สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฯ

การจำลองแบบลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทย

WIND - WAVE SIMULATION CAUSED BY NORTH - EAST MONSOON ACTIVITY IN THE GULF OF THAILAND

กันทิกา พรเลิศนฤพงศ์
ศิวาพร อาษาสร้อย
ถนอมขวัญ อัจฉริยะสมบัติ

วท
ว388ก
2550
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82781
วัน,เดือน,ปี 23 ก.ค. 2551

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

11 ต.ค. 2555
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIND - WAVE SIMULATION CAUSED BY NORTH - EAST MONSOON ACTIVITY IN THE GULF OF THAILAND

KANTIKA PHONLOESNARUEPHONG

SIWAPORN ARSASOY

THANOMKAWAN ATCHARIYASOMBAT

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การจำลองแบบลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทย WIND – WAVE SIMULATION CAUSED BY NORTH – EAST MONSOON ACTIVITY IN THE GULF OF THAILAND	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกันฑิกา พรเลิศนฤพงศ์	47050002
	นางสาวศิวาพร อาษาสร้อย	47050035
	นางสาวถนอมขวัญ อัจฉริยะสมบัติ	47050607
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์	
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วัฒนา กันบัว	
	ดร.กาญจนา คำนึงกิจ	

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2550

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.พันธนี พงศ์สัมพันธ์ ประธานกรรมการ	
อาจารย์ภัทราวุธ จันทร์เสงี่ยม กรรมการ	
ดร.กาญจนา คำนึงกิจ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.วัฒนา กันบัว กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

(รองศาสตราจารย์ ไพรบูลย์ พันธรักษ์พงษ์)
หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แด่ บิดา-มารดา อันเป็นที่รักและเคารพ ผู้เป็นกำลังใจมาโดยตลอด

กันฑิกา

แด่ ครอบครัวสำหรับกำลังใจที่มีให้ตลอดมา

ศิวาพร

แด่ บิดา-มารดา ผู้เป็นที่รัก และกำลังใจ

ถนอมขวัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	การจำลองแบบลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทย	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวกันฑิกา พรเลิศนฤพงศ์	47050002
	นางสาวศิวาพร อาษาสร้อย	47050035
	นางสาวถนอมขวัญ อัจฉริยะสมบัติ	47050607
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์	
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์	
ปีการศึกษา	2550	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.วัฒนา กันบัว	
	ดร.กาญจนา คำนึงกิจ	

บทคัดย่อ

จากเหตุการณ์คลื่นลมแรงจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณอ่าวไทย เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ.2549 ทำให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนบริเวณชายฝั่งภาคใต้ฝั่งตะวันออก นำมาสู่การจัดทำปัญหาพิเศษเรื่องการจำลองแบบลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทย จากผลการจำลองคลื่นทะเลโดยใช้แบบจำลองแวม (WAM) โดยศึกษาข้อมูลคลื่น ตั้งแต่ปี พ.ศ.2542-2549 และการสร้างโปรแกรมในการบริหารจัดการผลลัพธ์ข้อมูลคลื่นจากแบบจำลองแวม ซึ่งเขียนด้วยภาษา JAVA เพื่อแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองแวมภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมี 11 ตัวแปร ได้แก่ ลักษณะของลม สัมประสิทธิ์แรงต้าน ความเร็วลม ความสูงคลื่น ค่าเฉลี่ยของทิศทางคลื่น ค่าเฉลี่ยของความถี่ ทิศทางที่มวลอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งที่ตรวจวัด ความถี่คลื่นสูงสุด คาบสูงสุดของคลื่น แรงเค้นคลื่นที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ตั้งฉาก ค่าเฉลี่ยของคาบ และโปรแกรมสามารถทำนายแนวโน้มของคลื่นล่วงหน้าในปีถัดไปโดยใช้วิธีการทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	WIND - WAVE SIMULATION CAUSED BY NORTH - EAST MONSOON ACTIVITY IN THE GULF OF THAILAND	
Students	Ms.Kantika Phonloesnaruephong	47050002
	Ms.Siwaporn Arsasoy	47050035
	Ms.Thanomkwan Atchariyasombat	47050607
Degree	Bachelor of Science	
Department	Mathematics and Computer Science, Faculty of Science	
Programme	Applied Mathematics	
Academic Year	2007	
Adviser	Dr.Wattana Kanbau	
	Dr.Kanchana Kumnungkit	

ABSTRACT

From high wind wave event was caused by north east monsoon over the Gulf of Thailand on December 2006. There had been loss of human life and property of people who live along the coast of east site of southern part of Thailand. It approaches to study case of sea state which effected from north east monsoon over the Gulf of Thailand. The result of WAM model output is during 1999 – 2006 and there created WAMIS (WAve Management Information System) program, in order to manage wave information. The program was written by using JAVA. The model results were saved in 11 parameters such as wind character, friction velocity, wind speed, significant wave height, mean wave direction, mean frequency, wind direction, peak frequency, peak period, normalized wave stress drag coefficient and mean period. The WAMIS can predict trend of wave information in next year ahead by using statistical method.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษ เรื่องการจำลองแบบลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทยนี้ การทำงานสามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ดร.กาญจนา คำนึงกิจ และ ดร.วัฒนา กันบัว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ดูแลและรับผิดชอบปัญหาพิเศษนี้ ที่กรุณาให้คำแนะนำและคอยให้คำปรึกษาสำหรับปัญหาพิเศษนี้ และขอขอบพระคุณ คุณธีระธรรม เทพราช ที่จัดเตรียมข้อมูลจากแบบจำลองแวม (WAM) เพื่อใช้ในการจัดทำปัญหาพิเศษนี้

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้การสนับสนุนทางด้านกำลังใจและด้านทุนทรัพย์มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ให้การอบรมสั่งสอนทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ แก่คณะผู้จัดทำ และขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คำปรึกษาในด้านต่างๆเกี่ยวกับปัญหาพิเศษ มา ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาไทย i

บทคัดย่อปัญหาพิเศษภาษาอังกฤษ ii

กิตติกรรมประกาศ iii

สารบัญ iv

สารบัญรูปภาพ vi

สารบัญตาราง viii

บทที่1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของปัญหา 1

1.4 ขั้นตอนการศึกษา 2

1.5 ประโยชน์ของปัญหาพิเศษ 2

บทที่2 สาเหตุและหลักเกณฑ์ที่ทำให้เกิดคลื่นลม 3

2.1 ลม 3

2.2 คลื่น 10

2.3 หลักในการคำนวณคลื่นลมทะเล 27

2.4 ความคิดพื้นฐาน 28

2.5 สมการความสมดุลของพลังงานคลื่น 28

2.6 ระบบของของแบบจำลองคลื่น 30

2.7 การพัฒนาแบบจำลองคลื่น 32

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 34

3.1 ลักษณะโดยรวมของระบบ 34

3.2 แผนงานและการพัฒนาระบบ 34

3.3 ระบบงาน 35

3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม 36

3.5 องค์ประกอบของโปรแกรม 38

3.6 ส่วนนำเข้าข้อมูล และส่วนแสดงผล 40

3.7 ทบทวนการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาจาวา 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ 43
3.9 การอ่านข้อมูลจาก Text file 44
3.10 ที่มาของข้อมูล 45
3.11 การนำข้อมูลมาใช้งานกับโปรแกรม 47
3.12 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน 47
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 48
4.1 ผลการดำเนินงาน 48
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ 62
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 62
5.2 ข้อจำกัดของระบบโปรแกรม 62
5.3 ข้อเสนอแนะ 63
รายการอ้างอิง 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 (ก) ลมมรสุมฤดูหนาว	5
2.1 (ข) ลมมรสุมฤดูร้อน	5
2.2 จำแนกคลื่นทะเลโดยพิจารณาจากคาบของคลื่น	10
2.3 ตัวอย่างคลื่นไซน์	11
2.4 อันดับการเคลื่อนที่ของคลื่น	14
2.5 การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำระหว่าง 2 คาบคลื่น	14
2.6 การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำที่ระดับความลึกที่ต่างกัน	15
2.7 การหักเหของแสงที่ขนานกับก้นทะเล	16
2.8(a) การหักเหของแสงเป็นสันเขา	16
2.8(b) การหักเหของแสงเป็นหุบเขาลึก	16
2.9 การหักเหของแสงที่ไม่สม่ำเสมอ	17
2.10 ลักษณะการเลี้ยวเบนของคลื่นเมื่อเจอกำแพงกันคลื่น	17
2.11 รูปหน้าเสี้ยวของคลื่นโค้งแหลม	18
2.12 คลื่นตามทฤษฎีของ Stoke	18
2.13 การรวมกันของคลื่น	19
2.14 จากรูปจะเป็นคลื่นที่เห็นบนผิวน้ำที่เกิดจากการซ้อนทับกันของ	19
2.15 ตัวอย่างการบันทึกคลื่น	21
2.16 ตัวอย่างของคลื่นสเปกตรัมซึ่งได้มาจากผลการบันทึกคลื่น	23
2.17 ภาพของพลังงานโดยรวมของคลื่นและความหนาแน่นของพลังงาน	24
2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นพลังงานและความถี่คลื่น	25
2.19 การเปรียบเทียบของจอนสวอป สเปกตรัม(JONSWAP spectrum) กับ เพียร์สัน-มอสโควิทซ์ สเปกตรัม(Pierson-Moskowitz spectrum)	26
3.1 รูปแบบการทำงานของโปรแกรม	34
3.2 ผังงานของระบบ	35
3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม	36
3.4 ผังงานแสดงการทำงานของระบบ	37
3.5 องค์ประกอบของโปรแกรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดคลื่นลมทะเล	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 ส่วนนำเข้าข้อมูล และส่วนแสดงผลของโปรแกรม	40
3.7 การออกแบบหน้าจอในการรับตำแหน่งที่ต้องการแสดงผล	43
3.8 Stream ของการอ่านข้อมูล	44
3.9 Stream ของการเขียนข้อมูล	44
3.10 Classของการอ่านและเขียนข้อมูลตามประเภทของ Stream	45
3.11 ที่มาของข้อมูล	45
3.12 การนำข้อมูลมาใช้ผ่านโปรแกรม WAMIS	46
3.13วิธีแบ่งครึ่ง (Bisection Method)	46
3.14 การแปลงข้อมูลเพื่อใช้งานในโปรแกรม	47
3.15 การอ่านข้อมูลจาก Access File	47
3.16 การอ่านข้อมูลจาก Text File	47
4.1 หน้าแรกของโปรแกรม	48
4.2 หน้าจอของโปรแกรมหลังจากกดตำแหน่งที่ต้องการ	49
4.3 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wind direction	50
4.4 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Drag Coefficient	51
4.5 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Mean frequency	52
4.6 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Mean period	53
4.7 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wave peak frequency	54
4.8 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wave peak period	55
4.9 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Friction velocity	56
4.10 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Mean wave direction	57
4.11 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Significant wave height	58
4.12 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Normalized wave stress	59
4.13 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wind speed	60
4.14 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Beaufort Output	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1 ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตรโบฟอร์ด 7
2 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน 8
3 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงว่าปัญหาพิเศษนี้มีความสำคัญและที่มาอย่างไรเหตุใดจึงได้จัดทำปัญหาพิเศษนี้ขึ้นมา มีวัตถุประสงค์ในการทำอย่างไรบ้าง กล่าวถึงขอบเขตของการดำเนินงานว่าเป็นอย่างไร สามารถนำปัญหาพิเศษนี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านใดได้บ้าง และกล่าวถึงขั้นตอนของการดำเนินงานของปัญหาพิเศษนี้

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากการเกิดคลื่นลมแรงในบริเวณอ่าวไทยเมื่อเดือน ธันวาคม พ.ศ. 2549 ทำให้เกิดความสูญเสียในชีวิตและทรัพย์สิน คณะผู้จัดทำเล็งเห็นถึงความสำคัญในการเตือนภัยลักษณะคลื่นลมในทะเล แต่การจำลองแบบลักษณะคลื่นลมในทะเลต้องอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการอธิบายการเกิดคลื่นลมในทะเล รวมไปถึงใช้ในการพยากรณ์คลื่นลมในทะเลพร้อมทั้งช่วยในการเตือนภัยการเกิดคลื่นลมแรงบริเวณทะเลและชายฝั่ง และลดความความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สิน รวมไปถึงการจัดการทรัพยากรบริเวณชายฝั่ง

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาอธิบายลักษณะคลื่นลมทะเลบริเวณอ่าวไทย
2. เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบลักษณะคลื่นลมทะเลของแต่ละเดือนว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร
3. เพื่อนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบ สำหรับผู้ที่ต้องการที่จะศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับแบบจำลองลักษณะคลื่นลมในทะเลบริเวณอ่าวไทยหรือที่อื่นๆที่ต้องการได้

1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ศึกษาลักษณะคลื่นลมทะเลบริเวณชายฝั่งภาคใต้ฝั่งตะวันออก (ได้แก่ จังหวัด เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส)
2. นำข้อมูลผลลัพธ์จากแบบจำลองแวม (WAM) ของศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2549 มาจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่นำมาใช้ในการอธิบายลักษณะคลื่นลมที่เกิดขึ้น
3. ศึกษาระบบการจำลองแบบลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทยที่มีใช้ในศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. จัดทำโปรแกรมแสดงผลลัพธ์ลักษณะคลื่นลมซึ่งเกิดมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทยด้วยภาษาจาวา

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ปรึกษาและจัดตั้งหัวข้อของปัญหาพิเศษ พร้อมทั้งศึกษาถึงความเป็นไปได้ของปัญหาพิเศษ
2. ศึกษาทฤษฎีทางวิชาการและสมการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษนี้ อาทิเช่น ศึกษาเรื่องลมมรสุมในอ่าวไทย พฤติกรรมคลื่นลมในทะเล แบบจำลองของคลื่น เป็นต้น
3. เก็บรวบรวมข้อมูลและผลที่ได้จากการประมวลผลแบบจำลองของคลื่นลมในทะเลที่ได้จากศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา
4. ออกแบบโครงสร้างของระบบโปรแกรมให้สอดคล้องกับหัวข้อปัญหาพิเศษ และเขียนระบบโปรแกรมขึ้นมาเพื่อใช้งาน
5. ทดสอบระบบโปรแกรมที่ออกแบบมา หาข้อบกพร่อง และแก้ไข
6. รวบรวมเนื้อหาทั้งหมด และจัดทำเอกสาร

1.5 ประโยชน์ของปัญหาพิเศษ

1. ได้รับความรู้พื้นฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อปัญหาพิเศษ เช่น ความรู้เกี่ยวกับลักษณะคลื่นลมทะเลในอ่าวไทย โดยเกิดจากอิทธิพลต่างๆของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทย เป็นต้น
2. ได้ทักษะในการออกแบบ และเขียนระบบโปรแกรมโดยใช้ภาษาจาวาเพิ่มขึ้น
3. ได้โปรแกรมแสดงผลจากการประมวลผลแบบจำลอง
4. ระบบที่ได้สามารถอธิบายบริเวณที่เกิดลักษณะคลื่นลมแรงได้โดยทำการเปรียบเทียบจากข้อมูลในอดีต

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงเนื้อหาในส่วนของคลื่นลม เปรียบเทียบรูปคลื่นประเภทต่างๆ รูปแบบการบันทึกข้อมูลของคลื่น แบบจำลองของคลื่น บทที่ 3 จะกล่าวถึงเนื้อหาในส่วนของภาพรวมของระบบ การนำข้อมูลมาใช้ในระบบ และการประมวลผลออกมาในรูปแบบของรูปภาพและกราฟ บทที่ 4 จะกล่าวถึงผลที่ได้จากการรันโปรแกรม และบทที่ 5 จะเป็นส่วนของการสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
สาเหตุและหลักเกณฑ์ที่ทำให้เกิดคลื่นลม

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการเกิดลมและคลื่น โดยที่จะสามารถจำแนกได้หลายประเภท และลักษณะวิธีการบันทึกข้อมูลในรูปแบบต่างๆ และการเปรียบเทียบรูปแบบคลื่นประเภทต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และกล่าวถึงรายละเอียดของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาพิเศษนี้

2.1 ลม

ลม คือ อากาศซึ่งเคลื่อนที่เนื่องจากความแตกต่างด้านความกดอากาศ (Air pressure) ของสองบริเวณ โดยจะเคลื่อนที่จากบริเวณซึ่งมีความกดอากาศสูง (High air pressure) ไปสู่บริเวณที่มีความกดอากาศต่ำ (Low air pressure) โดยมีอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดความกดอากาศต่ำ (Low air pressure) ตามทฤษฎีการพาความร้อน (Convection theory) กล่าวคือ ในสภาพที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 27 องศาเซลเซียส มวลอากาศร้อนจะขยายตัว ทำให้มีน้ำหนักเบาและลอยตัวขึ้น ทำให้มวลอากาศบริเวณนั้นเบาบางลง เมื่อเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องก็จะเกิดเป็นความกดอากาศต่ำ ทำให้อากาศที่อยู่บริเวณข้างเคียงซึ่งมีความหนาแน่นกว่าเคลื่อนที่เข้ามาสู่บริเวณนั้นเกิดเป็นลมขึ้น การเรียกชื่อลมนั้นเรียกตามทิศทางที่ลมนั้นๆ พัดมา เช่น ลมที่พัดมาจากทิศเหนือเรียกว่า ลมเหนือ และลมที่พัดมาจากทิศใต้เรียกว่า ลมใต้ เป็นต้น ในละติจูดต่ำไม่สามารถจะคำนวณหาความเร็วลม แต่ในละติจูดสูงสามารถคำนวณหาความเร็วลมได้

2.1.1 การเกิดลม

อากาศเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว ทำให้มีความหนาแน่นน้อยกว่าปกติ และลอยตัวสูงขึ้นไป ซึ่งเรียกว่า กระแสอากาศ เมื่ออากาศร้อนลอยตัวสูงขึ้น อากาศในแนวราบจากบริเวณ ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเคลื่อนขนานกับแนวราบเข้ามาแทนที่ อากาศที่เคลื่อนที่ขนานกับพื้นผิวของโลก เรียกว่า 'ลม' ลมจะพัดจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศสูงกว่า ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่าหรือบริเวณที่มีความกดอากาศ L ต่ำกว่า

กลางวันอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินและน้ำรับความร้อนจากดวงอาทิตย์ในปริมาณเท่ากันแต่ดินจะมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำ ส่วนกลางคืนอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นดินจะต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศเหนือพื้นน้ำ เนื่องจากดินคายความร้อนได้ดีกว่าน้ำ ปรากฏการณ์นี้จะเกี่ยวข้องกับการเกิด ลมบกลมทะเลคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ในเวลากลางวัน อากาศเหนือพื้นดินร้อน ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นน้ำเย็นกว่า เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากทะเลเข้าสู่ฝั่ง เรียกว่า ลมทะเล

- ในเวลากลางคืน อากาศเหนือพื้นน้ำร้อน ลอยตัวสูงขึ้น อากาศเหนือพื้นดินเย็นกว่า เคลื่อนที่เข้ามาแทนที่ เกิดลมพัดจากบกออกสู่ทะเล เรียกว่า ลมบก

จากความรู้เรื่องลมบก ลมทะเลนี้ ชาวประมงได้อาศัยลมดังกล่าวแล่นเรือใบออกทะเลในเวลาค่ำและกลับสู่ฝั่งในตอนเช้า

2.1.2 ประเภทของลม

ระดับของการเกิดลมจำแนกออกได้เป็น 3 ระดับ คือ

- ระดับโลก (Global level) แบ่งออกเป็นโซนต่างๆ จากระดับเส้นศูนย์สูตร

- ระดับภูมิภาค (Regional level) เกิดจากการเคลื่อนย้ายของหย่อมความความกดอากาศ หรือร่องความกดอากาศสูงและต่ำ

- ระดับท้องถิ่น (Local level) มักเกิดขึ้นจากความแตกต่างด้านอุณหภูมิพื้นผิวของโลก เช่น พื้นน้ำกับพื้นดิน ลมท้องถิ่นที่ควรศึกษา ได้แก่ ลมบก - ลมทะเล หรือ Land – Sea Breeze ลมบกเกิดในเวลากลางคืน พัดจากบกสู่ทะเล ลมทะเลเกิดในเวลากลางวันพัดจากทะเลขึ้นสู่บก ลม ภูเขา – หุบเขา หรือ Mountain – Valley Wind ในเวลากลางวันพัดจากหุบเขาสู่ยอดเขา (Up Slope) เนื่องจากอากาศบนความลาดชันร้อนเร็วกว่าอากาศในหุบเขา อากาศเย็นจากหุบเขาจึงลอยเข้าแทนที่ ในเวลากลางคืน พัดจากยอดเขาสู่หุบเขา ลมถ่ายเท หรือ Drainage wind เกิดขึ้นในระหว่างฤดูหนาว รูปแบบของการพัดนั้นจะพัดจากที่ที่มีระดับสูงไปสู่ที่ที่มีระดับต่ำกว่า นั่นคือ จากภูเขาและที่ราบสูงสู่ชายฝั่งทะเล แรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของลมถ่ายเท ก็คือ แรงดึงดูดของโลก (Gravity) ลมพายุ หรือ Thunderstorm winds เป็นลมพายุที่เกิดขึ้นเมื่อมีฝนฟ้าคะนอง

2.1.3 ลมมรสุม

ลมมรสุม (Monsoon) มาจากคำในภาษาอาหรับว่า Mausim แปลว่า ฤดู ดังนั้นลมมรสุม จึงหมายถึง ลมที่พัดเปลี่ยนทิศทางกลับการเปลี่ยนฤดูคือ ฤดูร้อนจะพัดในทิศทางหนึ่ง และจะพัดเปลี่ยนทิศทางในทางตรงกันข้ามในฤดูหนาว ครั้งแรกใช้เรียกลมนี้ในบริเวณทะเลอาหรับ ซึ่งพัดอยู่ในทิศทางตะวันออกเฉียง เหนือเป็นระยะเวลา 6 เดือน และพัดอยู่ในทิศทางตะวันตกเฉียงใต้เป็นระยะเวลา 6 เดือน แต่อยู่ในส่วนอื่นๆ ของโลก ลมมรสุมที่เห็นชัดเจนที่สุดคือ ลมมรสุมที่เกิดขึ้นในเอเชียตะวันออก และเอเชียใต้

ลักษณะการเกิดลมมรสุม เป็นทำนองเดียวกับการเกิดลมบกลมทะเล ในฤดูหนาว อากาศภายในภาคพื้นทวีปเย็นกว่าอากาศในมหาสมุทรที่อยู่ใกล้เคียง ทำให้ภาคพื้นทวีปบริเวณไซบีเรียเป็นเขตความกดอากาศสูง ส่วนบริเวณมหาสมุทรอินเดียเป็นเขตความกดอากาศต่ำ อากาศเหนือ มหาสมุทรอินเดียซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณไซบีเรียจะลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงขึ้น และอากาศบริเวณไซบีเรียจะไหลเข้าไปแทนที่ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (รูปที่ 1 (ก)) อากาศที่ไหลออกจากบริเวณความกดอากาศสูงไซบีเรียเป็นอากาศที่ไหลจมลง และทิศทางลมจะเบนไปทางขวา กลายเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือผ่านเข้าไปยังเอเชียตะวันออกและเอเชียใต้ โดยทั่วไปมีลักษณะ อากาศดี และเป็นฤดูที่มีอากาศแห้ง ดังนั้นลมมรสุมฤดูหนาวลักษณะท้องฟ้าแจ่มใส เป็นลมที่พัดจากฝั่งออกสู่ทะเล ในฤดูร้อนลมจะพัดเปลี่ยนในทิศทางตรงกันข้าม อากาศภาคพื้นทวีปอุ่นกว่าพื้นน้ำ ซึ่งทำให้ภาคพื้นทวีปเป็นเขตความกดอากาศต่ำ พื้นน้ำเป็นเขตความกดอากาศสูงเกิดลมพัดจากพื้นน้ำที่เป็นเขตความกดอากาศสูงเข้าสู่พื้นดินที่เป็นเขตความกดอากาศต่ำ ในทิศทวนเข็มนาฬิกากลายเป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลมที่พัดจากพื้นน้ำเข้ามา นำเอาความชื้นมาด้วยเป็นลมที่พัดจากทะเลเข้าหาฝั่ง (รูปที่ 1 (ข)) มรสุมที่มีกำลังแรงจัดที่สุด เกิดขึ้นในบริเวณเอเชียตะวันออก และเอเชียใต้ เอเชียตะวันออกได้แก่ ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนเกาหลี ลมมรสุมที่เกิดในเอเชียตะวันออกจะแตกต่างจากเอเชียใต้ คือ ในเอเชียตะวันออก ลมมรสุมฤดูหนาวมีกำลังแรงกว่า

รูปที่ 2.1 (ก) ลมมรสุมฤดูหนาว

รูปที่ 2.1 (ข) ลมมรสุมฤดูร้อน

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ความเร็วลม

ความเร็วลมคือ การเคลื่อนที่ของอากาศที่ทำให้เกิดแรง หรือความกดที่ผ่านจุดที่กำหนดให้บนพื้นผิวโลก และแรงหรือความกดเป็นสัดส่วนกับกำลัง 2 ของความเร็วลม อธิบาย ดังในรูปของสมการ

$P = kv^2$

P = ความกดที่เกิดจากการกระทำของลม

v = ความเร็วลม

k = ค่าคงที่ของหน่วยที่ใช้

ถ้าความกดอากาศมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางฟุต ความเร็วลมเป็นนอต (1 นอต หมายถึง 1 ไมล์ทะเล (6,080.20 ฟุต) ต่อชั่วโมง ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานความเร็วลมที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา) สมการจะเป็น $P = 0.0053v^2$ โดยประมาณสำหรับผิวพื้นที่ราบเรียบ แต่ถ้า ความเร็วลมมีหน่วยเป็นไมล์ต่อชั่วโมง ค่า P ที่ได้จะเปลี่ยนไปเป็น $P = 0.004v^2$ ด้วยเหตุนี้ แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระทำของลม ให้สามารถหาความเร็วลมได้ โดยที่ไม่ต้องอาศัย เครื่องมือใด แต่จะสังเกตได้จากปรากฏการณ์ของวัตถุที่อยู่รอบๆ ดังนั้น เพื่อวัตถุประสงค์ ดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดมาตราความเร็วลมขึ้น เรียกว่ามาตราโบฟอร์ด (Beaufort Scale) ใช้เปรียบเทียบกับสิ่งที่กีดขวางไม่ว่าบนบกและในทะเล โดยสิ่งที่กีดขวางต่างๆ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ สายโทรเลข สายโทรศัพท์ ธง สิ่งปรักหักพังต่างๆ และคลื่นในทะเล เกณฑ์ที่ใช้กำหนด ความเร็วลม ได้มาจากการสังเกตกำลังลมเหนือพื้นดินและในทะเล มาตราโบฟอร์ด เริ่มต้นจาก มาตราที่ 0 ไปจนถึงมาตราที่ 17 ความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นคือ ที่มาตรา 0 จะเป็นเขตลมสงบ ไปจนถึงมาตราที่ 17 ลมมีกำลังแรงจัดกลายเป็นพายุเฮอร์ริเคน ปัจจุบันมาตราโบฟอร์ดถูกนำมาใช้ น้อยลง โดยเฉพาะสถานีบนบก ตารางที่ 1 เป็นตารางเทียบความเร็วลม และชนิดลมของมาตราโบฟอร์ด ส่วนตารางที่ 2 เป็นตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน และตารางที่ 3 เป็นตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราโบฟอร์ด	ความเร็วลม		ชนิดลม
	นอต	กม./ชม.	
0	1	1.6	ลมสงบ
1	1 – 3	1.6 – 4.8	ลมเบา
2	4 – 6	6.4 – 8.6	ลมอ่อน
3	7 – 10	12.8 – 19.2	ลมเฉื่อย
4	11 – 21	20.8 – 28.8	ลมปานกลาง
5	17 – 21	30.4 – 38.4	ลมกระโชก
6	22 – 27	40.0 - 38.4	ลมแรง
7	28 – 33	51.2 – 60.8	พายุปานกลาง
8	34 – 40	62.4 – 73.6	พายุกระโชก
9	41 – 47	75-2 – 86.4	พายุแรง
10	48 – 55	88.0 – 100.8	พายุจัด
11	56 – 63	102.4 – 115.2	พายุจัด
12	64 – 71	116.8 – 131.2	เฮอร์ริเคน
13	72 – 80	132.8 – 147.3	เฮอร์ริเคน
14	81 – 89	148.8 – 164.8	เฮอร์ริเคน
15	90 – 99	166.4- 182.4	เฮอร์ริเคน
16	100 – 108	184.0 – 200.0	เฮอร์ริเคน
17	109 – 118	201.6 – 217.6	เฮอร์ริเคน

ตารางที่ 1 ตารางเทียบความเร็วลมและชนิดลมของมาตราโบฟอร์ด

ที่มา : Don (1975, p.196)

มาตราโบฟอร์ด	ปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน
0	ลมสงบ ควันลอยขึ้นตรง
1	ทิศทางลมสังเกตได้จากควันที่ แต่ไม่ใช่จากศรลม
2	รู้สึกมีลมปะทะหน้า ใบไม้เคลื่อนไหว ศรลมเริ่มหันทิศทางไปตามลม
3	ใบไม้และกิ่งไม้เล็กๆ เคลื่อนไหวตลอดเวลา ธงคลื่อออกตามลม
4	ฝุ่นฟุ้ง กระดาษปลิว กิ่งไม้เล็กๆ โยก
5	ต้นไม้เล็กๆ เริ่มโยก แหล่งน้ำบนบก เช่นแม่น้ำ ลำคลอง หนอง บึง เป็นระลอก

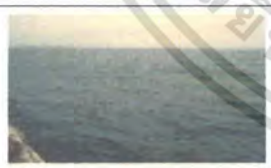
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6	กิ่งไม้ใหญ่โยก สายโทรเลขดังหวือๆ ไม่สะดวกที่จะใช้ร่ม
7	ต้นไม้โยก เดินต้านลมไม่สะดวก
8	กิ่งไม้หัก เดินไปข้างหน้าไม่สะดวก
9	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อย
10	ต้นไม้ถอนราก สิ่งก่อสร้างเสียหายมาก
11	สิ่งก่อสร้างเสียหายเป็นบริเวณกว้าง
12-17	สิ่งก่อสร้างเสียหายหนัก

ตารางที่ 2 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติเหนือพื้นดิน

ที่มา : Don (1975, p. 197)

: กรมอุตุนิยมวิทยา: http://www.marine.tmd.go.th/thai/

มาตราโบฟอร์ด	ปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล
0	ทะเลคล้ายกระจก
1	ทะเลริ้ว ยอดคลื่นไม่เป็นฟอง
2	คลื่นเป็นระลอกเล็กๆ ปรากฏให้เห็นชัด แต่ยังไม่แตกเป็นฟอง
 3	คลื่นเป็นระลอกโตขึ้น คลื่นเริ่มแตกเป็นฟองขาว
4	คลื่นขนาดเล็กใหญ่ขึ้น และเป็นฟองขาวมากขึ้น
5	คลื่นขนาดปานกลางยาวมากขึ้น โอกาสที่จะเป็นฝอยน้ำได้บ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราโบฟอร์ด	ปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล
6	คลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น คลื่นแตกเป็นฟองขาวมากขึ้น เป็นฝอยน้ำมากขึ้น
7	น้ำทะเลสูงขึ้น และฟองแตกเป็นทาง เริ่มพัดกระจัดกระจายไปตามคลื่น หัวแตก
8	คลื่นค่อนข้างสูง มีช่วงคลื่นขึ้น คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางเห็นได้ชัดเจน
9	คลื่นสูงยอดคลื่นเริ่มม้วนตัว คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางหนาทึบ และฝอยน้ำที่พัดอยู่สูงในอากาศ ทำให้มีทัศนวิสัยเลว
10	คลื่นสูงมากมียอดคลื่นที่ยื่นออก ทะเลมีฟองขาวไปหมด การม้วนตัวของคลื่นมีมากขึ้น และทัศนวิสัยเลย
11	คลื่นสูงใหญ่มาก ทะเลมีฟองขาวเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลว
12-17	แตกเป็นฝอยน้ำอยู่ในอากาศเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลวลงมาก

ตารางที่ 3 ตารางเทียบความเร็วลมของมาตราโบฟอร์ดกับปรากฏการณ์ธรรมชาติในทะเล

ที่มา : Don (1975, p. 198)

: กรมอุตุนิยมวิทยา : http://www.marine.tmd.go.th/thai/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 อัตราเร็วลม

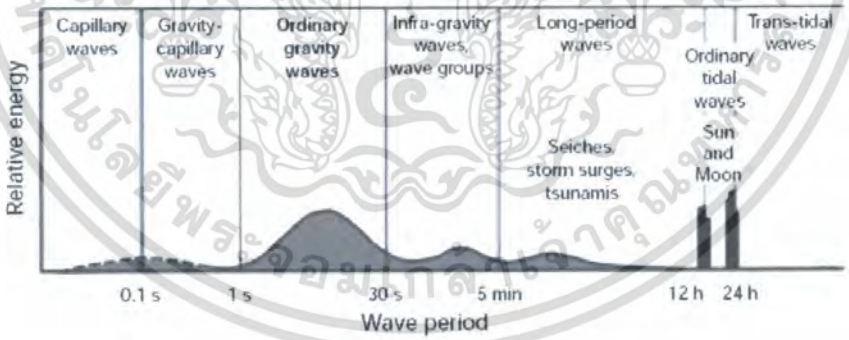
ลมมีอัตราเร็วต่างกัน ถ้าลมมีอัตราเร็วสูง จะก่อให้เกิดความเสียหายที่รุนแรง ลมที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ถ้ามีอัตราเร็วตั้งแต่ 62 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะเริ่มก่อให้เกิดความเสียหาย ถ้าอัตราเร็วลมตั้งแต่ 89 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จะสามารถทำความเสียหายให้กับอาคารบ้านเรือนได้ ถ้าเป็นลมพายุซึ่งมีอัตราเร็วลมมากกว่า 118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความรุนแรงและความเสียหายมีสูงมาก

2.1.6 พลังงานลม

จัดเป็นพลังงานหมุนเวียนชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้ไม่มีวันหมด มีสาเหตุใหญ่มาจากความร้อนที่แผ่จากดวงอาทิตย์สู่โลกเราให้กับอากาศไม่เท่าเทียมกัน ทำให้อากาศร้อนที่เบากว่าลอยขึ้น และอากาศเย็นที่หนักกว่าลอยเข้ามาแทนที่

2.2 คลื่น

คลื่นมหาสมุทรเป็นผลมาจากอิทธิพลของการกระทำต่อผิวหน้าน้ำทะเล ซึ่งอิทธิพลของคลื่นเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับผิวหน้าน้ำทะเล โดยที่สามารถแบ่งประเภทและขนาดของคลื่นได้จากค่าคาบคลื่น ซึ่งตัวการหลักที่ทำให้เกิดคลื่นได้แก่อิทธิพลของลม ดังนั้นจึงมีการศึกษาคลื่นลมในมหาสมุทรโดยใช้สมการคณิตศาสตร์ สร้างเป็นแบบจำลองพยากรณ์คลื่นลม แบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเลมีการพัฒนามาเป็นลำดับ นอกจากอิทธิพลของลมที่ทำให้เกิดคลื่นแล้ว แรงดึงดูดระหว่างดวงอาทิตย์ดวงจันทร์ และโลกก็เป็นตัวการที่ทำให้เกิดคลื่นน้ำขึ้นน้ำลง (Tidal wave)



รูปที่ 2.2 การจำแนกคลื่นทะเลโดยพิจารณาจากคาบของคลื่น

2.2.1 คุณสมบัติของคลื่น

คลื่นที่ปรากฏในธรรมชาติมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกัน แล้วแต่มหาสมุทร เขตทางภูมิศาสตร์และฤดูกาล โดยหลักเกณฑ์เบื้องต้น ขนาดของคลื่นขึ้นอยู่กับ

- ความเร็วลม (Wind speed = W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

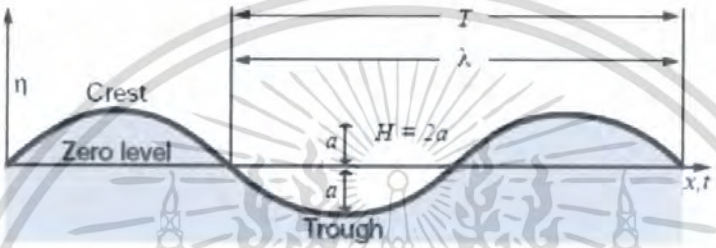
- ช่วงเวลาที่ลมพัดต่อเนื่องกันในทิศทางคงที่ (Duration = D)

- ระยะทางที่ลมพัดผ่าน (Fetch = F)

ถ้าใช้คาบของคลื่น (T) และความสูงของคลื่น (H) เป็นเครื่องวัดขนาดของคลื่น เราอาจเขียนเป็นสัญลักษณ์ ได้ดังนี้ $T, H = f(W, F, D)$

2.2.2 คลื่นเชิงเส้น

การเคลื่อนที่ของคลื่นจะแสดงในรูปคลื่นไซน์ ซึ่งเป็นเส้นโค้งที่มีความยาวคลื่นขนานไปกับจุดสูงสุดของคลื่นโดยที่ความสูงต้องเท่ากัน และความเร็วต้องคงที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับจุดยอดและสลับกันไปมา



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างคลื่นไซน์

2.2.2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้

λ คือ ความยาวคลื่น ระยะทางระหว่างยอดคลื่นที่ติดกัน 2 ยอดคลื่น

T คือ คาบคลื่น ช่วงเวลาระหว่างยอดคลื่น 2 ยอดคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่ง

f คือ ความถี่ จำนวนยอดคลื่นที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่งวินาที โดยที่ $f = \frac{1}{T}$

a คือ แอมปลิจูด ขนาดของการกระจัดสูงสุดจากระดับน้ำ

H คือ ความสูงคลื่น ผลต่างระหว่างยอดคลื่นกับท้องคลื่น สำหรับคลื่นไซน์ จะได้ $H = 2a$

c คือ ความเร็วคลื่น ความเร็วของการเคลื่อนที่ของคลื่น

steepness คือ ความชันคลื่น คือ อัตราส่วนของความสูงคลื่นต่อความยาวคลื่นคือ $\frac{H}{\lambda}$

2.2.2.2 ความสัมพันธ์พื้นฐาน

เราสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นได้จาก $\lambda = cT$ (2.1)

คือ ความยาวคลื่น = ผลคูณของความเร็วคลื่นและคาบคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะได้รูปแบบของคลื่นที่อยู่ในรูปของคลื่นไซน์ ดังนี้

$$\eta(x,t) = a\sin(kx - \omega t) \qquad (2.2)$$

จากสมการที่ 2.2, $k = 2\pi/\lambda$ เป็นค่าคลื่น และ $\omega = 2\pi/T$ เป็นความเร็วเชิงมุม โดยที่ c จากสมการ2.1 สามารถเขียนได้เป็น λ/T และเราจะให้นิยามความสัมพันธ์ของ ω และ k ได้เป็น ω/k ซึ่งสามารถสร้างสมการได้เป็น

$$\omega^2 = gk \qquad (2.3)$$

ที่ g คือความเร่งตามแรงดึงดูดของโลก จะได้ $c = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} = \sqrt{\frac{g}{k}}$

ถ้าเราพิจารณาเวลาที่ตัดกันที่ $t = 0$ ในแนวแกน x เราจะได้การกระเพื่อมของน้ำเป็น $\eta(x,t) = a\sin(kx)$

ในทำนองเดียวกันเราจะได้ปริมาณการเคลื่อนไหวของคลื่นที่วัดได้โดยการบันทึกบริเวณกระแสคลื่นที่ตำแหน่ง $x = 0$ เราจะได้

$$\eta(x,t) = a\sin(-\omega t) \qquad (2.4)$$

2.2.3 ชนิดและการเกิดของคลื่นเนื่องมาจากลม

ลมเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดคลื่นขึ้นในน้ำระดับผิวหน้า น้ำทะเลซึ่งมีความหนืด (Viscosity) เมื่อถูกลมพัดผ่านน้ำผิวหน้า "จะยืด" ออกตามแรงลม แล้วจะ "หด" ตัวกลับเพื่อรักษาสมดุลด้วยแรงตึงผิว (Surface tension) ทั้งนี้น้ำก็มีลักษณะคล้ายวัตถุยืดหยุ่นอ่อนๆ (Elastic membrane) โดยการยืดและหดเนื่องจากแรงดังกล่าว ทำให้น้ำผิวหน้าโค้งขึ้นและโค้งลง (Undulate) เกิดคลื่นขนาดเล็กขึ้นในที่สุด (Ripples or Wavelets) คลื่นขนาดเล็ก ๆ เหล่านี้ จะปรากฏให้เห็นเมื่อมีลมพัดเท่านั้น ถ้าลมหยุดพัดคลื่นเหล่านี้จะสลายตัวเกือบทันที พูดอีกแง่หนึ่งว่าเป็นคลื่นที่มีอายุสั้น ต่อเมื่อมีลมพัดต่อเนื่องกันเป็นเวลานานพอสมควร คลื่นเหล่านี้จะ ค่อยๆ ขยายโตขึ้น เพราะผิวหน้าน้ำที่ "ขรุขระ" เนื่องจากมีคลื่นขนาดเล็กๆ ทำให้เกิดพื้นที่ผิวในส่วนที่จะรับลมเพิ่มขึ้น (ส่วนนูน) คลื่นที่ขยายโตขึ้นมีชื่อใหม่ว่า Sea หมายถึงคลื่นที่ยังอยู่ในบริเวณที่มีลมพัด มีความยาวคลื่นสั้นและยอดคลื่นผสม ผิวน้ำในตอนนี้สับสนวุ่นวาย และเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ในระยะไกลเราจึงมักเห็นผิวน้ำ มีลักษณะเป็นหลุม เนิน เหลี่ยม คล้าย "เพชร" เหตุที่ปรากฏเช่นนี้เพราะว่า โดยธรรมชาติ ลมพัดด้วยความเร็วและทิศทางที่ไม่แน่นอน ในช่วงเวลาหนึ่งความเร็วและทิศทางอาจเปลี่ยนแปลงหลายตลบ นอกจากนี้ในบางครั้งลมยังเคลื่อนที่ในลักษณะหมุน เวียนซ้าย เวียนขวา แล้วแต่กรณี คลื่นขนาดเล็กอาจซ้อนอยู่ในคลื่นขนาดใหญ่กว่า คลื่นที่มีความเร็วกว่า เคลื่อนที่ทับคลื่นที่ช้ากว่า คลื่นชนกันสลายตัวบางส่วน ทำให้ส่วนที่เหลือมีทรวดทรงไม่สมประกอบ ฯลฯ ต่อมา Sea ซึ่งมีหลายขนาดและมีความเร็วต่างกัน จะค่อยๆ ปรากฏทรวดทรงให้เห็นชัดขึ้น กล่าวคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พวกที่มีความเร็วมากว่าจะวิ่งล้ำหน้าพวกที่เคลื่อนที่ช้ากว่า นับว่าเป็นการแยกคลื่นหลายชนิด ซึ่งเกิดพร้อมกันออกจากกันตามธรรมชาติ คลื่นที่แยกออกจากกันแล้วจะมียอดคลื่น (Crest) และท้องคลื่น (Trough) ดีขึ้นกว่าเดิม เรียกคลื่นในตอนนี้ว่า คลื่นใต้น้ำ (Swell) หมายถึงคลื่นที่ เกิดขึ้นนอกเขตลมพัด ยอดคลื่นเตี้ยมนกลมกว่าเดิมเล็กน้อย โดยธรรมชาติของคลื่น คลื่นที่ค่อยๆ โตขึ้นในขณะที่มีลมพัดจะได้รับพลังงานจากลมเพิ่มขึ้น คลื่นจึงค่อยๆ มีความเร็วเพิ่มขึ้น ในตอนแรกคลื่นเคลื่อนที่ช้ากว่าลม ต่อมาจะเท่ากับลม และในที่สุดจะเร็วกว่าลม ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเคลื่อนที่ออกนอกเขตที่มีลมพัดได้ ในธรรมชาติจึงเห็นคลื่นเคลื่อนที่นำหน้าลม หรือเคลื่อนที่เข้าหาฝั่งได้อย่างอิสระโดยไม่มีลมพัดเลย จึงอาจเรียกคลื่นใต้น้ำ (Swell)) ว่าเป็น Free waves ในบริเวณที่มีคลื่นใต้น้ำ (Swell) ผิวน้ำทะเลจะลดความสับสนและขรุขระมาก เริ่มมองเห็นคลื่นเคลื่อนที่อย่างเป็นระบบ คลื่นหลายขนาดและด้วยความเร็วต่างๆ กันจะเคลื่อนที่ตามหลังกันเป็นขบวน (Wave train) หรือเป็นกลุ่มมีลักษณะเฉพาะ (System) คลื่นที่นำหน้าอาจรวมตัวเมื่อเข้าเขตที่มีความตื้น เช่น เกาะใต้น้ำ สันทรายใต้น้ำ ฯลฯ ในขณะที่คลื่นอายุน้อยจากแถวหลังจะวิ่งติดตามคลื่นที่หายไป โดยลักษณะนี้เราจะเห็นคลื่นตลอดเวลา

ในขณะที่ คลื่นใต้น้ำ (Swell) เคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จะมีแรงพวกหนึ่ง คอยทำให้คลื่นเปลี่ยนแปลง ความสูงของคลื่นจะค่อยๆ ลดต่ำลง ยอดคลื่นจะมนกลมขึ้น เรื่อยๆ คลื่นที่มีอายุสั้น (ใกล้เขตลมพัด) ยอดคลื่นจะชันกว่าคลื่นที่มีอายุมาก (ห่างเขตลมพัด) แรงที่ว่าได้แก่ แรงตึงผิว (Surface tension) และแรงดึงดูดของโลก (Gravity) โดยหลักการแรงทั้งสองนี้จะพยายามทำให้ผิวหน้าน้ำคืนสู่สภาพปกติ (ราบ) คลื่นขนาดเล็กที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1.7 ซม. (โดยประมาณ) หรือเป็นคลื่นที่มีคาบนานตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 4 นาที แรงดึงดูดของโลกจะเข้ามาเกี่ยวข้องและมีอำนาจเหนือแรงตึงผิว จึงอาจเรียก คลื่นใต้น้ำ (Swell) ว่าเป็น Gravity waves ก็ย่อมได้ คลื่นที่เราเห็นในมหาสมุทรส่วนใหญ่เป็นคลื่นแบบนี้

ยังมีเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ทำให้ คลื่นใต้น้ำ (Swell) มียอดคลื่นมนกลมขึ้น เมื่อคลื่นเปลี่ยนสภาพจาก Sea เป็น คลื่นใต้น้ำ (Swell) หมายความว่า ผิวหน้าน้ำเปลี่ยนจากความสับสนขรุขระมากๆ เป็นความเรียบและมีระบบ คลื่นที่เคลื่อนที่อยู่ในบริเวณหลัง จะแผ่กระจายออก เนื่องจากมีเนื้อที่กว้างขึ้น ความยาวคลื่นขยายออก ความสูงลดลง เปรียบเหมือนวัตถุยืดหยุ่นถูกผลักดันให้เคลื่อนผ่านช่องแคบ ในช่องนี้วัตถุยืดหยุ่นจะต้องทำตัวลีบโดยการบีบตัวสูงขึ้น ต่อเมื่อผ่านช่องแคบไปแล้วจะพองออกอย่างเดิม ความสูงจึงลดลงตามที่ว่าง ในสภาพ น้ำที่มีความลึกเพียงพอคือ ลึกกว่า $L/2$ และไม่มีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

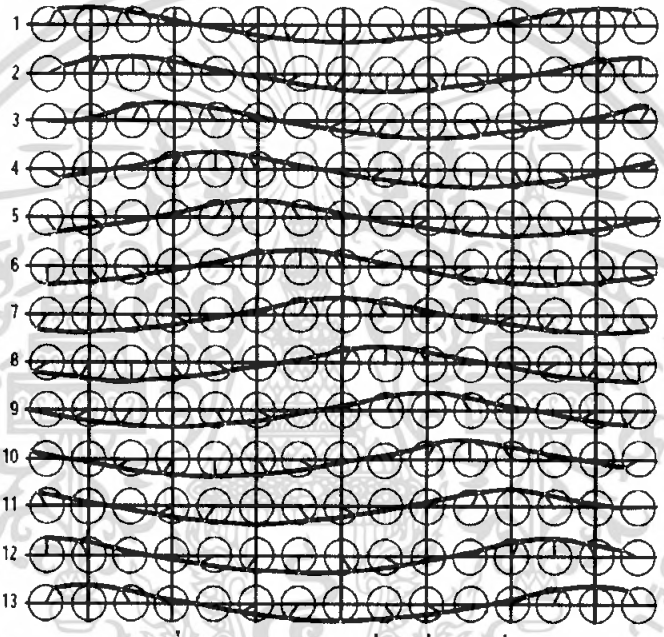
ใดๆ คลื่นเหล่านี้จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่อนข้างมาก เรียกว่า คลื่นน้ำลึก (Deep-Water Waves)

2.2.4 วงโคจรในการเคลื่อนไหวของอนุภาคน้ำ

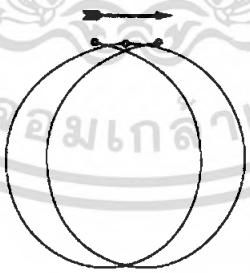
จากหลักฐานการเคลื่อนไหวของอนุภาคน้ำจะขึ้นบนและลงล่างเป็นคลื่นต่อเนื่องกัน

โดยสามารถมองเห็นวัตถุเล็กๆลอยตัวขึ้นมา โดยที่การเคลื่อนที่ของน้ำจะถอยหลังและไปข้างหน้าได้อย่างอิสระ เส้นรอบวงของวงกลมจะเท่ากับ πH ซึ่งเส้นรอบนี้จะถูกครอบคลุม โดยอนุภาคภายในเวลาเท่ากับ 1 คาบเวลา ความเร็วของน้ำก็จะได้เป็น $\pi H/T$

จากรูปที่ 2.4 อนุภาคของน้ำจะเคลื่อนไหวเป็นวงกลมโดยจะเคลื่อนไหวจนครบรอบของวงกลม



รูปที่ 2.4 อันดับการเคลื่อนที่ของคลื่น



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำระหว่าง 2 คาบคลื่น

2.2.5 พลังงานคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนที่ของคลื่นในน้ำ ทำให้ได้พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ ทำให้เกิดสมดุลของพลังงาน ค่าของพลังงานของคลื่นเชิงเส้น คือ $\rho_w ga^2/2$ ซึ่งเท่ากับ $\rho_w gH^2/8$ โดยที่ ρ_w คือความหนาแน่นของน้ำ ซึ่งจะได้ผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของอนุภาคทั้งหมดในแนวของน้ำสำหรับหนึ่งความยาวคลื่น

การเคลื่อนไหวของอนุภาคน้ำนั้น น้ำจะเคลื่อนตัวเป็นวงกลมตามการเคลื่อนที่ของคลื่นจนครบรอบ ซึ่งอนุภาคของน้ำจะใหญ่ที่ผิวน้ำและเมื่อเข้าสู่ความลึกอนุภาคของน้ำจะลดลงเป็นแบบเอกซ์โปเนนเชียล การเคลื่อนตัวเป็นวงกลมก็จะกลายเป็นวงรี ดังรูปที่ 2.6

รูปที่ 2.6 การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำที่ระดับความลึกที่ต่างกัน

2.2.6 การจำแนกคลื่นตามความลึกของน้ำ

การแพร่กระจายของพลังงานในรูปแบบคลื่นในน้ำลึกลักษณะของอนุภาคน้ำในแนวตั้งฉากกับผิวหน้าน้ำ ทำให้อนุภาคของน้ำเล็กลง และลดศักยภาพลง สัดส่วนระหว่างความลึกของน้ำ (h) และความยาวคลื่น (λ) สามารถจำแนกประเภทของน้ำได้ ดังนี้

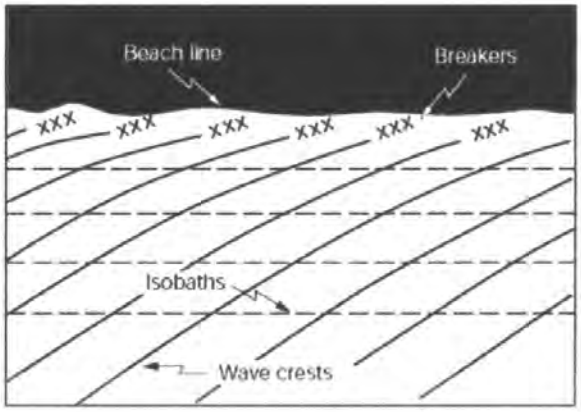
- คลื่นน้ำลึก $h > \lambda/4$
- คลื่นน้ำที่อยู่ระหว่างน้ำลึกและน้ำตื้น $\lambda/25 < h < \lambda/4$
- คลื่นน้ำตื้น $h < \lambda/25$

<u>หมายเหตุ</u> การสลายตัวของคลื่นบริเวณชายฝั่ง เนื่องจากแรงเสียดทานใต้ท้องน้ำ (Bottom friction)

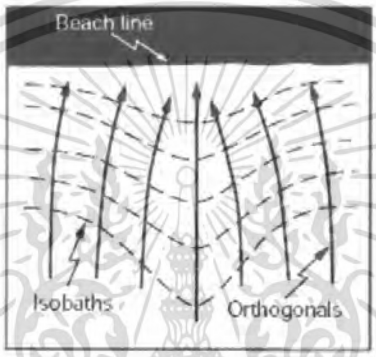
2.2.7 การหักเหและการเลี้ยวเบนของคลื่น

ที่ท้องทะเลอาจจะเกิดปรากฏการณ์การหักเหของคลื่นขึ้น เมื่อคลื่นแปรผันไปตามความลึก ในส่วนของคลื่นน้ำลึก คลื่นจะมีความเร็วมากกว่าคลื่นบริเวณน้ำตื้น (2.11) ตัวอย่างของการหักเหของคลื่นจะแสดงให้เห็นในรูปที่ (2.6),(2.7),(2.8)

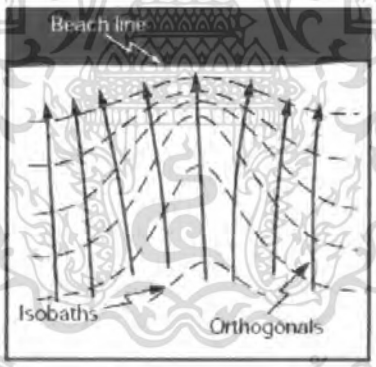
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การหักเหของแสงที่ขนานกับก้นทะเล



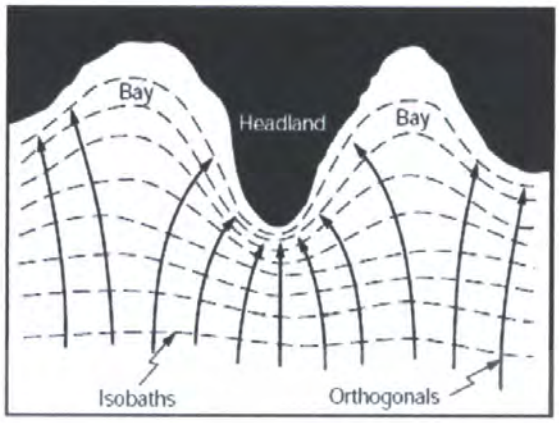
รูปที่ 2.8(a) การหักเหของแสงเป็นสันเขา



รูปที่ 2.8(b) การหักเหของแสงเป็นหุบเขาลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.9 การหักเหของแสงที่ไม่สม่ำเสมอ

รูปที่ 2.10 ลักษณะการเลี้ยวเบนของคลื่นเมื่อเจอกำแพงกันคลื่น

2.2.8 การแตกตัวของคลื่น

จากความเร็วของอนุภาคคลื่น คือ ในส่วนบนจะมีความเร็วดีกว่าส่วนล่างเพียงเล็กน้อย ผลที่ตามมานี้เป็นการขยายตัวในคลื่นที่สูงมากๆ จากคลื่นที่กระเพื่อมสูงสุดจะได้ค่าจาก $\pi H/T$ ไปเป็น $7H/T$ ซึ่ง $7H$ จะเท่ากันกับความยาวคลื่น λ การกระเพื่อมของน้ำจะทำให้ยอดคลื่นเท่ากันกับอัตราของการแพร่ขยาย จะได้เป็น λ/T

ตามทฤษฎีของ Stokes คลื่นไม่สามารถทรงตัวได้เมื่อค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงคลื่นกับความยาวคลื่นมีค่ามากกว่า 1/7 ในความเป็นจริงความชันของคลื่นจะมีค่ามากกว่า 1/10 แต่พบไม่บ่อยนัก เมื่อคลื่นเคลื่อนที่เข้าไปยังน้ำตื้น ลักษณะของคลื่น จะเปลี่ยนไปจากคลื่นที่มาจากน้ำลึก โดยคาบของคลื่นยังคงที่ แต่ความเร็วคลื่นลดลง และความยาวคลื่นลดลง เมื่อความน้ำลึกน้อยกว่าครึ่งของความยาวคลื่น จะกลับไปสู่ความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
82781

เริ่มต้น เมื่ออัตราส่วนของ h/λ เป็น 0.06 และหลังจากนั้น ความสูงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนกว่าจะถึงจุดแตกตัว ซึ่งจะได้สมการ

$$h_b = 1.28H_b \qquad (2.13)$$

h_b คือ เทอมของการแตกตัวของน้ำลึก และ H_b คือ ความสูงของหัวคลื่นที่แตกตัว

รูปที่ 2.11 รูปหน้าเสี้ยวของคลื่นโค้งแหลม

รูปที่ 2.12 คลื่นตามทฤษฎีของ Stoke

2.2.9 ส่วนประกอบของคลื่นเดี่ยว

คลื่นทะเลไม่ได้เป็นคลื่นที่มีรูปร่างไปในทางเดียว แต่จะมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะดู เหมือนคลื่นซ้อนๆกัน และไม่เปลี่ยนแปลงผิวหน้าน้ำ คลื่นทะเลเป็นคลื่นที่มียอดคลื่นสั้น คลื่นนี้จะใหญ่ขึ้นภายใต้อิทธิพลของลมทะเล

รูปแบบทั่วไปของคลื่นที่มียอดคลื่นยาว สังเกตได้เมื่อเป็นคลื่นไม่ยาวภายใต้อิทธิพล ของต้นกำเนิดของลม คลื่นนี้จะเรียกว่า Swell หรือคลื่นใต้น้ำเป็นคลื่นที่เกิดขึ้นนอกเขตลมพัด ยอดคลื่นเตี้ยมนกลมกว่าเดิมเล็กน้อย

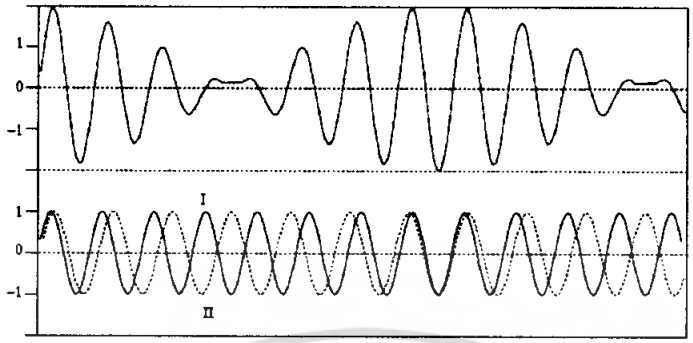
สังเกตการณ์รวมกันของคลื่นบนทะเลสามารถจะประกอบเป็นจำนวนของคลื่นเชิงเดียว โดยค่าของ ความสูง ความยาวคลื่น และ ทิศทาง จะเปลี่ยนแปลง

ขั้นแรก เราจะพิจารณาระยะของคลื่น ยอดคลื่นจะขนานกันแต่ในความสูงที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่างดังรูปร่างในรูปที่ 2.12 ถึงแม้ว่าเส้นโค้งนี้จะปกติอย่างพอสมควร รูปร่างของโพรงคลื่นเชิงเดียวจะมีระยะไม่สูงนัก เพราะว่าความสูงไม่เหมือนกันทุกที่ ไม่เหมือนกันในแนวระยะห่างที่ขนานกันระหว่างยอดคลื่น รูปร่างนี้แม้ว่าสามารถแสดงให้เห็นการรวมกันของคลื่นเชิงเดียวสองคลื่นที่ความยาวคลื่นแตกต่างกันเล็กน้อย (ดูรูปที่ I และ II ในรูปที่ (2.13) การเบี่ยงเบนในแนวตั้งที่เพิ่มขึ้นของ I และ II ที่จุดสมนัยของแกนราบ ซึ่งจะได้การเบี่ยงเบนในแนวตั้งของคลื่นใน I และ II

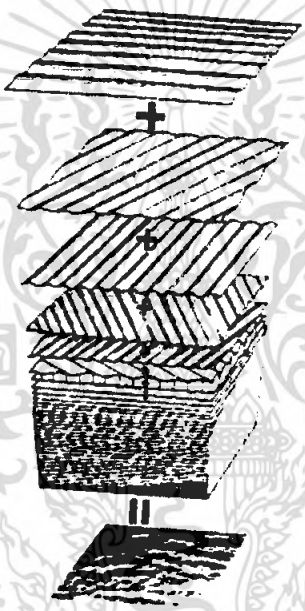
เหตุผลที่ทำให้ยอดคลื่นแปรผันตามความสูงคลื่น ที่รวมกันของคลื่นใน I และ II ซึ่งมันคือ ที่ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งของ I และ II จะเป็นเฟส และความสูงของคลื่นที่รวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล่าวถึงขั้นต่อไป เราสามารถสังเกตเห็นรูปแบบที่ผิดปกติของคลื่นลม สามารถพิจารณาจากการซ้อนทับกันของจำนวนต่างๆของคลื่นไซน์ ซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.13 โดยจะแสดงให้เห็นจำนวนที่คลื่นไซน์ ซ้อนทับกันหลายๆอัน



รูปที่ 2.13 การรวมกันของคลื่น



รูปที่ 2.14 จากรูปจะเป็นคลื่นที่เห็นบนผิวน้ำที่เกิดจากการซ้อนทับกันของส่วนประกอบของคลื่นที่เคลื่อนที่ในทิศทางต่างกัน

2.2.10 คลื่นกลุ่มและอัตราเร็วของคลื่นกลุ่ม

ในทะเลจะประกอบด้วยชุดคลื่นที่ซ้อนทับกันจากหลายทิศทางขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดเช่นลมที่พัดปกคลุม ซึ่งมีขบวนคลื่นแต่ละชุดที่มีความยาวคลื่นไม่เท่ากันเป็นจำนวนมาก

ลักษณะคลื่นใต้น้ำ (Swell) จะมีลักษณะยอดคลื่นมนและความยาวคลื่นค่อนข้างมาก โดยที่ลักษณะการเคลื่อนตัวของคลื่นจะเคลื่อนตัวเป็นขบวนคลื่นจึงทำให้เห็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันในขบวนคลื่นนั้นๆ จะสามารถแสดงให้เห็นในรูปที่ 2.13 เราจะเห็นการรวมกันของคลื่น ซึ่งจะเห็นทั้งการเสริมกันและหักล้างกัน

ลักษณะของคลื่นจะมีความเร็วไม่เท่ากันโดยที่คลื่นกลุ่มจะวิ่งเป็นระยะทางครึ่งหนึ่งของคลื่นเดี่ยว โดยเขียนเป็นสมการของความเร็วของคลื่นกลุ่มสำหรับน้ำลึกได้เป็น :

$$c_g = \frac{c}{2} \qquad (2.14)$$

โดยแสดงในรูปของขีดจำกัดความลึกของน้ำได้ดังนี้ :

$$c_g = \frac{c}{2}\left(1+\frac{2kh}{\sinh 2kh}\right) \qquad (2.15)$$

รูปแบบทั่วไปของกลุ่มความเร็วจะแสดงได้ดังนี้ :

$$c_g = \frac{d\omega}{dk}$$

เราสามารถแสดงความเร็วของคลื่นกลุ่มในรูปของอัตราเร็วที่พลังงานคลื่นเคลื่อนที่ ถ้าพิจารณาการเคลื่อนที่ของพลังงานเนื่องจากความเร็วของคลื่นกลุ่ม ทำให้ความเร็วคลื่นกลุ่มและอัตราเร็วกลุ่มเป็นอัตราเร็วที่ขึ้นกับพลังงานคลื่น

2.2.11 การเก็บบันทึกข้อมูลคลื่นในเชิงสถิติ

การเคลื่อนไหวของผิวน้ำจะเป็นไปตามจุดที่กำหนด ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.15 จะแสดงการบันทึกคลื่น ยอดคลื่นจะบอกโดยเครื่องหมาย Dash และจุดตัดศูนย์ทั้งหมดจะบอกโดยวงกลม คาบ T เป็นระยะห่างเวลาระหว่างจุดตัดสองจุด ความสูงคลื่น H ระยะที่สูงที่สุด จากท้องคลื่นจนถึงยอดคลื่น จะปรากฏบนคลื่นที่บันทึก H_z ระยะจุดสูงสุดของคลื่นระหว่างค่าสูงสุดกับค่าต่ำสุดของจุดตัดศูนย์ของคลื่นขาลงสองจุด (หรือจุดตัดศูนย์ของคลื่นขาขึ้น)

ค่าที่ได้จากการบันทึกกระแสคลื่นจะไม่ซ้ำกับตัวมันเอง เนื่องจากเป็นค่าที่สุ่มจากผิวน้ำทะเล แต่ถ้าสถานะคลื่นหยุดอยู่กับที่ ค่าคุณสมบัติของสถิติของการกระจาย ของคาบและความสูง จะเป็นค่าที่มาจาก การบันทึกค่าหนึ่งครั้งไปยังอีกค่าหนึ่ง พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจะอธิบายถึงสถานะคลื่นจากคลื่นที่บันทึกได้ คือ เนื่องจากการอาศัยค่าสถิติจะได้ค่าที่ตามมาดังนี้ :

$\overline{H}$ = ค่าเฉลี่ยของความสูงคลื่น

$H_{\max}$ = ค่าสูงสุดของความสูงคลื่นที่เกิดจากการบันทึก

$\overline{T_z}$ = คาบคลื่นเฉลี่ยที่จุดตัดศูนย์ เวลาที่ได้มาโดยแบ่งส่วนความยาวเรดคอร์ดโดยจำนวนของจุดตัดคลื่นขาลง (หรือ จุดตัดคลื่นขาขึ้น) ในการบันทึก

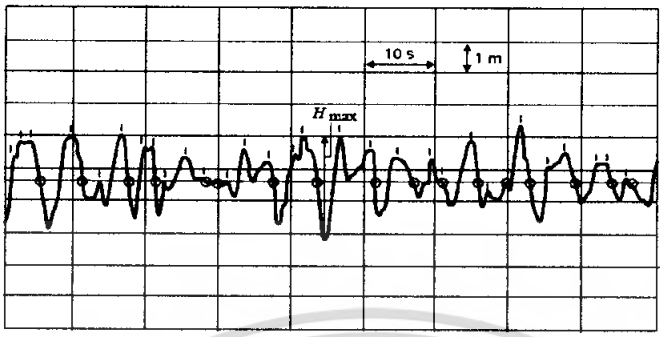
$\overline{H}_{1/n}$ = ค่าเฉลี่ยความสูงของ $1/n$ ของคลื่นที่สูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{T}_{H_{1/n}}$ = ค่าเฉลี่ยคาบของ $1/n$ ของคลื่นที่สูงที่สุด

$\overline{H}_{1/3}$ = ความสูงคลื่นที่นัยสำคัญ

$\overline{T}_{H_{1/3}}$ = คาบคลื่นที่นัยสำคัญ



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการบันทึกคลื่น

2.2.12 ระยะเวลาที่ทำการบันทึกคลื่น

ระยะเวลาที่ดีที่สุดของการบันทึกคลื่นถูกกำหนดโดยปัจจัยหลายๆ อย่าง ปัจจัยแรก สำหรับนิยามที่ถูกต้องของสถานะคลื่น จะมีเงื่อนไข สถิติที่คงที่ในระหว่างการสุ่มคาบ ในความเป็นจริง ค่าสถิติที่ได้มาจะไม่สมบูรณ์ทั้งหมด โดยขอบเขตของคลื่นคือจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อสถิติลดลง คลื่นที่บันทึกจะจำกัดที่ 200 ของจุดตัดศูนย์ของคลื่นขาลง

การวิเคราะห์ที่ดีที่สุดจะแสดงโดยคอมพิวเตอร์ สำหรับการบันทึกเกี่ยวกับตัวเลขซึ่งจะได้ การเคลื่อนย้ายในแนวตั้งฉากของผิวทะเล เป็นการสุ่มอัตราของ 1-10 ครั้งต่อวินาที

2.2.13 บันทึกการใช้พารามิเตอร์ทางสถิติ

ขอบเขตของสถานะคลื่นจะใช้เพื่อกำหนดเงื่อนไขของคลื่น ซึ่งจะอธิบายโดยค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ ค่านี้จะเป็นการรวมกันของ ความสูงคลื่นที่ต้องการ , $\overline{H}_{1/3}$ และคาบเฉลี่ยที่ตัดจุดศูนย์, $\overline{T}_z$

การจำแนกเฉพาะคาบที่ตัดแกนศูนย์ขาลงของการบันทึก ค่าเฉลี่ยของคาบของคลื่นที่สูงที่สุดจะบันทึกโดยประมาณได้ดีปกติ โดยคาบเกี่ยวเนื่องกับยอดคลื่นสเปกตรัม โดยเราจะได้ค่าเฉลี่ยของคาบคลื่นเป็น $1/n$ ของคลื่นที่สูงที่สุด โดย $n>3$ คือ จะไม่เปลี่ยนแปลงจาก $\overline{T}_{H_{1/n}}$ แต่ แสดงการกระจายที่กว้างกว่า

รูปแบบทั่วไปคือ $\xi = H/\lambda$ ซึ่งจะได้เป็นสมการดังนี้

$$\xi = \frac{2\pi H}{gT^2}$$

เมื่อ H คือความสูงของคลื่น และ T คือคาบเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.14 การกระจายของความสูงคลื่น

ผิวของทะเลแทนด้วย $\eta(x,t)$ โดยทั่วไปจะแสดงการเปลี่ยนแปลงของผิวของทะเลในรูปของช่องว่างและเวลาที่เกิดคลื่น (ดูสมการที่ 2.2) และการซ้อนกันของสถานะคลื่น ขอบเขตของความยาวคลื่นที่ได้จากสถานะคลื่นไม่กว้าง จะแสดงในรูปของ η มาจากวิธีของเกาส์เซียน

พารามิเตอร์ได้แก่ η เป็นค่าสูงสุดหาได้จากวิธี Rayleigh distribution สำหรับสถานะคลื่นจะได้ค่าสูงสุดเป็น ความสูงคลื่นที่เชื่อมโยงกันโดยตรง ถ้า $F(H)$เป็นค่าความน่าจะเป็นของความสูงที่เหนือกว่า ค่าความสูงที่กำหนดให้ H_1 ในลักษณะสถานะคลื่นโดยค่าที่รู้ของ $\bar{H}_{1/3}$ ซึ่ง $F(H)$จะกำหนดโดย

$$F(H_1)=1-\exp\left[-2\left(H_1/\bar{H}_{1/3}\right)^2\right] \qquad (2.16)$$

ความน่าจะเป็น $Q(H_1)$ ของความสูงที่มากกว่า H_1 จะได้เป็น

$$Q(H_1)=1-F(H_1) \qquad (2.17)$$

ถ้า $\bar{H}_{1/3}$ เป็นการคำนวณจากการบันทึกคลื่นของความยาวที่มีขอบเขต การบันทึกความยาว หรือ ค่าของคลื่นที่ใช้ การคำนวณในการอธิบาย ถ้าการบันทึกประกอบด้วย N คลื่น n โดยที่ $n \le N$ ของคลื่นที่มากกว่าจะให้ค่าความสูง H_1 จะได้สมการเป็น

$$Q(H_1)=\frac{n}{N} \qquad (2.18)$$

ความสัมพันธ์ของสมการที่ (2.16) และสมการที่ (2.17) ภายใต้ สมการที่ (2.18) จะได้เป็น

$$\bar{H}_{1/3}=H_1\left(0.5\ln\frac{N}{n}\right)^{-0.5} \qquad (2.19)$$

ถ้า $\bar{H}_{1/3}$ เป็นปริมาณที่รู้แล้ว จะจำแนกการบันทึกคลื่น ซึ่งจะเปรียบเทียบโดย Rayleigh distribution โดยจะได้

$$H_1=\bar{H}_{1/3}\sqrt{0.5\ln\frac{N}{n}} \qquad (2.19a)$$

สำหรับการพยากรณ์ของค่าสูงสุดของความยาวคลื่น $H_{\max}$ สำหรับลำดับของ N คลื่นโดยรู้ $\bar{H}_{1/3}$ จะได้ค่าของค่าสูงสุดของความสูงคลื่นดังนี้

$$H_{\max}=\bar{H}_{1/3}\sqrt{0.5\ln N} \qquad (2.20)$$

ถ้า 50%ของ การจำแนกของค่าสูงสุดที่ได้มา เราจะได้ค่าประมาณของ $H_{\max}$ ได้ค่าดังสมการ

$$H_{\max}=\bar{H}_{1/3}0.5\ln\sqrt{1.45N} \qquad (2.21)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.15 คลื่นสเปกตรัม

พื้นผิวหน้าน้ำของทะเลจะเป็นผลมาจากการรวมกันของคลื่นในทิศทางต่างๆกัน เนื่องมาจากลมหรือทิศทางของคลื่นใต้น้ำ (Swell) ซึ่งมีอัตราเร็วคลื่นกลุ่มที่แตกต่างกัน แนวคิดเกี่ยวกับพลังงานของการเคลื่อนที่ของคลื่นจะแปรผันตรงกับความถี่หรือคาบคลื่น นำไปสู่สเปกตรัม โดยที่การบันทึกคลื่นจะอยู่ในรูปแบบการวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (หรือ Fourier) โดยใช้ฟังก์ชันไซน์ซึ่งเป็นตัวแปรตามของ ความถี่ ทิศทาง แอมปลิจูด และเฟส

การวิเคราะห์ฮาร์มอนิก (Fourier) ให้ค่าประมาณที่ไม่แน่นอน แต่รูปแบบกึ่งคาบ (Quasi-periodic) จากการบันทึกคลื่นตามการรวมกันของโค้งคลื่นไซน์ สำหรับผิวคลื่นจะขึ้นกับเวลาและทิศทาง ดังสมการ

$$\eta(t) = \eta_0 + \sum_{j=1}^{n} a_j \sin\left(j\omega_0 t + \phi_j\right)$$

โดยที่

$\eta(t)$ = การบันทึกผิวของน้ำที่เวลา t

η_0 = ค่าเฉลี่ย (ดังรูปที่ 2.15)

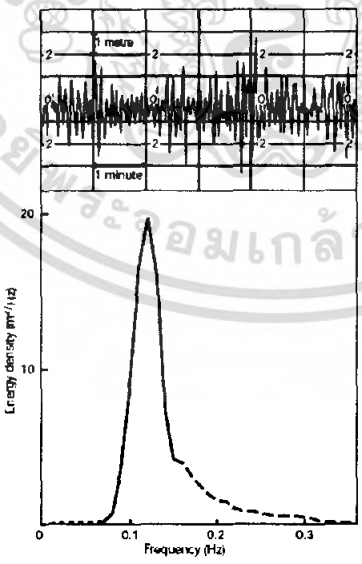
ω_0 = ความถี่เชิงมุม

j = ลำดับของคลื่น

a_j = แอมปลิจูดของลำดับที่ j

ϕ_j = มุมเฟสของลำดับที่ j

n = จำนวนทั้งหมด



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างของคลื่นสเปกตรัมซึ่งได้มาจากผลการบันทึกคลื่น

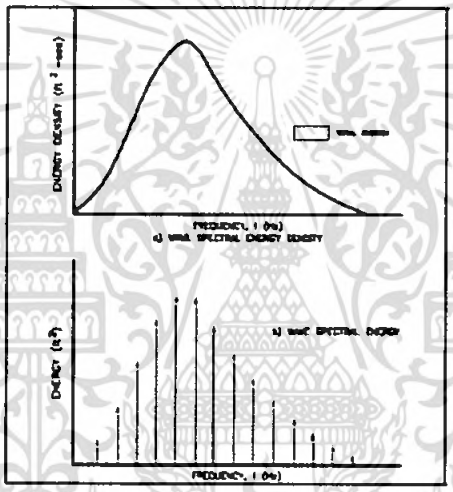
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบของคลื่นแต่ล่ะคลื่นจะเคลื่อนที่ตามความเร็วของตัวมันเอง ดังนั้น สเปกตรัมขององค์ประกอบคลื่นจะเปลี่ยนแปลงที่ผิวคลื่นอย่างต่อเนื่อง ที่ความถี่คลื่นต่ำ องค์ประกอบคลื่นจะเคลื่อนที่เร็วกว่าที่ความถี่คลื่นสูง

พลังงานคลื่นจะเท่ากับ $\rho_w gH^2/8$ หรือ $\rho_w ga^2/2$ โดยที่ $H=2a$ คลื่นสเปกตร้า จะอยู่ในรูปของ E และจะเรียกว่า พลังงานคลื่นสเปกตร้า คลื่นสเปกตร้าจะเกี่ยวข้องกับพลังงานที่มีความถี่คลื่นต่างกัน โดยพลังงานในแต่ล่ะความถี่จะเป็นสัดส่วนกำลังสองของแอมปลิจูดของคลื่นในความถี่นั้นๆ

2.2.16 ตัวแปรคลื่นที่ได้มาจากสเปกตรัม

คลื่นสเปกตรัมเป็นการแปรผันของพลังงานคลื่นบนความถี่ จะได้รูปพลังงานโดยรวมของคลื่นและความหนาแน่นของพลังงานรูปที่ 2.17



รูปที่2.17 ภาพของพลังงานโดยรวมของคลื่นและความหนาแน่นของพลังงาน

$$m_0 = \int_0^\infty E(f)\,df$$

m_0 คือโมเมนต์ของสเปกตรัมที่โมเมนต์ของ Zero-order โดยที่ m_0 จะแสดงในพื้นที่ใต้กราฟของสเปกตรัมจะได้รูปแบบดังนี้

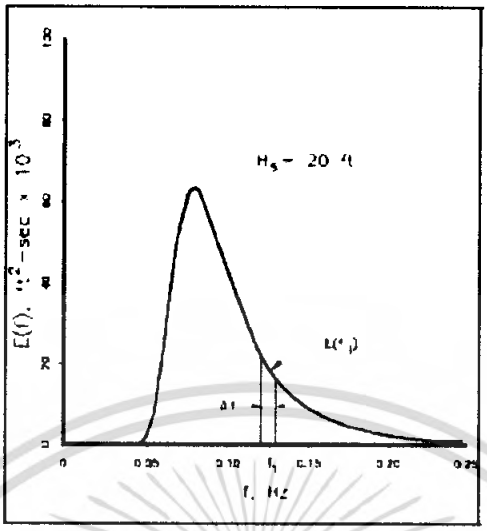
$$m_i = \int_0^\infty f^i E(f)\,df \quad i=0,1,2,\ldots$$

ดังนั้นการที่เราจะหาตัวแปรของความสูงคลื่นสเปกตรัม โดยทั่วไปสามารถใช้การคำนวณจากขนาดพื้นที่ m_0 ในพื้นที่ใต้กราฟสเปกตรัม จะได้สมการ

$$H_s = 3.8\sqrt{m_0} = 4\sqrt{m_0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่สเปกตรัมจะมีความกว้าง ν และความกว้างของแถบความถี่หรือแบนวิดธ์ ε ซึ่งจะกำหนดให้อยู่ในช่วง0 ถึง 1 โดยที่จะสามารถแสดงในรูป 2.19



รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นพลังงานและความถี่คลื่น

ได้เทอมของความกว้าง ν และความกว้างของแถบความถี่หรือแบนวิดธ์ ε ดังนี้

$$\nu = \sqrt{\frac{m_0 m_2}{m_1^2} - 1} \quad ; \quad \varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}}$$

โดยที่Goda(1978)จะแสดงกรณีในการหาค่าเฉลี่ยระยะเวลาของคลื่นในความสูงคลื่นดังแสดงในรูปของ ตัวแปร Q_p โดยให้

$$Q_p = \frac{2}{m_o^2} \int_0^\infty f E^2(f)\, df$$

ให้ $Q_p = 1$ สัมพันธ์โดย $\varepsilon = 1$ โดยที่ Q_p อยู่ในช่วงเวลา1.5 ถึง 5

จากความสัมพันธ์นี้ได้ทำการวิเคราะห์ ซึ่งทำให้ได้ตัวแปรเพิ่มคือ

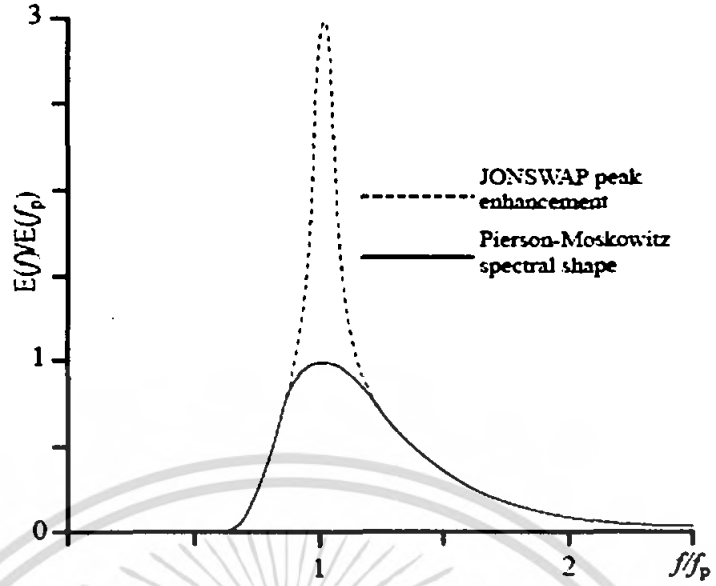
$$H_s = 4.0\sqrt{m_0} \quad ; \quad H_{1/10} = 5.1\sqrt{m_0}$$

$$T_z = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad ; \quad T_c = \sqrt{\frac{m_2}{m_4}}$$

$$\bar{\eta} = \sqrt{m_0} \quad ; \quad \varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}}$$

การเปรียบเทียบของ JONSWAP spectrum กับ Pierson-Moskowitz spectrum ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การเปรียบเทียบของจอนสวอป สเปกตรัม (JONSWAP spectrum) กับ เพียร์สัน-มอสโควิทซ์ สเปกตรัม (Pierson-Moskowitz spectrum)

หมายเหตุ - - - - เส้นปะคือ จอนสวอป สเปกตรัม (JONSWAP spectrum)

——— เส้นทึบคือ เพียร์สัน-มอสโควิทซ์ สเปกตรัม (Pierson-Moskowitz spectrum)

เพียร์สัน-มอสโควิทซ์สเปกตรัม (Pierson-Moskowitzspectrum) เป็นรูปแบบสเปกตรัมที่พัฒนามาจากข้อมูลคลื่นซึ่งมีแนวคิดในช่วงเวลาที่ต่อเนื่องรวมไปถึงที่ลมพัดผ่านแบบไม่จำกัด รูปแบบสมการคือ

$$E(f)=\frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5}e^{-0.74\left(\frac{g}{2\pi u f}\right)^4}$$

โดยที่ $E(f)$ คือการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น (m^2/s), f คือคลื่นความถี่ (Hz), u คือความเร็วลม $(m/s)=19.5m$, g คือความเร่งของแรงดึงดูดโลก (m^2/s) และ $\alpha=0.0081$ สามารถจะแสดงความถี่สูงสุดของเพียร์สัน-มอสโควิทซ์สเปกตรัม(Pierson-Moskowitz spectrum) คือ

$$f_p=0.877\frac{g}{2\pi u}$$

จอนสวอป สเปกตรัม (JONSWAP spectrum) ย่อมาจาก Joint North Sea Wave Project เป็นรูปแบบของพลังงานคลื่นที่นำเอาข้อมูลคลื่นในบริเวณทะเลเหนือมาวิเคราะห์ ซึ่งสามารถหาค่าของ ความถี่คลื่นสูงสุด(Peak frequency) และ คาบคลื่น(Period) ซึ่งจาก2ค่านี้นำมาหา คาบคลื่นนัยสำคัญ(Significant wave period) ของ $\overline{T}_{1/3}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าของ ความถี่คลื่นสูงสุด(Peak frequency) f_p หาได้โดย

$$f_p = 0.148 H_{m0}^{-0.6} U^{0.2}$$

ที่ H_{mo} คือ แบบจำลองของความสูงคลื่นในหน่วย เมตร

U คือ ความเร็วลมในหน่วย เมตรต่อวินาที

และ คาบคลื่นสูงสุด มีค่า $T_p = 1/f_p$

ให้ $H_{m0} \approx H_c = 5$ เมตร และ $U = 15$ เมตรต่อวินาที แล้ว

$$f_p = 0.148(5)^{-0.6}(15)^{0.2} = 0.097 H_z$$

และ $T_p = \dfrac{1}{0.097} = 10.3$ วินาที

การกำหนดค่าของ $\bar{T}_{H1/3}$ เราจะใช้ ผลลัพธ์ของ Goda ในการประมาณค่า นั่นคือ

$$\bar{T}_{H1/3} \approx 0.9 T_p$$

สำหรับปัญหานี้ ได้ $\bar{T}_{H1/3} \approx 0.9 \times 10.3 = 9.3$ วินาที

สำหรับช่วงความสำคัญของคาบคลื่น สามารถกำหนดได้จาก รูปที่ 2.20 ซึ่ง f มีค่าอยู่ที่ประมาณ $0.7 f_p$ ถึง $2.0 f_p$ ซึ่งค่านี้สามารถแปลงเป็นช่วงความสำคัญของคาบคลื่นได้

2.3 หลักในการคำนวณคลื่นลมทะเล

กรมอุตุนิยมวิทยาของแต่ละประเทศ จะมีประสบการณ์ในการพยากรณ์คลื่นลมในทะเลของประเทศตนเองซึ่งรับผิดชอบตามการแบ่งพื้นที่ขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) การเกิดคลื่นลมในทะเลหรือมหาสมุทร สาเหตุมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบรรยากาศกับผิวหน้าน้ำทะเลซึ่งบรรยากาศที่เคลื่อนไหวในแนวราบก็คือลมที่พัดปกคลุม ซึ่งจะส่งพลังงานลงไปยังผิวหน้าน้ำและก่อให้เกิดคลื่น ความสัมพันธ์ระหว่างลมและคลื่นสามารถสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ โดยที่คลื่นเป็นตัวแปรตามและลมเป็นตัวแปรอิสระ แต่การคำนวณคลื่นลมของแบบจำลองคลื่นเชิงตัวเลขจะหามาจากค่าของสเปกตรัมของคลื่นเพราะเราถือว่าคลื่นคือพลังงานรูปหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความคิดพื้นฐาน

ในทางคณิตศาสตร์ได้อธิบายพื้นผิวคลื่นในเชิงสถิติ โดยที่ตัวแปรจะแสดงสภาวะคาบเวลาและขอบเขตที่แน่นอน การคิดคำนวณคลื่นได้มาจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพลังคลื่นกับคาบเวลาหรือความถี่ของคลื่น ซึ่งเมื่อเราหาค่าในความสัมพันธ์นี้ก็จะได้ค่าสเปกตรัม

ดังนั้นสเปกตรัมจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันสเปกตรัมความหนาแน่นของพลังงานโดยมีความถี่และทิศทางเขียนในรูป $E(f,\theta)$ ซึ่งฟังก์ชันพลังงานนี้เป็นส่วนสำคัญที่นำไปเขียนเป็นรูปคลื่นไซน์ โดยที่แบบจำลองนี้จะมีค่าคาดหวังและสามารถแสดงออกได้โดยสร้างแบบจำลองการประมาณคลื่นความสูงที่มีนัยสำคัญ ซึ่งกระบวนการทางความคิดนั้นจะควบคุมพื้นผิวของคลื่น โดยจะแสดงออกมาในรูปทางสถิติ

2.5 สมการความสมดุลของพลังงานคลื่น

แบบจำลองแวม (WAM) จะอธิบายวิวัฒนาการพลังงานของคลื่นใน 2 มิติ ตรงกันข้ามกับโมเดลรุ่นเก่าคือรุ่นที่ 1, 2 ที่อาศัยรูปทรงของพลังงานหยาบๆ เพียงอย่างเดียว แต่โมเดลแวมซึ่งเป็นโมเดลพยากรณ์คลื่นรุ่นที่ 3 ที่คำนวณพลังงานที่แยกออกไปใน 2 มิติ โดยอธิบายอยู่ ในรูปสมการควบคุมการเคลื่อนที่ของพลังงาน (Spectrum transport equation) สามารถแสดงได้ดังนี้ (Gunther, *et al*, 1992)

$$\frac{dE}{dt}+\frac{\partial(\dot{\phi}E)}{\partial\phi}+\frac{\partial(\dot{\lambda}E)}{\partial\lambda}+\frac{\partial(\dot{\theta}E)}{\partial\theta}=S=S_{in}+S_{nl}+S_{ds}$$

โดยที่ $E(f,\theta,\phi,\lambda,t)$ คือ สเปกตรัม ซึ่งเป็นฟังชันของ ความถี่ (f) และทิศทาง (θ) โดยที่ θ เป็นฟังก์ชันของเส้นรุ้ง (ϕ) และเส้นแวง (λ) เทอม $\dot{\phi},\dot{\lambda},\dot{\theta}$ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของคลื่นในที่นี้ $S=$ คือฟังก์ชันที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานการเคลื่อนที่ของคลื่น ซึ่งประกอบด้วย $S_{in}=$ ข้อมูลลม $S_{nl}=$ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่น $S_{ds}=$ การแตกตัวเป็นฟองขาวของคลื่น

ที่มาของ S_{in}

จากการศึกษาของ Janssen (1989, 1991) ทำให้ทราบว่าคลื่นกำเนิดมาจากลม และปัจจัยอื่นๆ โดยที่ความหนาแน่นของบรรยากาศเกิดจากพายุหรือลมที่แรงมากๆ และช่วงเวลาที่ยังคงมีคลื่นอยู่ จากแบบจำลองของแวม ส่งผลกระทบต่ออายุคลื่นและการเคลื่อนไหวของอากาศและวัตถุที่เคลื่อนที่ในอากาศบนสถานะทางทะเล ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$S_{in}=\gamma\cdot F \qquad (2.22)$$

ที่ γ คือ อัตราลมที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะอธิบายจาก

$$\gamma=\varepsilon\omega\beta X^2 \qquad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ ε คือความหนาแน่นของอากาศ ω คือความถี่เชิงมุม X คือระยะทางที่ลมพัดผ่าน ซึ่งจะได้เทอมของ X คือ

$$X = u_* \cos(\theta - \psi)/C \tag{2.24}$$

ให้ u_* คือความเร็วเสียดทาน C คือความเร็วคาบ θ คือทิศทางของคลื่น และ ψ คือทิศทางลม จากตัวแปรของ Miles ได้ β คือ

$$\beta = \frac{\beta_m}{\kappa^2}\mu \ln^4(\mu), \quad \mu < 1 \tag{2.25}$$

โดยที่ κ คือค่าคงที่ของ Von Karman และ μ คือนิยามความแตกต่างของสองสมการ ซึ่งช่วงความสูงที่สำคัญจะอยู่เทอมของ

$$\mu = kz_c \tag{2.26}$$

ที่ k คือ จำนวนของคลื่น z_c คือนิยามในช่วงความสูง โดยที่ $U_0(z = z_c) = c$ ทำให้ได้เทอมที่มีคลื่นและลม โดยที่ μ คือ

$$\mu = \left(\frac{u_*}{\kappa}\right)^2 \Omega_m \exp\left(\frac{\kappa}{X}\right) \tag{2.27}$$

ที่ Ω_m คือตัวแปรที่ขึ้นอยู่กับความยาวหยาบๆ ได้ z_0 คือ

$$\Omega_m = \frac{g}{u_*^2} z_0 \kappa^2 \tag{2.28}$$

โดยที่ g คือแรงดึงดูดของโลก

จากสมดุลของการเคลื่อนไหวของอากาศ ซึ่ง τ คือ ไอน้ำที่ได้จากทะเล แสดงอยู่ในเทอมของ

$$\tau = C_D U^2(L) \tag{2.29}$$

ที่ U คือความเร็วที่มากที่สุดซึ่งได้มาจากความสูง และ C_D จะอยู่ในเทอมของ

$$C_D = \left(\frac{\kappa}{\ln(L/z_0)}\right)^2 \tag{2.30}$$

โดยที่

$$z_0 = \frac{\alpha\tau}{g} \Big/ \sqrt{(1 - (\tau_w)/\tau)} \tag{2.31}$$

ซึ่งได้ α คือความชัน L คือค่าเฉลี่ยของความสูงคลื่นและ τ_w คือ คลื่นเฉพาะซึ่งอยู่ในเทอมของ

$$\tau_w = \frac{g}{\varepsilon}\int \gamma\sigma F d\omega d\theta \tag{2.32}$$

ที่มาของ S_{nl}

วิวัฒนาการของคลื่นสเปกตรัม ปฏิสัมพันธ์ของคลื่นกับคลื่น มีความสำคัญมาก ปฏิสัมพันธ์ของคลื่นกับคลื่นจะส่งผลต่อพลังงานระหว่างคลื่นที่ความถี่ต่างกัน พลังงานภายในสเปกตรัมจะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลักษณะของรูปร่างของสเปกตรัมที่จำกัด กระบวนการนี้เป็นการจำกัดค่าของพลังงาน ซึ่งเป็นผลรวมขอพลังงานคลื่นที่ไม่เปลี่ยนแปลง ตามอนุพันธ์อันดับสามของการวิเคราะห์ความแปรปรวนในพลังงานคลื่น และรูปแบบไม่เชิงเส้น (S_{nl}) จะแสดงโดยการการอินทิเกรต 3 ครั้งจะได้

$$S_{nl} = f\iiint \delta(k_1+k_2-k_3-k)\delta(f_1+f_2-f_3-f) \{n_1n_2(n_3+n)-n_3n(n_1+n_2)\}K(k_1k_2k_3k)dk_1dk_2dk_3 \quad (2.33)$$

โดยที่ δ คือฟังก์ชันเดลต้า ซึ่งประกอบด้วยเงื่อนไข k_1,k_2,k_3 และ f_1,f_2,f_3 คือเวกเตอร์ของจำนวนคลื่น และคาบของปฏิสัมพันธ์ของแต่ละคลื่น $n_i = F(f_i,\theta_i)/f_i, \quad i=1,2,3$ คือผลของความหนาแน่นของคลื่น ฟังก์ชันเคอร์เนล จะให้ขนาดของพลังงานส่งต่อไปยังเวกเตอร์ของจำนวนคลื่น (k)

ที่มาของ S_{ds}

พลังงานสามารถอธิบายโดยการที่คลื่นหยุดการสลายตัว (การแตกฟองขาวของคลื่น) ซึ่งการแตกฟองขาวของคลื่นนั่นอยู่ในเทอม ของ S_{ds} จาก Hasselmann (1974) หลักความสมดุลของพลังงานที่ความถี่สูงของการแตกฟองขาวของคลื่นโดยทำการเพิ่ม k^2 ในเทอม จะได้

$$S_{dis} = \gamma_{dis}F \quad (2.34)$$

ที่ γ_{dis} คือ ขนาดของคลื่นของการสลายตัว ซึ่งอยู่ในเทอม

$$\gamma_{dis} = -2.25k<\omega>(m_0<k>)^2(k+<k>) \quad (2.35)$$

โดยที่ m_0 คือผลรวมของความแปรปรวนต่อ m^2 , $<\omega>$ และ $<k>$ คือ ค่าเฉลี่ยของความถี่เชิงมุม และค่าเฉลี่ยของจำนวนคลื่น

$$m_0 = \int_0^{2\pi}\int_0^{\infty} F(,\theta)dfd\theta \quad (2.36)$$

$$<\omega> = \left[m_0^{-1}\cdot\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty}\frac{F(f,\theta)}{\omega}dfd\theta\right]^{-1} \quad (2.37)$$

$$<k> = \left[m_0^{-1}\cdot\int_0^{2\pi}\int_0^{\infty}\frac{F(f,\theta)}{\sqrt{k}}dfd\theta\right]^{-1} \quad (2.38)$$

2.6 ระบบของของแบบจำลองคลื่น

ระบบของแบบจำลองประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่

1. ส่วนเตรียมการ (Pre-Processing)
2. ส่วนประมวลผล (Processing)
3. ส่วนผลลัพธ์ที่ออกมาจากระบบ (Post-Processing)

1.ส่วนเตรียมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นส่วนเตรียมข้อมูลให้กับแบบจำลองคลื่นโดยเริ่มจากการกำหนดพื้นที่ที่จะรันแบบจำลอง รวมไปถึงข้อมูลความสูงต่ำของภูมิประเทศ และเป็นตัวกำหนดในรายละเอียดของจำนวนจุดพิกัด เป็นส่วนที่กำหนดค่าคงที่ต่างๆ ในแบบจำลอง ทำการสร้างสถานะภาพเริ่มต้นของการรันแบบจำลองคลื่นในครั้งแรก และยังเป็นตัวควบคุมลักษณะของข้อมูลนำเข้า

ในที่นี้จะใช้สเปกตรัมของจอนสวอป (JONSWAP spectrum) ในการกำหนดค่าเริ่มต้นโดยโปรแกรมจะใช้ลมอะไรก็ได้ใส่ค่าเข้าไป เป็นการใส่ค่าพลังงานสเปกตรัมให้กับทุกจุดพิกัด

2. ส่วนประมวลผล

เป็นการประมวลผลโดยนำค่าจากส่วนที่หนึ่งมาคำนวณโดยใช้สมการ Transport equation โดยในส่วนนี้เป็นส่วนที่กำหนดผลลัพธ์ออกมา

ในส่วนนี้จะมีการปรับปรุงและกำหนดค่าหลักเช่น

- สี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือส่วนโค้ง (Cartesian or Spherical propagation)
- น้ำลึก หรือน้ำตื้น (Deep or Shallow water)
- ความลึกกับการเบนของคลื่น (Without or With Depth or With Depth and Current Refraction)
- ตำแหน่งของกริด (Nested grids)
- เวลาการแทรกของลมหรือเวลาที่ไม่มีลมแทรก เป็นการเติมเต็ม 1ดีกรี ประมาณ 111 กิโลเมตร (Time interpolation of winds or no time interpolation)
- ผลลัพธ์จากแบบจำลองต้องมีการส่งค่าเป็นช่วงที่สม่ำเสมอ (Model output at regular intervals or by list,)
- สามารถเลือกแสดงผลข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง (Printer and/or file output of individually selected parameters.)

มีการกำหนดข้อมูลเป็นห้อง โดยผลลัพธ์ก็จะมีดังนี้

1) ผลลัพธ์ที่ตำแหน่งของกริด (Gridded output fields of)

- ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (Significant wave height) เอาค่าที่วัดได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง มาเรียงจากมากไปน้อย ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 ส่วน แล้วเอาส่วนที่มากที่สุดมาเฉลี่ย แล้วตัดอีก 2 ส่วนทิ้งไป ซึ่งเป็นค่าประมาณคร่าวๆ เพื่อนำไปใช้ในการตรวจวัดคลื่นด้วยสายตา
- ค่าเฉลี่ยของทิศทางคลื่น (Mean wave direction) ค่าเฉลี่ยของทิศทางคลื่น คือค่าเฉลี่ยที่จะเซตมุมไว้ให้กลับคลื่นเท่าไหร่
- ค่าเฉลี่ยของความถี่ (Mean frequency (inverse of mean period))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความเร็วเสียดทาน (Friction velocity) เป็นลักษณะของลม เป็นตัวแปรที่สร้างขึ้นมาเชิงคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นตัวแปรที่ครอบคลุมที่สุด

- ทิศทางลม (Wind direction) ทิศทางที่มวลอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านตำแหน่งที่ตรวจวัด เอาความสูง 10 เมตรมาคิด

- ยอดความถี่คลื่น (Wave peak frequency) ยอดความถี่คลื่น โดยจะเอาช่วงสูงสุดของคลื่นมาคิด

- สัมประสิทธิ์ ของ แดร็ก (Drag coefficient) เป็นค่าปริมาณของ aerodynamic ของกระแสน้ำ

- คลื่นปกติ (Normalized wave stress) แรงเค้นคลื่นที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ตั้งฉาก

2) ผลลัพธ์ที่ตำแหน่งกริดของคลื่นใต้น้ำ (Swell gridded output fields of)

- ความสูงของคลื่นใต้น้ำ (Swell wave height)

- ค่าเฉลี่ยของทิศทางของคลื่นใต้น้ำ (Mean swell direction)

- ค่าเฉลี่ยของทิศทางลม (Mean wind wave direction)

- ค่าเฉลี่ยของความถี่ของคลื่นใต้น้ำ (Mean swell frequency)

3) สเปกตร้าที่ตำแหน่งของกริด (Spectra at selected gridpoints)

4) คลื่นสเปกตร้าที่ตำแหน่งของกริด (Swell spectra at selected gridpoints)

ในส่วนนี้สามารถที่เติมเต็มค่าจากจุดพิกัดแบบหยาบ โดยการกำหนดพื้นที่ครั้งแรกเราจะกำหนดพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ เพื่อนำมาคำนวณอีก ให้ได้รายละเอียดที่สูงภายในขอบเขตของพื้นที่เดิม

3. ส่วนผลลัพธ์จากแบบจำลองคลื่น

ทำการแสดงผลในรูปของข้อความและกราฟิก แสดงผลลัพธ์ของแบบจำลองคลื่น

2.7 การพัฒนาแบบจำลองคลื่น

การพัฒนาแบบจำลองคลื่นสามารถแบ่งได้เป็น 3 รุ่น รุ่นที่ 1, 2, และ 3 ซึ่งเป็นการคำนวณของ Non-linear source term S_{nl} หรือการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่น

- แบบจำลองรุ่นที่1 เป็นรูปแบบที่ไม่ชัดเจนของ S_{nl} สามารถบอกเป็นนัยที่แสดงใน รูปของ S_{in} และ S_{ds}

- แบบจำลองรุ่นที่2 เป็นรูปแบบที่กระทำโดย S_{nl}

- แบบจำลองรุ่นที่3 เป็นการคำนวณของ S_{nl} ที่ชัดเจน ที่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ และการวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่เข้าใกล้ความเร่งนำมาคำนวณ

ผลลัพธ์จากรูปแบบในการคำนวณแบบจำลองรุ่นที่1และรุ่นที่2 เป็นมาตรฐานในการ ใช้การคำนวณได้ โดยแบบจำลองคลื่นที่มีนัยสำคัญ โดยความสูงที่สูงสุดคือ 8-25 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ตามมาจากผลลัพธ์ของตัวแปร ในการศึกษา SWAMP ทำให้นักวิทยาศาสตร์พัฒนาแบบจำลองรุ่นที่3 ขึ้นมา โดยเป็นที่รู้กันในนานาชาติว่า WAM Group

ข้อแตกต่างระหว่างแบบจำลองรุ่นที่2และรุ่นที่3 ซึ่งแบบจำลองรุ่นที่3จะมีการคำนวณที่ถูกต้องและใกล้เคียงกว่า ทำให้เป็นกระบวนการที่แน่นอนและมีประสิทธิภาพ

แบบจำลองคลื่นรุ่นที่3เป็นการใส่ค่า S_{in} เข้าไปในสูตรการคำนวณทำให้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านนำ ไปคำนวณและได้ค่าออกมาซึ่งทำให้มีหลายวิธีเพิ่มขึ้น

ดังนั้นแบบจำลองแวม(WAM) นี้ เป็นที่ยอมรับของอุตุนิยมวิทยาทั่วโลกโดยนำไปคำนวณและใช้ข้อมูลจากดาวเทียมนำมาประกอบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการดำเนินงานของระบบทั้งหมด ลักษณะโดยรวม องค์ประกอบของระบบ การวางแผนงานและระบบงาน วิธีการคิดขั้นตอนวิธีต่างๆ ของโปรแกรม รวมถึงการวิเคราะห์และพยากรณ์ข้อมูลในอนาคต การออกแบบในส่วนนำข้อมูลเข้า (Input) และส่วนแสดงผล (Output) การออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ หลักการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และการเขียนโปรแกรม

3.1 ลักษณะโดยรวมของระบบ

การจำลองแบบลักษณะการเกิดคลื่นลมทะเล เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้งานในรูปของแอพพลิเคชั่นโดยมีส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) เป็นจุดพิกัดของบริเวณที่ทำการศึกษา จากนั้นเมื่อผู้ใช้เลือกพารามิเตอร์ที่สนใจ โปรแกรมก็จะแสดง ส่วนแสดงผล (Output) ออกมา

รูปที่ 3.1 รูปแบบการทำงานของโปรแกรม

3.2 แผนงานและการพัฒนาระบบ

3.2.1 ศึกษาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีความเข้าใจในเรื่องส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานที่มีลักษณะเป็นกราฟิก (Graphic User Interface: GUI) ด้วยภาษา JAVA ในการทำงาน และทำการศึกษาคณิตศาสตร์ในหัวข้อเรื่องการประมาณค่าเพื่อนำมาใช้คำนวณในการเขียนโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์

3.2.2 ออกแบบผังงาน (Flow chart) ของระบบ

3.2.2.1 ออกแบบและพัฒนาระบบ

3.2.2.2 วิเคราะห์ข้อมูลของระบบ

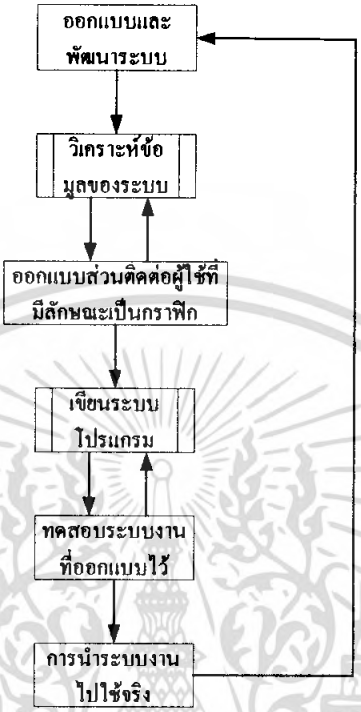
3.2.2.3 ออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่มีลักษณะเป็นกราฟิก (GUI)

3.2.2.4 เขียนระบบโปรแกรมในรูปแบบแอพพลิเคชั่นโดยใช้ภาษา JAVA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.5 ทดสอบระบบงานที่ออกแบบไว้ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากกรมอุตุเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและทำการแก้ไขปรับปรุงโปรแกรมที่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น

3.2.2.6 การนำระบบงานไปใช้จริง



รูปที่ 3.2 ผังงานของระบบ

3.3 ระบบงาน

การทำงานของระบบสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน

3.3.1 ส่วนนำเข้าข้อมูล (Input)

เป็นการส่งค่าตำแหน่งที่ต้องการแสดงผล ผ่านจุดพิกัดของบริเวณที่ศึกษาเพื่อให้โปรแกรมสามารถส่งค่าไปยังส่วนวิเคราะห์และประมวลผล (Process and analysis) ต่อไป

3.3.2 ส่วนวิเคราะห์และประมวลผล (Process and analysis)

เป็นการรับค่าจากส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) มาทำการวิเคราะห์และประมวลผล (Process and analysis) โดยโปรแกรมจะทำงานเพื่อให้ได้คำตอบตามรูปแบบที่ต้องการ จากนั้นเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการวิเคราะห์และประมวลผล (Process and analysis) ก็จะส่งต่อไปยังส่วนแสดงผล (Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ส่วนแสดงผล (Output)

เป็นการรับค่าจากส่วนวิเคราะห์และประมวลผล (Process and analysis) เพื่อนำมาแสดงผลออกทางจอภาพ

3.4 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

3.4.1 เริ่มการทำงาน

3.4.2 รับค่าส่วนนำข้อมูลเข้า (Input)

3.4.3 เลือกปัจจัยเพื่อประมวลผล

3.4.3.1 ติดต่อกับข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์และประมวลผล

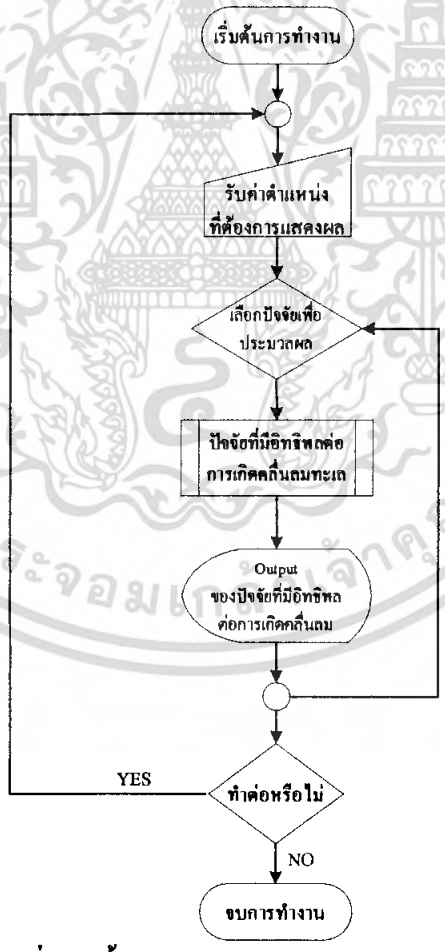
3.4.3.2 ดึงข้อมูลในตำแหน่งที่ได้จากส่วนนำข้อมูลเข้า (Input)

3.4.3.3 การประมาณค่าในช่วงที่ข้อมูลสูญหาย

3.4.4 แสดงผลลัพธ์ที่ส่วนแสดงผล (Output)

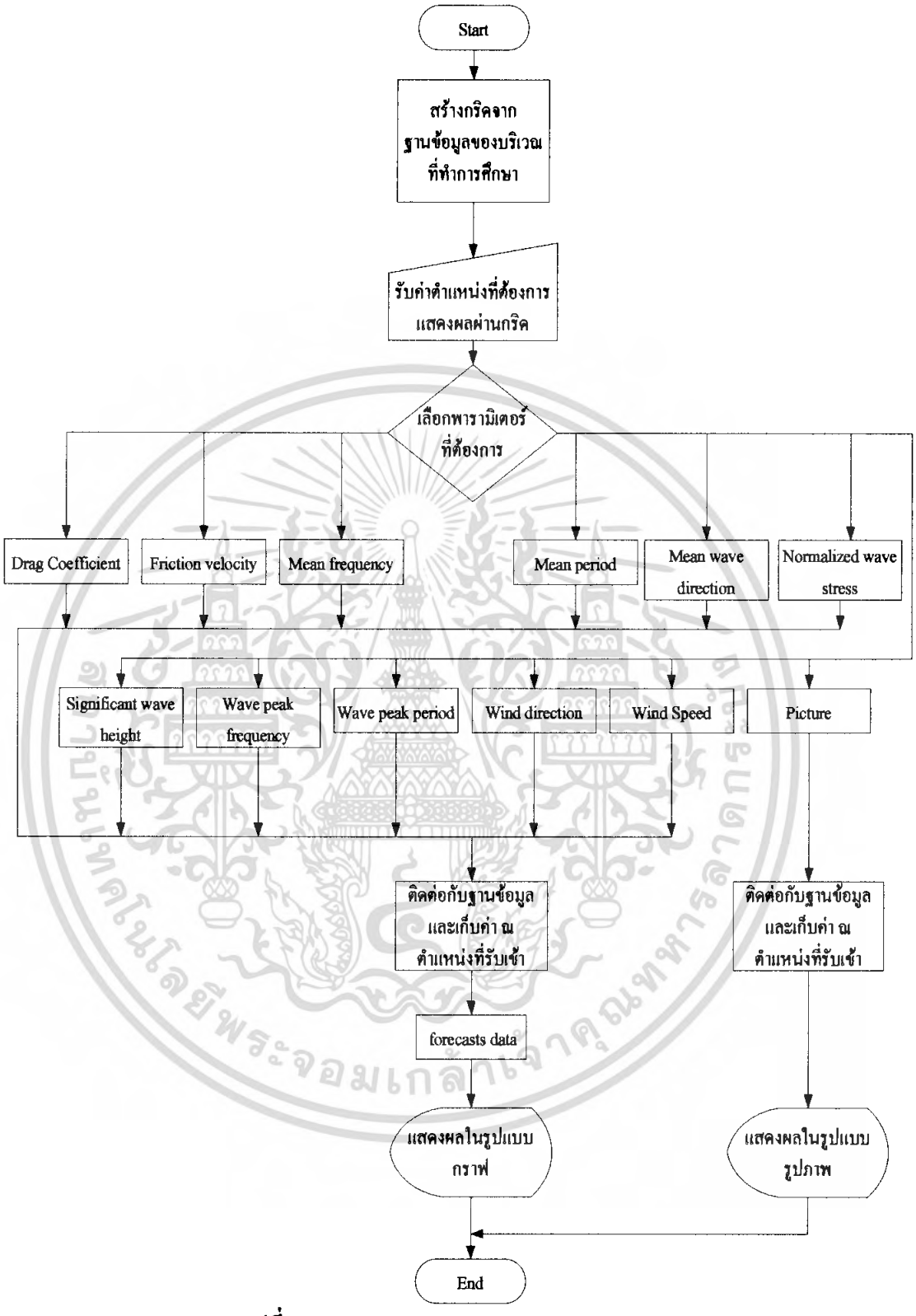
3.4.4.1 ผลลัพธ์จากการดึงข้อมูลและการประมาณค่าในช่วงที่ข้อมูลสูญหาย

3.4.5 สิ้นสุดการทำงาน



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ผังงานแสดงการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 องค์ประกอบของโปรแกรม

องค์ประกอบของโปรแกรม ประกอบส่วนหลักที่มีการติดต่อกันในการทำงานของโปรแกรม โดยเริ่มจากการรับข้อมูลจากส่วนนำเข้าข้อมูล (Input) ในส่วนที่ได้ออกแบบไว้ จากนั้นมีการส่งค่าต่างๆ ตามรูปแบบที่กำหนดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผล แล้วจึงแสดงผลลัพธ์ออกมาในส่วนแสดงผล (Output)

3.5.1 ส่วนนำข้อมูลเข้า (Input)

3.5.1.1 Input.java

3.5.1.1.1 GridM.java

3.5.1.1.1.1 createGrids()

3.5.2 ส่วนประมวลผล (Process)

3.5.2.1 GraphDragCoefficient.java

3.5.2.1.1 createGraphDragCoefficient ()

3.5.2.2 GraphFrictionvelocity.java

3.5.2.2.1 createGraphFrictionvelocity()

3.5.2.3 GraphMeanfrequency.java

3.5.2.3.1 createGraphMeanfrequency()

3.5.2.4 GraphMeanperiod.java

3.5.2.4.1 createGraphMeanperiod()

3.5.2.5 GraphMeanwavedirection.java

3.5.2.5.1 createGraphMeanwavedirection ()

3.5.2.6 GraphNormalizedwavestress.java

3.5.2.6.1 createGraphNormalizedwavestress()

3.5.2.7 GraphSignificantwaveheight.java

3.5.2.7.1 createGraphSignificantwaveheight()

3.5.2.8 GraphWavepeakfrequency.java

3.5.2.8.1 createGraphWavepeakfrequency()

3.5.2.9 GraphWavepeakperiod.java

3.5.2.9.1 createGraphWavepeakperiod()

3.5.2.10 GraphWinddirection.java

3.5.2.10.1 createGraphWinddirection()

3.5.2.11 WindSpeed.java

3.5.2.11.1 createGraphWindSpeed()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

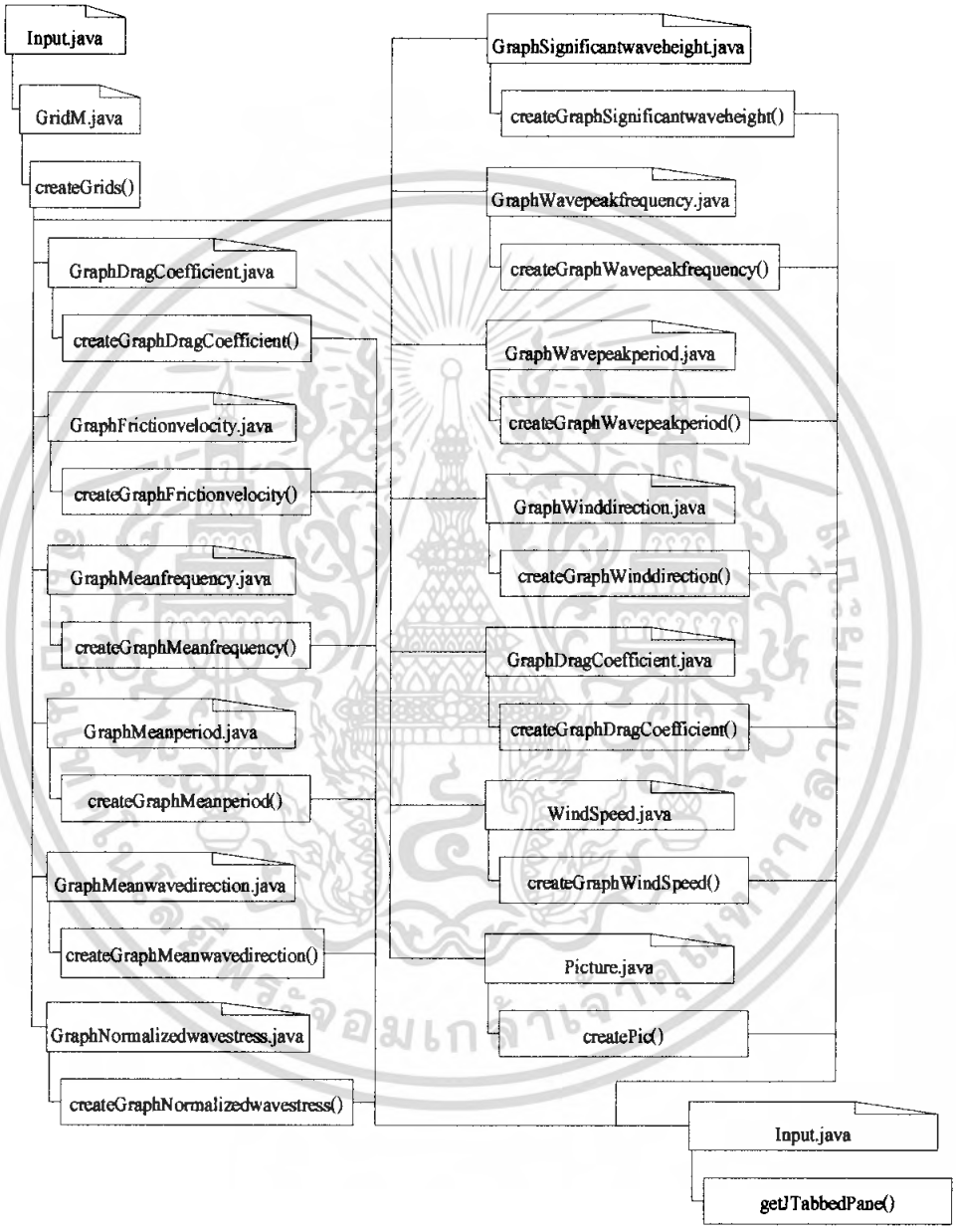
3.5.2.12 Picture.java

3.5.2.12.1 createPic()

3.5.3 ส่วนแสดงผล (Output)

3.5.3.1 Input.java

3.5.3.1.1 getJTabbedPane()



รูปที่ 3.5 องค์ประกอบของโปรแกรมและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดคลื่นลมทะเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ส่วนนำเข้าข้อมูล และส่วนแสดงผล (Input and Output)

3.6.1 การจำลองแบบลักษณะการเกิดคลื่นลมทะเล

รูปที่ 3.6 ส่วนนำเข้าข้อมูล และส่วนแสดงผลของโปรแกรม

3.7 ทบทวนการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาจาวา

3.7.1 คำสงวน (Reserve Word)

abstract	boolean	break	byte	case
catch	class	char	const	continue
default	do	double	else	extend
final	finally	float	for	goto
if	implements	import	instanceof	int
interface	long	native	new	package
private	protected	public	return	short
static	strictfp	super	switch	synchronized
this	throw	throws	transient	try
void	volatile	while		

3.7.2 ข้อมูลค่าคงที่ (Literals)

ข้อมูลค่าคงที่ชนิด	**คำอธิบาย**	
ตัวเลขจำนวนเต็ม	ฐานสิบ	ประกอบด้วยตัวเลข 0 ถึง 9 เช่น 1, 48, 459,2165
	ฐานแปด	ประกอบด้วยตัวเลข 0 ถึง 9 เช่น 1, 48, 459,2165 เช่น 045, 01, 0771
	ฐานสิบหก	ประกอบด้วยกลุ่มตัวอักษร 0x ด้านหน้า และต่อด้วย 0 ถึง 9 หรือ a ถึง f เช่น 0x1D, 0XFF, 0x9804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลขทศนิยม แบบ 32 บิต หรือ float ใช้เลขทศนิยมปกติ หรือเลขทศนิยมตามหลังด้วยอักษร F หรือเลขเอกซ์โปเน็นเชียล เช่น 12.4, 8.0F, 9.3333 หรือ 24E5 เป็นต้น

แบบ 64 บิต หรือ double ใช้เลขทศนิยมตามหลังด้วยตัวอักษร D เช่น 3.0D

ตัวอักษร กำหนดอยู่ในสัญลักษณ์หยาดฝน (Single Quote)

เช่น '4' คือตัวอักษรที่ใส่เลขสี่

'A' คือตัวอักษรเอใหญ่

'9' คือตัวอัษรเลขเก้า

ข้อความ กำหนดอยู่ในสัญลักษณ์ฟันหนู (Double Quote) เช่น "Java", "Hello! World"

"How do you feel today?", "A", "9" เป็นต้น

ตรรกะ ใช้สำหรับกำหนดค่าทางตรรกะ

true คือข้อมูลค่าความเป็นจริง

false คือข้อมูลค่าความเท็จ

3.7.3 ชนิดข้อมูลพลิมิทีฟ (Primitive Data type)

คีย์เวิร์ด	ชนิดข้อมูล	ขนาด (บิต)	ค่าเริ่มต้น
byte	ตัวเลขจำนวนเต็ม	8	0
short		16	0
int		32	0
long		64	0
float	ตัวเลขทศนิยม	32	0.0
double		64	0.0
char	ตัวอักษร	16	''
boolean	ข้อมูลตรรกะ	true หรือ false	false
void	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.4 ตัวดำเนินการ

1. ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์	ตัวนำเนินการ	ความหมาย
ประเภทการคำนวณ	+	การบวก
	-	การลบ
	*	การคูณ
	/	การหาร (ได้ผลหาร)
	%	การหาร (ได้เศษจากการหาร)
ประเภทการคำนวณและให้ค่า	+=	การบวก
	=	การลบ
	*=	การคูณ
	/=	การหาร (ได้ผลหาร)
	%=	การหาร (ได้เศษจากการหาร)
ประเภทการคำนวณเพิ่มค่า	++ Variable	เพิ่มค่าหนึ่งค่าก่อนการเข้าถึง
และลดค่าข้อมูล	Variable ++	เพิ่มค่าหนึ่งค่าหลังการเข้าถึง
	- Variable	ลดค่าหนึ่งค่าก่อนการเข้าถึง
	Variable -	ลดค่าหนึ่งค่าหลังการเข้าถึง
ตัวดำเนินการข้อมูลเชิงบิต	~	NOT (1 เป็น 0; 0 เป็น 1)
	&	AND
	|	OR
	<<	ขยับบิตทางซ้าย
	>>	ขยับบิตทางขวา
	>>>	ขยับบิตทางขวา (สำหรับข้อมูล unsign)

2. ตัวดำเนินการข้อมูลตรรกะ	ตัวดำเนินการ	ความหมาย
	= =	ค่าเท่ากันหรือไม่
	! =	ค่าไม่เท่ากันหรือไม่
	>	ค่ามากกว่าหรือไม่
	> =	ค่ามากกว่าหรือเท่ากันหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	<	ค่าน้อยกว่าหรือไม่
	<=	ค่าน้อยกว่าหรือเท่ากันหรือไม่

3. ตัวดำเนินการข้อมูลตรรกะ	ตัวดำเนินการ	ความหมาย
	!	กลับค่าทางตรรกะ
	&&	AND ค่าทางตรรกะ
	||	OR ค่าทางตรรกะ

3.8 ออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้

เพื่อความสะดวกในการใช้งานโปรแกรม ผู้จัดทำจึงออกแบบหน้าจอของการรับข้อมูลเข้าเป็นรูปแบบของปุ่มกด (Button) เพื่อส่งค่าของตำแหน่งที่ต้องการแสดงผลดังรูป

รูปที่ 3.7 การออกแบบหน้าจอในการรับตำแหน่งที่ต้องการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

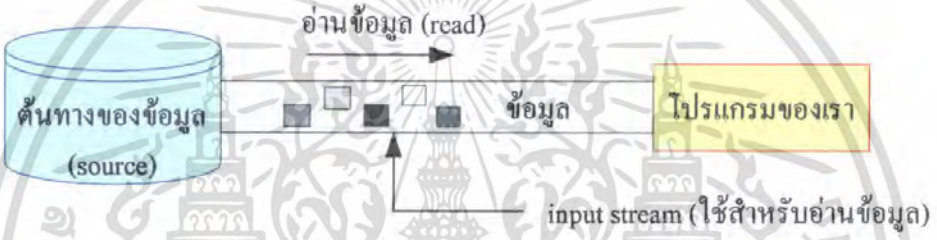
3.9 การอ่านข้อมูลจาก Text File

Stream คือ ข้อมูลที่ถูกส่งระหว่างต้นทาง (Source) และ โปรแกรม ต้นทางอาจจะเป็น ไฟล์ หน่วยความจำ หรือ ระบบเครือข่ายก็ได้

3.9.1 การอ่านข้อมูล (Input data)

การอ่านข้อมูลจากต้นทางของข้อมูล (Source) เข้ามาในโปรแกรมของเรานั้นต้องเปิดสตรีม คือ "Input Stream" ขึ้นที่ต้นทางของข้อมูล และทำการอ่านข้อมูลเข้ามาในโปรแกรมผ่านทาง Input Stream นี้

ดังนั้นสำหรับการอ่านข้อมูลแล้ว ต้นทางก็คือต้นทางของข้อมูล ส่วนปลายทางก็คือโปรแกรมของเราเอง ซึ่งตัวอย่างของ Source ได้แก่ ไฟล์, หน่วยความจำ และไปป์ (Pipe) เป็นต้น

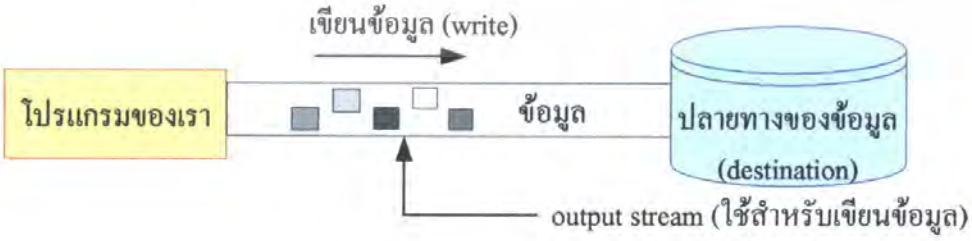


รูปที่ 3.8 Stream ของการอ่านข้อมูล

3.9.2 การเขียนข้อมูล (Output data)

การเขียนข้อมูลจากโปรแกรมของเราไปยังปลายทาง (Destination) ใด ๆ นั้นจะต้องเปิดสตรีม คือ "Output Stream" ที่ปลายทางของข้อมูล และทำการเขียนข้อมูลลงไปยังปลายทางผ่านทาง Output Stream นี้

ดังนั้นสำหรับการเขียนข้อมูลแล้ว ต้นทางก็คือโปรแกรมของเรา ส่วนปลายทางก็คือปลายทางของข้อมูล ซึ่งตัวอย่างของ Destination ได้แก่ ไฟล์, หน่วยความจำ และไปป์ (Pipe) เป็นต้น

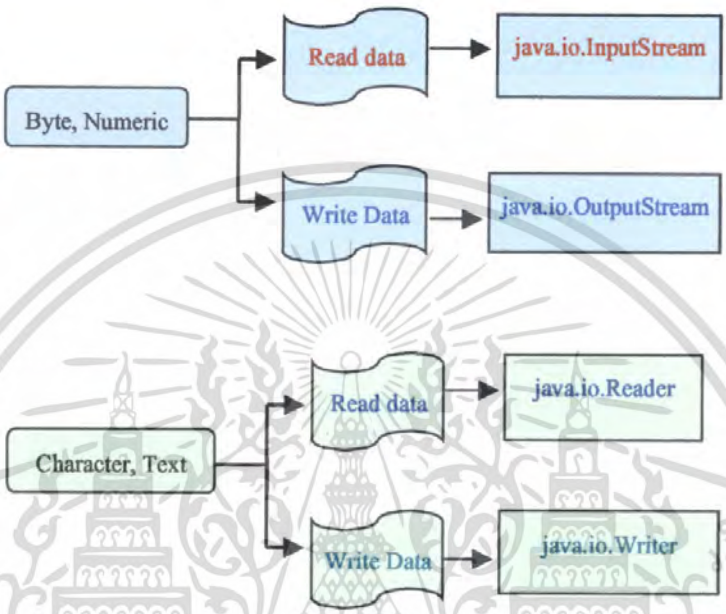


รูปที่ 3.9 Stream ของการเขียนข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.3 ประเภทของสตรีม

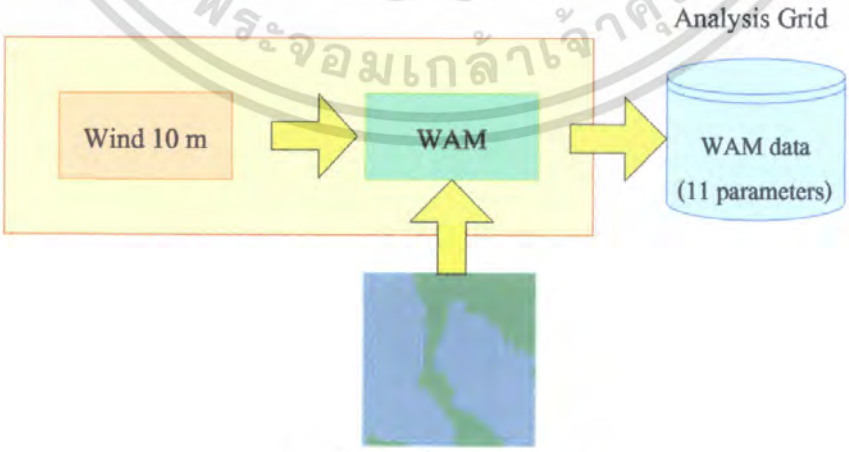
สตรีมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ Byte Stream (ใช้อ่านเขียนข้อมูลเป็นไบต์) และ Character Stream (ใช้อ่านเขียนข้อมูลเป็นตัวอักษร) ซึ่งถูกกำหนดด้วยคลาสต่างๆ



รูปที่ 3.10 Classของการอ่านและเขียนข้อมูลตามประเภทของ Stream

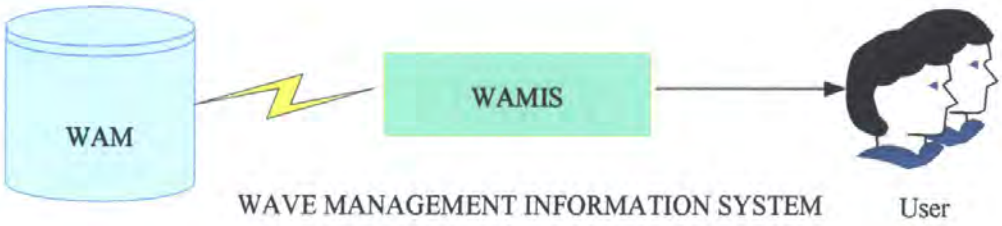
3.10 ที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาใช้เป็นฐานข้อมูลนั้น ได้มาจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นผลลัพธ์จากแบบจำลองแวมที่อยู่ในรูปของ Text File ข้อมูลที่ได้มานั้นอาจไม่มีความต่อเนื่อง จึงต้องทำการประมาณค่าของข้อมูลในช่วงที่หายไป โดยวิธีแบ่งครึ่ง (Bisection Method)



รูปที่ 3.11 ที่มาของข้อมูล

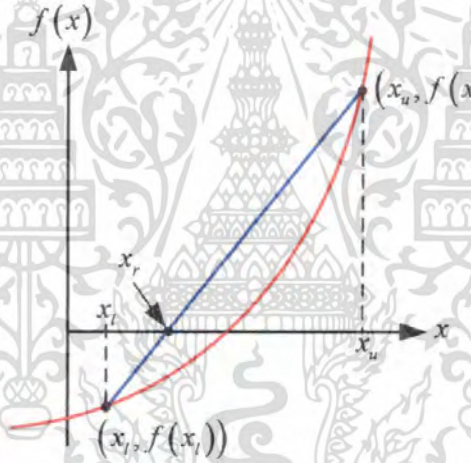
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 การนำข้อมูลมาใช้ผ่านโปรแกรม WAMIS

3.10.1 วิธีแบ่งครึ่ง (Bisection Method)

วิธีแบ่งครึ่ง (Bisection Method) หรือ Binary Chopping หรือ Interval Having หรือ Bolzano's Method วิธีนี้เป็นการหาค่ารากของสมการ โดยแบ่งเป็นช่วงย่อยๆทีละครึ่ง และเลือกช่วงที่ค่าฟังก์ชันมีเครื่องหมายตรงกันข้าม ซึ่งสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้



รูปที่ 3.13 วิธีแบ่งครึ่ง (Bisection Method)

ขั้นตอนที่1 เลือก x_l และ x_u ซึ่งค่าฟังก์ชันมีเครื่องหมายแตกต่างกัน

$$f(x_l)f(x_u)<0$$

ขั้นตอนที่2 ประมาณค่ารากของสมการ x_r โดย

$$x_r = \frac{x_l + x_u}{2}$$

ขั้นตอนที่3 ตรวจสอบเงื่อนไขต่อไปนี้

a) ถ้า $f(x_l)f(x_r)<0$, $x_u = x_r \Rightarrow$ ขั้นตอน 2

b) ถ้า $f(x_l)f(x_r)>0$, $x_l = x_r \Rightarrow$ ขั้นตอน 2

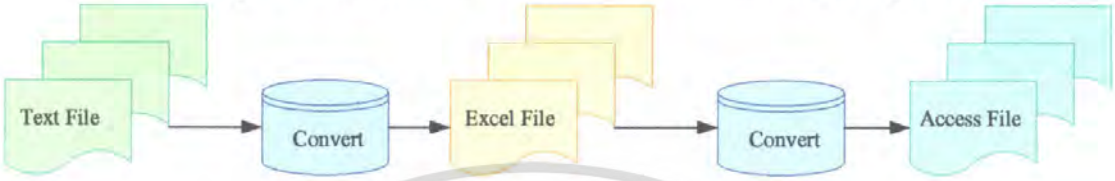
c) ถ้า $f(x_l)f(x_r)=0$, ค่ารากสมการ $= x_r \Rightarrow$ ออกจากโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

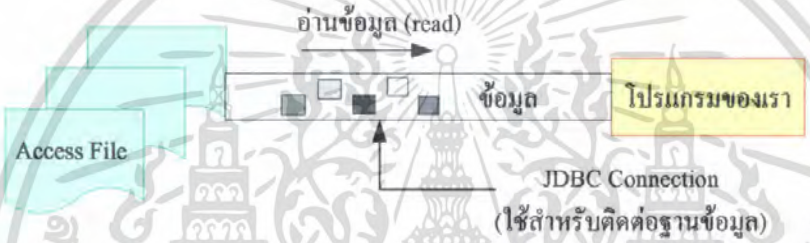
3.11 การนำข้อมูลมาใช้งานกับโปรแกรม

3.11.1 การนำข้อมูลมาใช้งานในโปรแกรมโดยทำการแปลงข้อมูล

เป็นการเขียนโปรแกรมโดยทำการติดต่อกับไดร์ฟเวอร์ ซึ่งใช้ Microsoft Access เป็นไดร์ฟเวอร์ ดังนั้นข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรมต้องเป็นข้อมูลในรูปของ Access จึงต้องทำการแปลงข้อมูลที่ได้เป็น Access เพื่อให้โปรแกรมสามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้สำเร็จ



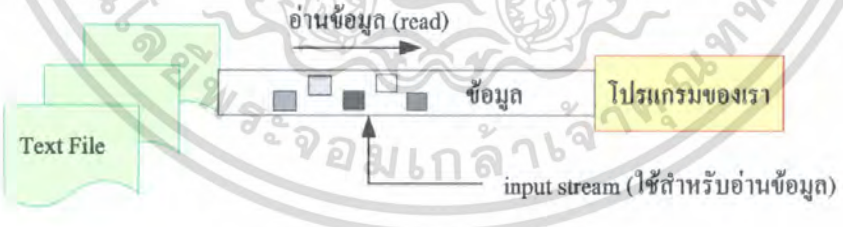
รูปที่ 3.14 การแปลงข้อมูลเพื่อใช้งานในโปรแกรม



รูปที่ 3.15 การอ่านข้อมูลจาก Access File

3.11.2 การนำข้อมูลมาใช้งานโดยตรง

เป็นการเขียนโปรแกรมที่ทำการอ่านข้อมูลตรงจาก Text File โดยไม่ต้องทำการแปลงข้อมูลใดๆ และการเขียนโปรแกรมในรูปแบบนี้จะไม่มีการติดต่อกับไดร์ฟเวอร์ แต่ทำการอ่านข้อมูลผ่านสตรีม



รูปที่ 3.16 การอ่านข้อมูลจาก Text File

3.12 ปัญหาที่พบในการดำเนินงาน

จากการที่ต้องทำการแปลงข้อมูลดังที่กล่าวในหัวข้อ 3.11.1 พบว่า การแปลงข้อมูลมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก และใช้เวลาในการแปลงข้อมูลเป็นเวลานาน หากต้องทำการแปลงข้อมูลทั้งหมดจะทำให้เสียเวลาเป็นอย่างมาก และอาจทำให้ข้อมูลที่ผ่านการแปลงมีความผิดพลาดไปจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่ ดังนั้นการอ่านข้อมูลโดยตรงจะทำให้สะดวกและรวดเร็วในการพัฒนาโปรแกรมมากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

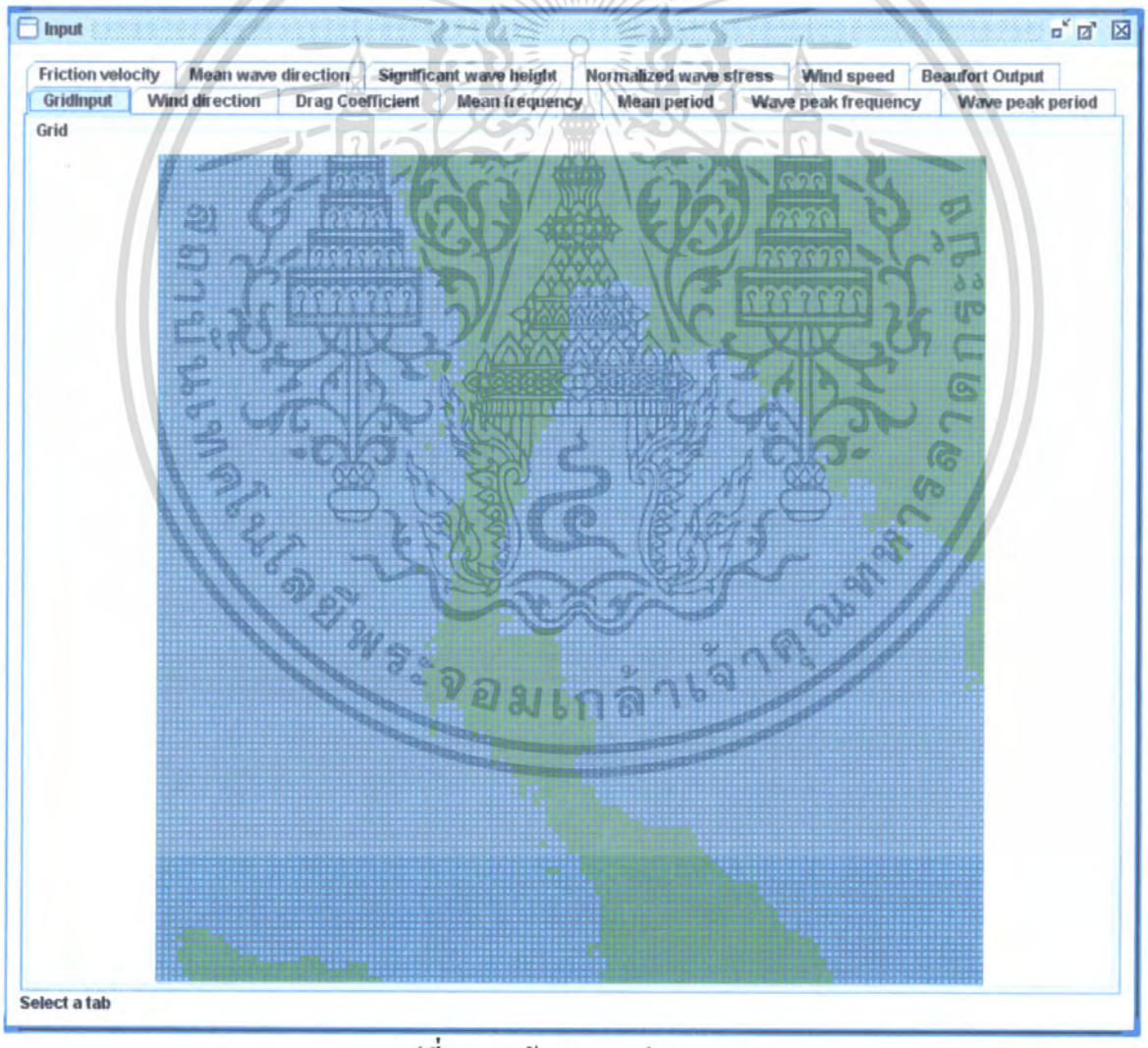
บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะอธิบายถึงการใช้งานส่วนต่างๆ ของโปรแกรมเพื่อให้ผู้ใช้งานได้ดู การใช้งานโปรแกรม ผลของโปรแกรม และเปรียบเทียบกับช่วงของข้อมูลในรูปของกราฟ

4,1 ผลการดำเนินงาน

4.1.1 การใช้งานโปรแกรม

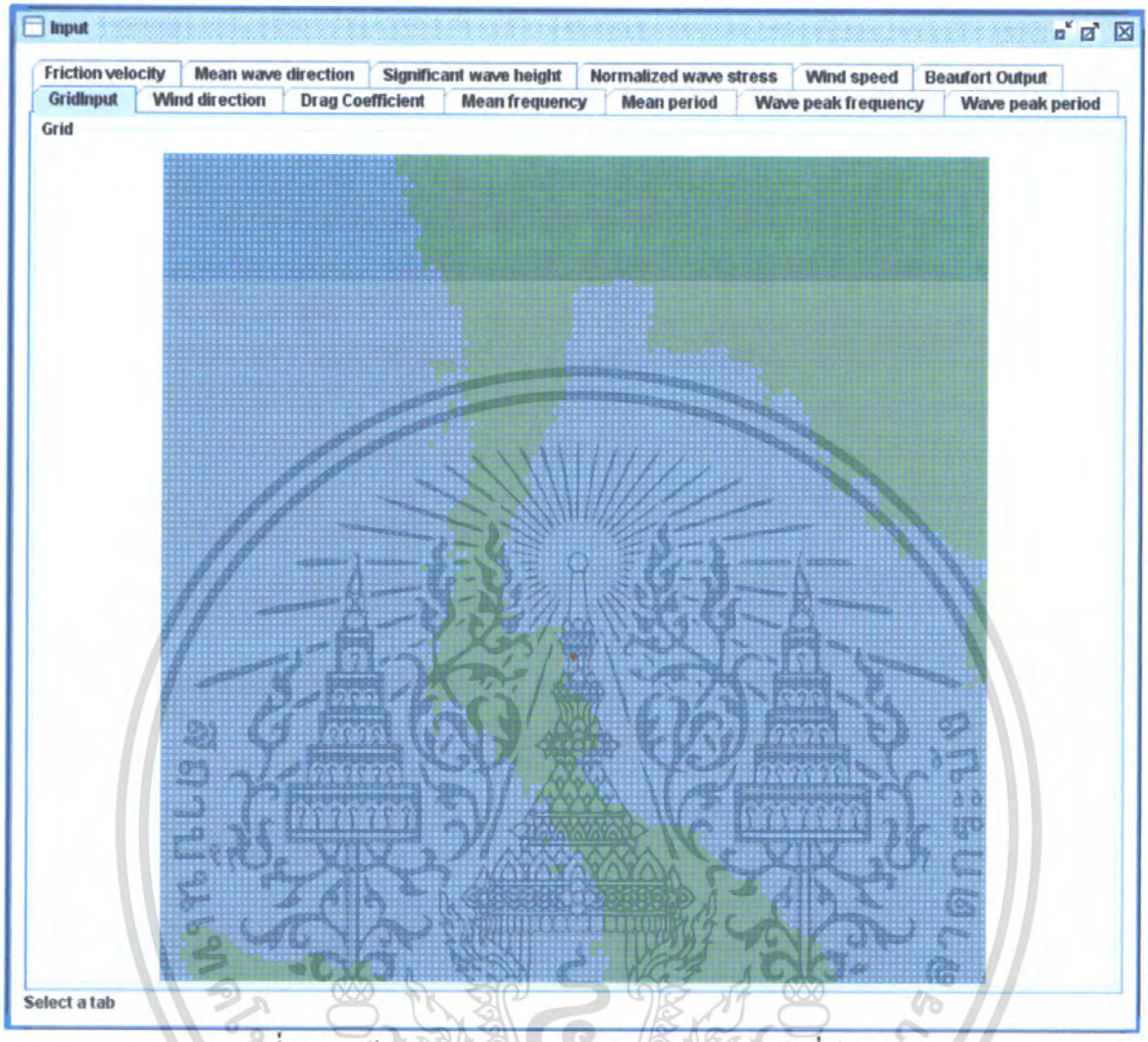
เมื่อทำการประมวลผลของโปรแกรมผ่านทาง JCreator เพื่อเริ่มการใช้งานของโปรแกรม



รูปที่ 4.1 หน้าแรกของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเริ่มการทำงานให้กดบนตำแหน่งที่ต้องการให้แสดงผล

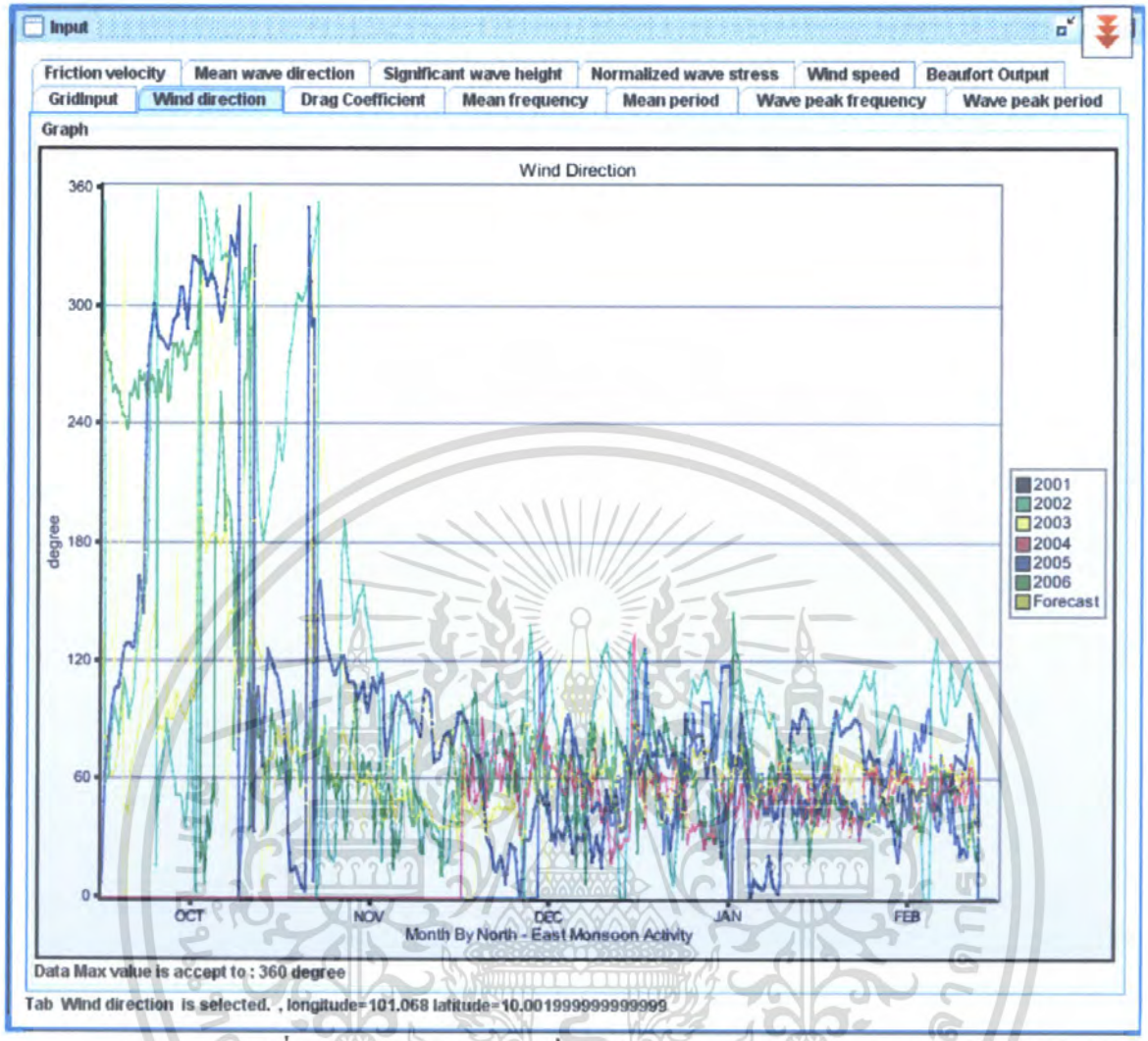


รูปที่ 4.2 หน้าจอของโปรแกรมหลังจากกดตำแหน่งที่ต้องการ

4.1.2 ผลของโปรแกรม

หลังจากการเลือกตำแหน่งที่ต้องการแล้ว ผู้ใช้จะต้องทำการเลือกพารามิเตอร์ที่ต้องการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wind direction

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

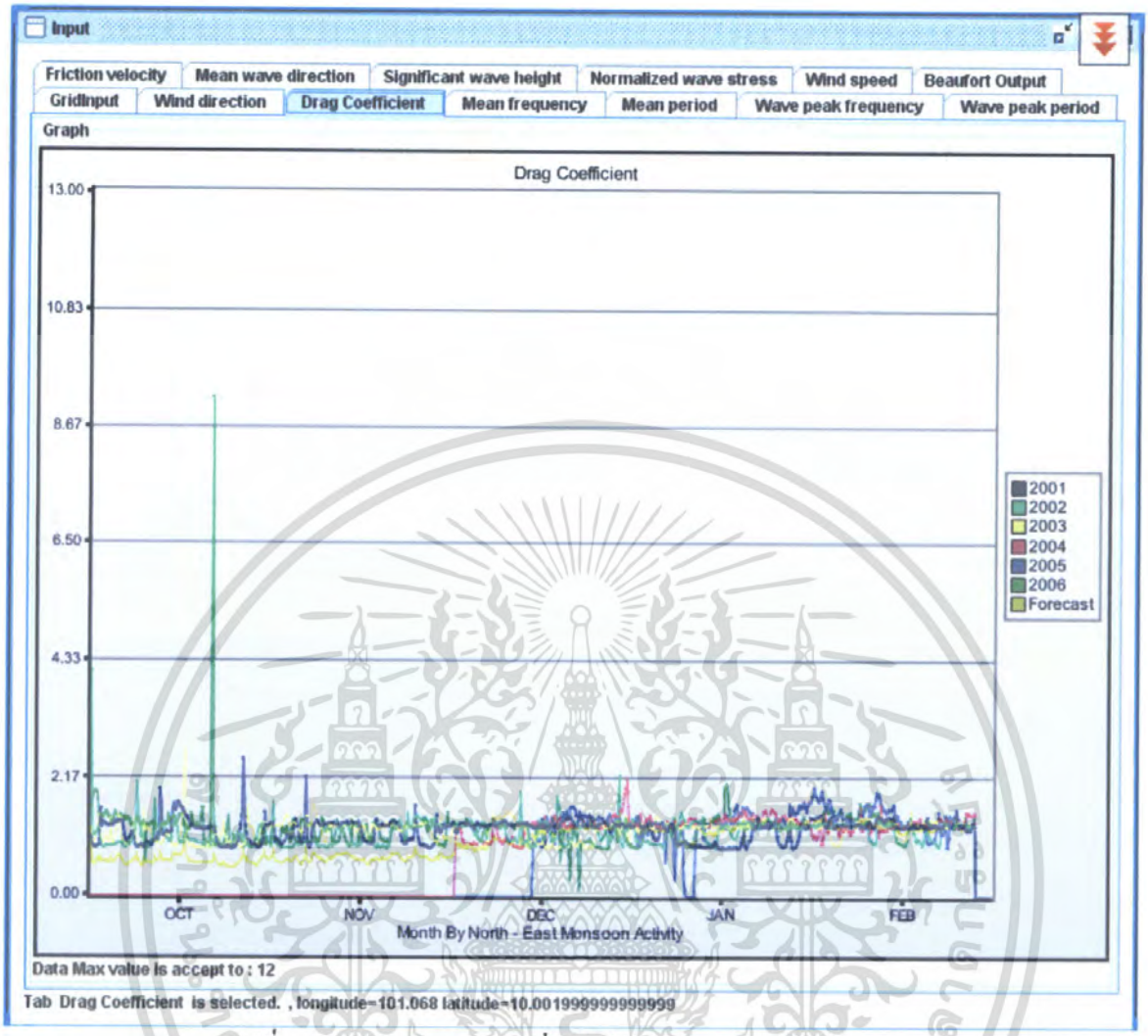
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Drag Coefficient

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

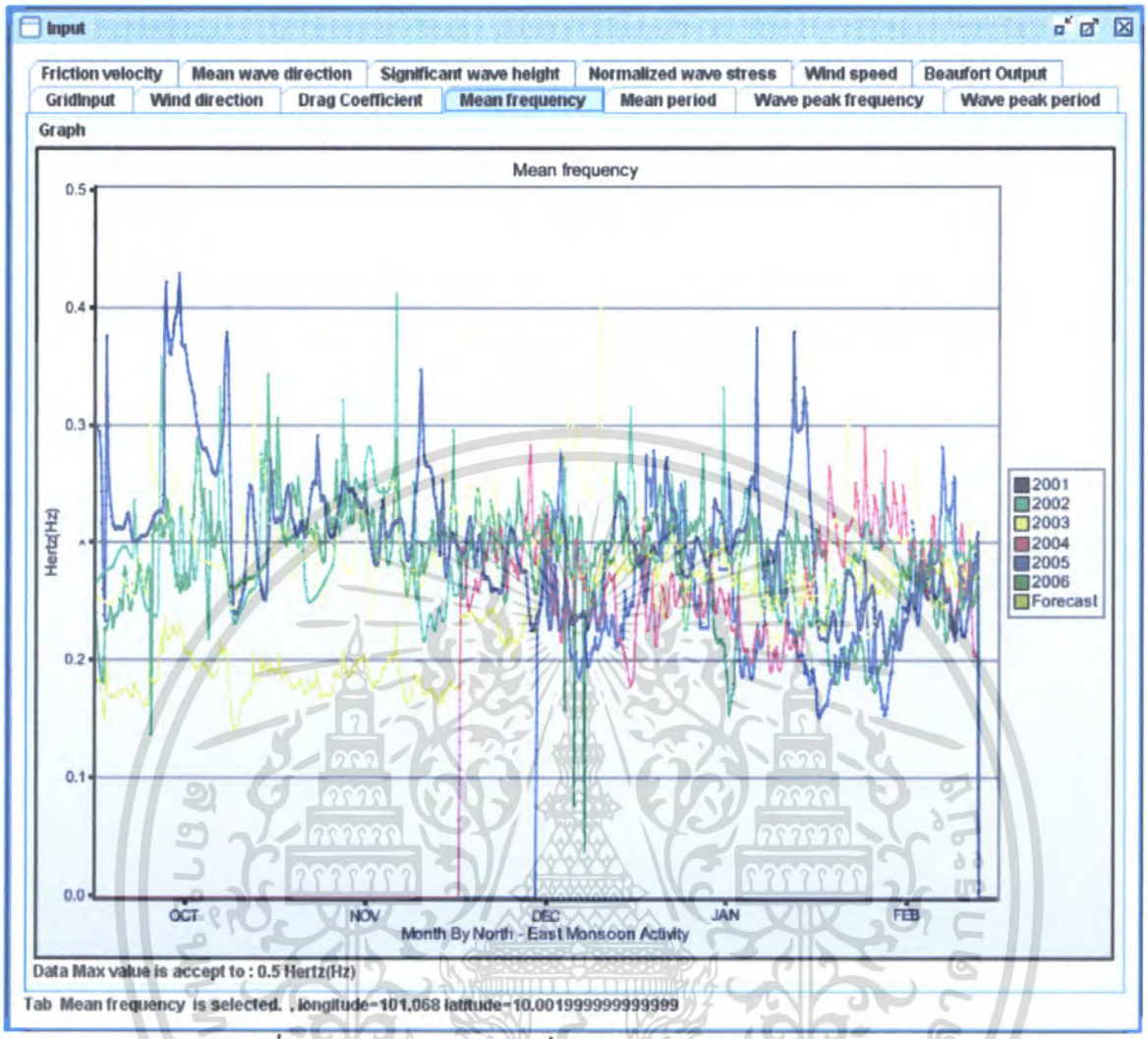
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Mean frequency

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

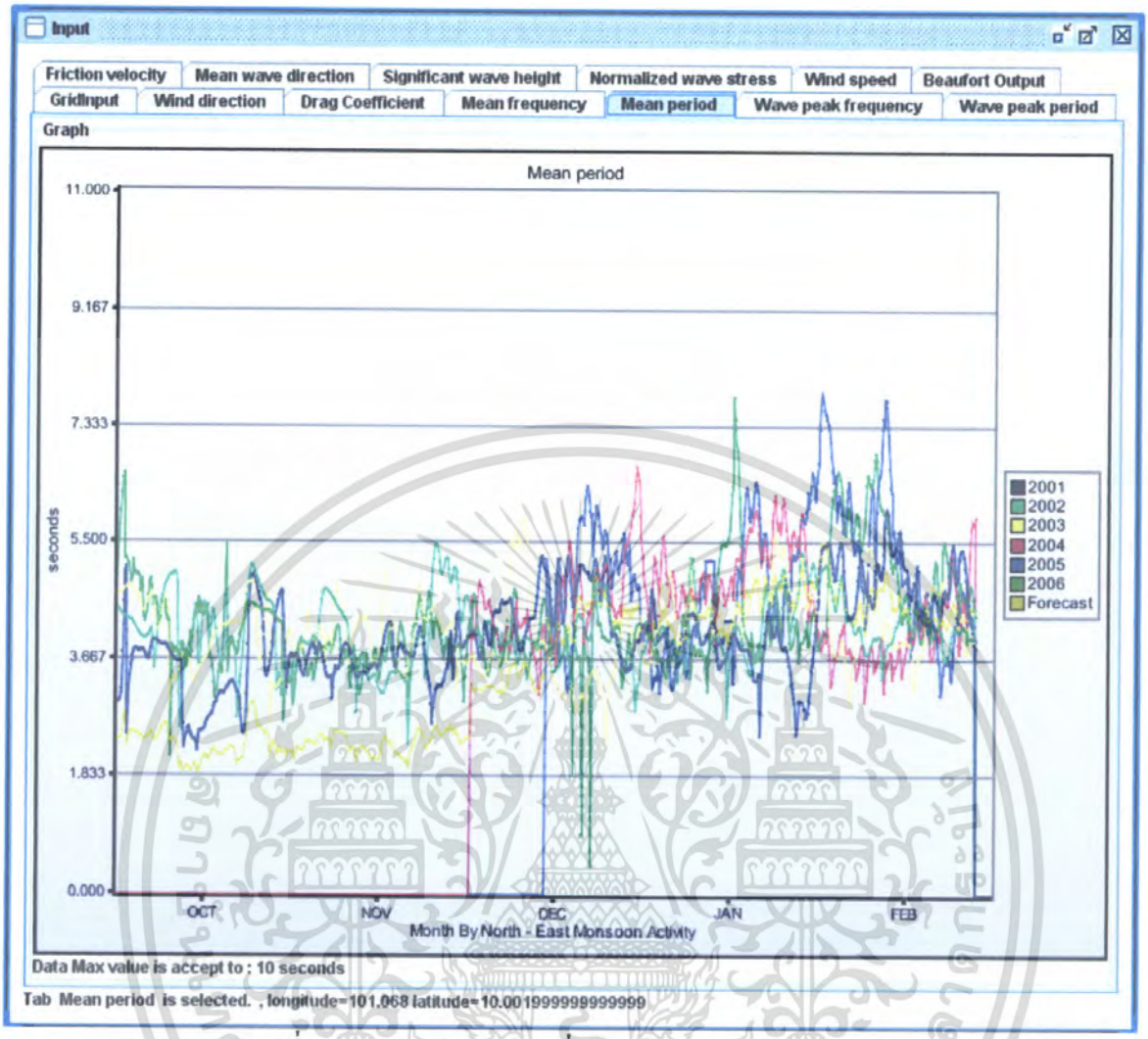
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Mean period

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

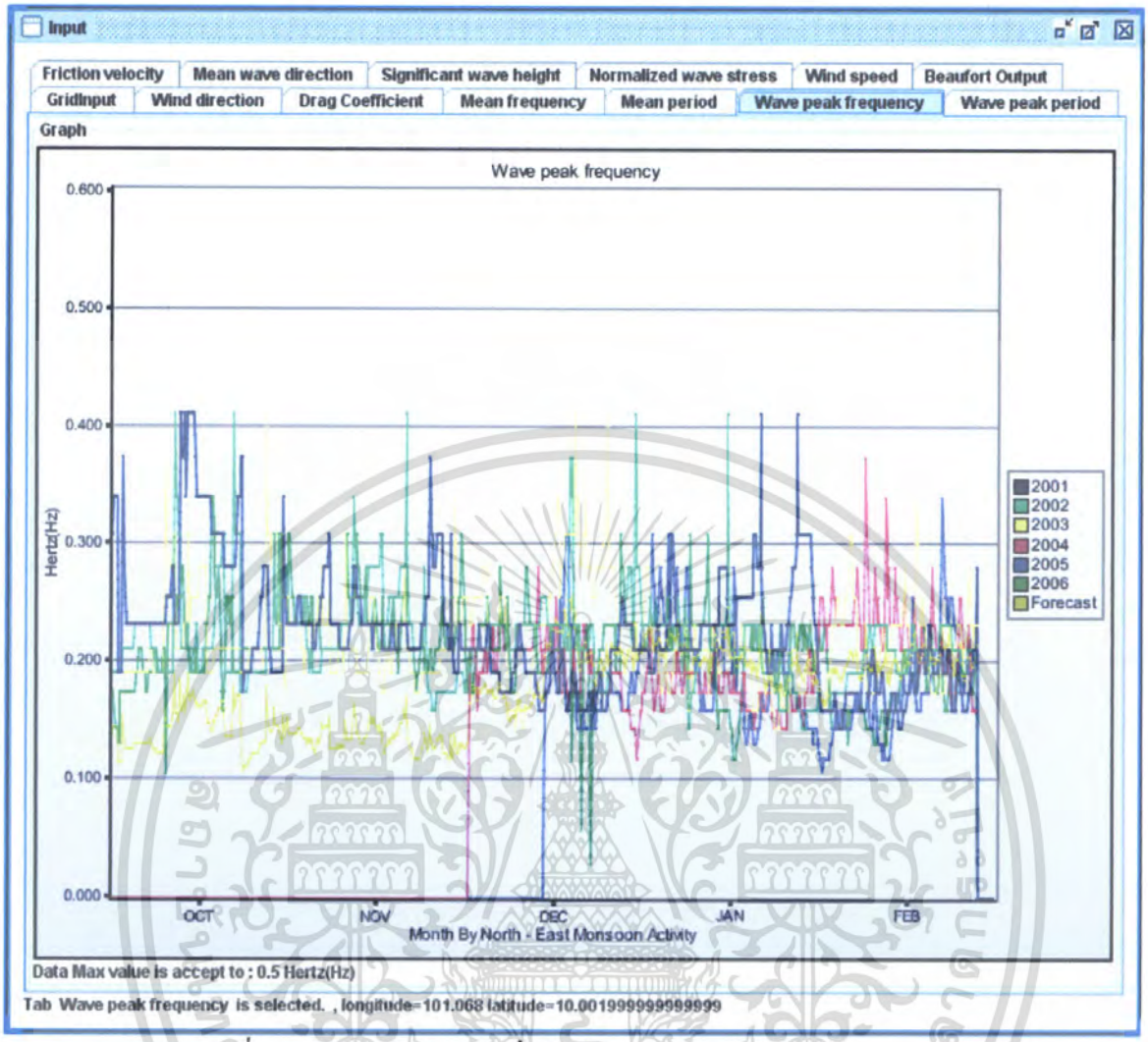
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wave peak frequency

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

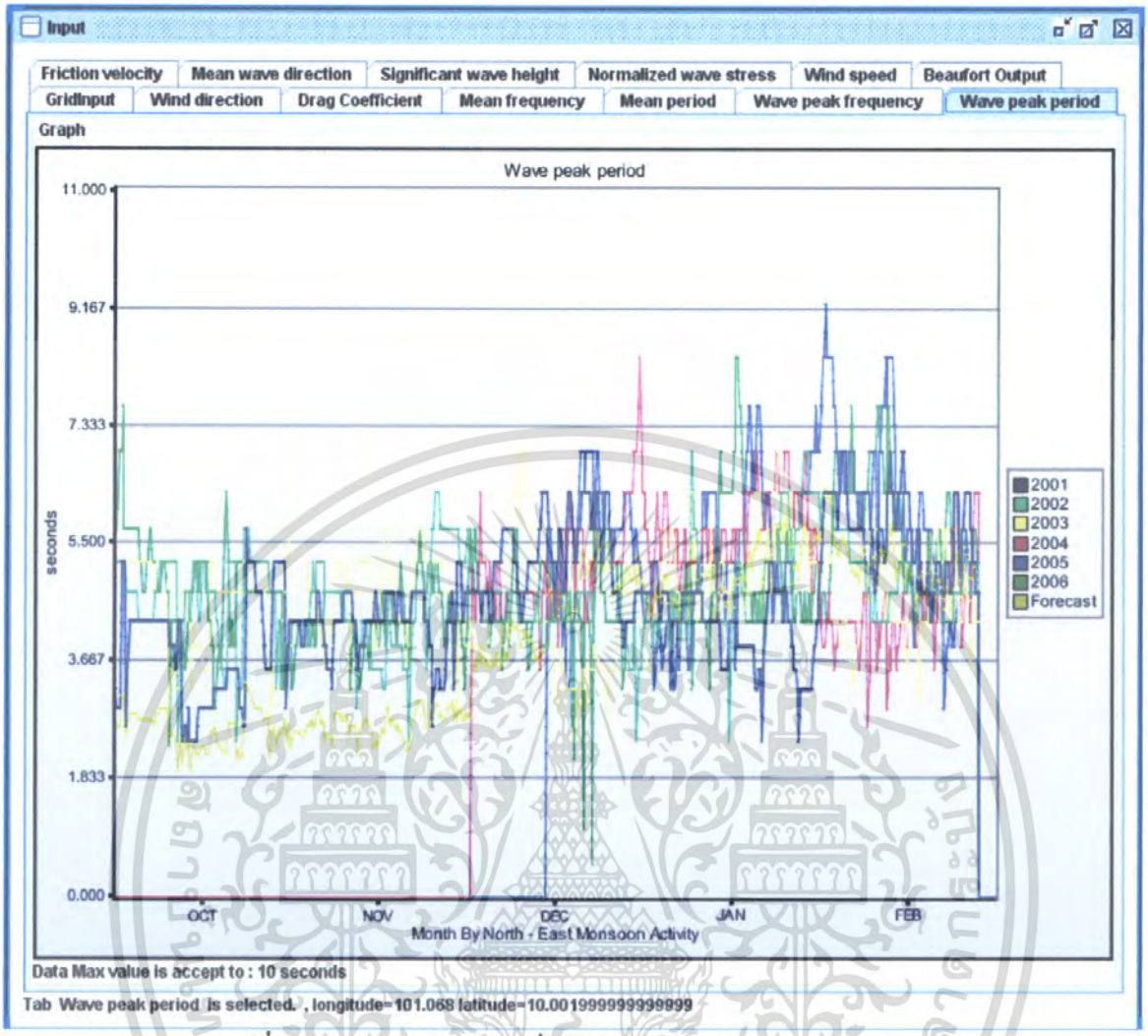
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wave peak period

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

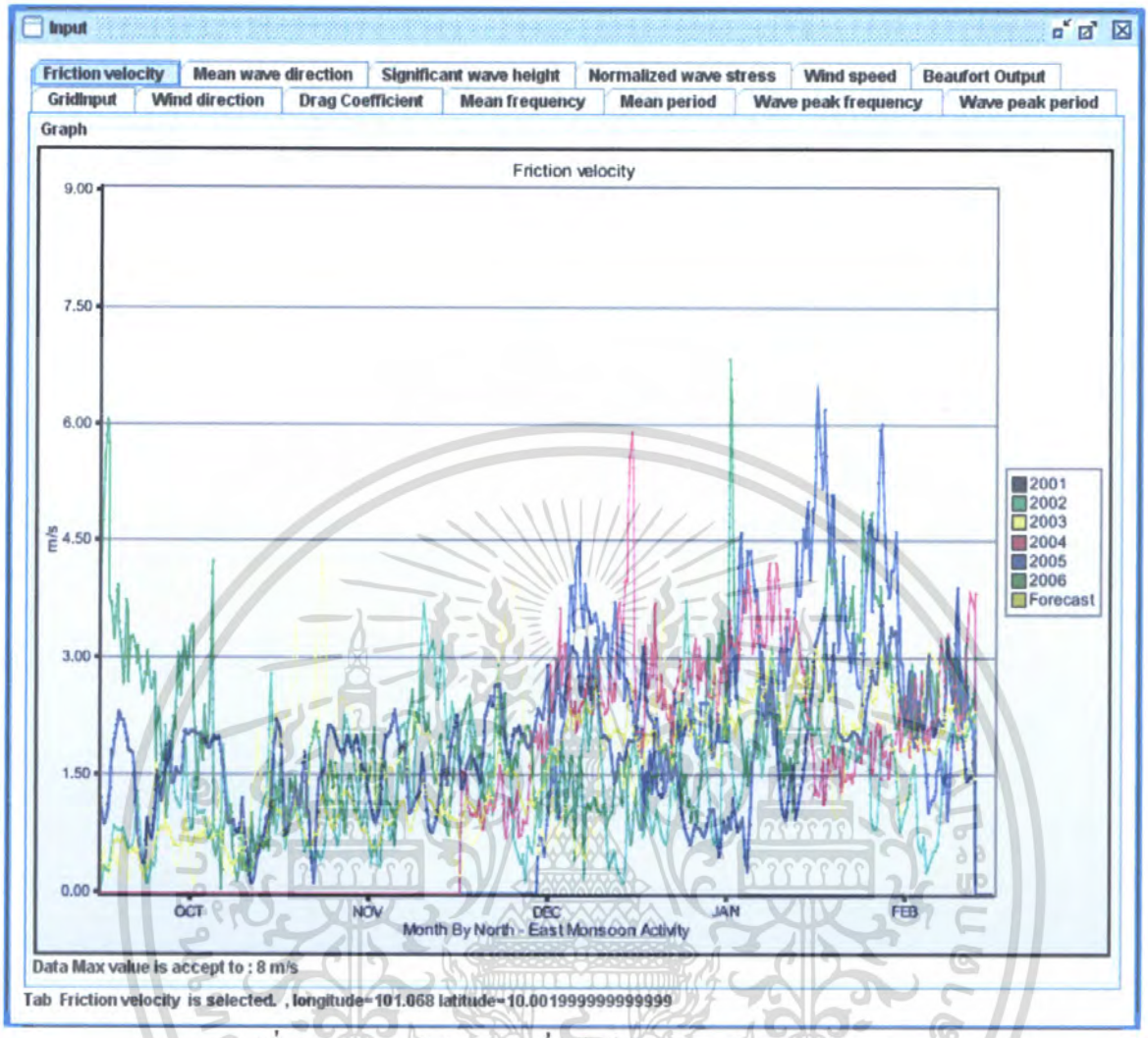
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Friction velocity

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

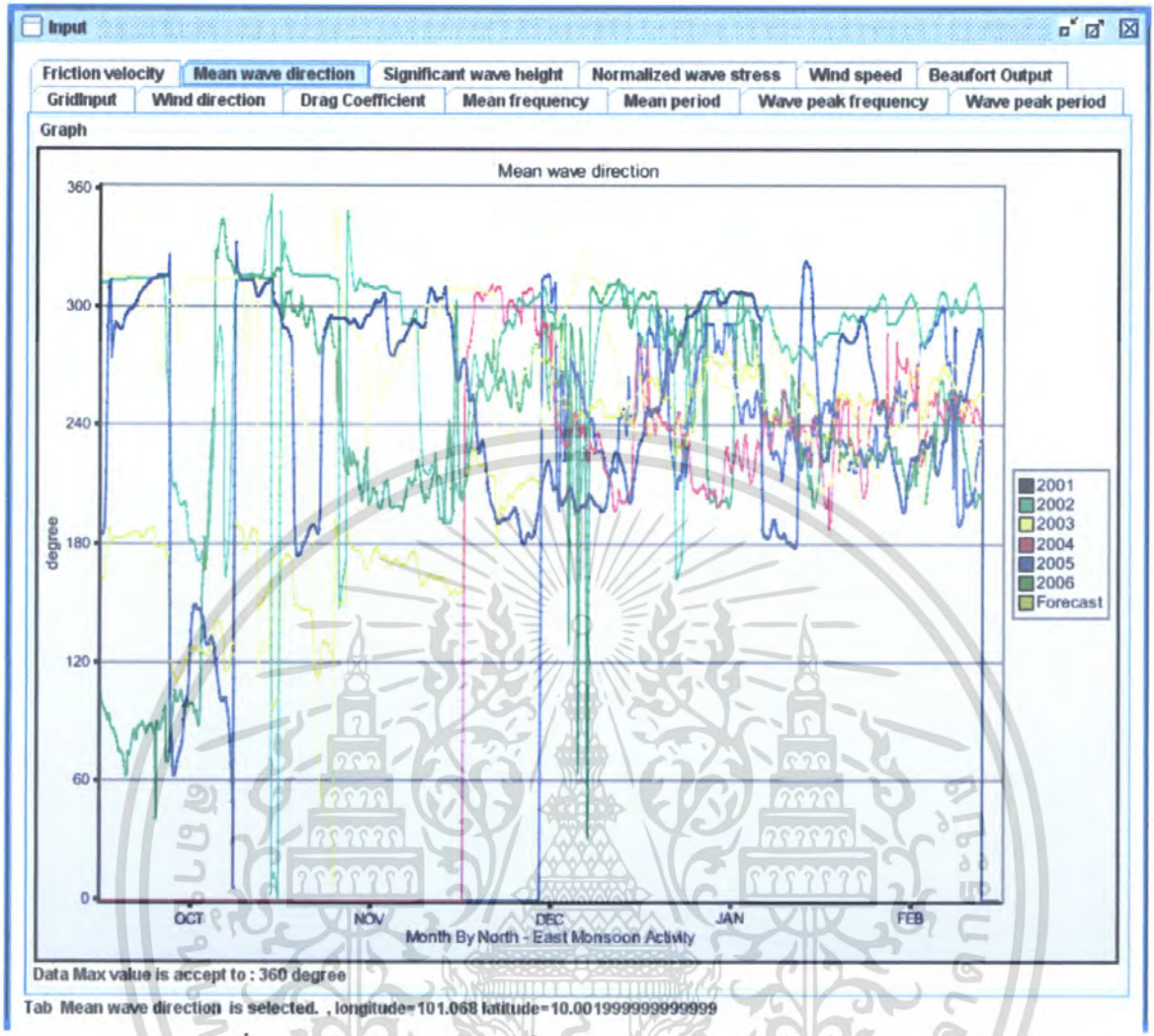
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Mean wave direction

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

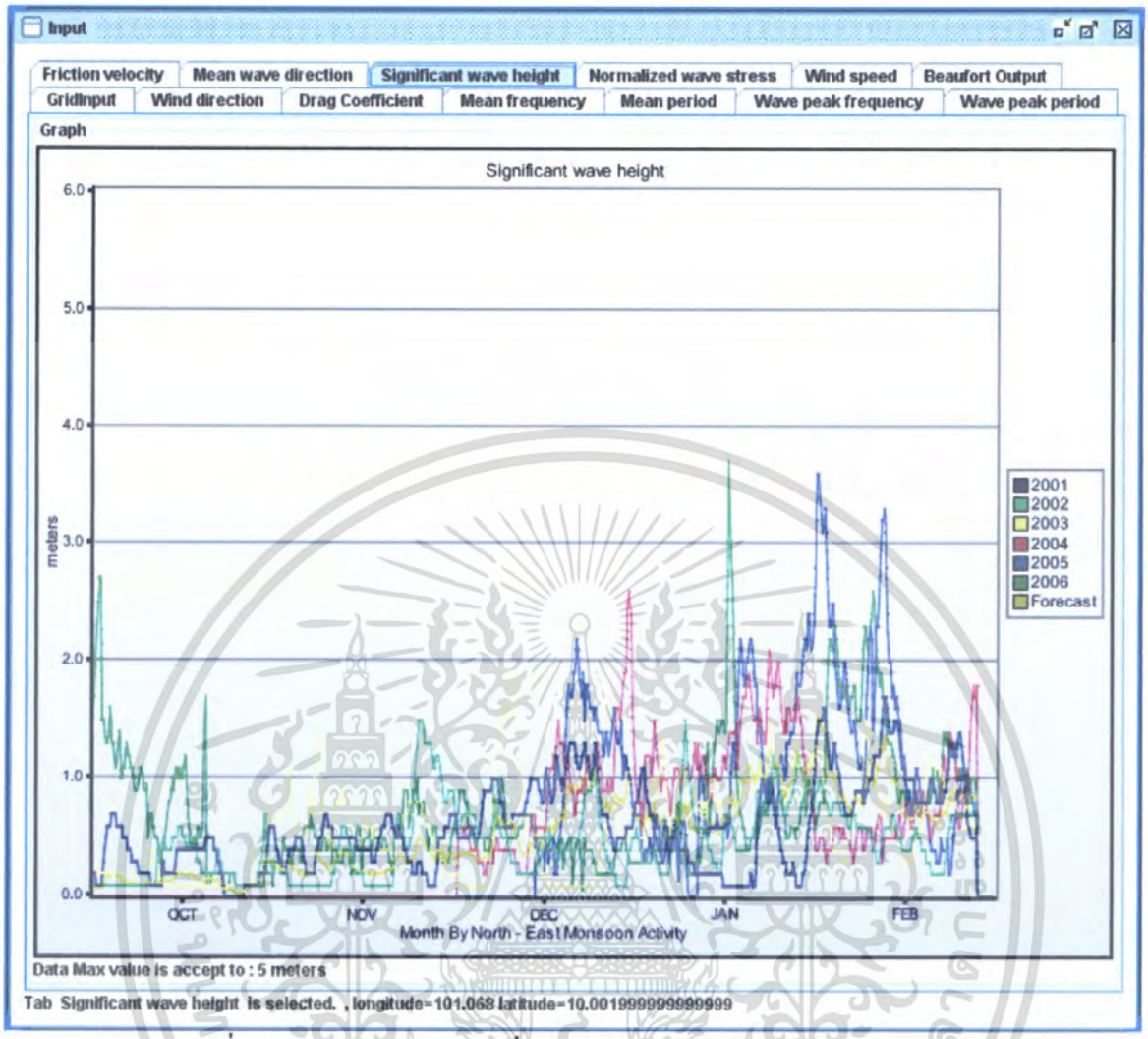
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Significant wave height

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

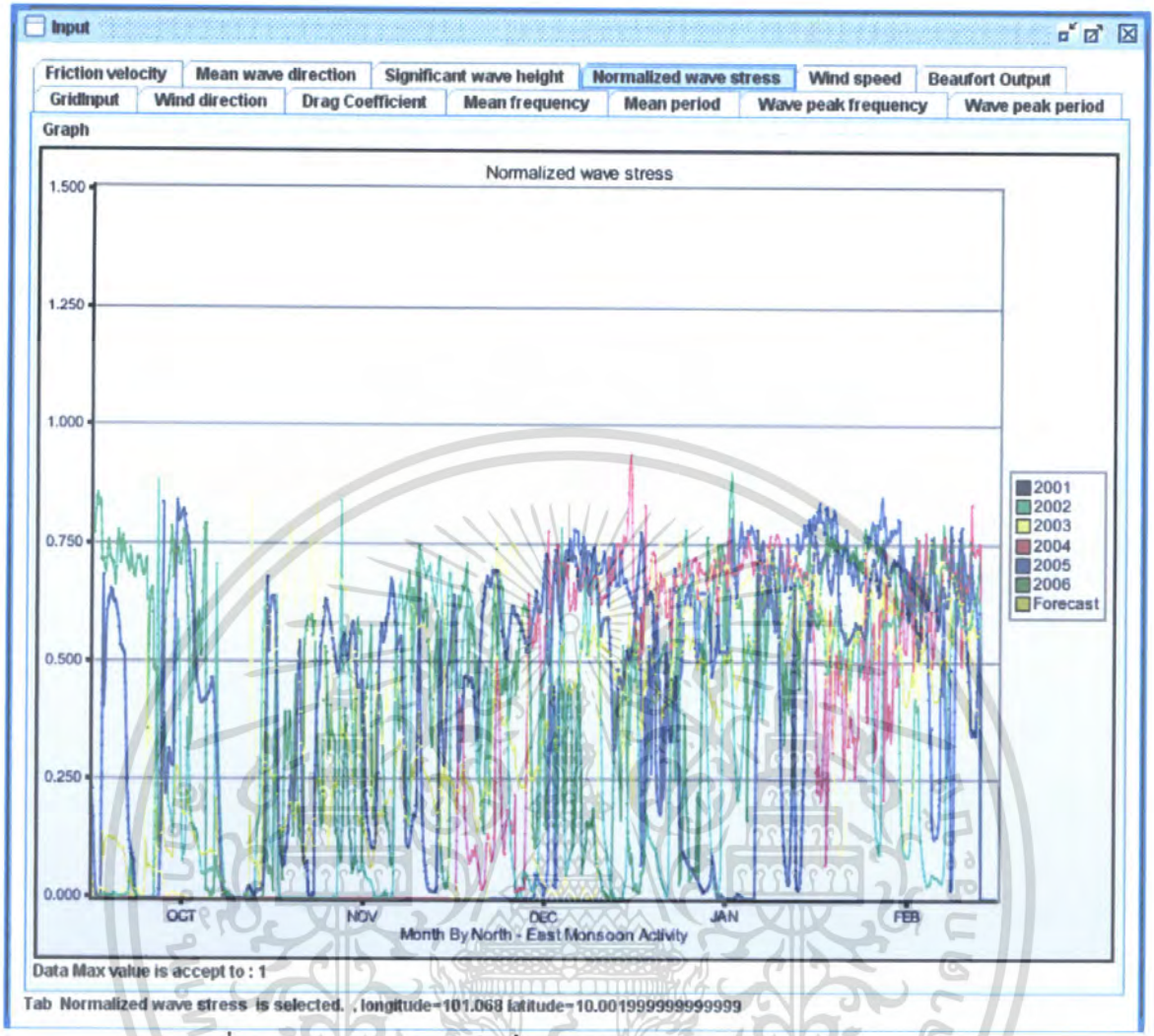
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Normalized wave stress

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

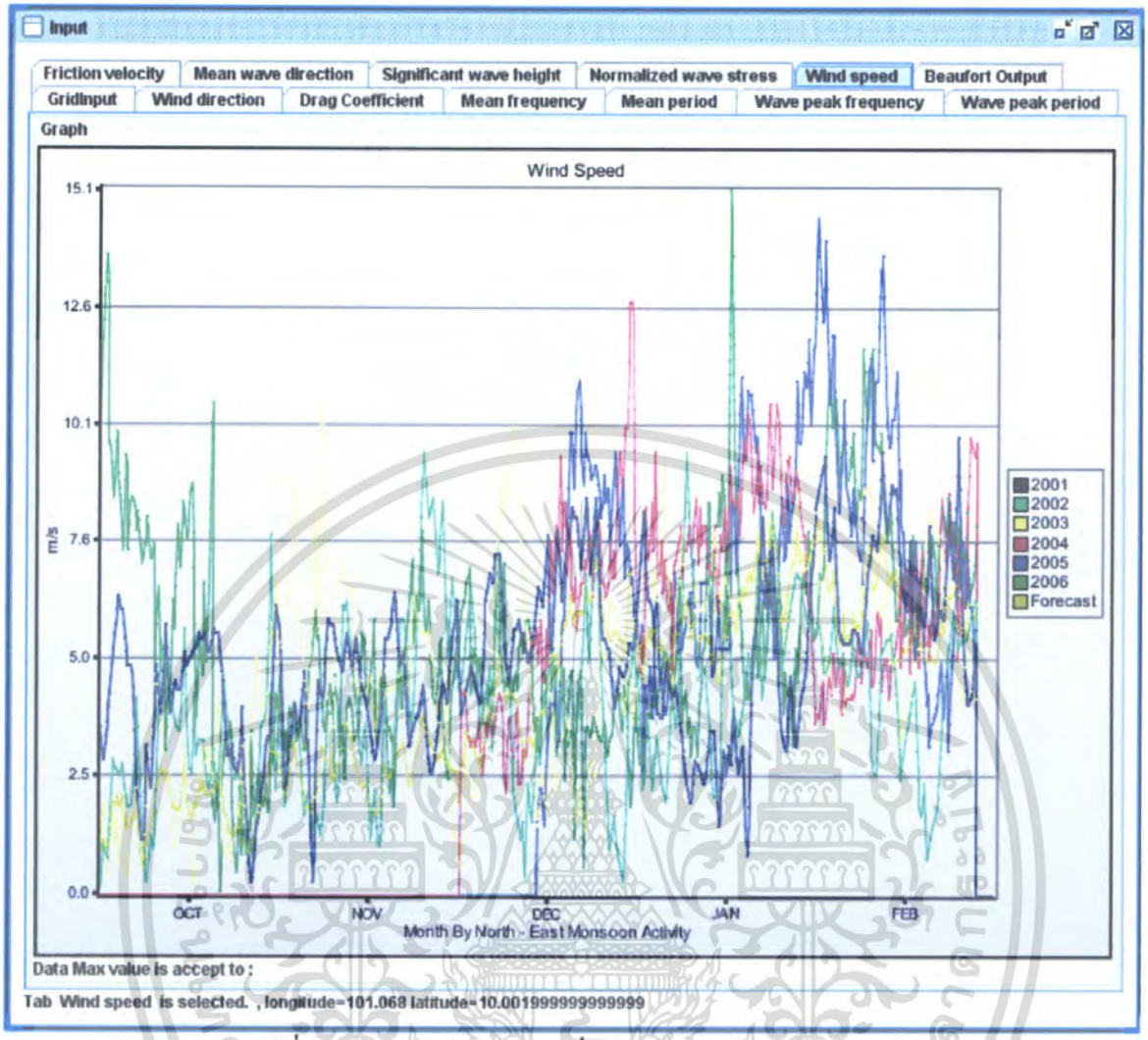
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Wind speed

เมื่อ

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2001

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2002

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2003

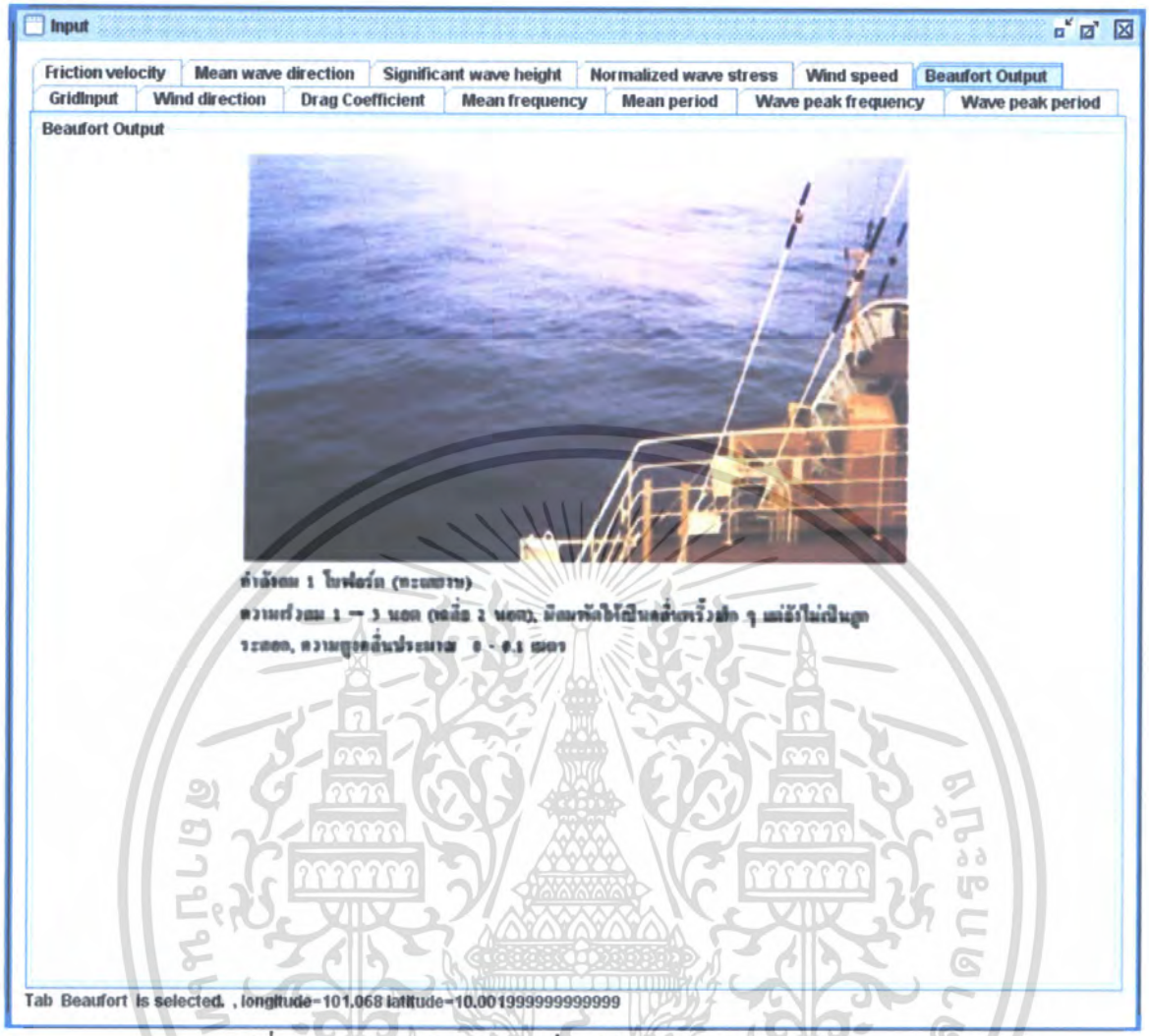
เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2004

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2005

เส้นสี ——— แทนค่าที่แท้จริงของปี 2006

เส้นสี ——— แทนค่าการทำนายแนวโน้มของปี 2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ผลของโปรแกรมเมื่อผู้ใช้เลือก Tab Beaufort Output

ผลลัพธ์ของ Beaufort จะแสดงเป็นลักษณะของคลื่นทะเลตามช่วงของความเร็วลมโดยมีหน่วย

เป็นผลลัพธ์ของ Beaufort จะแสดงเป็นลักษณะของคลื่นทะเลตามช่วงของความเร็วลมโดยมีหน่วยเป็น

นอต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5
สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการดำเนินงานจากโปรแกรมที่ทำ และในตอนท้ายกล่าวถึงข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โปรแกรมที่ได้จัดทำขึ้นเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการบริหารจัดการข้อมูลคลื่นที่ได้มาจากผลลัพธ์ของแบบจำลองแวม (WAM) ซึ่งมีอิทธิพลมาจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอ่าวไทย

ในการใช้งานระบบโปรแกรมจะต้องทำการประมวลผลของโปรแกรมผ่านเครื่องมือ (Tool) ต่างๆ แต่ในที่นี้จะใช้ JCreator เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรม โดยการที่ระบบโปรแกรมจะทำงานได้เมื่อผู้ใช้ทำการเลือกตำแหน่ง (ละติจูดและลองจิจูด) และพารามิเตอร์ที่สนใจของแบบจำลองแวม (WAM) เพื่อทำการแสดงผลออกสภาพทะเล หรือในรูปแบบของกราฟ พร้อมทั้งทำการทำนายแนวโน้มคลื่นที่จะเกิดในอนาคตให้ผู้ใช้ได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลในรูปของกราฟไว้ด้วย

โปรแกรมที่ได้สามารถอธิบายการเกิดคลื่นลมทะเลได้ ทั้งยังสามารถทำนายแนวโน้มของคลื่นว่าในอนาคตการเกิดคลื่นลมทะเลจะมีลักษณะ หรือแนวโน้มไปในทิศทางใด โดยเป็นการนำข้อมูลคลื่นที่มีอยู่ในอดีตย้อนหลังมาวิเคราะห์ ณ จุดพิกัดเดียวกัน เพื่อดูลักษณะของข้อมูลคลื่นที่มีอยู่ ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด และทำการแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงลักษณะข้อมูลคลื่นที่มีอยู่ รวมไปถึงแสดงให้ผู้ใช้ได้เห็นถึงการทำนายแนวโน้มของคลื่นในอนาคตต่อไปด้วย

5.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

การนำข้อมูลมาใช้งานกับโปรแกรม พบว่าหากทำการแปลงข้อมูลให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบดูง่ายนั้นจะส่งผลให้เสียเวลาในการแปลงข้อมูลค่อนข้างนาน เนื่องจากมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก และสลับซับซ้อน ทั้งยังอาจเกิดข้อผิดพลาดจากการแปลงข้อมูล หากข้อมูลที่ได้ผิดพลาดไปจากเดิม จะส่งผลให้การวิเคราะห์ข้อมูลมีความผิดพลาดตามไปด้วย ดังนั้นการเรียกใช้ข้อมูลที่มีอยู่โดยตรงน่าจะเป็นการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด การเรียกใช้ข้อมูลโดยตรงจะส่งผลให้ผู้ใช้มีความยุ่งยากในการตรวจสอบข้อมูล แต่การเรียกใช้ข้อมูลโดยตรงช่วยลดเวลาในการแปลงข้อมูลได้เป็นอย่างดี ทำให้โปรแกรมทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และแก้ปัญหาที่อาจจะเกิดข้อผิดพลาดของข้อมูลอันเนื่องมาจากการแปลงข้อมูลได้ เพราะไม่มีการทำการแก้ไขข้อมูลดังเดิมที่มีอยู่ และทำให้การพัฒนาโปรแกรมเป็นไปได้สะดวกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

เพื่อความสมบูรณ์ของการจำลองแบบลักษณะการเกิดคลื่นลมทะเลที่มากขึ้น สามารถนำโปรแกรมที่จัดทำขึ้นนี้ไปพัฒนาต่อในด้านต่าง ๆ ได้ ดังเช่น

- พัฒนาช่วงข้อมูลที่สนใจ จากเดิมที่สนใจเป็นฤดูกาล
- พัฒนาโปรแกรมในส่วนการรับข้อมูล
- พัฒนาโปรแกรมในส่วนการประมวลผล
- พัฒนาโปรแกรมในส่วนการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

[1] "Guide to Wave Analysis and Forecasting", Secretariat of the World Meteorological Oganization-Geneva-Switzerland, 1998.

[2] Heinz Günther , "The WAM Model cycle 4" ,1992.

[3] Nuttawat Sontichai, "Application of wind wave model (WAM) to wave prediction using KALMAN FILTER and principal component analysis", A Thesis submitted in partial Fulfillment of the Requirements for the degree of Master of Science (Applied Mathematics) Faculty of Graduate Studies Mahidol University, 2005.

[4] "Guide to Wave Analysis and Forecasting", 1998 (second edition) WMO-No. 702

[5] Wattana Kanbua, "Ocean wave forecasting in the Gulf of Thailand during typhoon Linda 1997: Hard and soft computing approaches", Journal of Atmospheric and Ocean Science, Vol 10, Nos. 1-4, January-December 2005, 145-161.

[6] Wattana Kanbua, Supharatid, S. and Tang, I. [2005] Ocean Wave Forecasting in the Gulf of Thailand during Typhoon Linda 1997 : WAM and Neural Network Approaches, ScienceAsia Journal Vol.31 (2005): 243-250.

[7] Wattana Kanbua and Chuai-Aree, S. [2005] Virtual Wave : an Algorithm for Visualization of Ocean Wave Forecast in the Gulf of Thailand, KMITL Science Journal Vol.5, No.1 Feb.2005, 140-150.

[8] อรพิน ประวัติบริสุทธิ์, "คู่มือการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา JAVA", Provision.

[9] รุ่งโรจน์ โพนคำ และ ปราลี มณีรัตน์, "Advanced Java Programming", ซัคเซส มีเดีย.

[10] http://www.tmd.go.th

[11] http://www.marine.tmd.go.th

[12] http://www.java2s.com

[13] http://www.dbmdata.com/index.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้