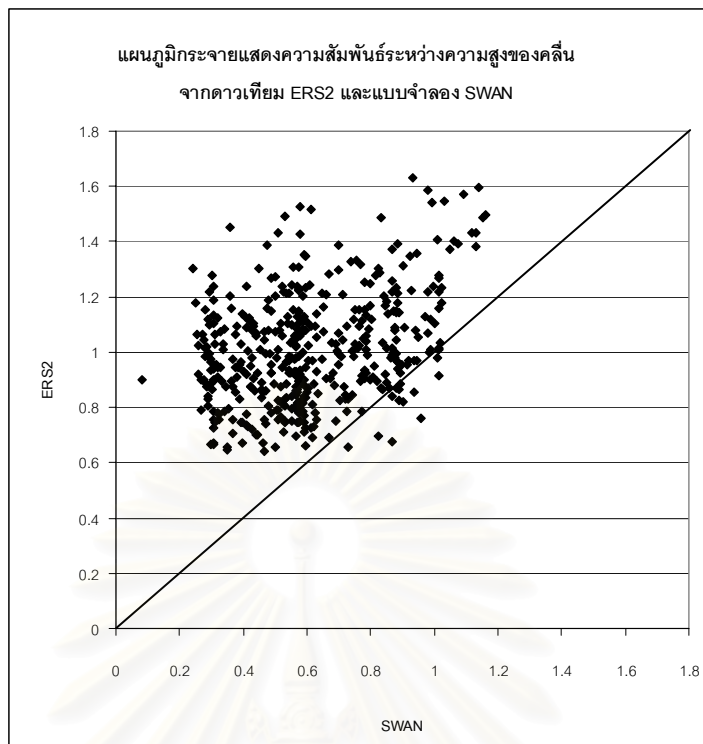
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง NOGAPS เดือน  
มกราคม 2546

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม ERS2 เดือนมกราคม 2546



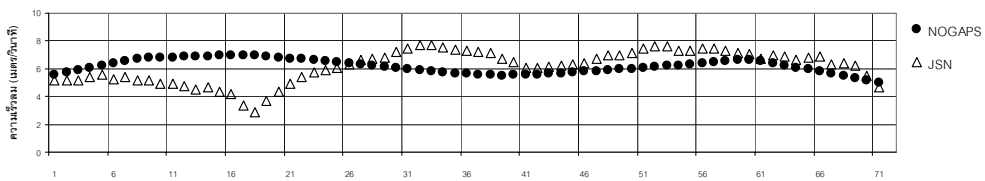


**รูปที่ 9** ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง SWAN  
เดือนมกราคม 2546

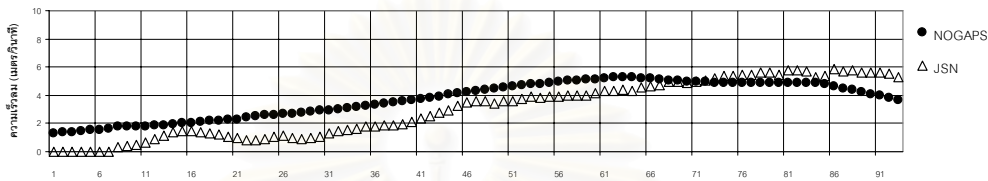
#### 1.1.2.3 ผลการเปรียบเทียบข้อมูลจากดาวเทียม JASON1

ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดดังรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมส่วนใหญ่ที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากดาวเทียม JASON1 จะมีส่วนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนได้แก่ในช่วง ต้นของวันที่ 4 ที่ความเร็วลมจากแบบจำลองสูงกว่าดาวเทียม JASON1 ช่วงกลางถึงปลายของชุดข้อมูลในวันที่ 14 และช่วงต้นและปลายของชุดข้อมูลในวันที่ 16 ความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1 สูงกว่าความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบกระจายตามรูปที่ 11 จะพบว่าในส่วนที่ความเร็วลมต่ำๆ ความเร็วลมจากแบบจำลองจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันกับ JASON1 แต่เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้น ข้อมูลทั้งสองแทบจะไม่มีความสัมพันธ์ต่อกันเลย

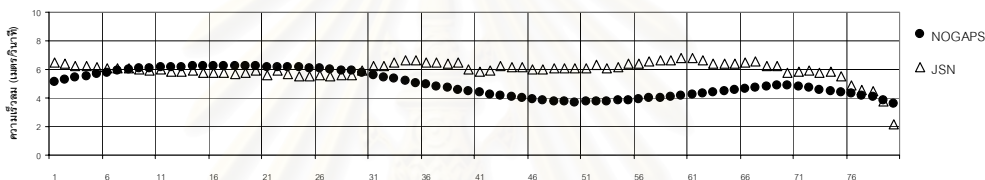
วันที่ 4 มกราคม 2546



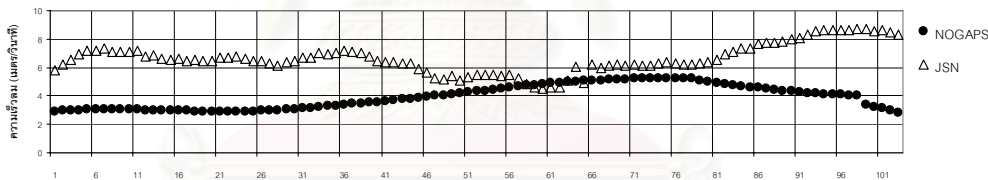
วันที่ 6 มกราคม 2546



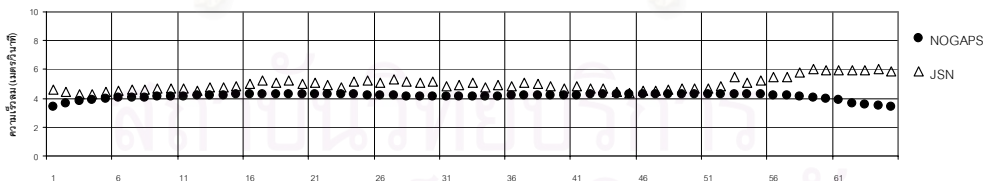
วันที่ 14 มกราคม 2546



วันที่ 16 มกราคม 2546

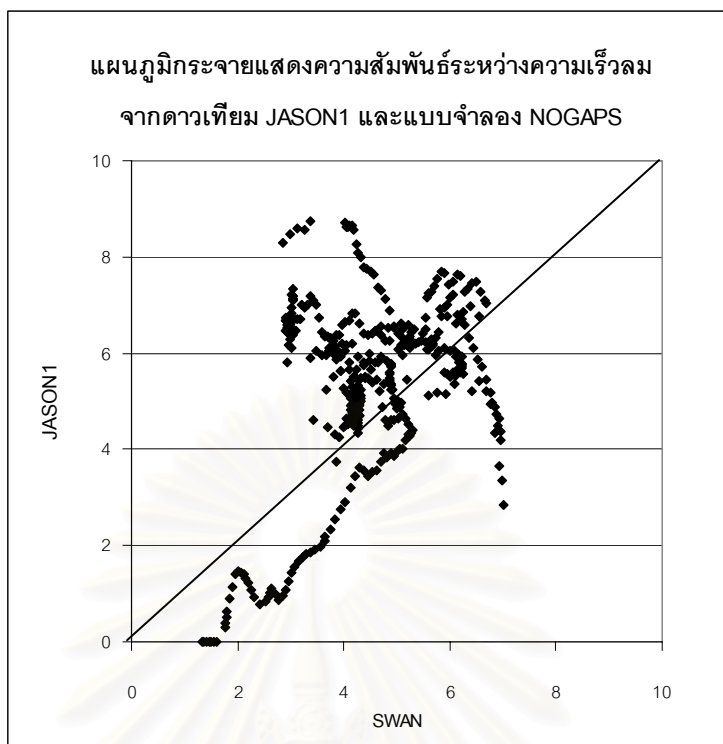


วันที่ 24 มกราคม 2546



จุดที่ตรวจวัด

รูปที่ 10 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1 เดือนมกราคม 2546



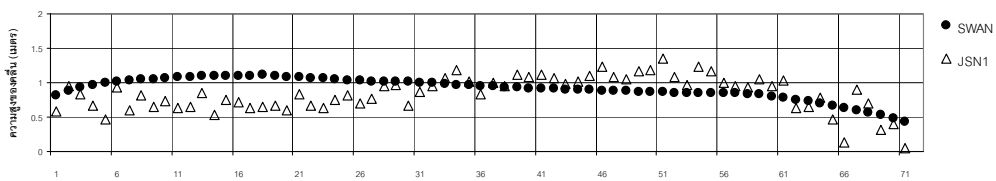
**รูปที่ 11** ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง NOGAPS  
เดือนมกราคม 2546

พิจารณาการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นแบบจุดต่อจุดดังรูปที่ 12 โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มตามผลการเปรียบเทียบความเร็วลม ได้ดังนี้

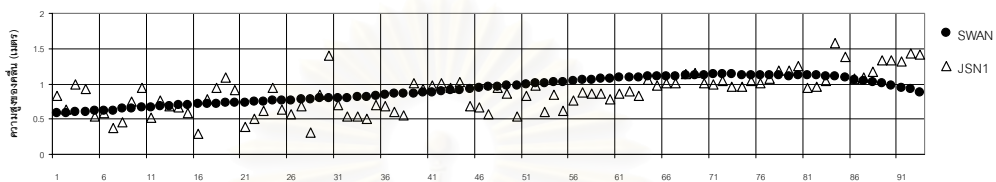
- บริเวณที่ความเร็วลมจากแบบจำลอง NOGAPS มีค่าใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดจากดาวเทียม JASON1 จะพบว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง SWAN ก็มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม JASON1
- บริเวณที่ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS สูงกว่าการตรวจจากดาวเทียมในตอนต้นของวันที่ 4 ความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลอง SWAN สูงกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด
- บริเวณที่ความเร็วลมจากแบบจำลองต่ำกว่า JASON1 ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด

เมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ด้วยแผนภูมิกระจายดังรูปที่ 13 จะพบว่ามี การกระจายของข้อมูลค่อนข้างมาก โดยผลของการคำนวณจากแบบจำลองจะต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม JASON1

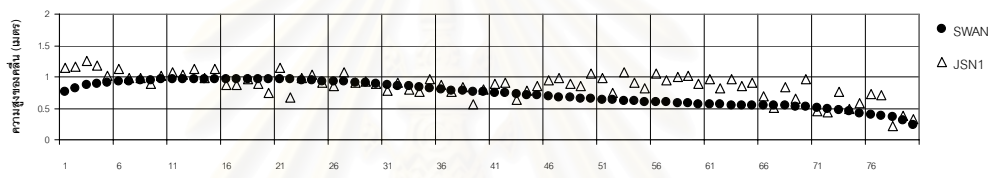
วันที่ 4 มกราคม 2546



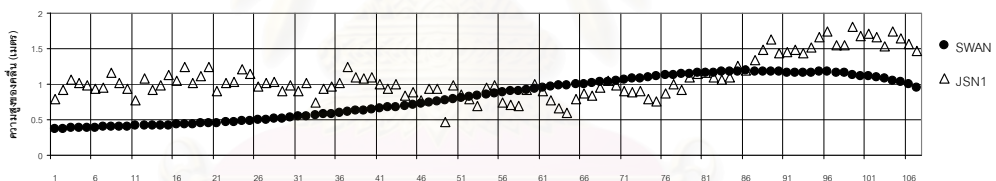
วันที่ 6 มกราคม 2546



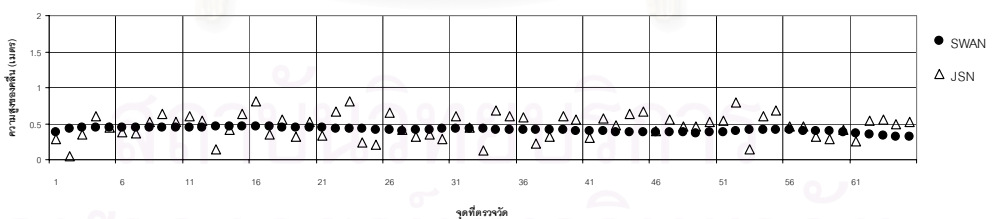
วันที่ 14 มกราคม 2546



วันที่ 16 มกราคม 2546



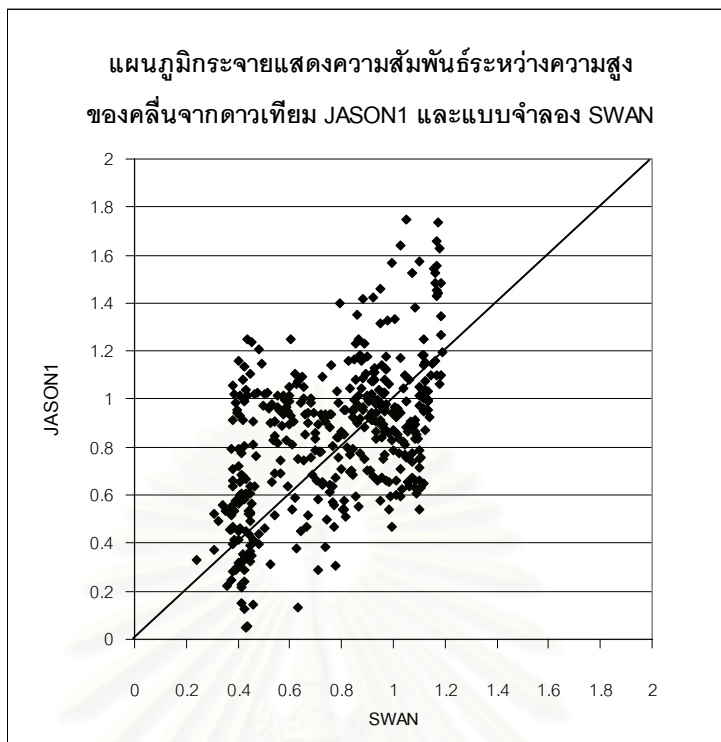
วันที่ 24 มกราคม 2546



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 12 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1

เดือนมกราคม 2546

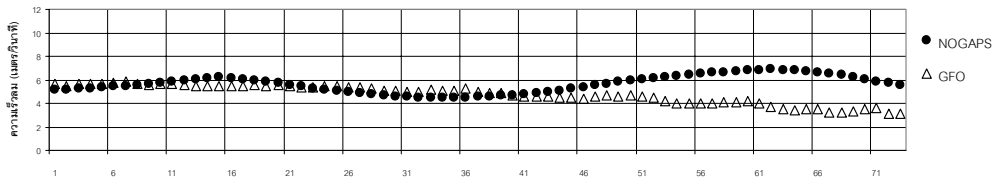


**รูปที่ 13** ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม JASON1  
และแบบจำลอง SWAN เดือนมกราคม 2546

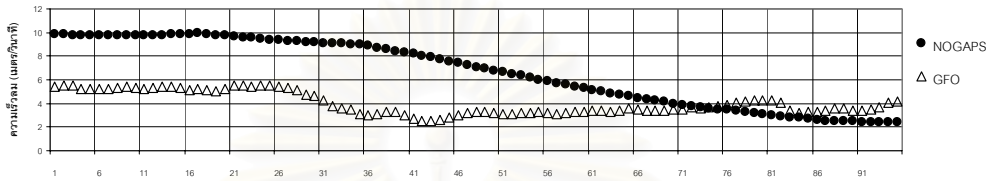
#### 1.1.2.4 ผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลจากดาวเทียม GFO

ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 14 แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมส่วนใหญ่ที่ได้จากแบบจำลองจะสูงกว่าผลการตรวจวัดจากดาวเทียม GFO จะมีเพียงส่วนน้อยในบางส่วนของชุดข้อมูลในวันที่ 8 11 25 28 และ 29 ที่ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงหรือต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากดาวเทียม GFO ซึ่งแผนภูมิกระจายในรูปที่ 15 ก็แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมส่วนใหญ่ที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS จะสูงกว่าความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัดจากดาวเทียม GFO เช่นเดียวกัน

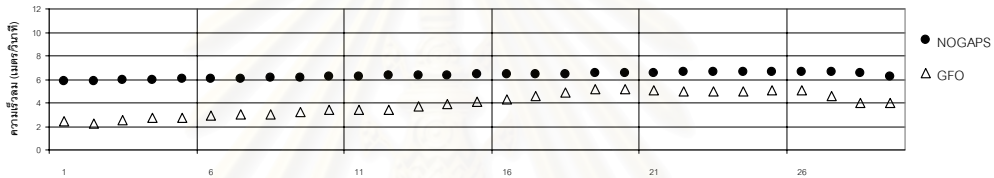
วันที่ 8 มกราคม 2546



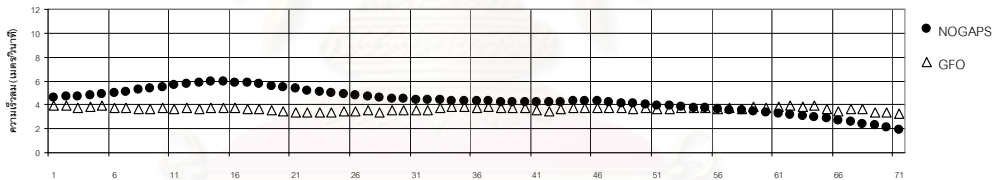
วันที่ 11 มกราคม 2546



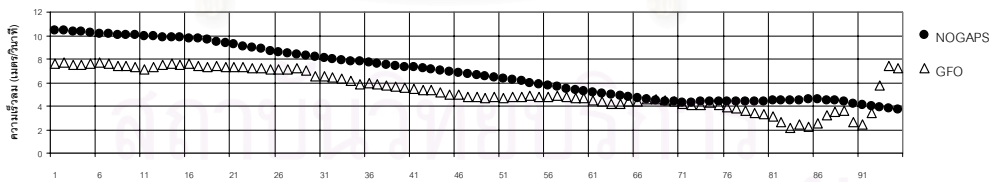
วันที่ 15 มกราคม 2546



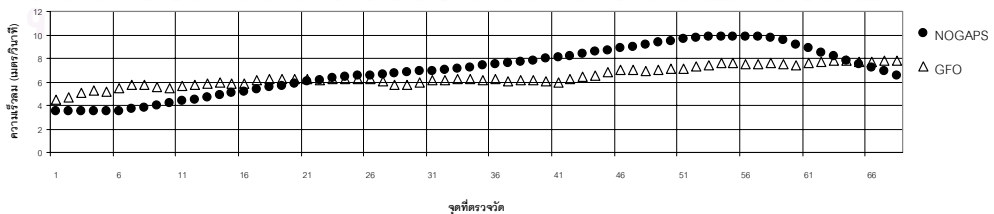
วันที่ 25 มกราคม 2546



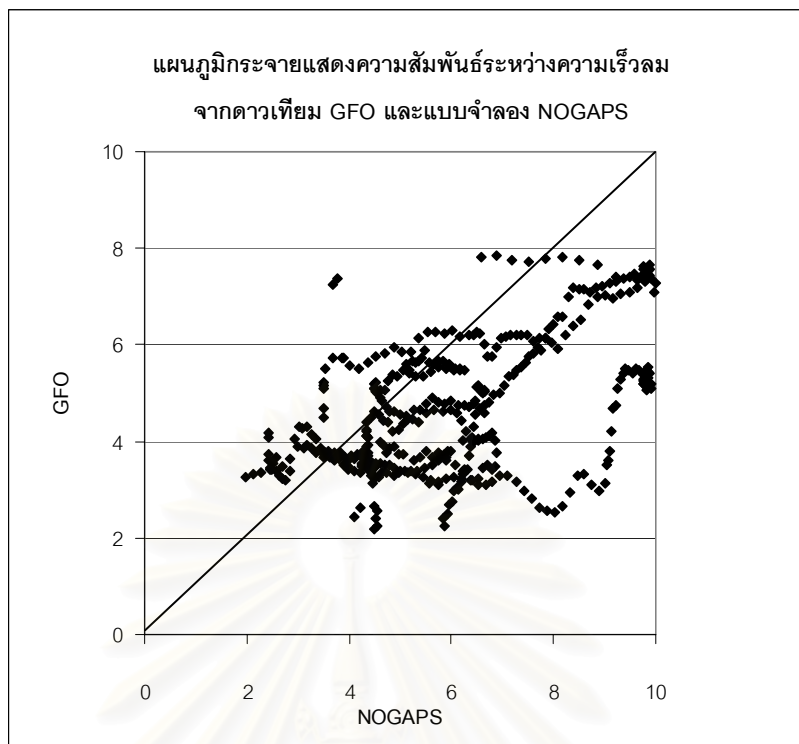
วันที่ 28 มกราคม 2546



วันที่ 29 มกราคม 2546



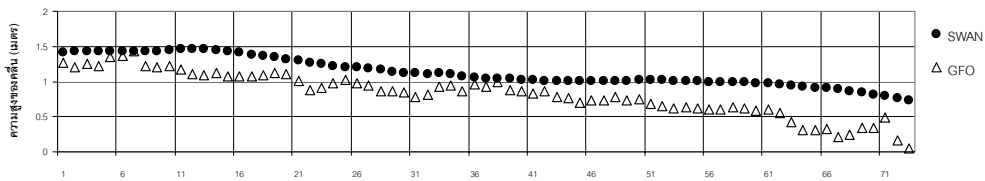
รูปที่ 14 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม GFO เดือนมกราคม 2546



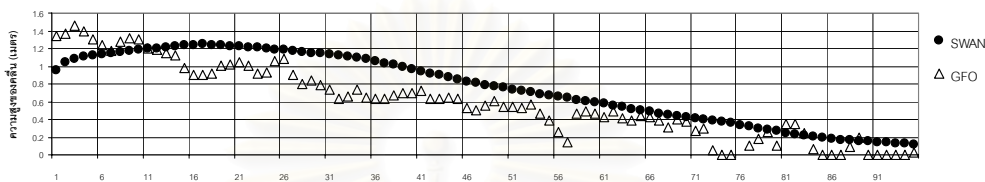
**รูปที่ 15** ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง NOGAPS เดือน  
มกราคม 2546

ผลจากการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นแบบจุดต่อจุดตามรูปที่ 16 แสดงให้เห็นว่าความสูงคลื่นที่ได้จากแบบจำลองส่วนใหญ่มีความสูงมากกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากดาวเทียมเช่นเดียวกับข้อมูลความเร็วลม ในบริเวณที่ความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลองต่ำกว่าผลจากดาวเทียมในตอนปลายของชุดข้อมูลวันที่ 25 ตอนต้นและตอนปลายของชุดข้อมูลในวันที่ 29 ก็เป็นบริเวณเดียวกันกับที่ความเร็วลมจากแบบจำลอง NOGAPS มีค่าน้อยกว่าผลการตรวจวัดจะมีเพียงชุดข้อมูลของวันที่ 28 เท่านั้นที่ความสูงคลื่นที่ได้จากแบบจำลอง SWAN ต่ำกว่าผลจากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม ในขณะที่ชุดข้อมูลดังกล่าวความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS สูงกว่าผลการตรวจวัดอยู่เล็กน้อย แต่เมื่อนำความสูงของคลื่นจากการคำนวณและการตรวจวัดมาหาความสัมพันธ์โดยใช้แผนภูมิกระจายตามรูปที่ 17 พบว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีการเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทางเดียวกันอย่างชัดเจน

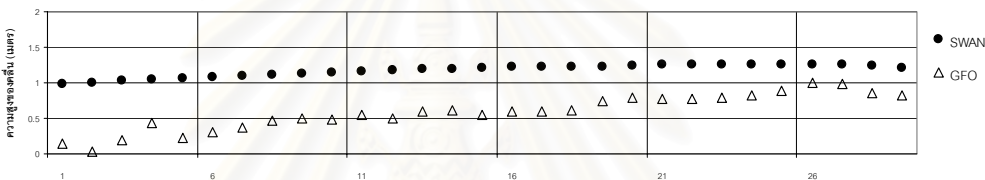
วันที่ 8 มกราคม 2546



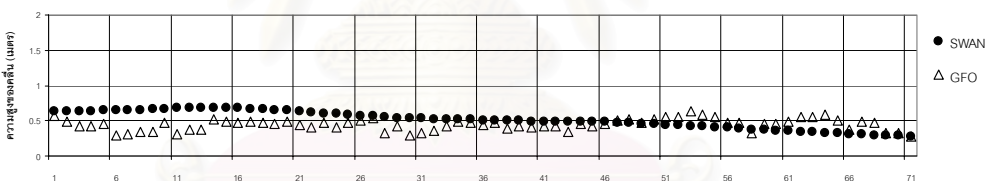
วันที่ 11 มกราคม 2546



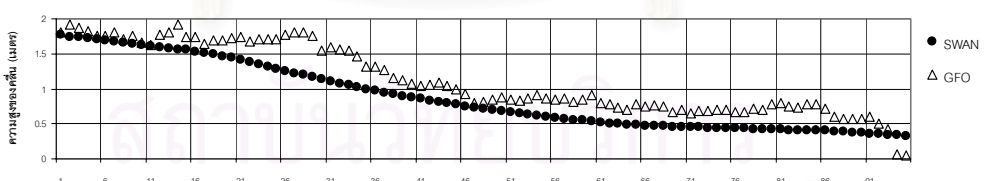
วันที่ 15 มกราคม 2546



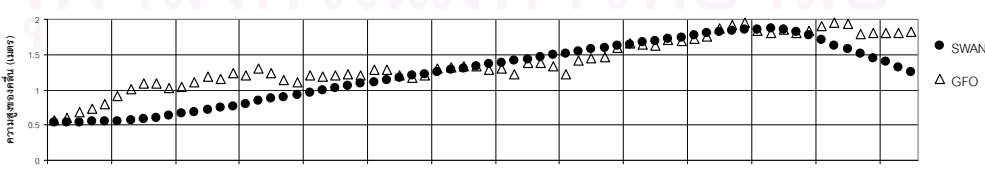
วันที่ 25 มกราคม 2546



วันที่ 28 มกราคม 2546

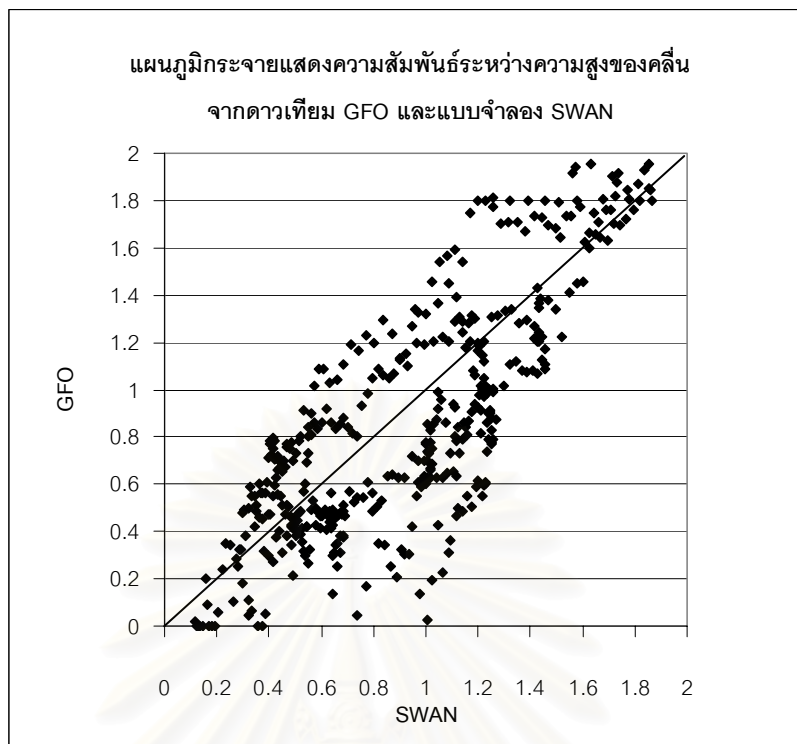


วันที่ 29 มกราคม 2546



รูปที่ 16 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม GFO เดือนมกราคม 2546



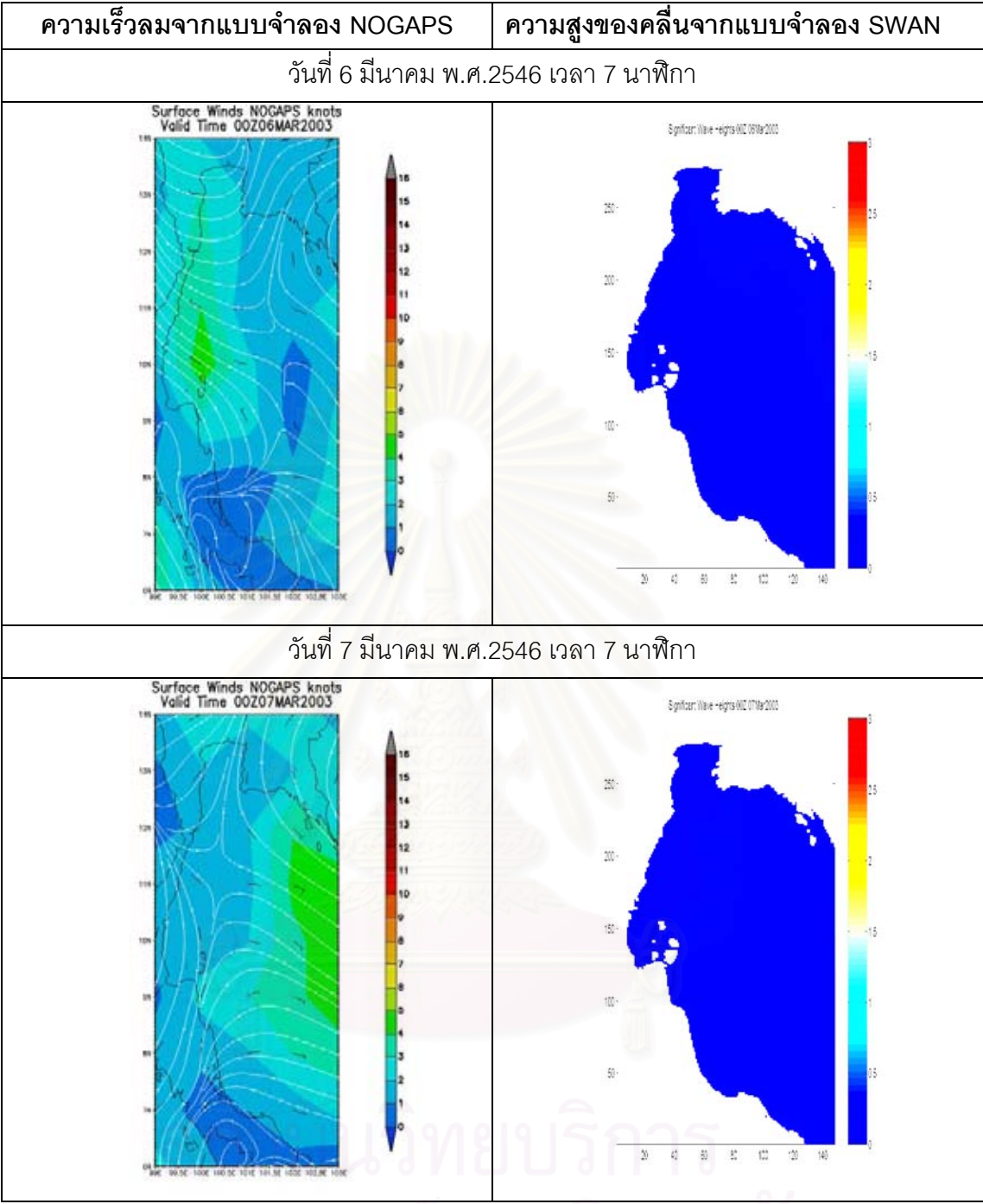


**รูปที่ 17** ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม GFO  
และแบบจำลอง SWAN เดือนมกราคม 2546

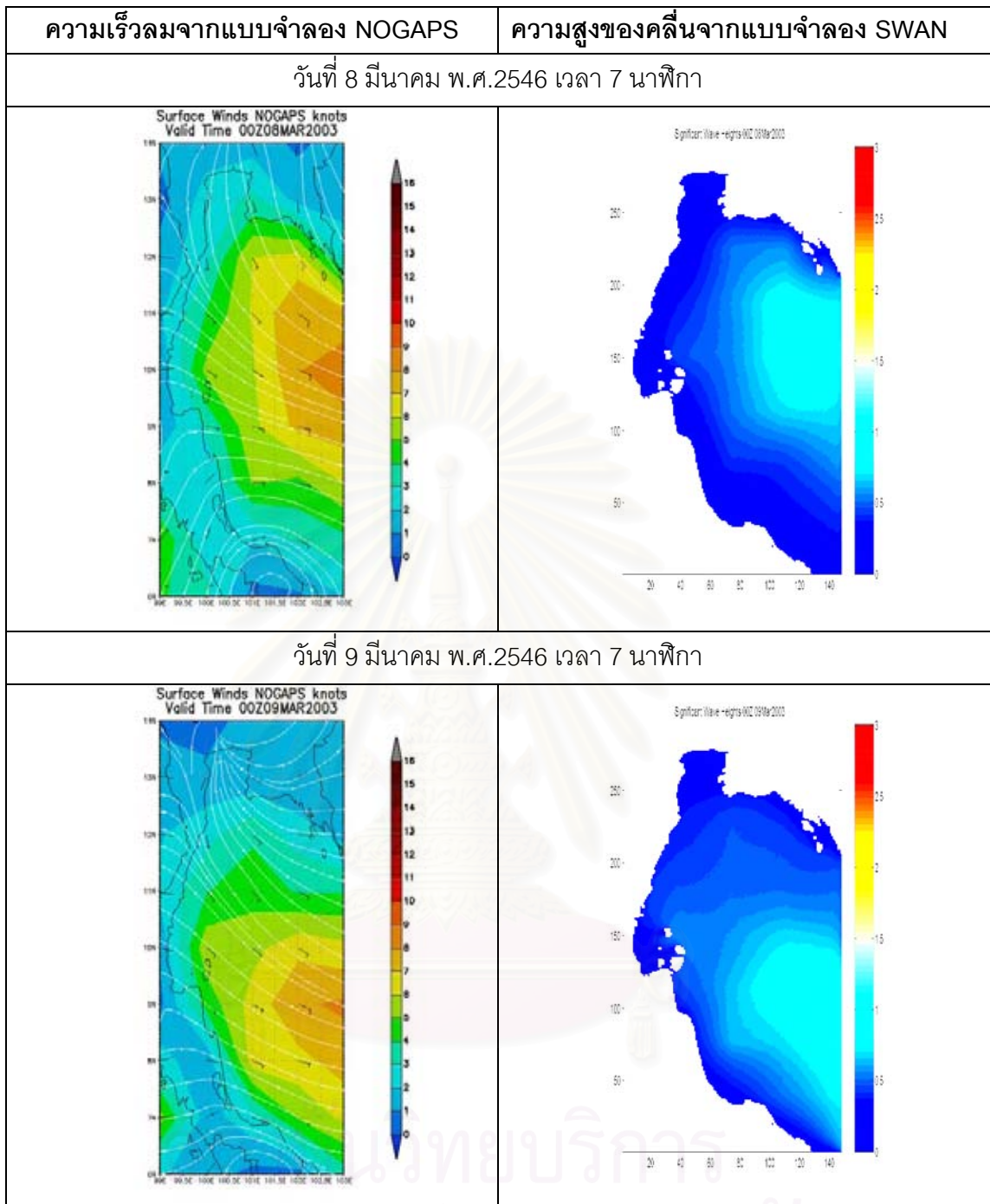
## 1.2 ช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุม

### 1.2.1 ผลการคำนวณ

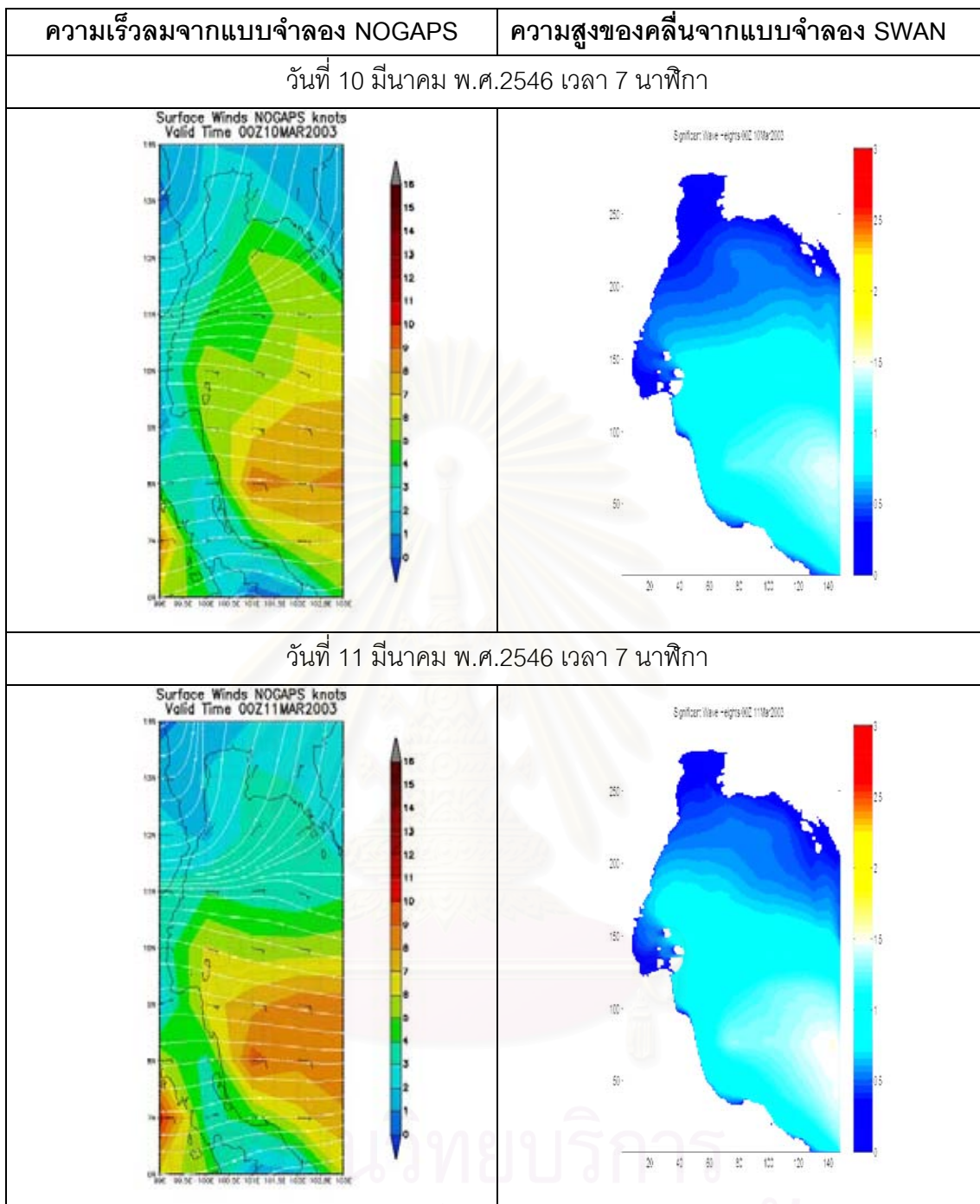
โดยปกติของช่วงเปลี่ยนฤดูมรสุมในช่วงเดือนมีนาคมลักษณะของลมที่พัดปกคลุมอ่าวไทยจะเป็นลมอ่อนมีทิศทางแปรปรวนดังผลการคำนวณลมของ NOGAPS ในวันที่ 6 มีนาคม ดังที่แสดงในภาพที่ 18 ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้ในกรณีนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ประมาณไม่เกิน 0.5 เมตร แต่สำหรับเดือนมีนาคม พ.ศ. 2546 ที่ผ่านมามีลักษณะพิเศษเกิดขึ้น 2 ช่วงระหว่าง วันที่ 7 – 12 และวันที่ 21 – 28 โดยมีลมฝ่ายตะวันออกแน่ที่พัดปกคลุมอ่าวไทยตอนล่าง ในช่วงต้นเดือนมีความเร็วลมคงที่ต่อเนื่องมากกว่า 6 เมตรต่อวินาที และบางเวลามีความเร็วลมสูงสุดถึง 13 เมตรต่อวินาที พัดปกคลุมตลอดช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้เกิดคลื่นสูงขึ้นตามความยาวนานของลมที่พัดปกคลุมดังที่แสดงให้เห็นในรูปผลการคำนวณของวันที่ 7 ที่ลมเริ่มมีการแน่ทิศไปจนถึงวันที่ 12 เวลา 7 นาฬิกา ทำให้บริเวณอ่าวไทยตอนล่างมีความสูงของคลื่นถึงประมาณ 2.8 เมตร แล้วค่อยๆ อ่อนกำลังลงจนสู่สภาวะปกติในช่วงกลางเดือน แล้วกลับเกิดลมแน่ทิศอีกครั้งในช่วงปลายเดือนโดยเริ่มในวันที่ 21 จนไปอ่อนกำลังลงในช่วงปลายเดือน แต่ความเร็วลมที่เกิดขึ้นครั้งกลังในช่วงปลายเดือนจะมีความเร็วสูงสุดประมาณ 8 – 9 เมตรต่อวินาทีเท่านั้น ความสูงของคลื่นที่เกิดขึ้นจึงไม่สูงมากเหมือนในช่วงต้นเดือน



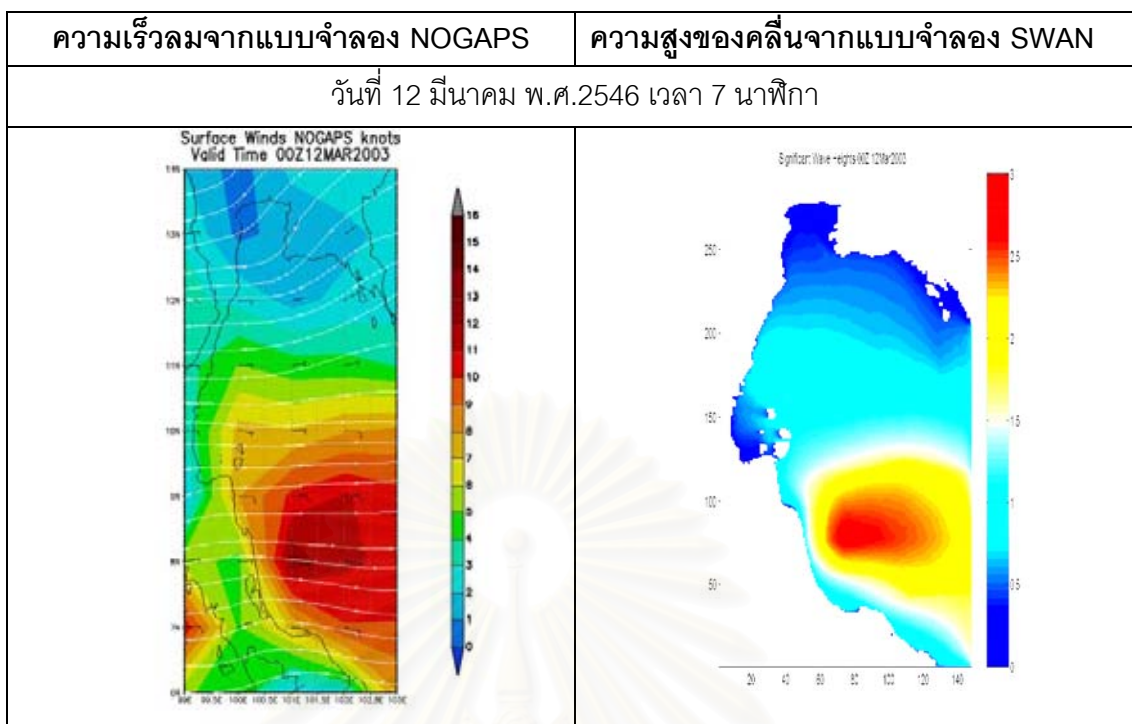
รูปที่ 18 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมีนาคม พ.ศ.2546



รูปที่ 18 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมีนาคม พ.ศ.2546 (ต่อ)



รูปที่ 18 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมีนาคม พ.ศ.2546 (ต่อ)

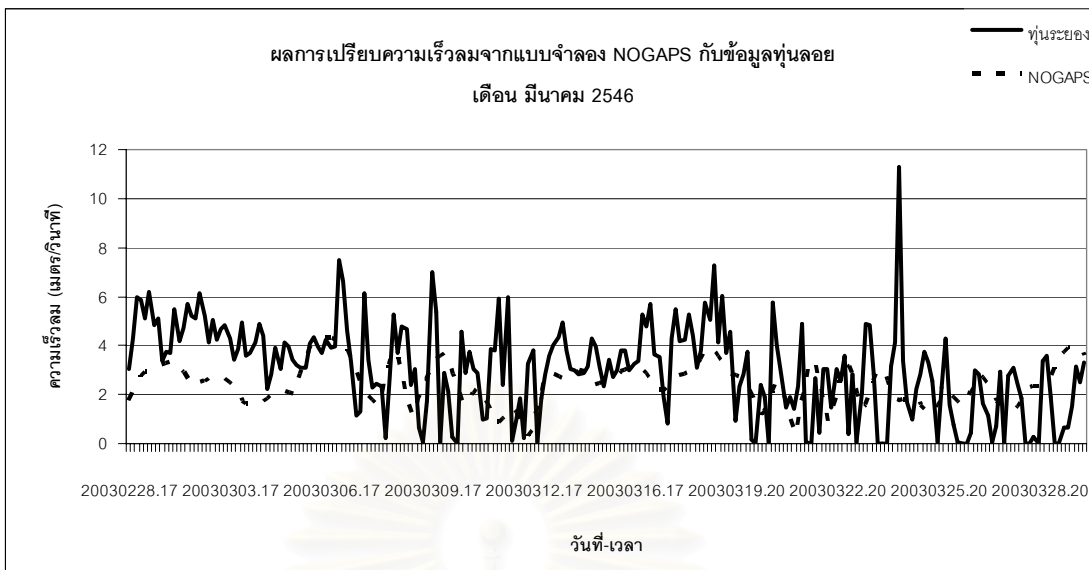


รูปที่ 18 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมีนาคม พ.ศ.2546 (ต่อ)

## 1.2.2 ผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

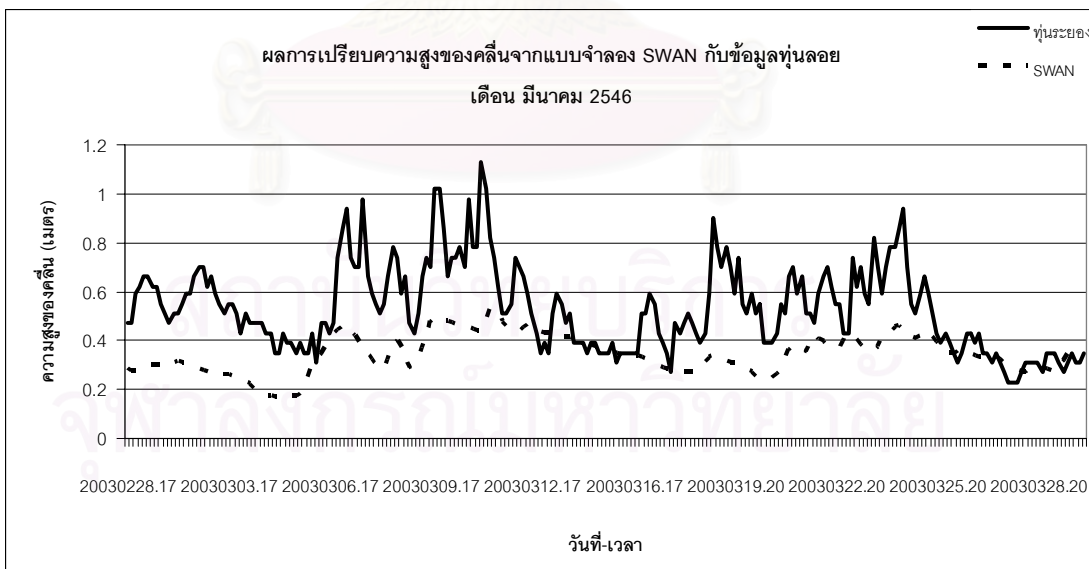
### 1.2.2.1 ข้อมูลทุ่นลอยระยะของ

ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลข NOGAPS ส่วนใหญ่เกือบตลอดทั้งเดือนต่ำกว่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นระยะของ โดยมีเฉพาะบางช่วงเวลาสั้นๆ ในวันที่ 5 – 6 วันที่ 15 – 16 และช่วงปลายเดือนวันที่ 28 – 30 เท่านั้นที่ความเร็วลมจากแบบจำลอง NOGAPS สูงกว่าหรือเท่ากับข้อมูลตรวจวัดดังแสดงในรูปที่ 20 นอกจากนี้บางช่วงเวลาเมื่อพิจารณาจากกราฟจะเหมือนว่าความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS จะมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับทุ่นลอย เช่น ในช่วงวันที่ 6 – 14 แต่เมื่อพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางตรงกันข้าม กล่าวคือเมื่อความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัดเพิ่มขึ้นความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองจะลดลง และเมื่อความเร็วลมที่ตรวจวัดได้มีค่าลดลงความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองจะเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ดีความเร็วลมสูงสุดที่เพิ่มขึ้นของแบบจำลองในช่วงเวลาดังกล่าวก็ยังคงน้อยกว่าความเร็วลมสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดด้วยทุ่นลอยดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 19 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยองกับ NOGAPS เดือนมีนาคม 2546

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณความสูงของคลื่นจากแบบจำลองกับความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดดังรูปที่ 18 พบว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลองส่วนใหญ่จะต่ำกว่าผลที่ได้จากทุ่นลอย จะมีช่วงเวลานั้นๆ ที่ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงหรือสูงกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดเล็กน้อย ซึ่งก็จะเป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่ผลการคำนวณลมจากแบบจำลองใกล้เคียงหรือสูงกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดโดยทุ่นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

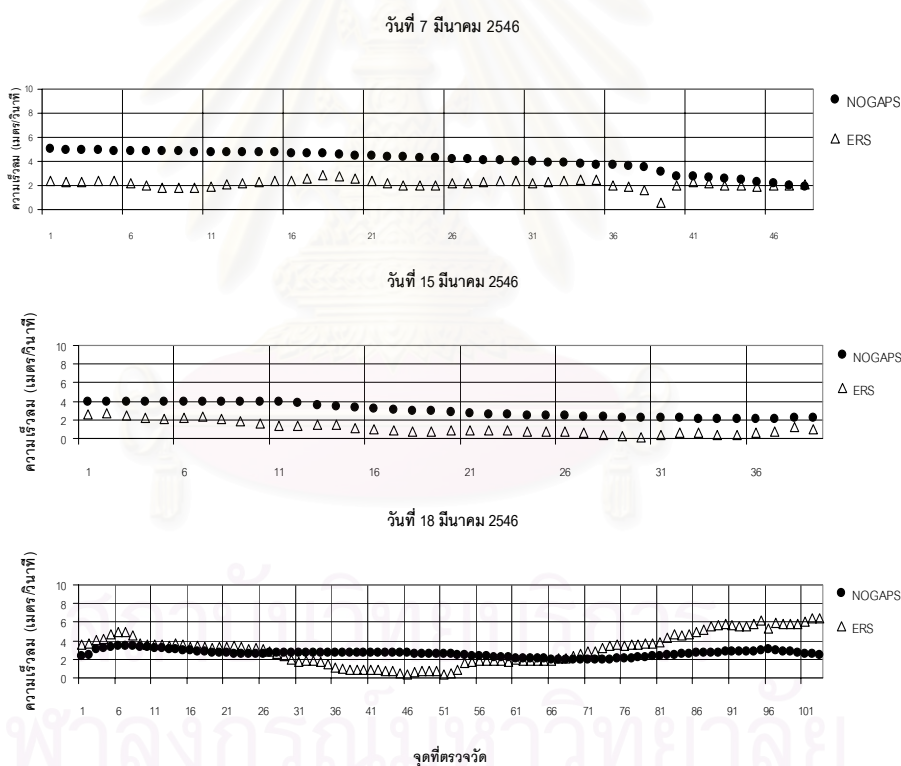


รูปที่ 20 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN เดือนมีนาคม 2546

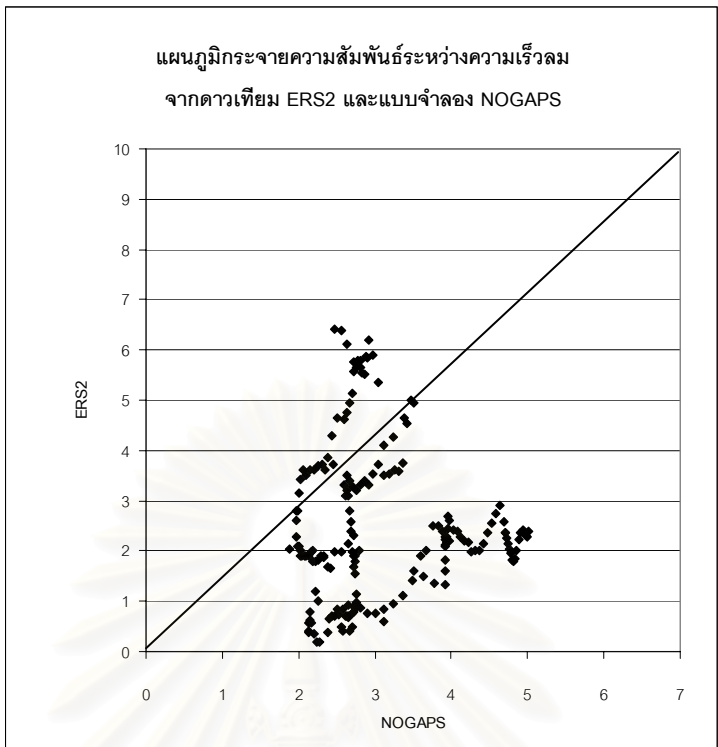
1.2.2.2 ข้อมูลดาวเทียม ERS2

ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 19 แสดงให้เห็นว่าความเร็วมส่วนใหญ่ที่ได้จากแบบจำลองจะสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม ERS2 จะมีบางส่วนของข้อมูลในวันที่ 18 เท่านั้นที่ความเร็วมที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าผลจากดาวเทียม ซึ่งสามารถยืนยันได้จากความสัมพันธ์ในแผนภูมิกระจายในรูปที่ 20

แต่ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นดังรูปที่ 21 แสดงออกมาในทางที่กลับกัน กล่าวคือความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองต่ำกว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียมในทุกจุด ซึ่งเมื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้แผนภูมิกระจายดังรูปที่ 22 ก็แสดงออกมาในลักษณะเดียวกันคือผลการคำนวณความสูงของคลื่นจากแบบจำลองจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 – 0.5 เมตร เท่านั้น ในขณะที่ผลการตรวจวัดจากดาวเทียม ERS2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.5 เมตร

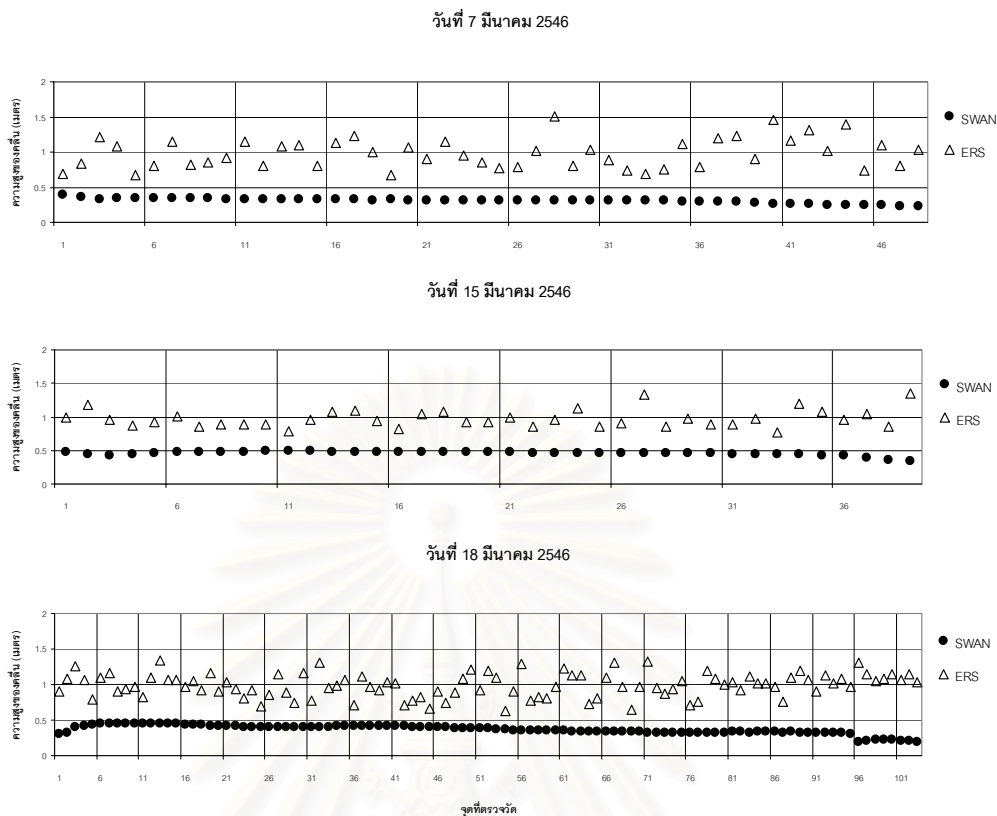


รูปที่ 21 การเปรียบเทียบความเร็วมจาก NOGAPS กับดาวเทียม ERS2 เดือนมีนาคม 2546

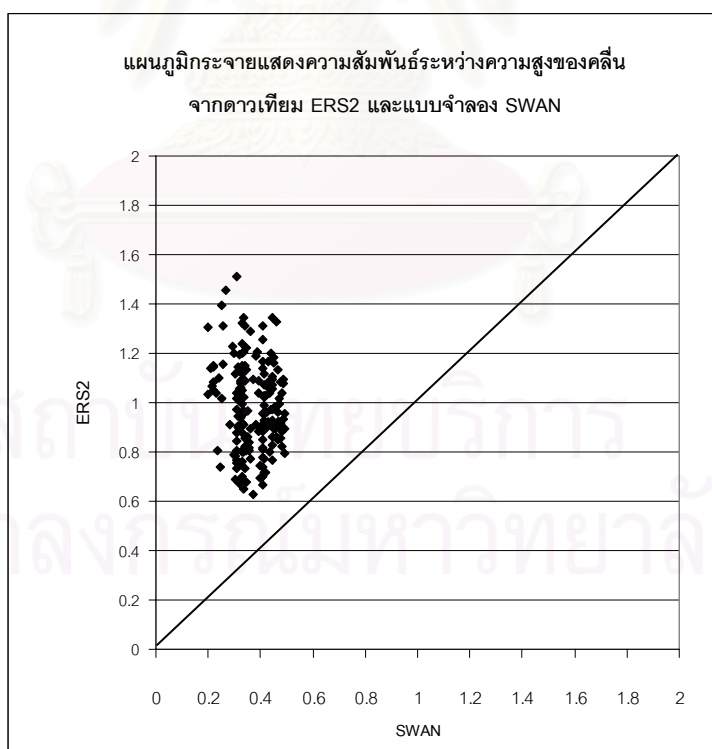


รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง NOGAPS เดือน  
มีนาคม 2546





รูปที่ 23 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม ERS2 เดือนมีนาคม 2546



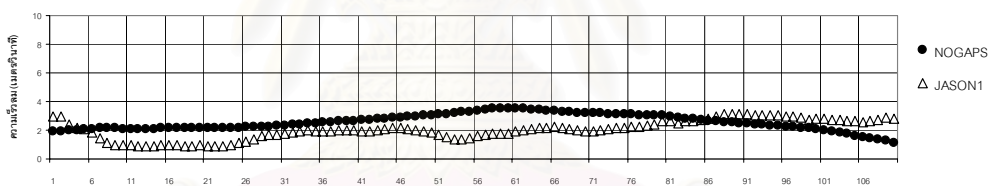
รูปที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม ERS2  
และแบบจำลอง SWAN เดือนมีนาคม 2546

### 1.2.2.3 ข้อมูลดาวเทียม JASON1

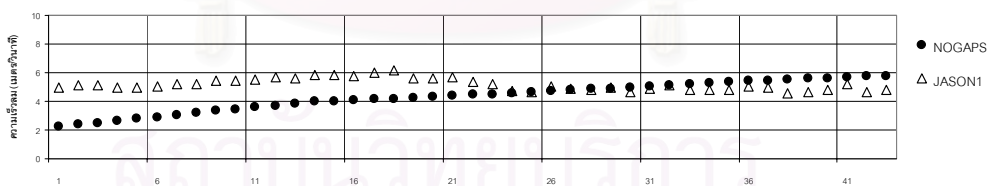
จากการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 23 แสดงให้เห็นว่ามีเฉพาะข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองของวันที่ 14 และบางส่วนของความเร็วลมของวันที่ 24 เท่านั้นที่ใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดจากดาวเทียม JASON1 ส่วนความเร็วลมจากแบบจำลองที่เหลือมีความแตกต่างทั้งในด้านมากกว่าและน้อยกว่าผลการตรวจวัด ซึ่งจะเห็นได้จากการกระจายตัวของข้อมูลในแผนภูมิกระจายตามรูปที่ 24 เช่นเดียวกัน

ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นก็แสดงออกมาในลักษณะเดียวกันกับผลการเปรียบเทียบลม คือมีบางส่วนของผลการคำนวณเท่านั้นที่มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัด ส่วนของข้อมูลที่เหลือก็มีการกระจายตัวทั้งในด้ายมากกว่าและน้อยกว่า แต่เมื่อพิจารณาในภาพรวมของข้อมูลทั้งหมดผลที่ได้จากการคำนวณยังมีค่าน้อยกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด ดังแสดงในรูป 26 และ 26 แต่มีจุดที่น่าสังเกตว่ามีความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดบางส่วนมีค่าเป็นลบ โดยมีค่าระหว่าง -0.1 - -0.001 เมตร

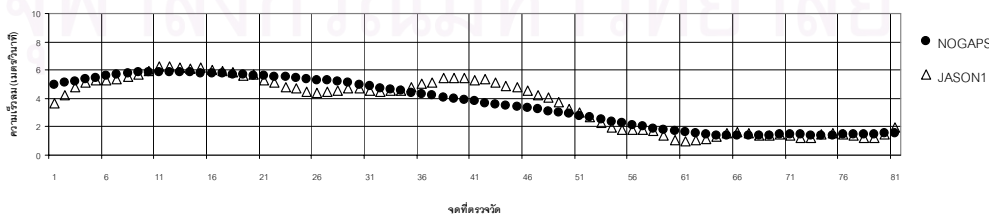
วันที่ 7 มีนาคม 2546 เวลา 1100 น.



วันที่ 7 มีนาคม 2546 เวลา 2300 น.

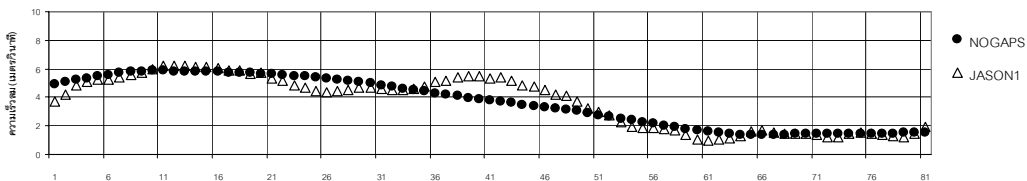


วันที่ 14 มีนาคม 2546 เวลา 2200 น.

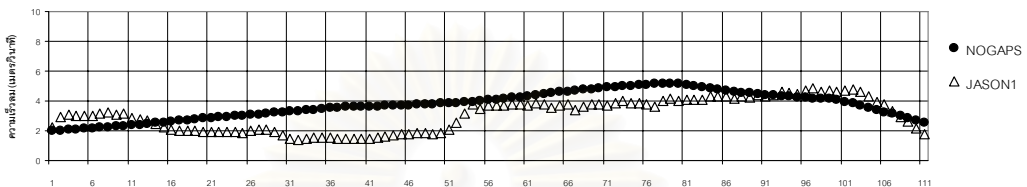


รูปที่ 25 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1 เดือนมีนาคม 2546

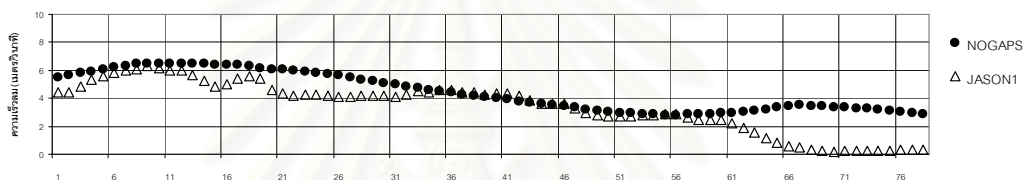
วันที่ 14 มีนาคม 2546 เวลา 2200 น.



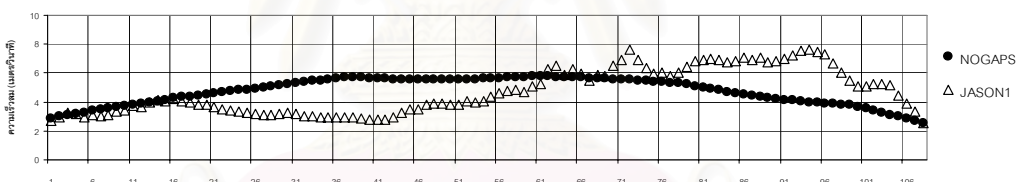
วันที่ 17 มีนาคม 2546 เวลา 0900 น.



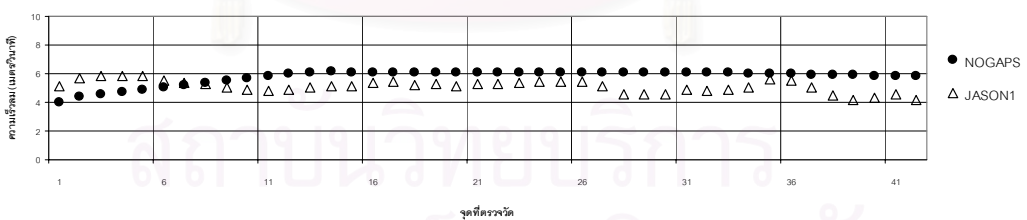
วันที่ 24 มีนาคม 2546 เวลา 2000 น.



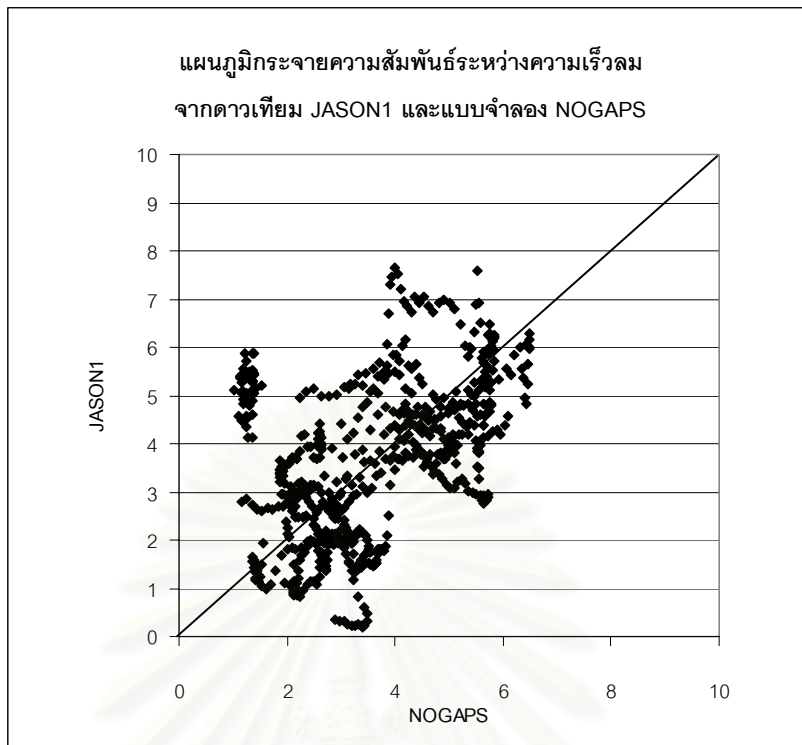
วันที่ 27 มีนาคม 2546 เวลา 0700 น.



วันที่ 27 มีนาคม 2546 เวลา 1900 น.



รูปที่ 25 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1 เดือนมีนาคม 2546 (ต่อ)

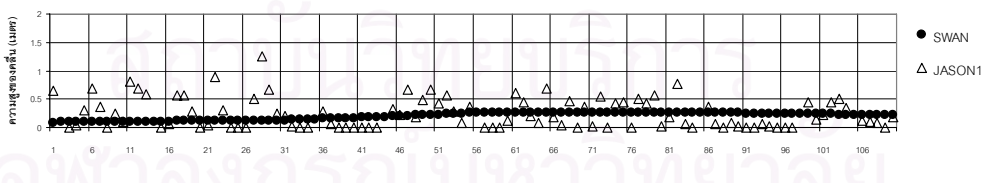


รูปที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมีนาคม 2546

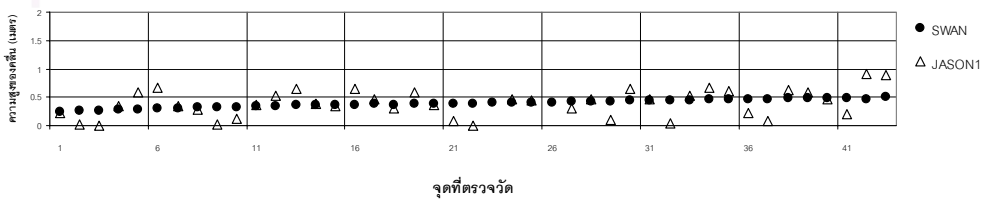
วันที่ 5 มีนาคม 2546 เวลา 0000 น.



วันที่ 7 มีนาคม 2546 เวลา 1100 น.

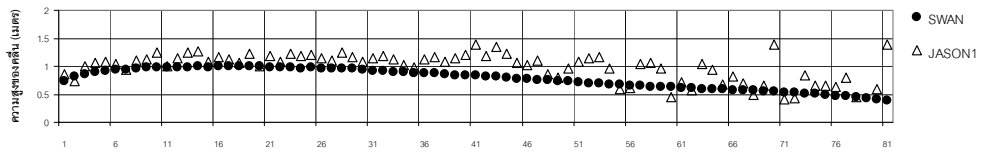


วันที่ 7 มีนาคม 2546 เวลา 2300 น.

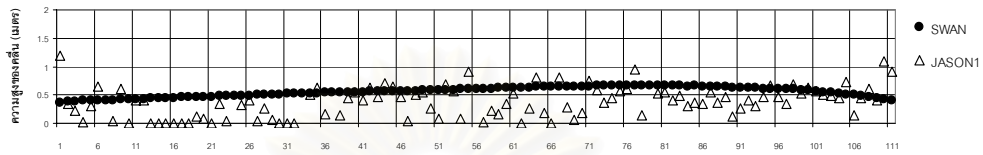


รูปที่ 27 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1 เดือนมีนาคม 2546

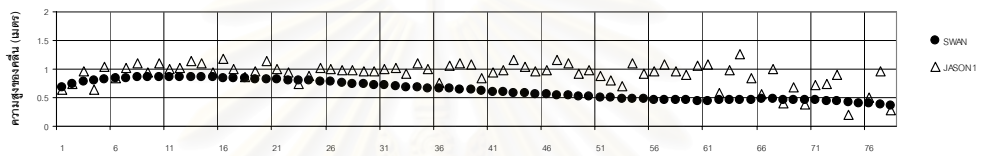
วันที่ 14 มีนาคม 2546 เวลา 2200 น.



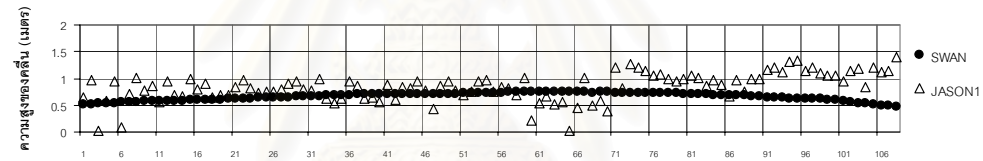
วันที่ 17 มีนาคม 2546 เวลา 0900 น.



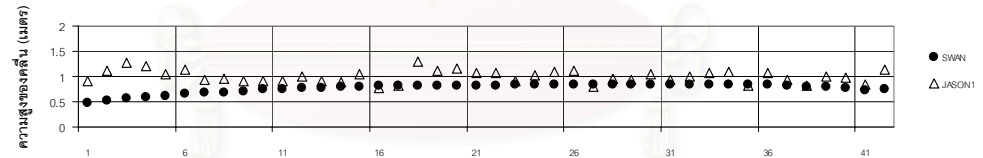
วันที่ 24 มีนาคม 2546 เวลา 2000 น.



วันที่ 27 มีนาคม 2546 เวลา 0700 น.



วันที่ 27 มีนาคม 2546 เวลา 1900 น.

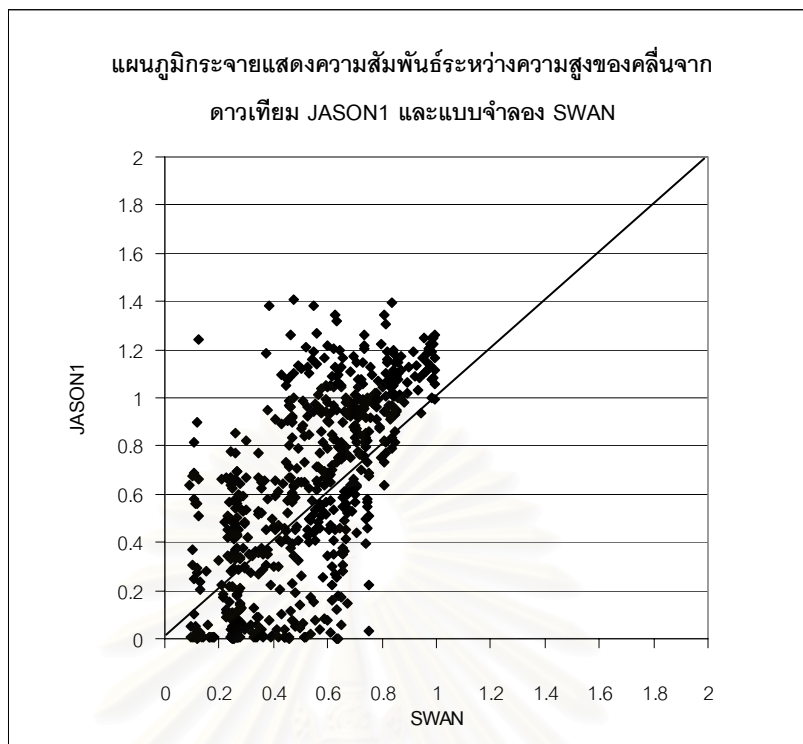


จุดที่ตรวจวัด

รูปที่ 27 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1

เดือนมีนาคม 2546 (ต่อ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



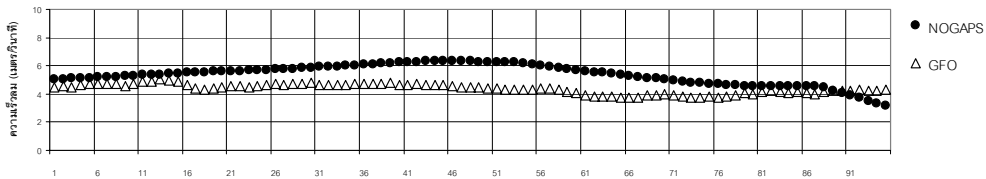
รูปที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง SWAN เดือนมีนาคม 2546

#### 1.2.2.4 ข้อมูลดาวเทียม GFO

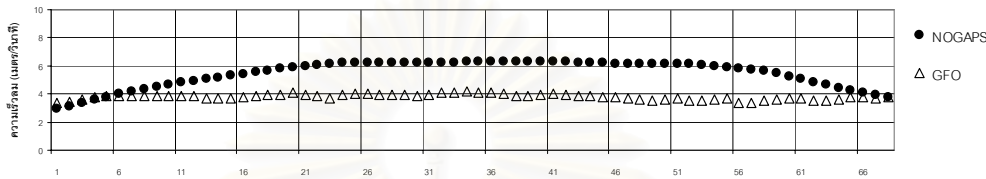
ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 27 และแผนภูมิกระจายในรูปที่ 28 แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม

ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นก็เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับความเร็วลม คือความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่มีค่ามากกว่าผลการตรวจวัด มีเพียงช่วงสั้นๆ ตอนปลายของชุดข้อมูลในวันที่ 20 เท่านั้นที่ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าต่ำกว่าผลการตรวจวัด ดังแสดงในรูปที่ 29 ซึ่งก็เป็นช่วงเวลาเดียวกันกับที่ผลการคำนวณความเร็วของลมจากแบบจำลอง NOGAPS ต่ำกว่าความเร็วลมที่ได้จากดาวเทียมด้วยเช่นกัน และเมื่อนำข้อมูลความสูงของคลื่นมาแสดงผลในรูปของแผนภูมิกระจายตามรูปที่ 30 จะพบว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณจะมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันกับผลที่ได้จากการตรวจวัด

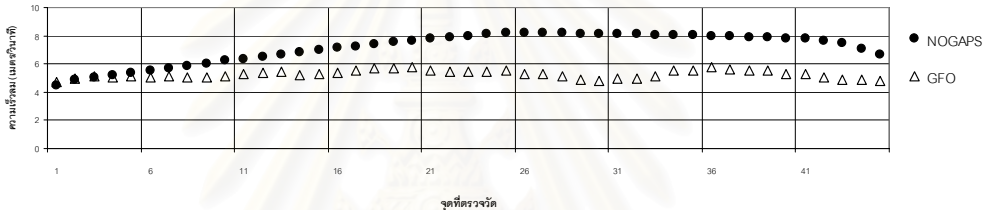
วันที่ 20 มีนาคม 2546



วันที่ 21 มีนาคม 2546

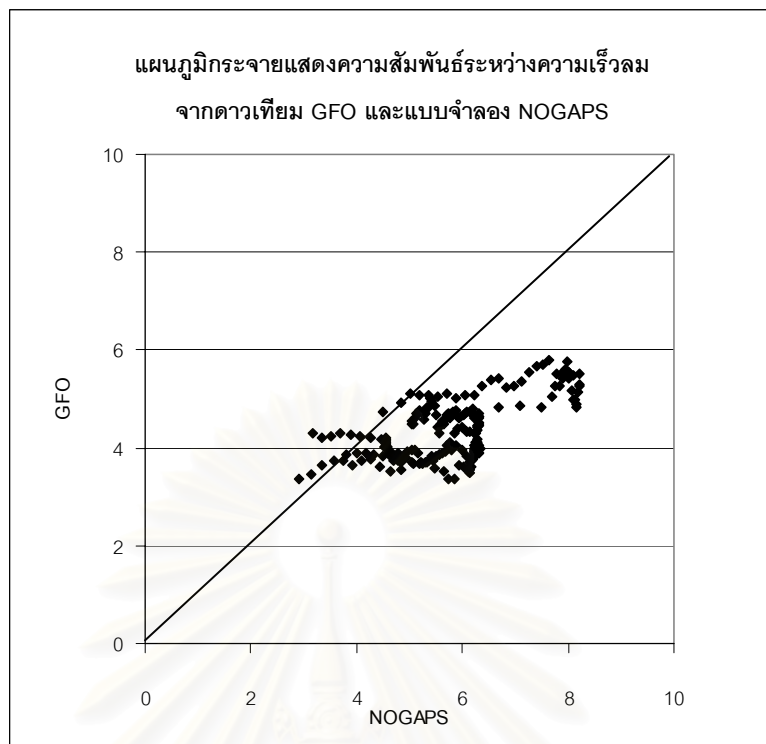


วันที่ 24 มีนาคม 2546



รูปที่ 29 การเปรียบเทียบความเร็วแสงจาก NOGAPS กับดาวเทียม GFO เดือนมีนาคม 2546

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

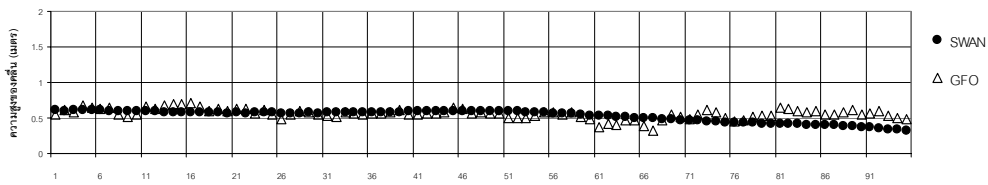


**รูปที่ 30** ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม GFO  
และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมีนาคม 2546

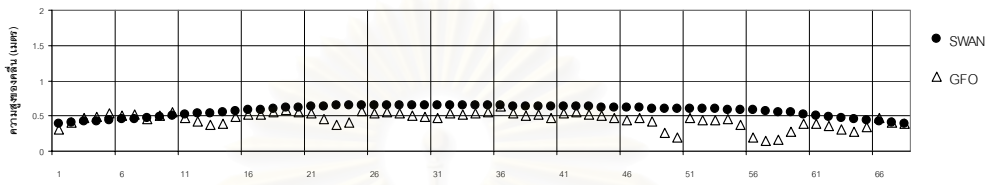
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



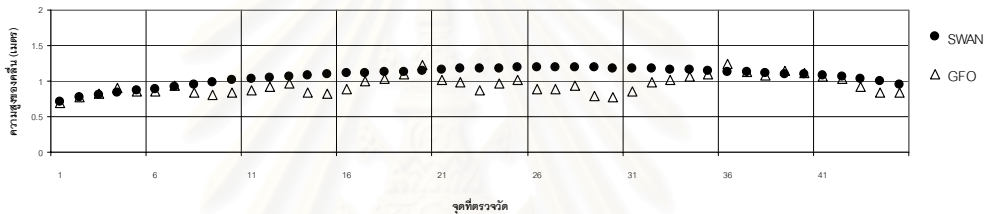
วันที่ 20 มีนาคม 2546



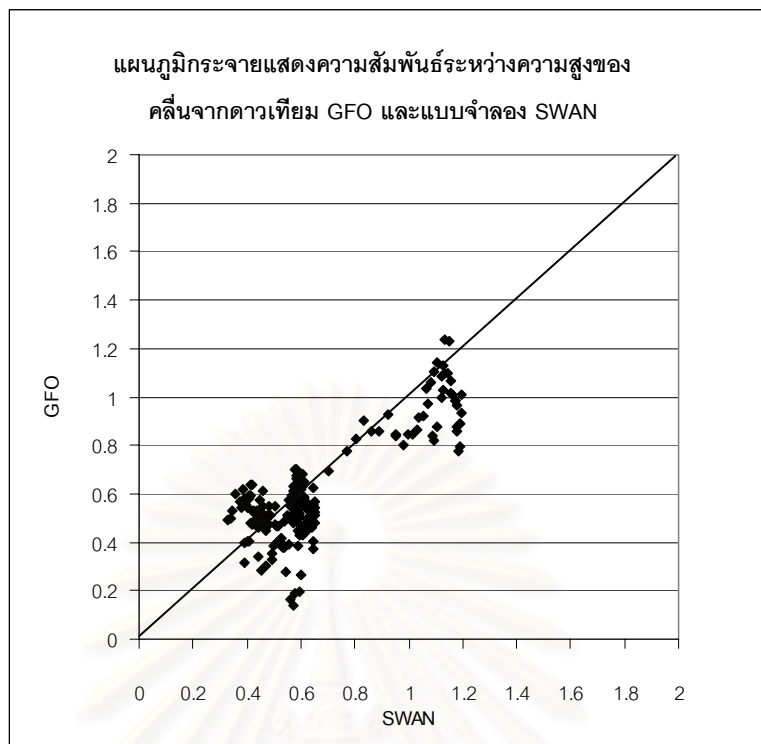
วันที่ 21 มีนาคม 2546



วันที่ 24 มีนาคม 2546



รูปที่ 31 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม GFO เดือนมีนาคม 2546



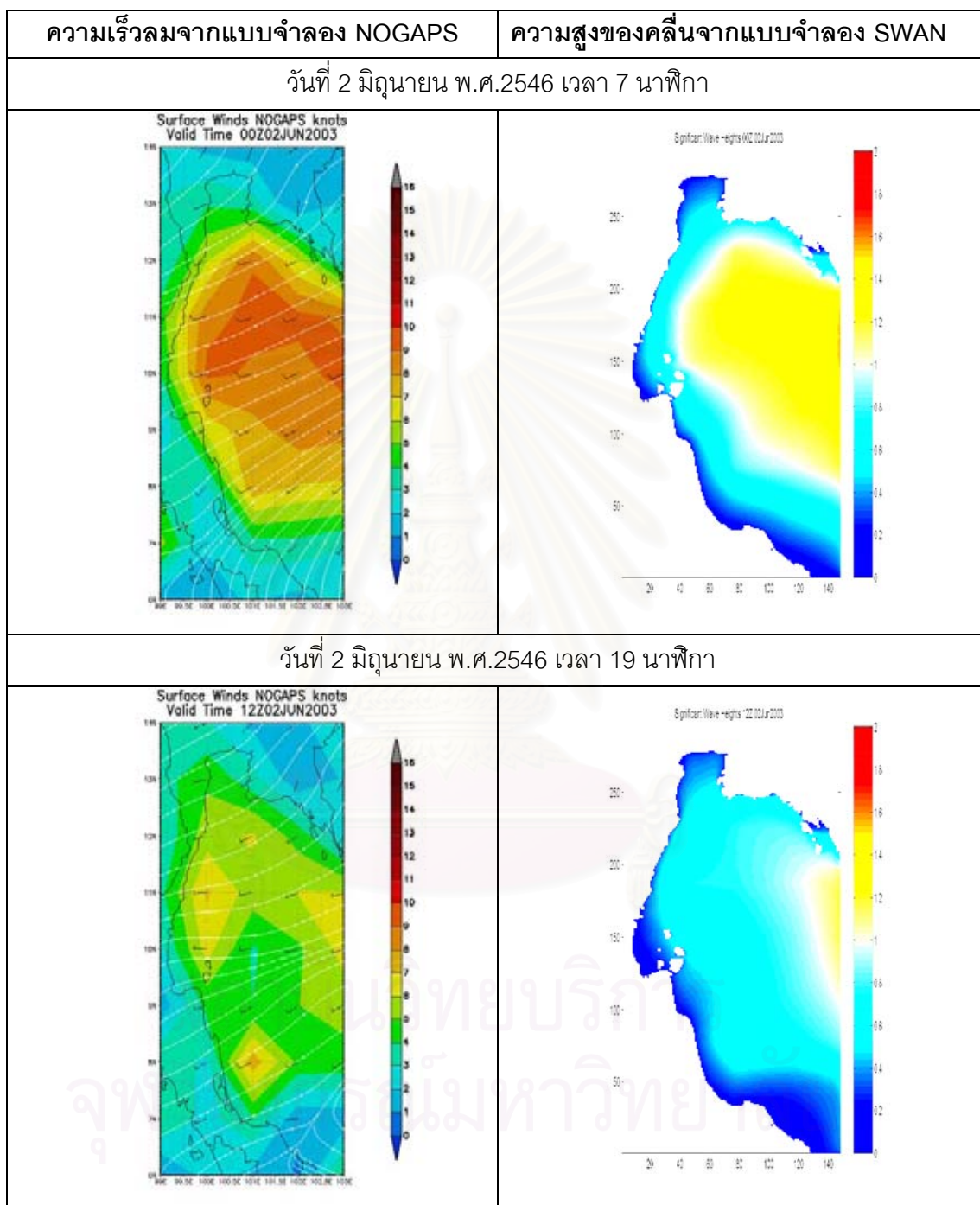
**รูปที่ 32** ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง SWAN เดือนมีนาคม 2546

### 1.3 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

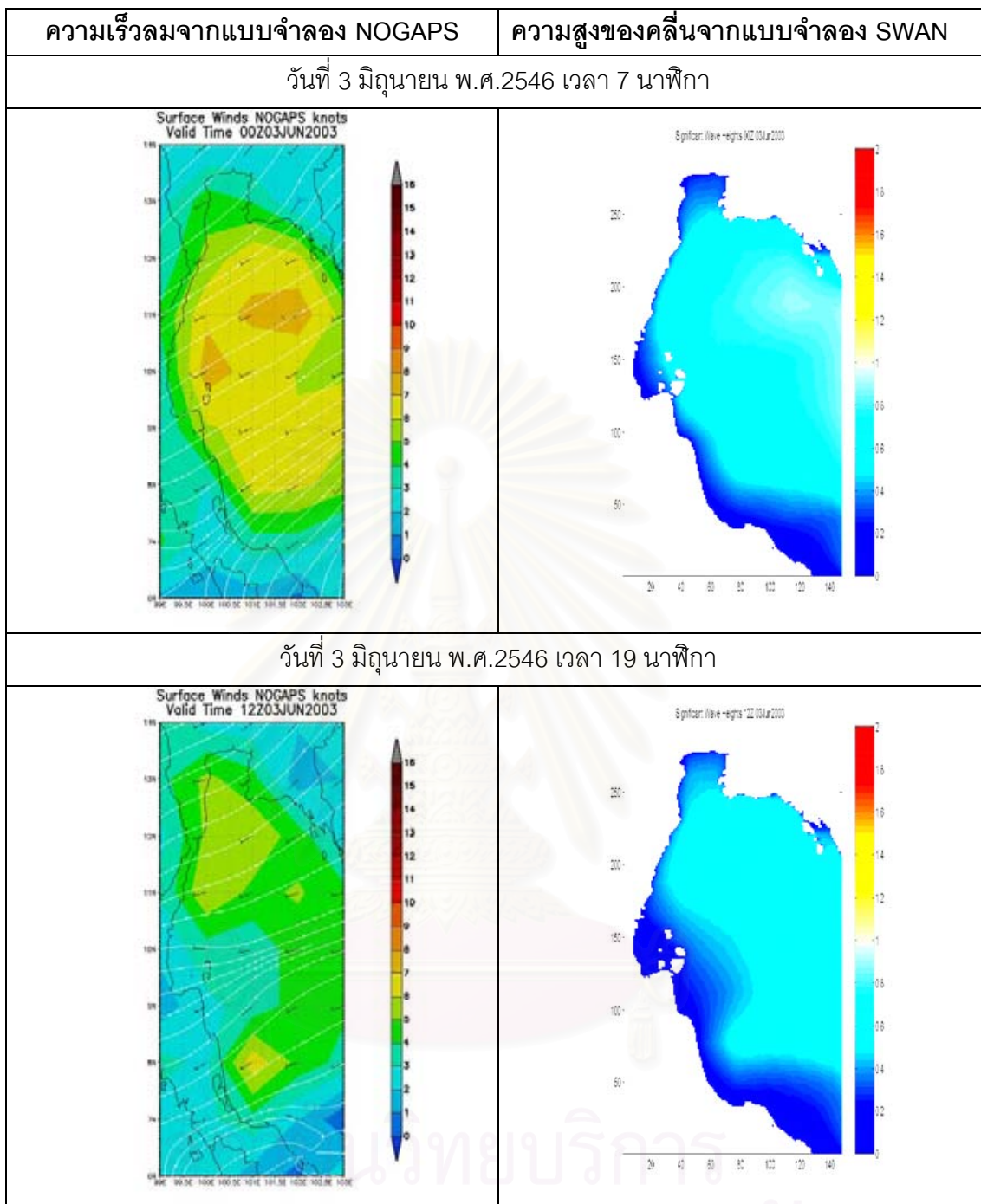
#### 1.3.1 ผลการคำนวณ

ผลการคำนวณคลื่นด้วยแบบจำลอง SWAN โดยใช้ข้อมูลลมของเดือนมิถุนายน พ.ศ.2546 ที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS แสดงให้เห็นรูปแบบของการเกิดคลื่นที่ชัดเจนคือความสูงของคลื่นในบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยฝั่งตะวันออกที่เป็นด้านใต้ลมตั้งแต่อำเภอสตูลหีบ จังหวัด ชลบุรีจนถึงชายฝั่งประเทศกัมพูชาจะสูงกว่าทางด้านอ่าวไทยฝั่งตะวันตก โดยความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS จะสูงสุดอยู่ในช่วงต้นเดือน ในวันที่ 2 มิถุนายน มีความเร็วลมสูงสุด 9 – 10 เมตรต่อวินาที แล้วอ่อนกำลังลงในวันต่อมา ความสูงของคลื่นที่แบบจำลอง SWAN คำนวณได้ในวันที่ 2 เวลา 7 นาฬิกา จะเพิ่มสูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกับลม กล่าวคือคลื่นจะต่ำสุดอยู่ทางอ่าวไทยฝั่งตะวันตกแล้วสูงขึ้นไปจนมีความสูงของคลื่นประมาณ 1 เมตรในบริเวณที่ห่างฝั่งออกไปประมาณ 60 กิโลเมตร แล้วไปสูงสุดอยู่บริเวณตอนกลางอ่าวไทยก่อนไปทางอ่าวไทยฝั่งตะวันออกจนถึงชายฝั่งประเทศกัมพูชา ความสูงของคลื่นประมาณ 1.5 เมตร แล้วลดลงจนถึงชายฝั่งจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี โดยมีความสูงของคลื่นประมาณ 1 เมตร หลังจากวันที่ 2 ความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณของ NOGAPS จะลดลงไปตลอดทั้งเดือน แต่รูปแบบของความสูงของคลื่น

ดังกล่าวก็จะปรากฏอยู่ในผลการคำนวณความสูงของคลื่นไปตลอดทั้งเดือนโดยที่ความสูงคลื่นรวมทั้งหมดลดลงต่ำกว่าที่คำนวณได้ในวันที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 33



รูปที่ 33 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมิถุนายน พ.ศ.2546



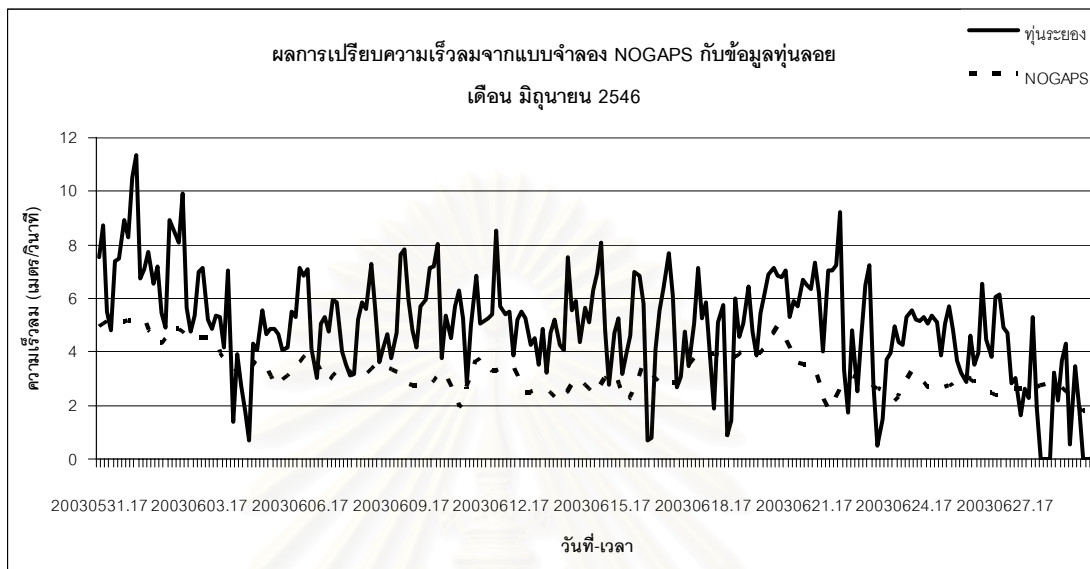
รูปที่ 33 ตัวอย่างผลการคำนวณความสูงของคลื่นเดือนมิถุนายน พ.ศ.2546 (ต่อ)

### 1.3.2 ผลการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด

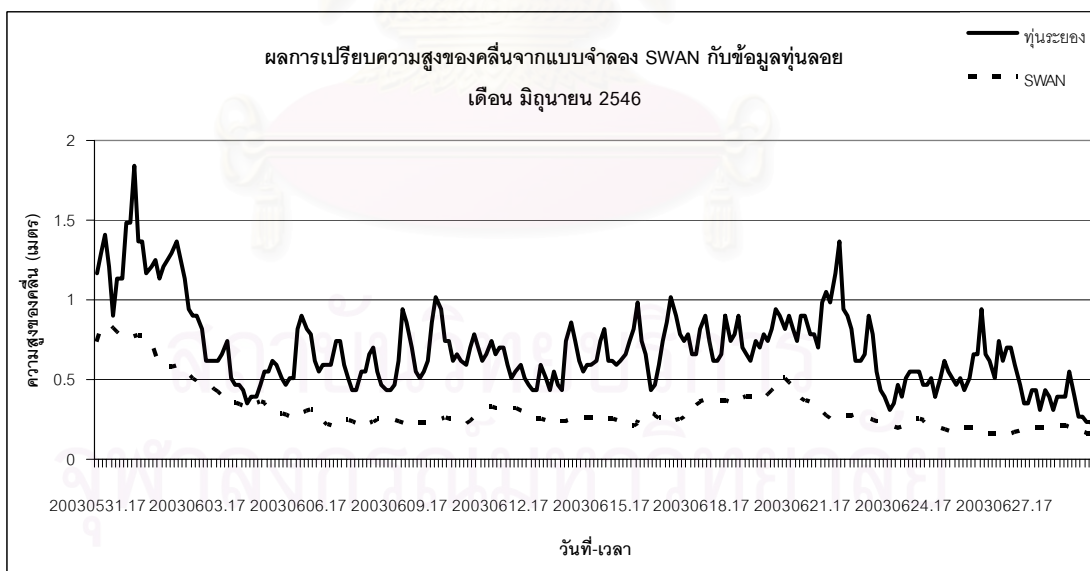
#### 1.3.2.1 ข้อมูลทุ่นลอยระยอง

ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลข NOGAPS ตลอดทั้งเดือนต่ำกว่าข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นระยอง ดังแสดงในรูปที่ 34 โดยมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างประมาณ 1.7 เมตรต่อวินาที เมื่อใช้ข้อมูลลมจากแบบจำลองดังกล่าวเป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับ

แบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN ผลการคำนวณความสูงของคลื่นที่ได้เป็นไปในแนวทางเดียวกับความเร็วลม กล่าวคือความสูงของคลื่นจากการคำนวณตลอดทั้งเดือนมีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นลอยดังแสดงในรูปที่ 35



รูปที่ 34 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยระยะของกับ NOGAPS เดือนมิถุนายน 2546



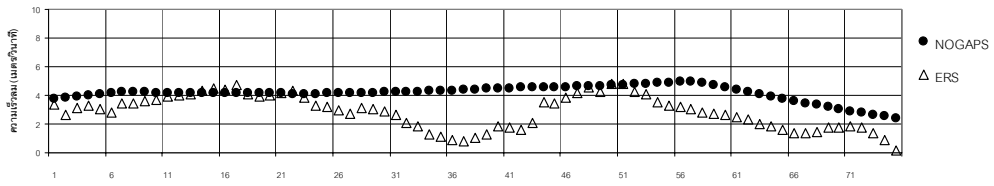
รูปที่ 35 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยะของกับ SWAN เดือนมิถุนายน 2546

### 1.3.2.2 ข้อมูลดาวเทียม ERS2

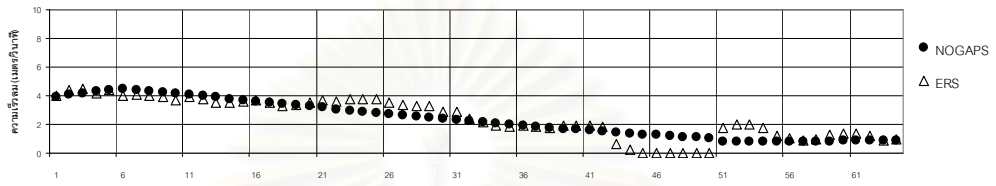
ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 36 แสดงให้เห็นว่าความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS มีค่าใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดจากดาวเทียม ERS2 ในหลายช่วงได้แก่ ช่วงต้นของชุดข้อมูลวันที่ 4 ตลอดชุดข้อมูลของวันที่ 7 และตอนกลางของชุดข้อมูลวันที่ 15 ข้อมูลที่เหลือส่วนใหญ่ผลการคำนวณจากแบบจำลองจะมีค่ามากกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด ดังแสดงในแผนภูมิกระจายในรูปที่ 37

ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณโดยแบบจำลองทั้งหมดต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากดาวเทียม ERS2 ดังแสดงในรูปที่ 38 เมื่อแสดงผลในรูปของแผนภูมิกระจายดังรูปที่ 39 จะพบว่าผลการคำนวณด้วยแบบจำลองตัวเลขทั้งหมดต่ำกว่าผลการตรวจวัด โดยความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าอยู่ระหว่าง 0.1 – 0.6 เมตร แต่ผลที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าอยู่ระหว่าง 0.7 – 1.5 เมตร

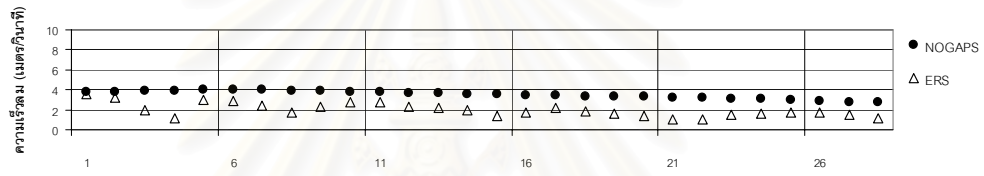
วันที่ 4 มิถุนายน 2546



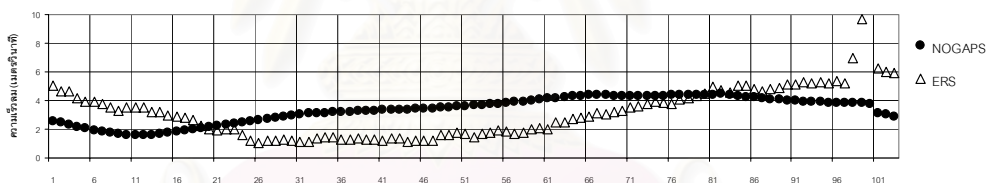
วันที่ 7 มิถุนายน 2546



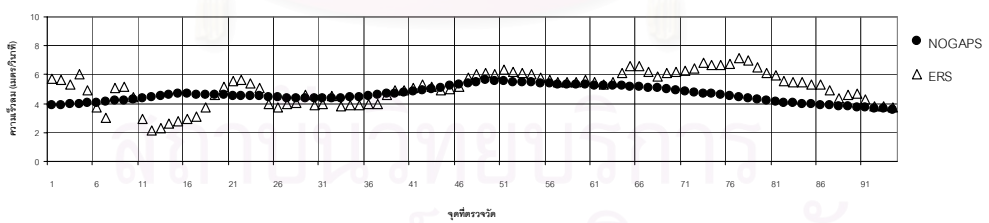
วันที่ 10 มิถุนายน 2546



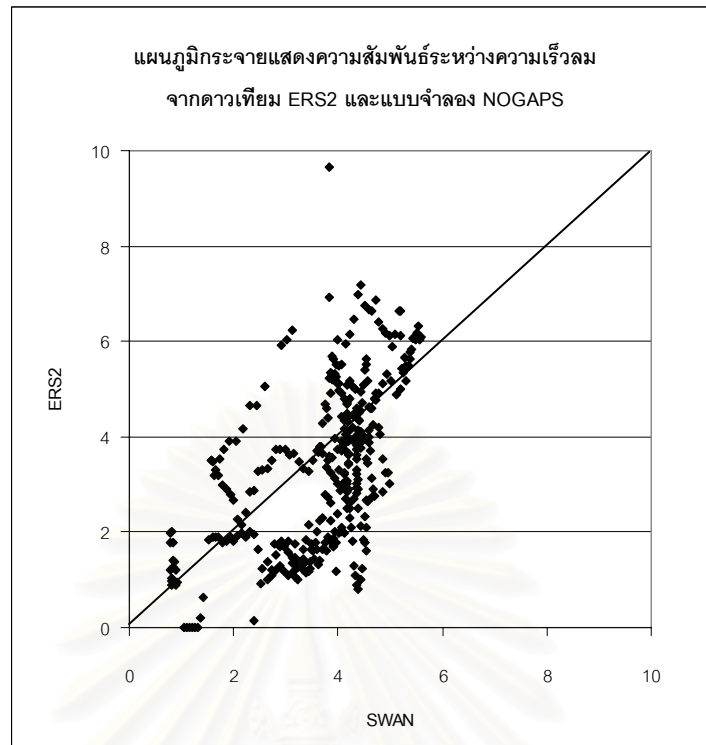
วันที่ 12 มิถุนายน 2546



วันที่ 15 มิถุนายน 2546



รูปที่ 36 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม ERS2 เดือนมิถุนายน 2546



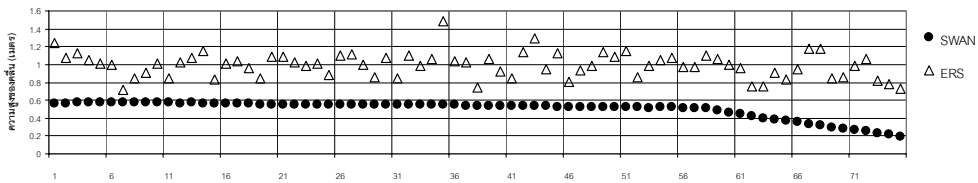
รูปที่ 37 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง NOGAPS

เดือนมิถุนายน 2546

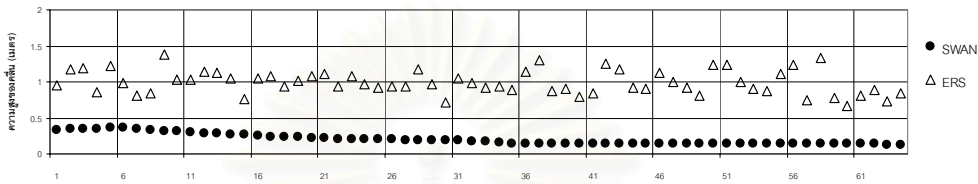
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



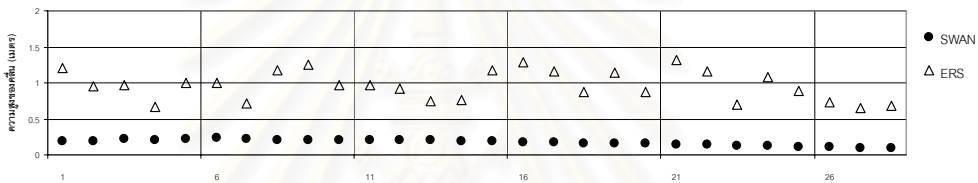
วันที่ 4 มิถุนายน 2546



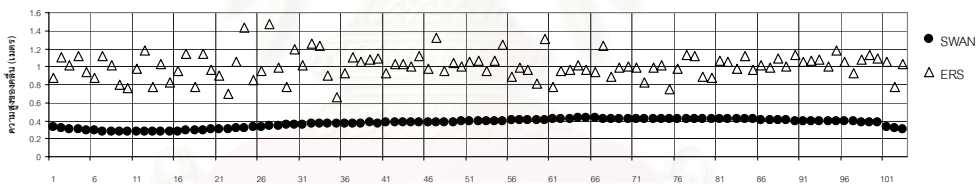
วันที่ 7 มิถุนายน 2546



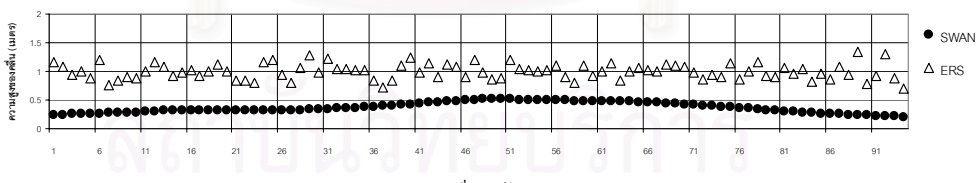
วันที่ 10 มิถุนายน 2546



วันที่ 12 มิถุนายน 2546

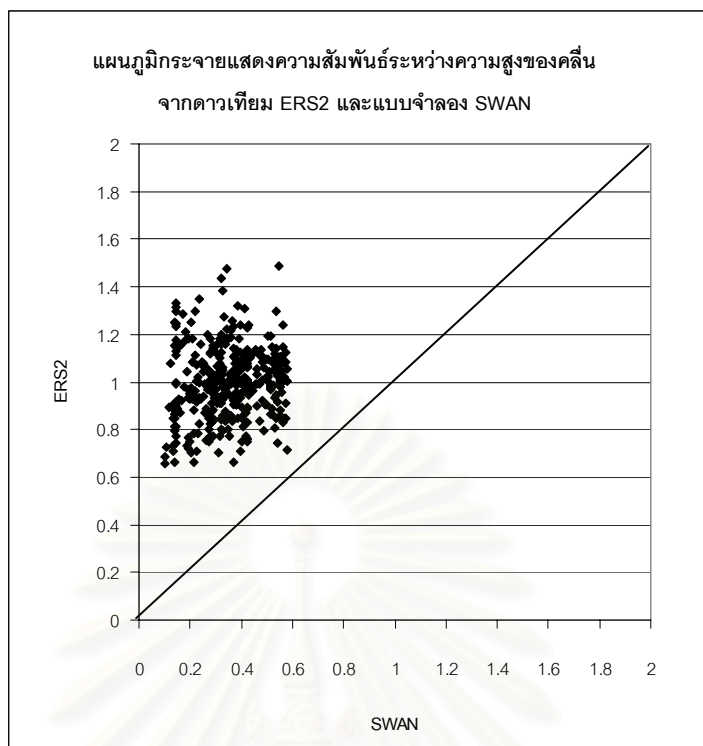


วันที่ 15 มิถุนายน 2546



จุดที่ตรวจวัด

รูปที่ 38 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม ERS2 เดือนมิถุนายน 2546



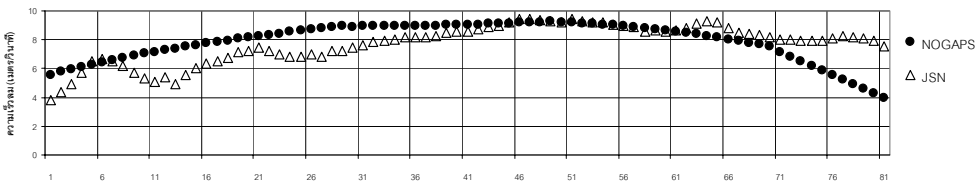
**รูปที่ 39** ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม ERS2 และแบบจำลอง SWAN เดือนมิถุนายน 2546

### 1.3.2.3 ข้อมูลดาวเทียม JASON1

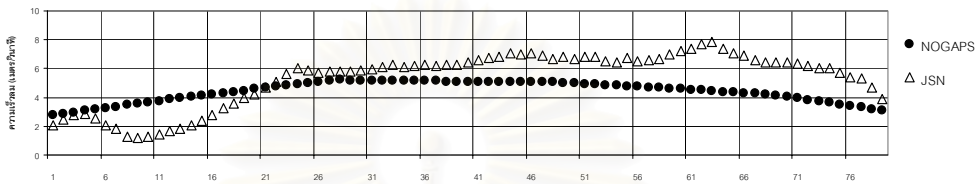
ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 40 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณส่วนใหญ่ของวันที่ 1 และช่วงแรกของวันที่ 21 มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดจากดาวเทียม JASON1 ส่วนข้อมูลที่เหลือในวันที่ 6 14 และ ช่วงกลางถึงปลายชุดข้อมูลของวันที่ 21 ผลการคำนวณมีทั้งน้อยกว่าและมากกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด เมื่อพิจารณาจากแผนภูมิกระจายตามรูปที่ 41 แม้ว่าข้อมูลจะมีการกระจายค่อนข้างมาก แต่เมื่อพิจารณาโดยรวมจะพบว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

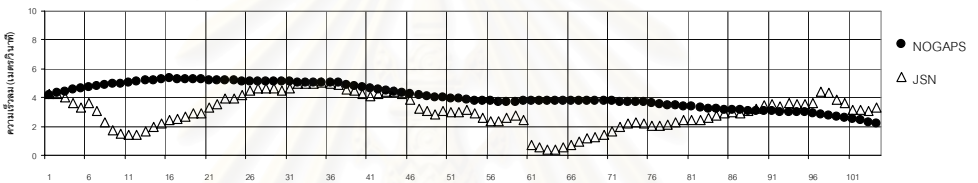
วันที่ 1 มิถุนายน 2546



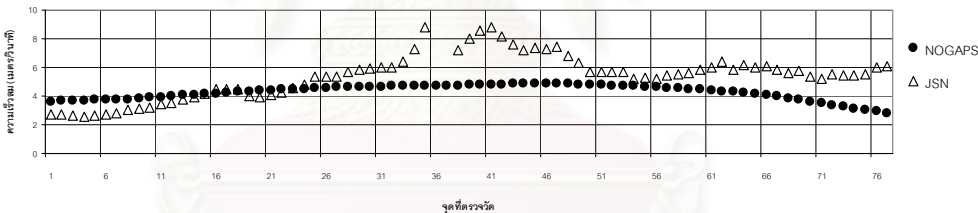
วันที่ 6 มิถุนายน 2546



วันที่ 14 มิถุนายน 2546



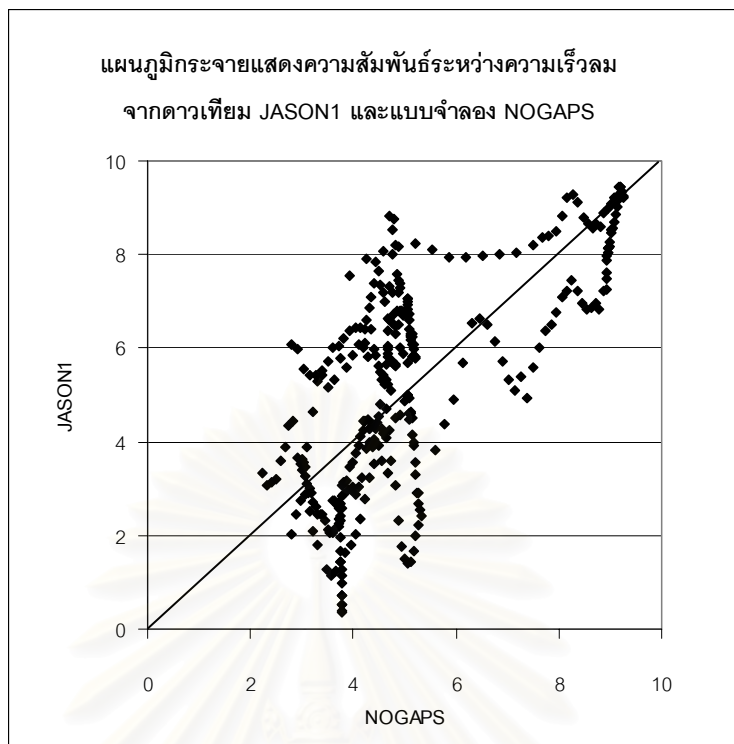
วันที่ 21 มิถุนายน 2546



รูปที่ 40 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม JASON1

เดือนมิถุนายน 2546

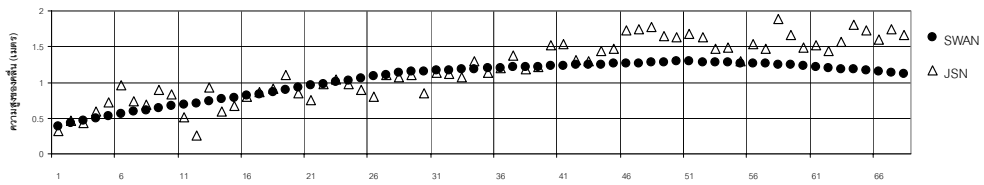
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



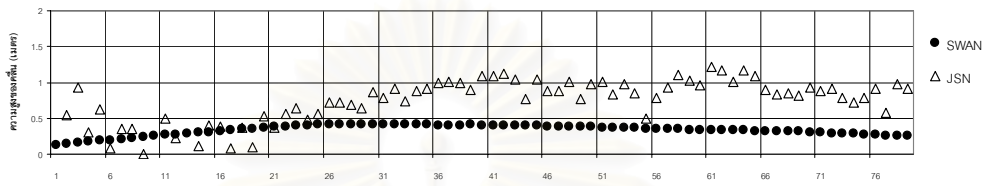
**รูปที่ 41** ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม JASON1  
และแบบจำลอง NOGAPS เดือนมิถุนายน 2546

การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นแบบจุดต่อจุดตามรูปที่ 42 ในวันที่ผลการตรวจวัดความเร็วลมและผลการคำนวณจากแบบจำลอง NOGAPS มีค่าใกล้เคียงกันพบว่า ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณและความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดมีค่าใกล้เคียงกันด้วย เช่นเดียวกัน ส่วนในบริเวณที่ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS สูงกว่าความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัด ผลการคำนวณความสูงของคลื่นก็จะสูงกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัด ในทางตรงกันข้ามบริเวณที่ความเร็วลมจากแบบจำลอง NOGAPS ต่ำกว่าความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัดความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณก็มีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดเช่นเดียวกัน เมื่อพิจารณาข้อมูลโดยรวมจากแผนภูมิกระจายตามรูปที่ 43 ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณยังมีค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัด โดยมีข้อสังเกตว่าความสูงของคลื่นที่ตรวจวัดได้บางส่วนมีค่าเป็นลบในช่วงเดียวกันกับข้อมูลตรวจวัดของเดือนมีนาคม

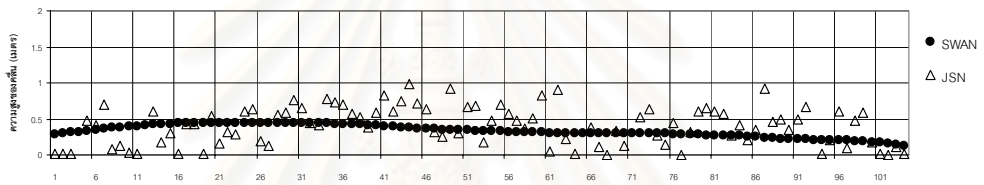
วันที่ 1 มิถุนายน 2546



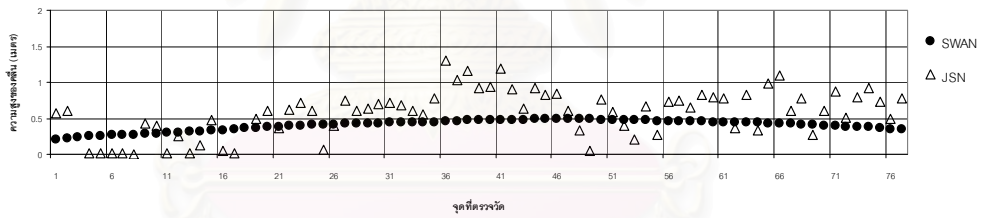
วันที่ 6 มิถุนายน 2546



วันที่ 14 มิถุนายน 2546



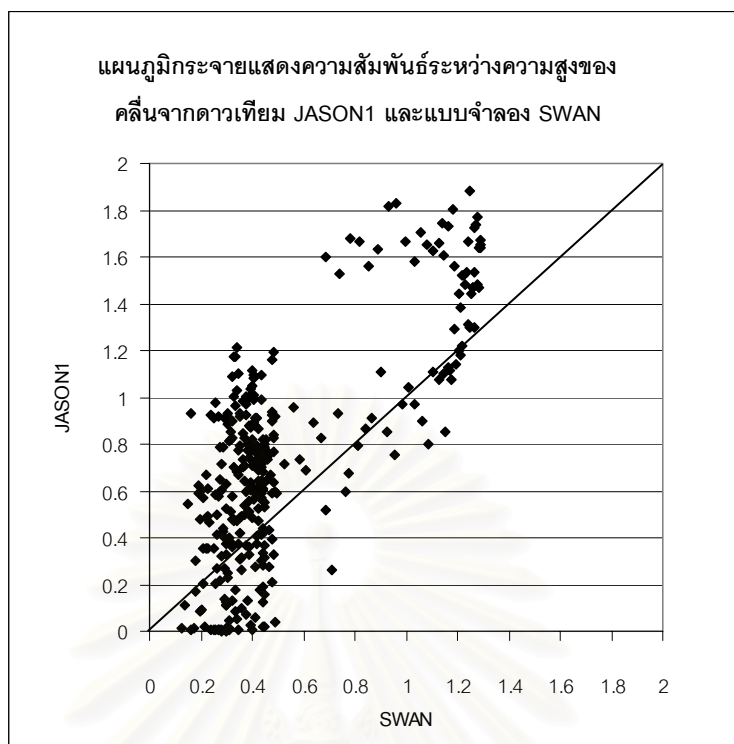
วันที่ 21 มิถุนายน 2546



รูปที่ 42 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม JASON1

เดือนมิถุนายน 2546

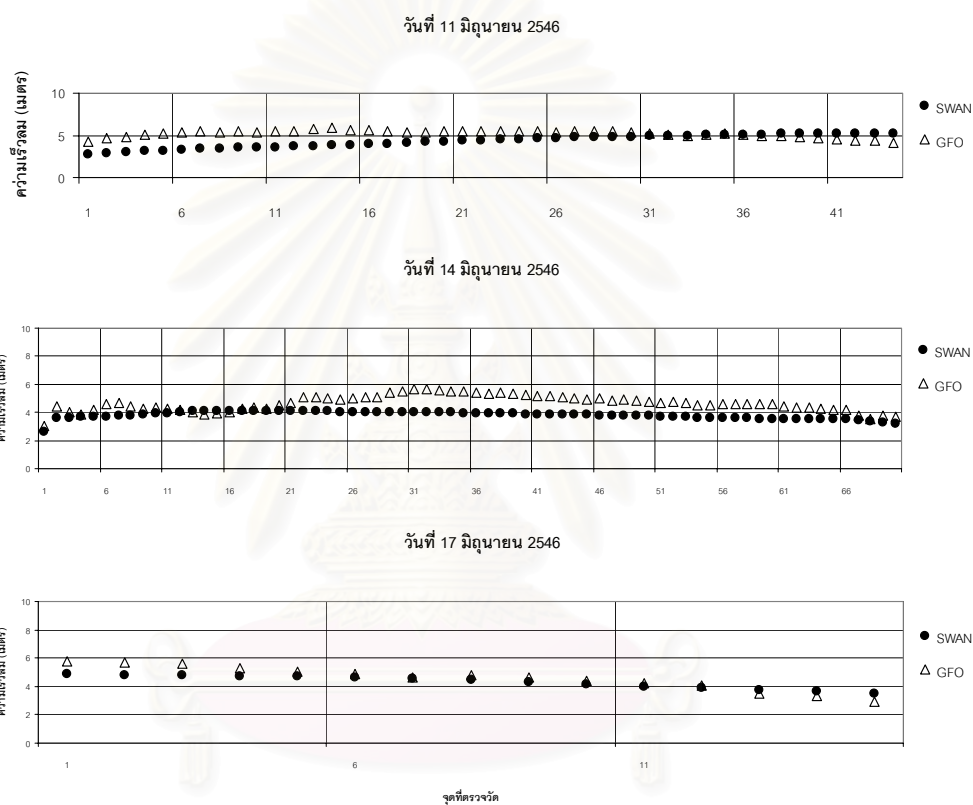
สถาบันวิจัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 43 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม JASON1 และแบบจำลอง SWAN เดือนมิถุนายน 2546

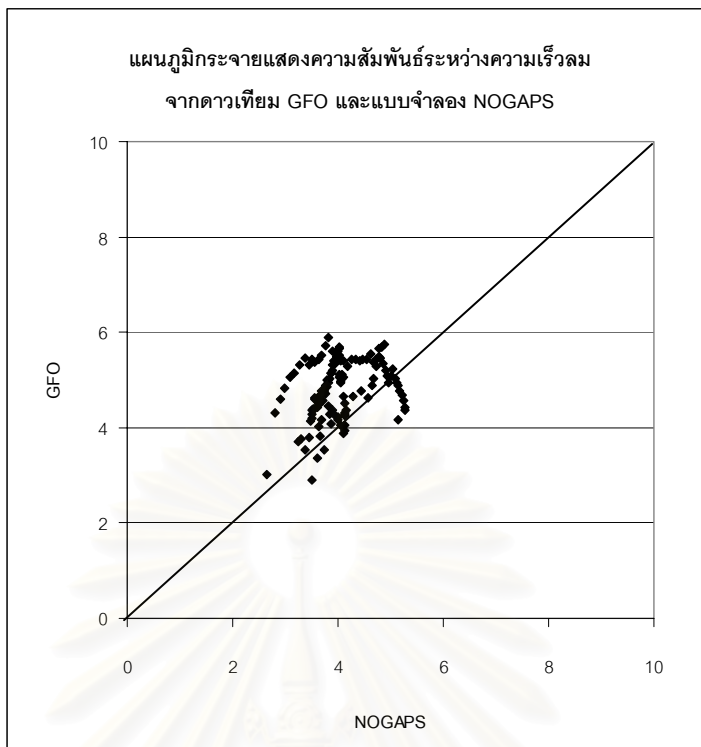
### 1.3.2.4 ข้อมูลดาวเทียม GFO

ผลการเปรียบเทียบความเร็วลมแบบจุดต่อจุดในรูปที่ 44 และแผนภูมิกระจายในรูปที่ 45 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลลมที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง NOGAPS ส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่าความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัด เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้คำนวณความสูงของคลื่นผลที่ได้จากการคำนวณเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจวัดก็มีค่าต่ำกว่าเช่นเดียวกันดังแสดงในรูปที่ 46 และ 47



รูปที่ 44 การเปรียบเทียบความเร็วลมจาก NOGAPS กับดาวเทียม GFO

เดือนมิถุนายน 2546



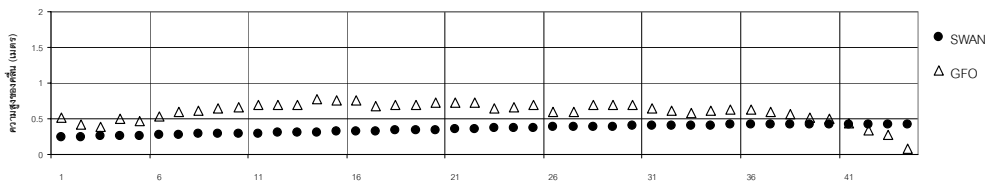
รูปที่ 45 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมจากดาวเทียม GFO และแบบจำลอง NOGAPS

เดือนมิถุนายน 2546

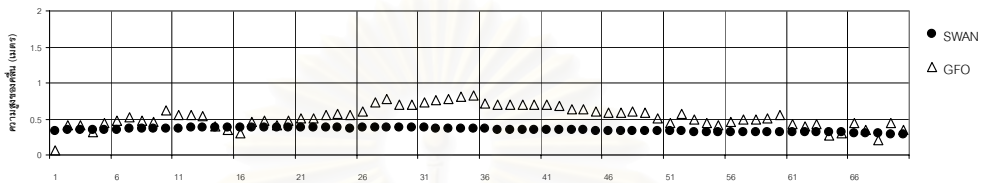
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



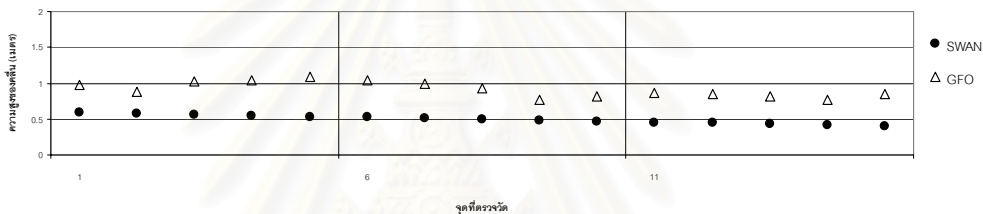
วันที่ 11 มิถุนายน 2546



วันที่ 14 มิถุนายน 2546



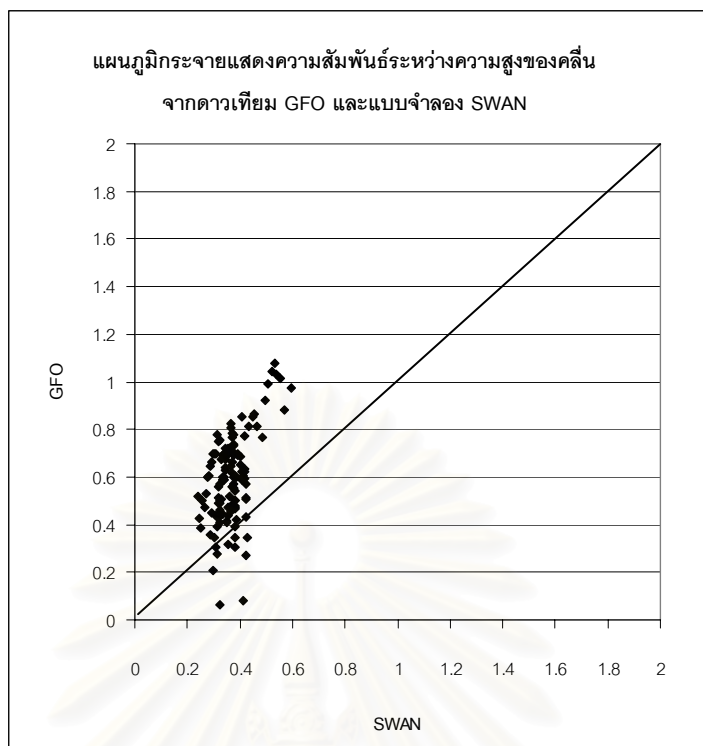
วันที่ 17 มิถุนายน 2546



รูปที่ 46 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจาก SWAN กับดาวเทียม GFO

เดือนมิถุนายน 2546

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 47 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของคลื่นจากดาวเทียม GFO  
และแบบจำลอง SWAN เดือนมิถุนายน 2546

## 2. การคำนวณคลื่นที่เกิดเนื่องจากพายุไต้ฝุ่นลินดา

### 2.1 ผลการคำนวณ

ใช้ข้อมูลลมจากแบบจำลอง NOGAPS ในช่วงที่เกิดพายุไต้ฝุ่นลินดา ระหว่างวันที่ 27 ตุลาคม – 9 พฤศจิกายน ปี พ.ศ.2540 คำนวณความสูงของคลื่นด้วยแบบจำลอง SWAN โดยแยกการทดลองออกเป็นสองครั้ง แตกต่างกันที่ภายใต้เงื่อนไขของ Friction velocity ดังนี้

การทดลองที่ 1 ใช้ค่า Friction velocity ( $U_*$ )

$$U_* = U_{10} \times \sqrt{1.2875 \times 10^{-3}} \quad \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$= U_{10} \times \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

การทดลองที่ 2 ใช้ค่า Friction velocity ( $U_*$ )

$$U_* = U_{10} \times \sqrt{1.2875 \times 10^{-3}} \quad \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$= U_{10} \times \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

$$= U_{10} \times 1.25 \times \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } U_{10} \geq 10 \text{ เมตร/วินาที}$$

ผลการทดลองสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 45 ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังนี้

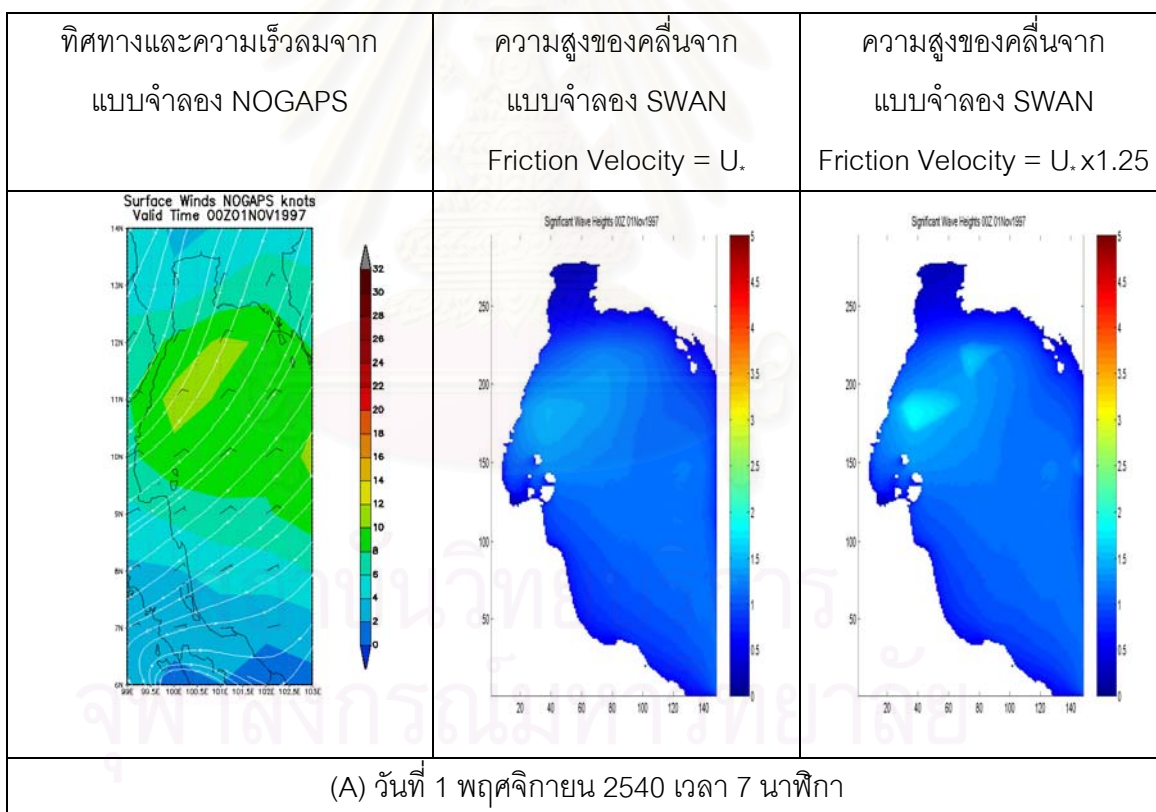
- วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 เวลา 7 นาฬิกา พายุเริ่มก่อเป็นพายุหมุนเขตร้อนในทะเลจีนใต้ตอนล่างห่างจากปลายแหลมญวนประมาณ 944 กิโลเมตร ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางประมาณ 20.6 เมตรต่อวินาที ผลการคำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณอ่าวไทยตอนบนระหว่างชายฝั่งจังหวัดระยองถึงจังหวัดชุมพร 10 – 12 เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 สูงสุดอยู่ที่บริเวณนอกชายฝั่งจังหวัดชุมพรความสูงของคลื่นประมาณ 1.5 เมตร การทดลองที่ 2 เกิดบริเวณที่มีความสูงของคลื่นสูงสุด 2 จุดในแนวเดียวกับที่มีความเร็วลมสูงสุด ความสูงของคลื่นประมาณ 1.8 เมตร ดังแสดงในรูป 48A
- วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 เวลา 7 นาฬิกา พายุหมุนเขตร้อนลินดา เคลื่อนตัวมาทางทิศตะวันตกโดยมีศูนย์กลางอยู่ห่างจากชายฝั่งปลายแหลมญวนประมาณ 277 กิโลเมตร ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางประมาณ 28.3 เมตรต่อวินาที ผลการคำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกตั้งแต่ชายฝั่งจังหวัดจันทบุรีจนถึงประเทศกัมพูชา 12 – 14 เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 สูงสุดอยู่ที่บริเวณอ่าวไทยตอนบนใต้จังหวัดระยองกับจันทบุรี ความสูงของคลื่นประมาณ 1.9 เมตร การทดลองที่ 2 บริเวณคลื่นสูงกว่า 2 เมตร คลุมพื้นที่ตั้งแต่อ่าวไทยตอนบนถึงอ่าวไทยตอนกลางไปจนถึงชายฝั่งประเทศกัมพูชา โดยมีจุดที่ความสูงคลื่นสูงสุดอยู่บริเวณเดียวกับการทดลองที่ 1 ความสูงของคลื่นประมาณ 2.5 เมตร ดังแสดงในรูป 48B
- วันที่ 2 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 เวลา 19 นาฬิกา พายุหมุนเขตร้อนลินดา เคลื่อนตัวผ่านปลายแหลมญวนมาอยู่ทางตะวันออกของอ่าวไทย โดยมีศูนย์กลางอยู่ห่างจากปลายแหลมญวนประมาณ 28 กิโลเมตร ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางประมาณ 28.3 เมตรต่อวินาที ผลการคำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกตั้งแต่ชายฝั่งจังหวัดจันทบุรีจนถึงประเทศกัมพูชา 12 – 14 เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 บริเวณที่มีคลื่นสูงกว่า 2 เมตร ปกคลุมพื้นที่ตั้งแต่อ่าวไทยตอนบนถึงอ่าวไทยตอนกลางไปจนถึงชายฝั่งประเทศกัมพูชา โดยมีจุดที่ความสูงของคลื่นสูงสุดอยู่บริเวณกลางอ่าว

ไทย ความสูงของคลื่นประมาณ 2.4 เมตร การทดลองที่ 2 บริเวณที่มีคลื่นสูงกว่า 2.5 เมตร ปกคลุมอ่าวไทยตอนกลางทั้งหมด โดยมีจุดที่ความสูงคลื่นสูงสุดอยู่บริเวณกลางอ่าวไทย ความสูงของคลื่นประมาณ 3.3 เมตร ดังแสดงในรูป 48C

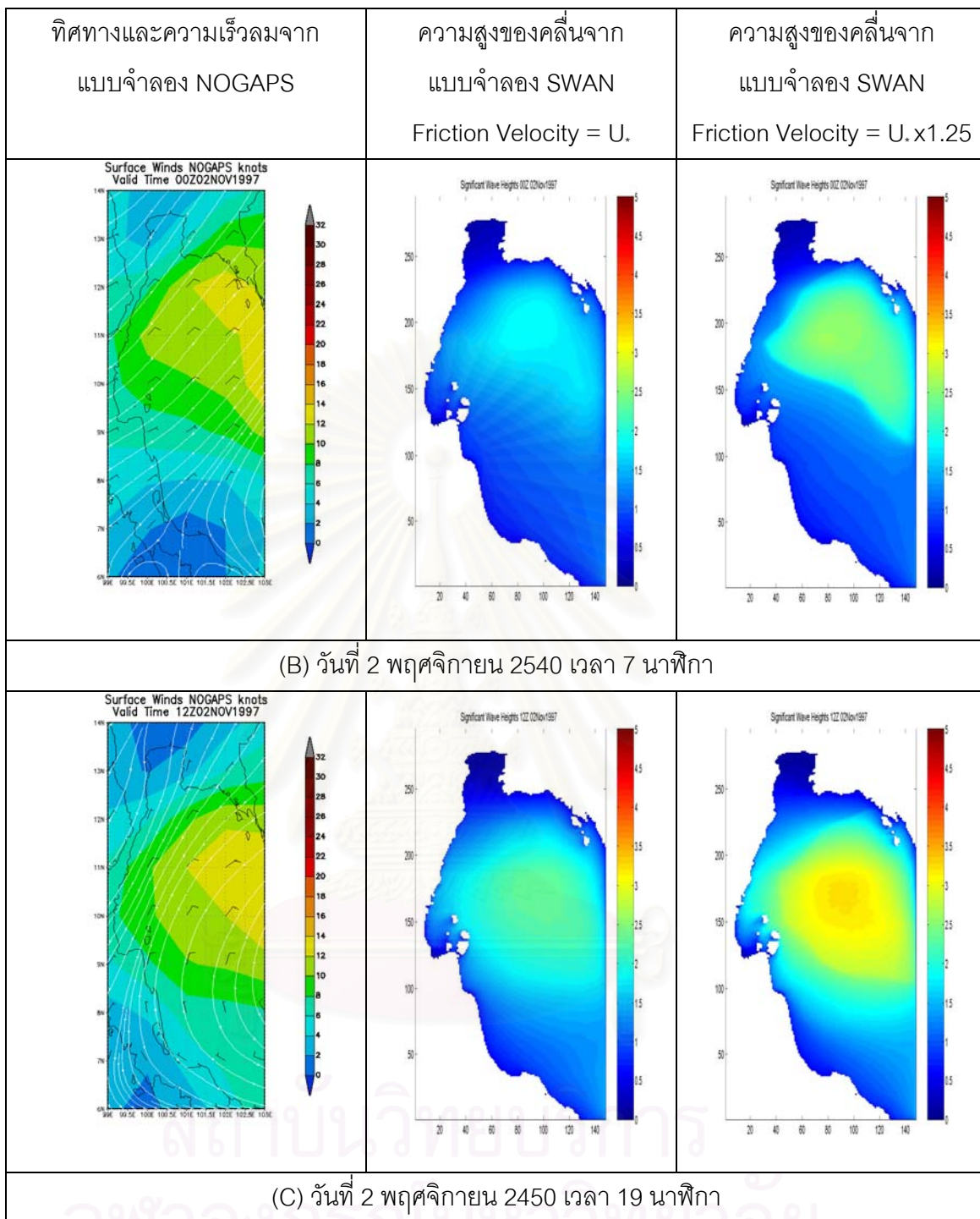
- วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ.2540 เวลา 7 นาฬิกา พายุหมุนเขตร้อนลินดาได้ทวีกำลังแรงขึ้นเป็นพายุไต้ฝุ่น มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางประมาณ 33.4 เมตรต่อวินาที มีจุดศูนย์กลางอยู่ทางด้านอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ห่างจากอำเภอคลองใหญ่ลงไปทางใต้ประมาณ 244 กิโลเมตร ผลการคำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพายุหรือบริเวณชายฝั่งประเทศกัมพูชา 16 - 18 เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 บริเวณที่มีคลื่นสูงสุดอยู่บริเวณตอนกลางของอ่าวไทย ความสูงคลื่นสูงที่สุดที่คำนวณได้ประมาณ 3 เมตร การทดลองที่ 2 บริเวณที่มีคลื่นสูงที่สุดอยู่บริเวณเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ความสูงของคลื่นสูงที่สุดที่คำนวณได้ประมาณ 3.8 เมตร ดังแสดงในรูป 48D
- วันที่ 3 พฤศจิกายน พ.ศ.2540 เวลา 19 นาฬิกา พายุไต้ฝุ่นลินดามีศูนย์กลางอยู่ทางด้านตะวันตกของอ่าวไทยห่างจากชายฝั่งจังหวัดชุมพรประมาณ 120 กิโลเมตร ความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางประมาณ 33.4 เมตรต่อวินาที ผลการคำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณทางด้านตะวันออกของพายุ 18 - 20 เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 บริเวณที่มีคลื่นสูงที่สุดอยู่ทางด้านตะวันออกของพายุหรือทางตอนใต้ของจังหวัดจันทบุรี ความสูงของคลื่นสูงที่สุดที่คำนวณได้ประมาณ 3.5 เมตร การทดลองที่ 2 บริเวณที่มีคลื่นสูงที่สุดอยู่บริเวณเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ความสูงของคลื่นสูงที่สุดที่คำนวณได้ประมาณ 4.8 เมตร ดังแสดงในรูป 48E
- วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2540 เวลา 7 นาฬิกา พายุไต้ฝุ่นลินดาอ่อนกำลังลงเป็นพายุหมุนเขตร้อน และเคลื่อนตัวผ่านประเทศไทยและสหภาพพม่าลงสู่ทะเลอันดามัน มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางประมาณ 23 เมตรต่อวินาที ผลการคำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกนอกชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ถึงจังหวัดชุมพร 14 - 16

เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 บริเวณที่มี  
ความสูงของคลื่นสูงสุดอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกนอกชายฝั่งจังหวัด  
ประจวบคีรีขันธ์ ความสูงของคลื่น ประมาณ 2.8 เมตร การทดลองที่ 2 บริเวณ  
ที่มีคลื่นสูงสุดอยู่บริเวณเดียวกับการทดลองที่ 1 แต่ความสูงของคลื่นสูงสุดที่  
คำนวณได้ประมาณ 3.5 เมตร ดังแสดงในรูป 48f

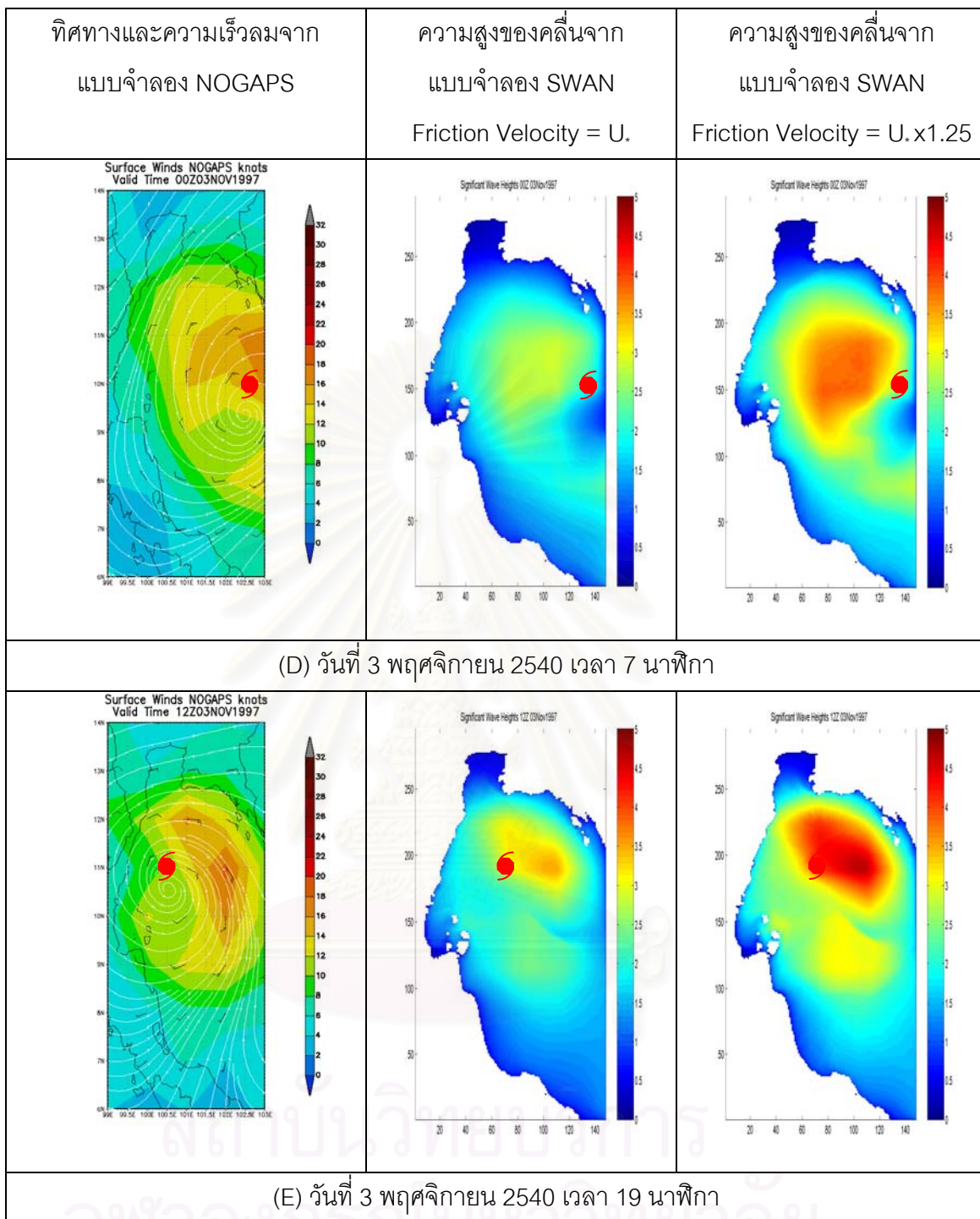
- วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ.2540 เวลา 19 นาฬิกา พายุหมุนเขตร้อนลินดา  
เคลื่อนตัวไปทางตะวันตกห่างจากชายฝั่งสหภาพพม่ามากยิ่งขึ้น ผลการ  
คำนวณของ NOGAPS ในบริเวณอ่าวไทยความเร็วลมสูงสุดอยู่บริเวณอ่าวไทยฝั่ง  
ตะวันตกตั้งแต่ชายฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ถึงจังหวัดนครศรีธรรมราช 6 - 8  
เมตรต่อวินาที ความสูงของคลื่นที่คำนวณได้จากการทดลองที่ 1 และ 2 ตลอด  
ทั้งอ่าวความสูงของคลื่นประมาณ 1 เมตร ดังรูปที่ 48g



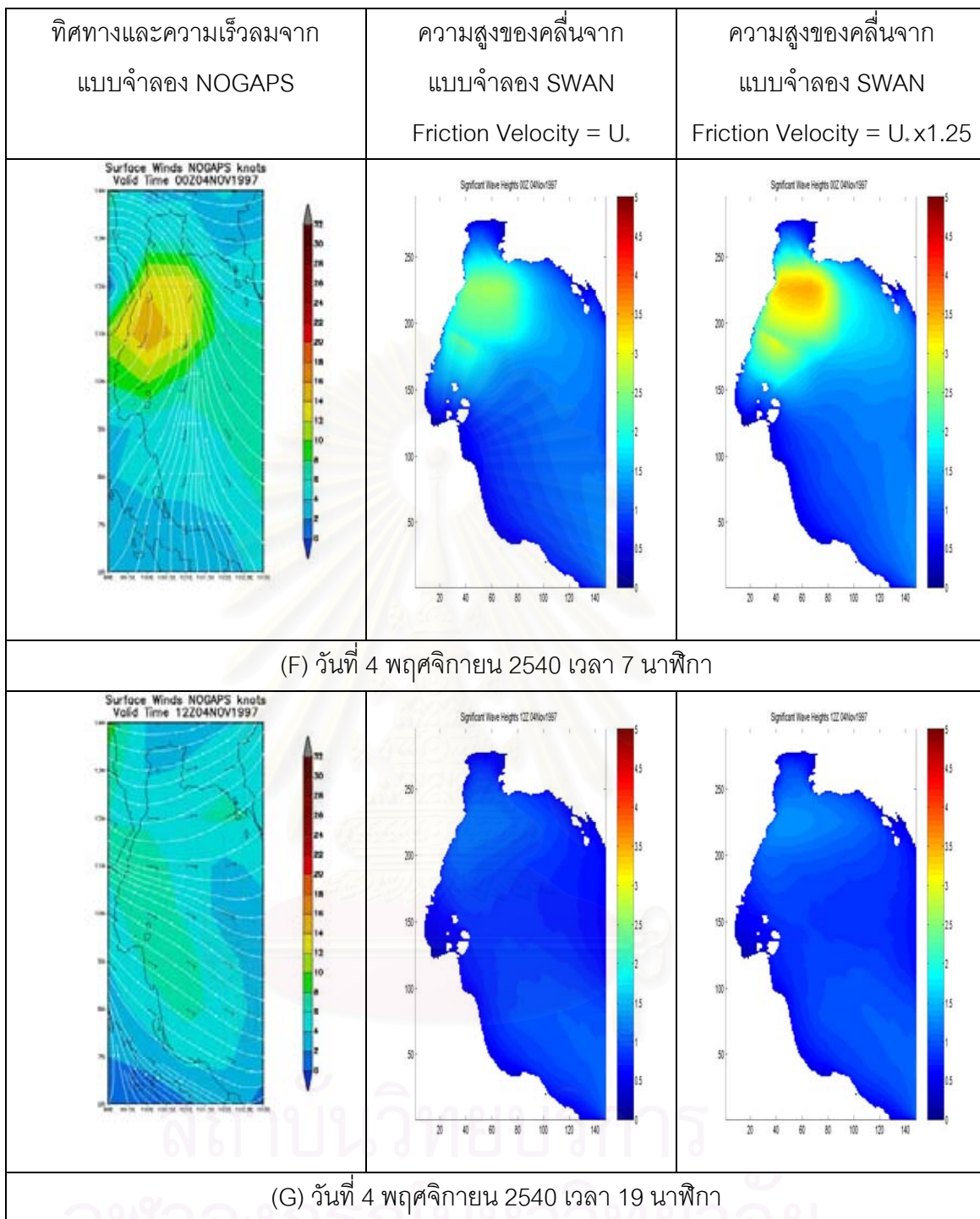
รูปที่ 48 ความเร็วลมที่เกิดจากพายุไต้ฝุ่นลินดาที่คำนวณโดย NOGAPS และผลการคำนวณ  
ความสูงของคลื่นจากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ Friction velocity แตกต่างกัน



รูปที่ 48 ความเร็วลมที่เกิดจากพายุไต้ฝุ่นลินดาที่คำนวณโดย NOGAPS และผลการคำนวณความสูงของคลื่นจากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ Friction velocity แตกต่างกัน (ต่อ)



รูปที่ 48 ความเร็วลมที่เกิดจากพายุไต้ฝุ่นลินดาที่คำนวณโดย NOGAPS และผลการคำนวณความสูงของคลื่นจากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ Friction velocity ต่างกัน (ต่อ)

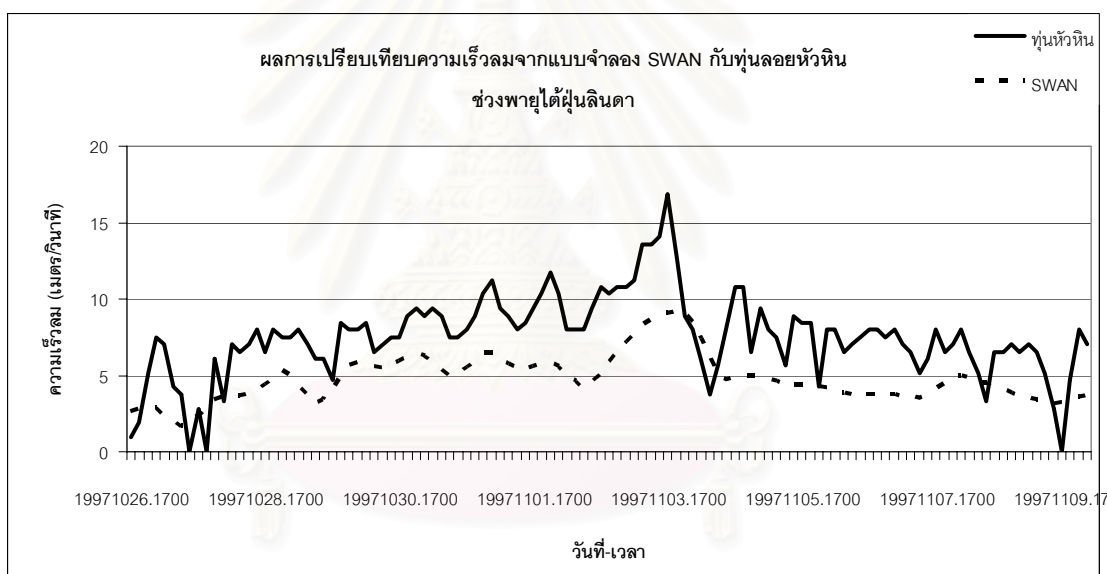


รูปที่ 48 ความเร็วลมที่เกิดจากพายุไต้ฝุ่นลินดาที่คำนวณโดย NOGAPS และผลการคำนวณความสูงของคลื่นจากแบบจำลอง SWAN ที่ใช้ Friction velocity แตกต่างกัน (ต่อ)

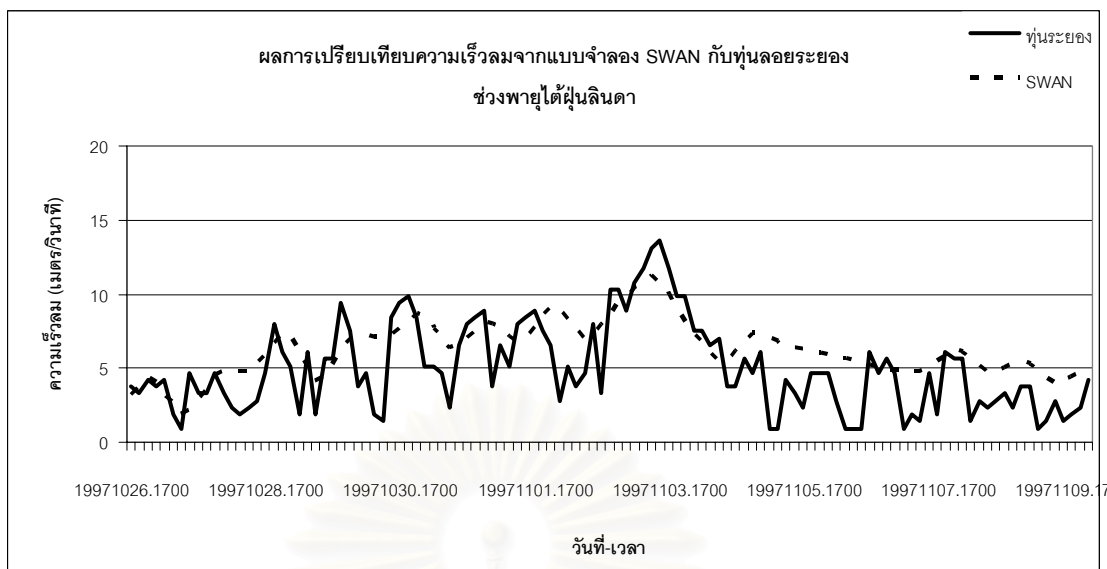


## 2.2 การเปรียบเทียบผลการคำนวณคลื่นกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด

เมื่อเปรียบเทียบความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS กับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นลอยระยะของและทุ่นลอยหัวหินพบว่าความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณในช่วงที่เกิดพายุมีค่าต่ำกว่าความเร็วลมที่วัดได้จากพื้นที่จริงค่อนข้างมาก โดยเฉพาะบริเวณทุ่นลอยหัวหินในช่วงก่อนที่จะเกิดความเร็วลมสูงสุดเนื่องจากพายุพัดผ่านความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดเฉลี่ย 2.5 เมตรต่อวินาที ในช่วงเวลาที่พายุพัดผ่านทำให้เกิดความเร็วลมสูงสุดความเร็วลมจากการคำนวณต่ำกว่าถึง 7.2 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 49 ส่วนบริเวณทุ่นลอยระยะของความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณในช่วงก่อนที่พายุจะเคลื่อนตัวเข้ามาในอ่าวไทยมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับค่าที่ได้จากการตรวจวัด แต่ในช่วงที่ความเร็วลมสูงสุดผลที่ได้จากการคำนวณยังคงต่ำกว่าความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัด 2.7 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในรูปที่ 50



รูปที่ 49 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากทุ่นลอยหัวหินกับ NOGAPS ช่วงพายุได้ผ่านลินดา



รูปที่ 50 การเปรียบเทียบความเร็วลมจากหุ่นระยะของกับ NOGAPS ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา

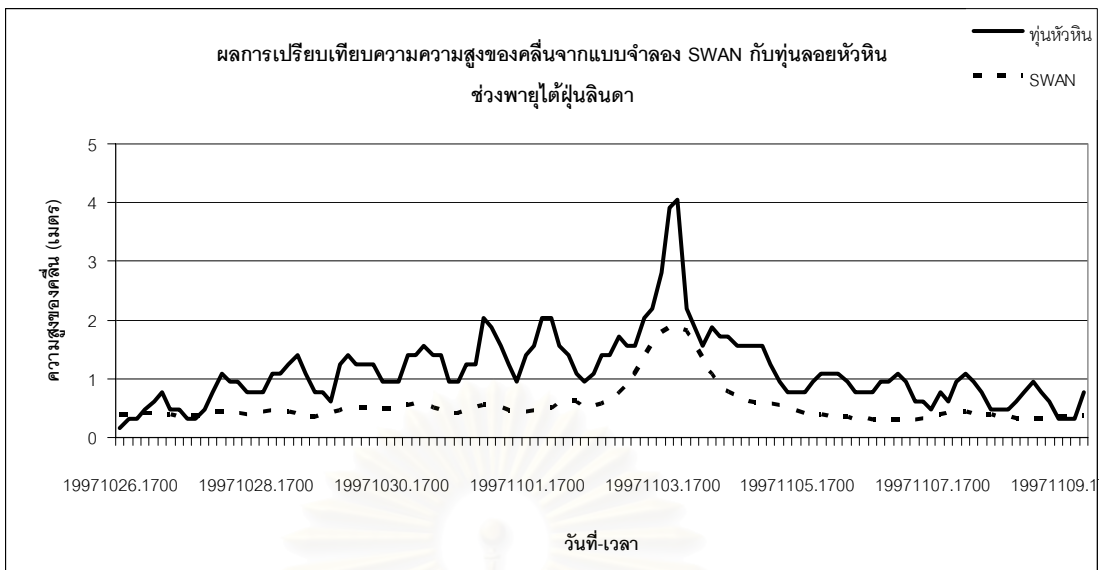
### 2.2.1 การทดลองที่ 1 ใช้ค่า Friction velocity ( $U_*$ )

$$U_* = U_{10} \times \sqrt{1.2875 \times 10^{-3}} \quad \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

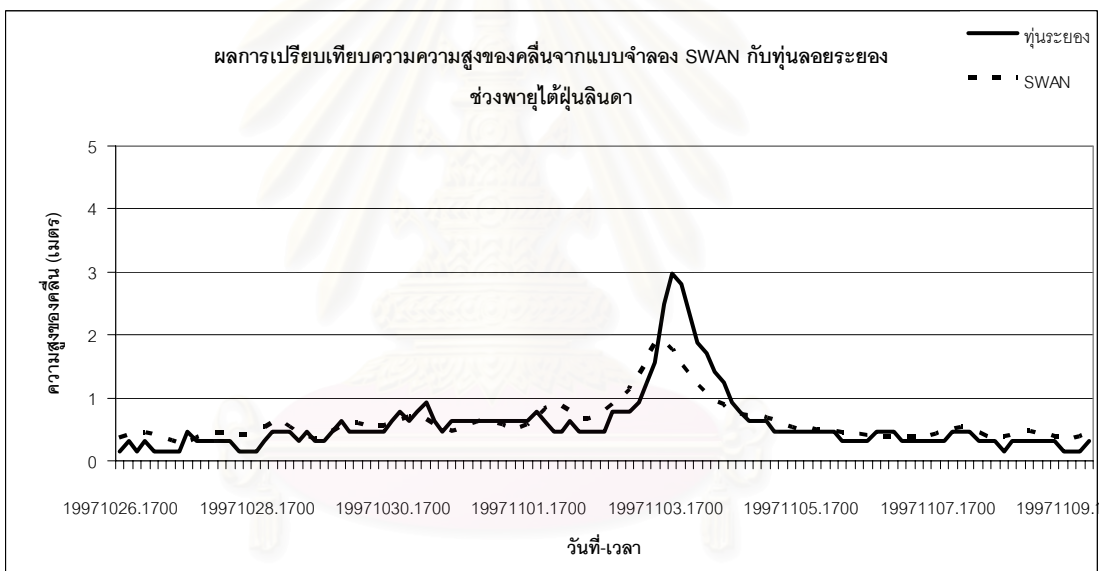
$$= U_{10} \times \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} \quad \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที}$$

ผลการคำนวณความสูงของคลื่นโดยใช้แบบจำลอง SWAN ต่ำกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากหุ่นระยะของอย่างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณหุ่นระยะของหัวหิน ในช่วงก่อนที่จะเกิดคลื่นสูงสุดความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดเฉลี่ยประมาณ 0.6 เมตร ช่วงที่เกิดคลื่นสูงสุดเนื่องจากพายุพัดผ่านความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดเฉลี่ยประมาณ 0.8 เมตร และ ณ เวลาที่เกิดคลื่นสูงสุดบริเวณหัวหินความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่าอยู่ถึง 2.2 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 51

บริเวณหุ่นระยะของ ในช่วงก่อนที่จะเกิดคลื่นสูงสุดความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดมาก ในช่วงที่เกิดคลื่นสูงสุดเนื่องจากพายุพัดผ่านความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่าค่าที่ได้จากการตรวจวัดเฉลี่ยประมาณ 0.2 เมตร แต่ ณ เวลาที่เกิดคลื่นสูงสุดบริเวณระยะของความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณต่ำกว่าอยู่ถึง 1.3 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 52



รูปที่ 51 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยหัวหินกับ SWAN ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา



รูปที่ 52 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยองกับ SWAN ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา

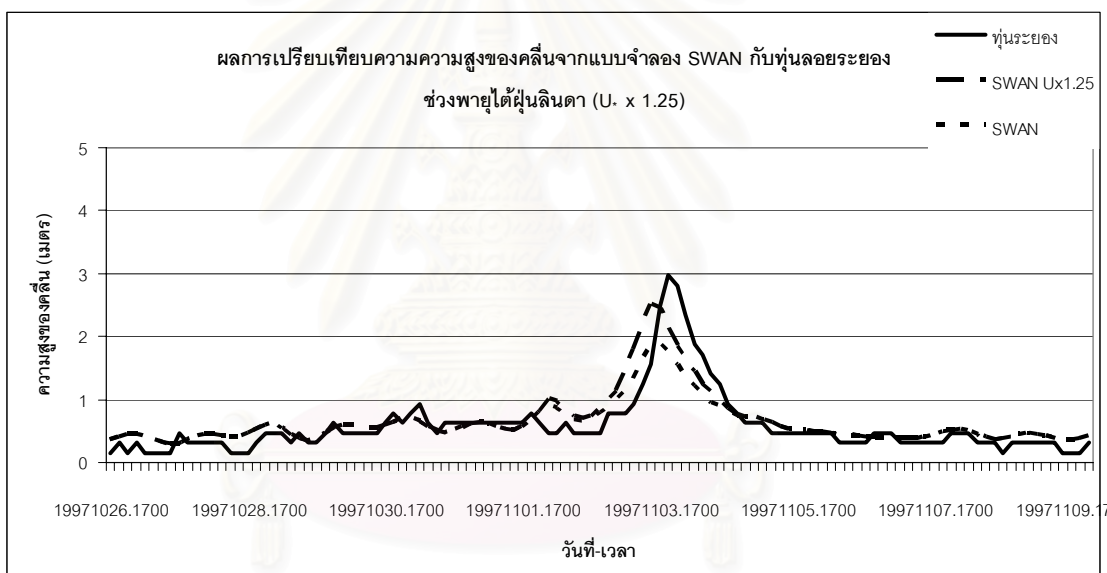
2.2.2 การทดลองที่ 2 ใช้ค่า Friction velocity ( $U_*$ )

$$\begin{aligned}
 U_* &= U_{10} \times \sqrt{1.2875 \times 10^{-3}} && \text{เมื่อ } U_{10} < 7.5 \text{ เมตร/วินาที} \\
 &= U_{10} \times \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} && \text{เมื่อ } U_{10} \geq 7.5 \text{ เมตร/วินาที} \\
 &= U_{10} \times 1.25 \times \sqrt{((0.8 + 0.065 \times U_{10}) \times 10^{-3})} && \text{เมื่อ } U_{10} \geq 10 \text{ เมตร/วินาที}
 \end{aligned}$$

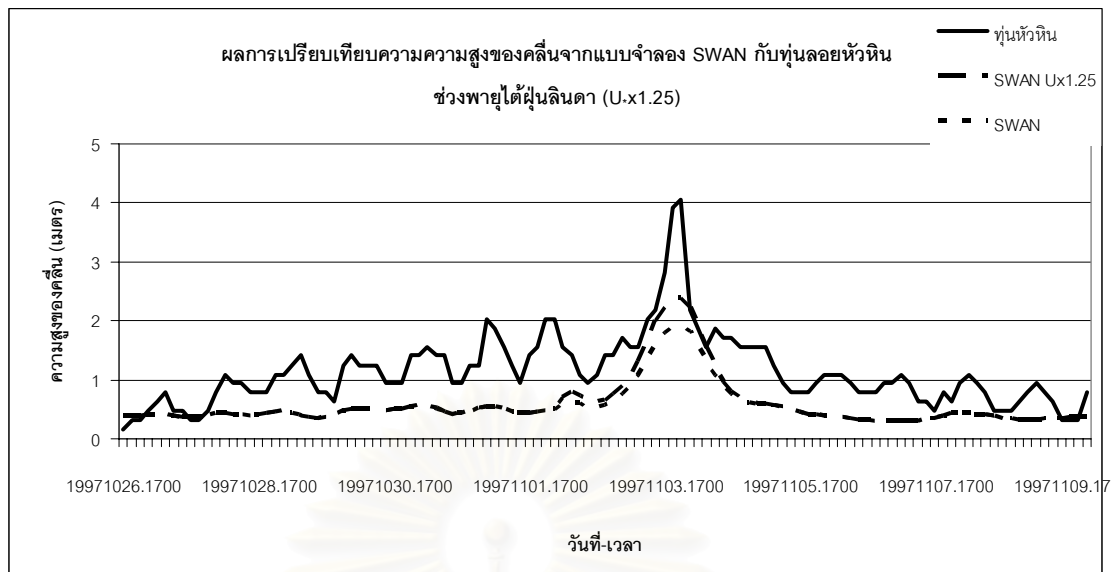
ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลอง SWAN ในช่วงที่เกิดคลื่นสูงเนื่องจากพายุพัดผ่านสูงขึ้นจากการคำนวณในครั้งก่อนอย่างชัดเจน โดยเฉพาะผลการคำนวณในบริเวณทุ่นระยอง ณ ช่วงเวลาที่เกิดขึ้นสูงสุดความสูงของคลื่นที่ได้จากแบบจำลองที่

ปรับแต่งค่า Friction velocity สูงกว่าความสูงคลื่นที่ได้จากการคำนวณตามปกติ 0.6 เมตร แต่ยังคงต่ำกว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดโดยทุ่นลอยอยู่ 0.4 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 53 ส่วนในช่วงเวลาก่อนและหลังจากที่พายุพัดผ่านความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองที่มีการปรับแต่งค่า Friction velocity ไม่แตกต่างไปจากผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลองแบบเดิม

ความสูงของคลื่นบริเวณทุ่นหัวหินที่ได้จากแบบจำลองที่ปรับแต่ง Friction velocity แล้ว ในช่วงเวลาที่เกิดคลื่นสูงเนื่องจากพายุก็มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากการคำนวณตามปกติเช่นเดียวกัน แต่ก็เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ช่วงที่เกิดคลื่นสูงสุดความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นจากการคำนวณปกติประมาณ 0.5 เมตร แต่ยังคงต่ำกว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดอยู่ประมาณ 1.7 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 54



รูปที่ 53 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากทุ่นลอยระยะของกับ SWAN หลังปรับแต่งสมการ Friction Velocity ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา



รูปที่ 54 การเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากท่อนลอยหัวหินกับ SWAN หลังปรับแต่งสมการ Friction Velocity ช่วงพายุไต้ฝุ่นลินดา

## สรุป อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN มีรูปแบบการเกิดคลื่นเป็นไปตามทฤษฎีระยะทาง (Fetch) และความยาวนานของเวลาที่ลมพัดปกคลุมผิวน้ำทะเล (Duration) (Berry *et al.*, 1945) ดังจะเห็นได้จากผลการคำนวณความสูงของคลื่นในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นช่วงที่ลมที่พัดปกคลุมอ่าวไทยมีทิศทางค่อนข้างแน่นอนตลอดเวลา บริเวณที่อยู่ทางด้านต้นลม ได้แก่ อ่าวไทยฝั่งตะวันออกในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและอ่าวไทยฝั่งตะวันตกในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จะมีความสูงของคลื่นน้อยกว่าบริเวณที่อยู่ทางด้านใต้ลมเนื่องจากระยะทางที่ลมพัดผ่านผิวน้ำทะเลน้อยกว่า ส่วนความสูงของคลื่นที่เกิดสูงค่อนข้างจะคงที่ตลอดในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในบริเวณอ่าวไทยตอนล่างจะเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดปกคลุมทะเลจีนใต้ ซึ่งมีระยะทางยาวมากทำให้เกิดคลื่นสูงในบริเวณทะเลจีนใต้ตอนล่างแล้วถูกส่งผ่านเข้ามายังพื้นที่ขอบเปิดของการคำนวณในรูปแบบของพลังงานที่อ่านเข้ามาจากผลการคำนวณของแบบจำลองเชิงตัวเลข WAM อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองเชิงตัวเลขทั้งสองสามารถทำงานร่วมกันได้เป็นอย่างดี

ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นลอยแม้ว่าจะออกมาในลักษณะที่ผลของการคำนวณความสูงของคลื่นจากแบบจำลอง SWAN มีค่าน้อยกว่าผลที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นลอยเป็นส่วนใหญ่ แต่เมื่อแยกพิจารณาเฉพาะในช่วงเวลาที่ความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS มีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดแล้วจะพบว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณก็จะมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเช่นเดียวกัน

เมื่อพิจารณาผลการตรวจวัดความสูงของคลื่นที่ได้จากดาวเทียม ERS2 จะพบว่าข้อมูลตลอดทั้ง 3 เดือนที่นำมาใช้ ไม่ว่าความเร็วลมจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ความสูงของคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดของดาวเทียม ERS2 จะมีค่าเปลี่ยนแปลงประมาณอยู่ระหว่าง 0.6 – 1.6 เมตร และมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้ง 3 เดือนอยู่ที่ประมาณ 1 เมตร เสมอ จึงจะไม่นำเอาผลการเปรียบเทียบของข้อมูลจากดาวเทียม ERS2 มาพิจารณา

ผลการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณกับข้อมูลการตรวจวัดจากดาวเทียม JASON1 และ GFO ในภาพรวมทั้งหมดจะเห็นว่าความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่มาก แต่หากจะแยกพิจารณาในลักษณะเดียวกันกับการเปรียบเทียบกับข้อมูลทุ่นลอย กล่าวคือแยกเปรียบเทียบเฉพาะบริเวณที่ผลการคำนวณความเร็วลมมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัด จะพบว่าในบริเวณดังกล่าวความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเช่นเดียวกัน นอกจากนี้อีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลการเปรียบเทียบคลาดเคลื่อนได้แก่เรื่องของเวลาของข้อมูลที่ใช้ทำการเปรียบเทียบของทั้งสองชุดยังมีความแตกต่างกันอยู่เล็กน้อยกล่าวคือเวลาของการตรวจวัดด้วยดาวเทียมจะเป็นเวลาที่ดาวเทียมดวงนั้นโคจรผ่านในแต่ละครั้งซึ่งจะเป็นเวลาที่ไม่ตรงกันแน่นอน แต่ละจุดของการตรวจวัดก็ยังมี ความแตกต่างกันในเรื่องของเวลาที่ทำการตรวจวัดด้วย เช่น ชุดของข้อมูลดาวเทียม JASON1 ที่โคจรผ่านอ่าวไทยในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2546 มีจำนวนข้อมูลทั้งหมด 110 จุด เวลาที่ตรวจวัดจุดแรกถึงจุดสุดท้ายห่างกันอยู่ประมาณ 2 นาที ส่วนข้อมูลความสูงของคลื่นที่ได้จากการคำนวณจะถูกเขียนออกมาทุกๆ 10 นาที แล้วนำมาเลือกเอาเวลาที่ใกล้เคียงกับการตรวจวัดที่สุดมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งความคลาดเคลื่อนในเรื่องของเวลาดังกล่าวอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลของการเปรียบเทียบความสูงของคลื่นจากข้อมูลทั้งสองชุดแตกต่างกันได้

แม้ว่าการเปรียบเทียบข้อมูลผลการตรวจวัดด้วยวิธีนี้อาจจะไม่เป็นเหตุเป็นผลมากนักเนื่องจากในความเป็นจริงความสูงของคลื่นที่จุดใดจุดหนึ่งไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากลมที่จุดๆ นั้นเพียงที่เดียว ยังมีอิทธิพลจากผลของการคำนวณจากบริเวณที่อยู่แวดล้อมอีกด้วย ดังจะเห็นได้จากผลการคำนวณความสูงคลื่นในกรณีของพายุดีเปรสชันคาบบริเวณทუნฮัวหิ้น เมื่อเพิ่มเงื่อนไขให้ค่า Friction velocity เพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วลมมากกว่า 10 เมตรต่อวินาที แต่ความเร็วลมที่ได้จากการคำนวณของ NOGAPS ณ ตำแหน่งของทุ่นลอยมีค่า 9 เมตรต่อวินาที ซึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่จะทำให้ Friction velocity ณ จุดดังกล่าวเพิ่มขึ้น แต่จากผลการคำนวณที่ได้จากการทดลองที่ 2 กลับพบว่าความสูงของคลื่นในบริเวณดังกล่าวได้เพิ่มขึ้นจากการคำนวณในการทดลองครั้งที่ 1 ด้วย แต่ในทางปฏิบัติก็ยังคงมีความจำเป็นต้องเปรียบเทียบด้วยวิธีนี้อยู่เนื่องจากแหล่งข้อมูลที่จะนำมาใช้สำหรับทำการเปรียบเทียบในบริเวณอ่าวไทยมีอยู่น้อยมาก

จากการทดลองที่ 2 ในส่วนที่เพิ่มเงื่อนไขของ Friction velocity โดยการคูณด้วย 1.25 เมื่อความเร็วลมมีค่ามากกว่า 10 เมตรต่อวินาที เป็นเงื่อนไขซึ่งได้มาจากการทดลองที่เคยทำมาก่อนหน้านี้ด้วยแบบจำลองอื่น ได้แก่ การทดลองหาเงื่อนไขของ Friction velocity ที่เหมาะสมสำหรับคำนวณความสูงของคลื่นในบริเวณอ่าวไทย โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข WAM ในช่วงของพายุดีเปรสชันคาบ (2540) พายุหมุนเขตร้อนซิปและกิล (2541) และในช่วงฤดูมรสุมของปี พ.ศ.2541

ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองในครั้งนั้นพบว่าเงื่อนไขของ Friction velocity ที่ให้ผลการคำนวณความสูงของคลื่นใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการตรวจวัดจากแหล่งข้อมูลต่างๆ อย่างสมเหตุสมผลที่สุดได้แก่เงื่อนไขที่ได้นำมาใช้ในการทดลองที่ 2 ของวิทยานิพนธ์นี้ อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการทดลองในครั้งก่อนไม่ได้เผยแพร่เนื่องจาก ทำเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในทางปฏิบัติเท่านั้น โดยปัจจุบันเงื่อนไขของ Friction velocity นี้ได้ถูกใช้งานอยู่ในระบบพยากรณ์ความสูงของคลื่นด้วย

ถึงขณะนี้สามารถกล่าวได้ว่าแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN มีความถูกต้องแม่นยำในระดับหนึ่งซึ่งเพียงพอต่อการนำมาใช้สำหรับการพยากรณ์คลื่นความละเอียดสูงในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งหรือพื้นที่ที่มีความสำคัญเป็นพิเศษเช่น บริเวณแหล่งท่องเที่ยวที่มีนักท่องเที่ยวเป็นจำนวนมาก ในระบบพยากรณ์คลื่นโดยใช้งานร่วมกับแบบจำลองเชิงตัวเลข WAM ซึ่งมีใช้อยู่แล้วในปัจจุบันได้

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ระบบคอมพิวเตอร์และเครือข่ายสำหรับการพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN

จากการทดลองใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN ในการคำนวณคลื่นในอ่าวไทย พบข้อจำกัดในการใช้งานคือ ในการคำนวณในแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการคำนวณมากแม้ว่าจะใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลประสิทธิภาพสูง (หน่วยประมวลผลกลาง AMD Opteron 220 หน่วยความจำชั่วคราว 2 Gbytes) เช่น การคำนวณในพื้นที่ที่ทำการทดลอง (ความละเอียดทุก 3 กิโลเมตร 294 จุดในแนวเหนือ-ใต้ และ 147 จุดในแนวตะวันออกตะวันตก รวมทั้งหมดประมาณ 43,000 จุดคำนวณ) โดยใช้ข้อมูลลม 30 วัน จะใช้เวลาในการคำนวณประมาณ 200 ชั่วโมง ซึ่งในทางปฏิบัติจะไม่สามารถนำผลไปใช้ในงานพยากรณ์จริงได้ ดังนั้นหากจะนำแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN ไปใช้ในระบบงานจริงจึงมีความจำเป็นที่จะต้องลดขนาดของพื้นที่การคำนวณลง ซึ่งจากการทดลองพบว่าขนาดของจำนวนจุดในการคำนวณที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 3000 จุด (ใช้ความละเอียดทุกๆ 3 กิโลเมตร จะได้พื้นที่คำนวณประมาณ 54x54 กิโลเมตร) ซึ่งจะสามารถคำนวณข้อมูลลม 6 วันเสร็จได้ภายใน 2 ชั่วโมง

### 3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับระบบพยากรณ์

#### 3.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง

- หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Intel XEON 3 GHz/Itanium II หรือ AMD Opteron 220 หรือสูงกว่า
- หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) 2 Gbytes หรือมากกว่า



- อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Hard drive) 200 Gbytes หรือมากกว่า

3.1.2 ระบบปฏิบัติการ UNIX หรือ LINUX

3.1.3 ระบบเครือข่าย Internet สำหรับรับข้อมูลมเพื่อใช้ในการคำนวณ

3.1.4 ตัวแปลภาษาและโปรแกรมประกอบ

- ตัวแปลภาษา G77, Fortran 90

- โปรแกรม MatLab และ Grid Analysis and Display System (GrADS) เพื่อใช้ในการเปลี่ยนผลการคำนวณให้เป็นรูปภาพ

3.2 การทำงานของระบบพยากรณ์

ระบบสำหรับพยากรณ์คลื่นทั้งหมดสามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานได้ ดังรูปที่ 55 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

3.2.1 ณ เวลาประมาณ 05:45 น. และ 17:45 น. ของทุกวัน เชื่อมต่อผ่านเครือข่าย Internet ไปยัง [ftp://usgodae2.usgodae.org](http://usgodae2.usgodae.org) เพื่อรับข้อมูลลมพยากรณ์สำหรับการคำนวณคลื่น

3.2.2 คำนวณคลื่นด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข WAM ในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตามรูปที่ 56A ด้วยความละเอียดในการคำนวณทุก 0.5 องศา (ประมาณ 55 กิโลเมตร) เขียนผลการคำนวณและพลังงานในบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของการคำนวณในพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน

3.2.3 ใช้โปรแกรม GrADS เปลี่ยนผลการคำนวณพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ให้เป็นรูปภาพ

3.2.4 คำนวณคลื่นด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข WAM ในพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน ตามรูปที่ 56B ด้วยความละเอียดในการคำนวณทุก 0.25 องศา (ประมาณ 27.5 กิโลเมตร) เขียนผลการคำนวณและพลังงาน ณ ความถี่ต่างๆ ที่กำหนด ในบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของการคำนวณในพื้นที่เฉพาะที่มีความจำเป็นในการพยากรณ์คลื่นความละเอียดสูง เช่น เกาะภูเก็ต เกาะช้าง

3.2.5 ใช้โปรแกรม GrADS เปลี่ยนผลการคำนวณพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามันให้เป็นรูปภาพ

3.2.6 คำนวณคลื่นในพื้นที่เฉพาะ ตามรูปที่ 56C ด้วยแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN โดยใช้จำนวนจุดในการคำนวณดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว (สามารถทำได้พร้อมกันมากกว่า 1 พื้นที่ โดยที่เวลาใช้ในการคำนวณจะไม่เพิ่มขึ้นในกรณีที่มีหน่วยประมวลผลกลางมากกว่าหรือเท่ากับพื้นที่ที่จะคำนวณ)

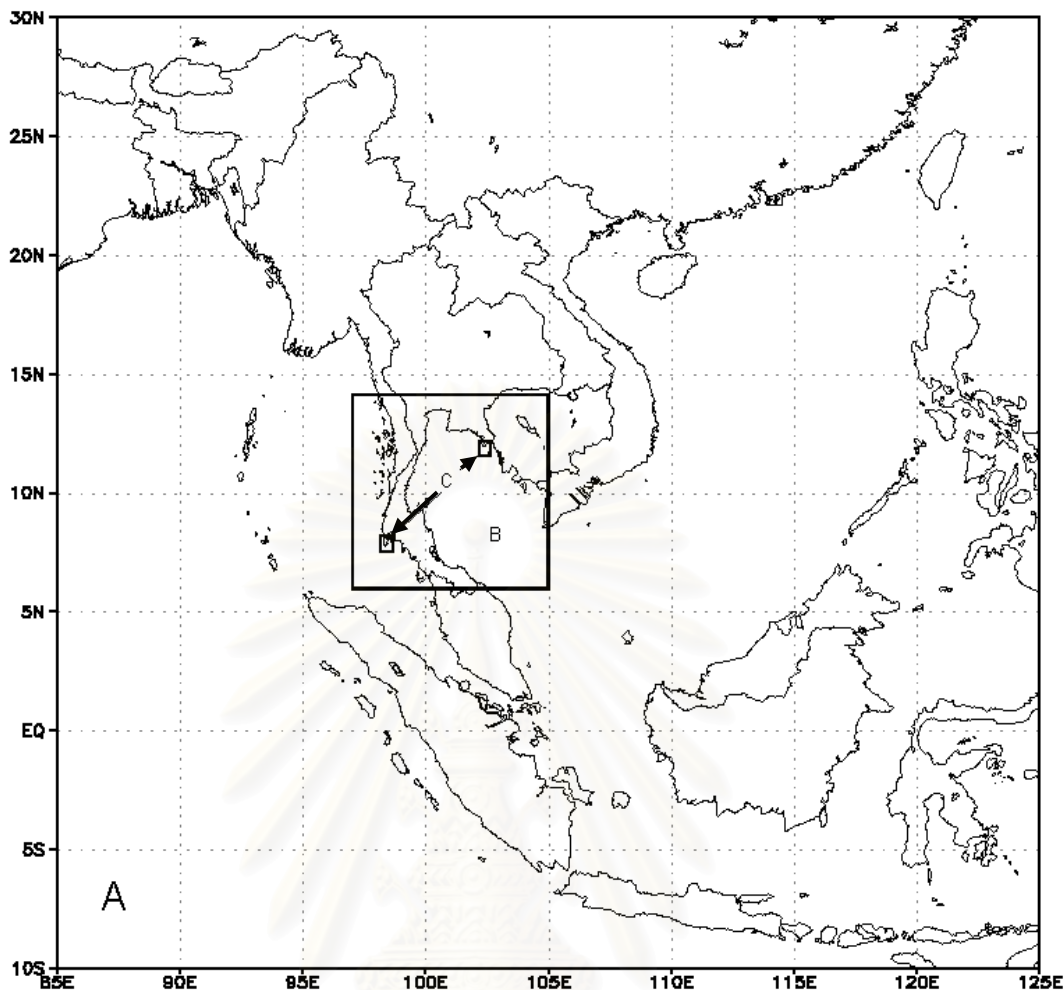
3.2.7 ใช้โปรแกรม MatLab เปลี่ยนผลการคำนวณพื้นที่เฉพาะให้เป็นรูปภาพ

การคำนวณทั้งหมดของระบบจะเสร็จสิ้นหลังจากเริ่มคำนวณประมาณ 3 ชั่วโมง โดยจะสามารถให้ผลการพยากรณ์ตามพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อ่าวไทยและทะเลอันดามัน และพื้นที่เฉพาะที่กำหนด ล่วงหน้า 6 วัน



รูปที่ 55 แผนผังการทำงานของระบบพยากรณ์คลื่น

สถาบันวิจัยสมุทรศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 56 พื้นที่สำหรับการคำนวณในระบบพยากรณ์คลื่น

- (A) พื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้
- (B) พื้นที่อ่าวไทย
- (C) พื้นที่เฉพาะที่มีความจำเป็นต้องคำนวณความสูงคลื่นด้วยความละเอียดสูง

## 2. แนวทางเพื่อปรับปรุงความแม่นยำของการพยากรณ์ความสูงของคลื่น

จากการทดลองที่ผ่านมาทั้งหมดเห็นได้ว่าความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณคลื่นจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลลมที่นำมาใช้กับแบบจำลอง ดังนั้นถ้าต้องการจะพัฒนาความถูกต้องแม่นยำในการพยากรณ์ความสูงของคลื่นสิ่งแรกที่ต้องพิจารณาคือการพัฒนาความถูกต้องในการพยากรณ์ลม ซึ่งในทางอุตุนิยมวิทยาเชิงตัวเลขสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงร่วมกับแบบจำลองเชิงตัวเลขเพื่อการพยากรณ์อากาศที่มีความซับซ้อนคำนวณปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาที่ได้จากการตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศที่มีกระจายอยู่

ทั่วโลกด้วยความละเอียดสูง แต่การที่จะทำเช่นนั้นได้จะต้องใช้เงินลงทุนเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นเรื่องที่หน่วยงานพยากรณ์ขนาดเล็กไม่สามารถทำได้ จึงจำเป็นต้องหาวิธีอื่นที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงข้อมูลลมที่มีใช้อยู่แล้วให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

จากความต้องการที่จะปรับปรุงข้อมูลลมที่มีอยู่ให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้นจึงได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลลมที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลอง NOGAPS กับข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากการตรวจวัดจากทุ่นลอยซึ่งมีอยู่อย่างจำกัด พบว่าความเร็วลมที่ได้จาก NOGAP ส่วนใหญ่จะมีค่าน้อยกว่าความเร็วลมจริงที่ได้จากการตรวจวัด เมื่อนำข้อมูลทั้งสองชุดมาหาผลต่างแล้วนำมาจัดเรียงตามความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS แล้วแบ่งออกเป็นช่วงๆ จะได้ค่าเฉลี่ยของผลต่างของความเร็วลมจริงกับแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 1 ดังนั้นถ้ามีข้อมูลผลการตรวจวัดความเร็วลมที่มากพอที่จะเป็นตัวแทนของพื้นที่พยากรณ์ทั้งหมดอาจจะสามารถใช้วิธีการแบบนี้เพื่อหาค่าคงที่ที่จะบวกเพิ่มให้กับความเร็วลมที่ได้จากแบบจำลอง NOGAPS ให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่พยากรณ์ที่ต้องการได้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของผลต่างความเร็วลมจากการตรวจวัดของทุ่นลอยและแบบจำลอง NOGAPS

ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	ผลต่างความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
0 – 2.0	1.9
2.0 – 4.0	1.9
4.0 – 6.0	2.3
6.0 – 8.0	2.0
มากกว่า 8.0	2.6

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

กรมอุตุนิยมวิทยา. ความรู้ด้านอุตุนิยมวิทยา. [Online]. แหล่งที่มา : <http://www.tmd.go.th>, [ไม่ทราบปีที่จัดทำ]

ธวัช วิรัตน์พงศ์. 2542. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการสร้างโมเดลและการพยากรณ์คลื่นในทะเล. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). ข้อมูลทึ่นสมุทรศาสตร์. [Online]. แหล่งที่มา : <http://www.gistda.or.th>, [2545]

### ภาษาอังกฤษ

Berry, Jr. F. A., E. Bollay, and N. R. Beers. 1945. Handbook of Meteorogy. McGraw-Hill Book Company, New York.

Booij, N., IJ.G. Haagsma, A.T.M.M. Kieftenburg, L.H. Holthuijsen and M. Zijlema. SWAN Cycle III version 40.20. [Online]. Available from : <http://fluidmechanics.tudelft.nl/swan/index.htm>, [2003]

Brown, J., A. Colling, D. Park, J. Phillips, D. Rothery, and J. Wright. 1994. Waves, Tides and Shallow-Water Processes. The Open University. United Kingdom : BPC Wheatons,

Gunther, H. S. Hasselmann and P.A.E.M. Janssen. Technical Report No.4 The WAM Model cycle 4. [Online]. Available from: <http://www.dkrz.de/forschung/reports/report4/wamh-1-eng.html>, [1992]

Joint Typhoon Warning Center. Summary of Western North Pacific and North Indian Ocean Tropical Cyclones [Online]. Available from: <https://metoc.npmoc.navy.mil/jtwc/atcr/1997atcr/ch3/30w.htm>, [1998]

- Komen, G.J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann and S. Hasselmann. 1994. Dynamics and Modelling of Ocean Waves. Cambridge University Press, Cambridge.
- Mai, S., N. Ohle and C. Zimmermann. 1999. Applicability of Wave Models in Shallow Coastal Waters. Proceeding Of the 5<sup>th</sup> International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries: 170-179.
- Ou, S.H., T.W. Hsu, S.Y. Tzang and J.M. Liou. 2000. Simulating Typhoon Waves by SWAN Wave Model in Coastal Waters of Taiwan. The Fourth Workshop on Ocean Models for the APEC Region (WOM-4): 5-1 – 5-20.
- Rogers, W.E., P.A. Hwang and D.W. Wang. 2002. Investigation of Wave Growth and Decay in the SWAN Model: Three Regional-Scale Applications. Journal of Physical Oceanography 33: 366-389.
- Rusu, E., C. Soares, A. Pires Silva, J. Paulo Pinto and O. Makarynsky. 2002. Near Real Time Assessment of the Wave Propagation in the Coastal Environment of Portugal. Littoral 2002. The Changing Coast. Proceeding of the EUROCOAST/EUCC, Porto-Portugal.: 175-184.
- Wu, J. 1982. Wind-Stress Coefficients over Sea Surface from Breeze to Hurricane. Journal of Geophysics Res. 87: C12.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**ภาคผนวกที่ 1** รายละเอียดของแผนที่เดินเรือจากกรมอุทกศาสตร์ที่นำมาใช้เป็นข้อมูลความลึก  
น้ำ

หมายเลข แผนที่	ชื่อแผนที่	มาตราส่วน 1:	วันโฆษณา	บรรณานุกรม ครั้งหลัง
001	อ่าวไทย, ประจวบคีรีขันธ์ ถึง เกาะจง	240,000	ส.ค.2471	ก.ค.2543
045	กรุงเทพฯ ถึง สิงคโปร์	1,850,000	มิ.ย.2526	พ.ค.2543
102	เกาะจง ถึง เกาะกง	240,000	ก.พ.2474	ธ.ค.2544
114	ท่าเรือเกาะสีชัง	15,000	พ.ค.2469	ต.ค.2537
115	อ่าวสัตหีบและบริเวณใกล้เคียง	40,000	ก.ย.2470	ก.พ.2540
116	เกาะเสม็ด	20,000	เม.ย.2474	มิ.ย.2539
117	แหลมทรพิม ถึง เกาะชะบ้ำ	40,000	ธ.ค.2470	ม.ค.2538
118	เกาะชะบ้ำ ถึง เกาะจิกนอก	60,000	ธ.ค.2457	ก.ค.2536
120	ช่องเกาะช้าง	50,000	ก.ค.2472	ก.ค.2543
141	แหลมทรพิม ถึง เกาะคราม	120,000	ก.ย.2482	ส.ค.2544
142	ปากแม่น้ำเจ้าพระยาถึงเกาะแรด	120,000	ต.ค.2500	ส.ค.2540
147	เกาะล้าน ถึง แหลมพัทยา	25,000	ก.ย.2515	ก.ย.2543
151	เกาะช้าง ถึง เกาะยอ	90,000	มี.ค.2525	ธ.ค.2537
157	ท่าเรือนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	10,000	ส.ค.2537	ม.ค.2545
203	หลังสวน ถึง ประจวบคีรีขันธ์	240,000	ธ.ค.2479	พ.ค.2543
204	แหลมคอกวาง ถึง หลังสวน	240,000	ต.ค.2499	ต.ค.2545
205	สงขลา ถึง แหลมคอกวาง	240,000	มี.ค.2516	ก.ค.2545
206	สงขลา ถึง กลันตัน	240,000	ธ.ค.2469	พ.ย.2545
229	ท่าเรือสงขลา	20,000	ส.ค.2465	พ.ย.2545
243	ช่องสมุย ถึง เกาะพัง	70,000	มิ.ย.2506	ต.ค.2542

ข้อมูลจาก : รายชื่อแผนที่เดินเรือที่ใช้เป็นข้อมูลความลึกนำจากศูนย์เรือช่างงานวิเคราะห์วิจัย  
และฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก

: รายละเอียดเกี่ยวกับแผนที่จากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ



**ภาคผนวกที่ 2** รายละเอียดของทุนสำรวจสมุทรศาสตร์ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ, 2545)

ติดตั้งครั้งแรกภายใต้มติคณะรัฐมนตรี พร้อมทั้งแต่งตั้งคณะกรรมการนโยบายศูนย์สมุทรศาสตร์และทรัพยากรทะเลแห่งชาติ มีรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เป็นประธานทำหน้าที่กำกับดูแล ตลอดจนกำหนดนโยบายและแนวทางการดำเนินงาน โดยมีสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติเป็นหน่วยประสานงานกลาง ในปี พ.ศ. 2534 โดยเริ่มแรกได้มีการติดตั้งทุนสำรวจสมุทรศาสตร์เฉพาะในอ่าวไทยจำนวน 7 ทุน โดยเก็บข้อมูลผลการตรวจวัดผ่านทางดาวเทียมอินมาร์แซท ภายหลังเสร็จสิ้นโครงการในระยะที่ 1 (พ.ศ. 2534 - 2537) ได้ดำเนินโครงการต่อในระยะที่ 2 โดยมีการติดตั้งทุนลอยเพิ่มขึ้นอีก 2 จุดในทะเลอันดามัน หลังจากการสิ้นสุดการดำเนินโครงการระยะที่ 2 เมื่อเดือนสิงหาคม 2541 ได้มีการปรับการดำเนินโครงการมาเป็นการปฏิบัติงานประจำ ภายใต้ศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศสมุทรศาสตร์ สังกัดกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ทำหน้าที่ดูแลหลังจากที่มีปรับเปลี่ยนสถานะภาพของสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม เป็นสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) งานทุนสำรวจสมุทรศาสตร์ มีการดำเนินงานภายใต้ กลุ่มวิจัยสมุทรศาสตร์ สำนักวิจัยและพัฒนา

รายละเอียดทางเทคนิคของทุน

เป็นทุนลอยชนิดโยงยึดอยู่กับที่ โดยมีอุปกรณ์ตรวจวัดหลายชนิดติดตั้งอยู่กับสายโยงยึดที่หลายระดับความลึก ข้อมูลที่ตรวจวัดได้จะถูกส่งผ่านดาวเทียมอินมาร์แซท รายละเอียดทางเทคนิคของอุปกรณ์ตรวจวัดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

- อุปกรณ์วัดคลื่น
  - o ความผิดพลาดในการตรวจวัดคลื่นนัยสำคัญ      น้อยกว่า +/- 5 เซนติเมตร
  - o ความผิดพลาดในการตรวจวัดคาบเฉลี่ย              น้อยกว่า +/- 0.5 วินาที
  - o ความผิดพลาดในการตรวจวัดทิศทาง                น้อยกว่า +/- 2 องศา
  - o ความผิดพลาดในการตรวจวัดคลื่นสูงสุด            น้อยกว่า +/- 5 เซนติเมตร

- อุปกรณ์วัดลม
  - o ทิศทางลม 0 - 360 องศา ความผิดพลาดในการตรวจวัด +/- 3 องศา
  - o ความเร็วลม 0 – 90 เมตรต่อวินาที ความผิดพลาดในการตรวจวัด +/- 0.3 เมตรต่อวินาที

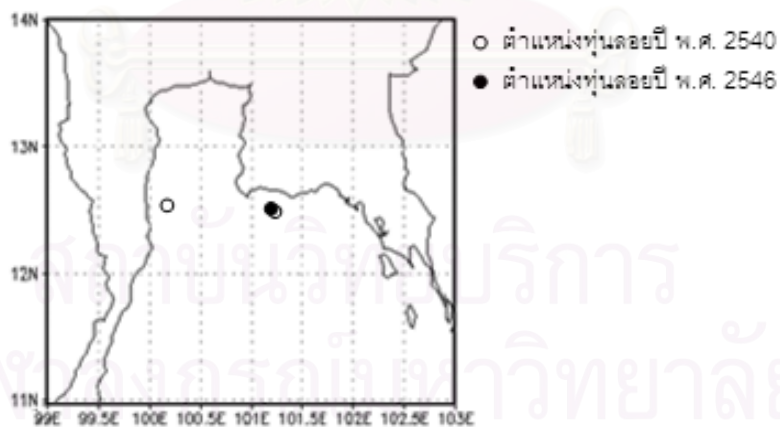
ตำแหน่งของทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษา

ปี พ.ศ. 2540

1. ทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ระยะของ ละติจูด 12.505 องศาเหนือ ลองจิจูด 101.232 องศาตะวันออก
2. ทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์หัวหิน ละติจูด 12.520 องศาเหนือ ลองจิจูด 100.164 องศาตะวันออก

ปี พ.ศ. 2546

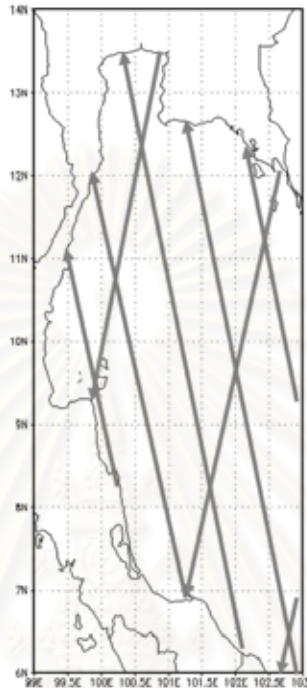
1. ทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ระยะของ ละติจูด 12.523 องศาเหนือ ลองจิจูด 101.227 องศาตะวันออก



รูปที่ 57 แสดงตำแหน่งของทุ่นสำรวจสมุทรศาสตร์ปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2546

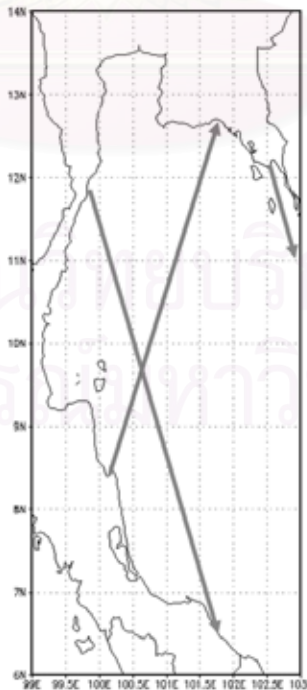
### ภาคผนวกที่ 3 เส้นทางโคจรของดาวเทียมสำรวจสมุทรศาสตร์

- ดาวเทียม ERS2 ระยะห่างระหว่างจุดสำรวจบนเส้นทางโคจร ประมาณ 6.7 กิโลเมตร



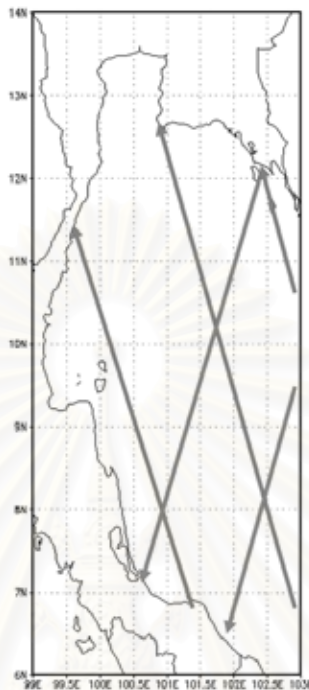
รูปที่ 58 แสดงเส้นทางโคจรผ่านอ่าวไทยของดาวเทียม ERS2

- ดาวเทียม JASON1 ระยะห่างระหว่างจุดสำรวจบนเส้นทางโคจร ประมาณ 5.8 กิโลเมตร



รูปที่ 59 แสดงเส้นทางโคจรผ่านอ่าวไทยของดาวเทียม JASON1

- ดาวเทียม GFO ระยะห่างระหว่างจุดสำรวจบนเส้นทางโคจร ประมาณ 6.8 กิโลเมตร



รูปที่ 60 แสดงเส้นทางโคจรผ่านอ่าวไทยของดาวเทียม GFO

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาวาตรี วิริยะ เหลืองอร่าม รน. เกิดเมื่อวันพฤหัสบดี ที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดชลบุรี สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมปลายจากโรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ในปีการศึกษา 2532 และเข้ารับการศึกษต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ ที่มหาวิทยาลัยบูรพา จนสำเร็จการศึกษาในปี 2536 หลังจากนั้นได้รับการบรรจุเข้ารับราชการในสังกัดกระทรวงกลาโหม ที่กองอู่ตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ ในปี พ.ศ. 2538 ในตำแหน่งผู้ช่วยนายทหารพลาธิการอากาศ ในชั้นยศเรือตรี ปี พ.ศ.2546 ได้รับอนุญาตจากกองทัพเรือให้ลาเพื่อศึกษาต่อที่ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย