



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

ปริญญา

วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ	วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ
สาขา	ภาควิชา

เรื่อง ระบบการแสดงผลคลื่นสำหรับทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน

Wave Display System for the Gulf of Thailand and Andaman Sea

นามผู้วิจัย นาวาตรีสุชนันต์ สื่อสกุล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์จิระวัฒน์ กณะสุต, D.Eng.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(นาวาเอกบงกช สโมสร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัชย์ ลิปิวัฒนาการ, M.Asc.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Arg.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบการแสดงผลคลื่นสำหรับทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน

Wave Display System for the Gulf of Thailand and Andaman Sea

โดย

นาวาตรีสุชนันต์ สีสกุล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ)

พ.ศ. 2552

สุขสันต์ สือสกุล, นาวาตรี 2552: ระบบการแสดงผลคลื่นสำหรับทะเลฝั่งอ่าวไทยและ
อันดามัน ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) สาขาวิศวกรรม
ทรัพยากรน้ำ ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์สุวัฒนา จิตตลดากร, Ph.D. 93 หน้า

ข้อมูลคลื่นในทะเลสามารถได้จากการพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลอง ซึ่งให้ผลการคำนวณ
ทั้งในแบบการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave Hindcasting) และแบบการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave
Forecasting) สำหรับในประเทศไทยได้มีการศึกษาและใช้งานแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นที่ชื่อ
Wave Model (WAM) โดยนำมาปรับปรุงให้เหมาะสมในการพยากรณ์คลื่นสำหรับทะเลฝั่งอ่าวไทย
และอันดามันเพื่อสนับสนุนการเดินเรือเป็นหลัก

ในการศึกษารุ่นนี้ได้ทำการพัฒนาระบบการแสดงผลคลื่นด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0
ร่วมกับโปรแกรม MapWinGIS เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์ข้อมูลคลื่นจากแบบจำลอง WAM ให้มาก
ขึ้น ระบบการแสดงผลคลื่นนี้พัฒนาด้วยการปรับข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับมาแสดงผลของคลื่น
เชิงสถิติ (Wave statistics) ในรูปแบบ Wave rose และตาราง ซึ่งรูปแบบที่แตกต่างของข้อมูลที่น่าสนใจ
นั้นให้ค่าทางสถิติของความสูงคลื่น ทิศทางคลื่น และคาบคลื่นที่มีประโยชน์ในการเป็นข้อมูลนำเข้า
สำหรับการศึกษาสภาพแวดล้อมของคลื่นชายฝั่ง เช่น การกระทำของคลื่นต่อโครงสร้างชายฝั่ง และ
การเคลื่อนตัวของคลื่นน้ำลึกเข้าสู่ฝั่ง เป็นต้น และเหมาะสำหรับการสนับสนุนการตัดสินใจให้กับ
วิศวกรชายฝั่งและผู้เกี่ยวข้อง นอกจากนั้นระบบการแสดงผลคลื่นที่พัฒนาขึ้นยังเพื่อช่วยการตัดสินใจ
ในการเดินเรือ โดยการให้ข้อมูลคลื่นตลอดเส้นทางเดินเรือด้วยการนำผลข้อมูลพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า
มาแสดงผลทั้งในรูปแบบภาพและตาราง

Suksan Suesakul, Lieutenant Commander 2009: Wave Display System for the Gulf of Thailand and Andaman Sea. Master of Engineering (Water Resources Engineering), Major Field: Water Resources Engineering, Department of Water Resources Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Suwatana Chittaladakorn, Ph.D. 93 pages.

Ocean wave data can be obtained using wave forecasting models which can yield both hindcasted waves and forecasted waves. In Thailand the wave model called WAM has been studied, utilized and further developed mainly for wave forecasting to support navigation in the Gulf of Thailand and Andaman Sea.

In order to gain more benefit of WAM data, this study developed the wave display system using Visual Basic 6.0 and MapWinGIS. The system was developed to transform hindcasted wave data to wave statistics which are represented in a graphical form of a wave rose and also in a tabular format. These different formats of data presentation give statistic values of wave height, wave period and wave direction, which are essential inputs for study of nearshore wave environments such as wave-structure interaction and nearshore wave transformation and appropriate for decision support for coastal engineer or related. In order to improve decision-making on navigation, the system was also developed to generate wave information along navigation routes using the forecasted wave data. Both graphical presentation and a tabular form of this wave information can be generated.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุวัฒนา จิตตลดากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก อาจารย์ ดร.จิระวัฒน์ กณะสุต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และนางสาวเอกบงกช สโมสร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และคณะกรรมการอันประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.นุชนารถ ศรีวงศิตานนท์ ประธานการสอบปากเปล่าขั้นสุดท้าย รองศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต ชาติรักษ์ตระกูล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และรองศาสตราจารย์ ดร.วินัย เลียงเจริญสิทธิ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนตรวจแก้ไขและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนให้ความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมทรัพยากรน้ำทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบคุณ คุณเกษม ปิ่นทอง และนางสาวโทพนัย จินชัย ที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์อันเป็นประโยชน์ นางเอก กัตติญญ ศรีตังนันท์ และนางสาวโท วิริยะ เหลืองอร่าม ที่กรุณาให้คำแนะนำและอนุเคราะห์ข้อมูลในการดำเนินการวิจัย และเจ้าหน้าที่กรมอุทกศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทุกๆ คนที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆ

คุณความดีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

สุขสันต์ ลือสกุล

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	28
อุปกรณ์	28
วิธีการ	28
ผลและวิจารณ์	46
สรุปและข้อเสนอแนะ	53
สรุป	53
ข้อเสนอแนะ	54
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	55
ภาคผนวก	59
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	93

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของกลิ่นที่เคลื่อนที่ ณ ความลึกต่างๆ	9
2	ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังลมโบฟอร์ด และภาวะทะเล	20

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 พื้นที่ศึกษา	5
2 การกระจายตัวของพลังงานของคลื่นในทะเล	7
3 นิยามและค่าตัวแปรๆ ของคลื่น	7
4 การเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใต้คลื่น	8
5 คลื่นในทะเลเกิดจากคลื่นตามทฤษฎีคลื่นเชิงเส้นตรงหลายๆ ลักษณะประกอบกัน	10
6 องค์ประกอบของการดำเนินงานในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	17
7 ตัวอย่างลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial reference data)	18
8 รูปกำลังลมโบฟอร์ด	21
9 ตัวอย่างเรือสินค้าประเภทต่างๆ	26
10 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
11 แผนผังการทำงานของระบบพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลอง WAM ในปัจจุบัน	34
12 พื้นที่สำหรับการคำนวณในระบบพยากรณ์คลื่น	35
13 แสดงผลการคำนวณการพยากรณ์คลื่นด้วยโปรแกรม GrADS	35
14 แผนผังส่วนที่พัฒนาเพิ่มเติมจากระบบเดิม	36
15 แผนผังโครงสร้างของระบบการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ	38
16 แผนผังโครงสร้างของระบบการแสดงผล Wave rose	39
17 แผนผังโครงสร้างของระบบการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ	41
18 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่างหลัก	43
19 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่างแผนที่หลัก	43
20 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่าง Wave rose	44
21 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่างการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ	45
22 ตัวอย่างขั้นตอนการขยายแผนที่	47
23 ตัวอย่างผลการขยายแผนที่	48
24 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ	49
25 ตัวอย่างการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ตัวอย่างการแสดงผลภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือด้วยภาพแผนที่	50
27	ตัวอย่างการแสดงผลภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือด้วยตาราง	51

ภาพผนวกที่

1	ส่วนประกอบของโปรแกรม	60
2	ขั้นตอนการเพิ่มชั้นข้อมูล	62
3	แสดงผลการเพิ่มชั้นข้อมูล	62
4	ขั้นตอนการลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม	63
5	แสดงผลการลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม	64
6	ขั้นตอนการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลขึ้น	65
7	แสดงผลการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลขึ้น	65
8	ขั้นตอนการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลลง	66
9	แสดงผลการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลลง	66
10	ขั้นตอนการแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย	68
11	แสดงผลการแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย	68
12	แสดงผลการปิดค่าข้อมูลเชิงบรรยาย	69
13	ขั้นตอนการเปลี่ยนสีของค่าข้อมูลเชิงบรรยาย	69
14	แสดงผลการเปลี่ยนสีของค่าข้อมูลเชิงบรรยาย	70
15	ขั้นตอนการขยายแผนที่	71
16	แสดงผลการขยายแผนที่	72
17	ขั้นตอนการย่อแผนที่	72
18	แสดงผลการย่อแผนที่	73
19	ขั้นตอนการย่อแผนที่ เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด	74
20	แสดงผลการย่อแผนที่ เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด	74

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
21 ขั้นตอนการย่อแผนที่ เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด	75
22 แสดงผลการย่อแผนที่ เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด	75
23 ขั้นตอนการขยายแผนที่ เพื่อแสดงตำแหน่งอื่นในมาตราส่วนเดิม	76
24 แสดงผลการขยายแผนที่ เพื่อแสดงตำแหน่งอื่นในมาตราส่วนเดิม	77
25 ขั้นตอนการย้อนกลับภาพแผนที่ล่วงหน้า	78
26 แสดงผลการย้อนกลับภาพแผนที่ล่วงหน้า	78
27 ขั้นตอนการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ	79
28 แสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ	80
29 ขั้นตอนการแสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกตำแหน่งบนภาพแผนที่	81
30 แสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกตำแหน่งบนภาพแผนที่	81
31 ขั้นตอนการแสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกจากไฟล์ข้อมูล	82
32 แสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกจากไฟล์ข้อมูล	83
33 ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางเดินเรือจากเพิ่มข้อมูลเส้นทางเดินเรือ	84
34 แสดงผลการกำหนดเส้นทางเดินเรือจากเพิ่มข้อมูลเส้นทางเดินเรือ	85
35 ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่	86
36 แสดงผลการกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่	86
37 ขั้นตอนการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ	87
38 แสดงผลการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือด้วยตาราง	88
39 แสดงผลการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือด้วยภาพแผนที่	89
40 ภาพขยายการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือด้วยภาพแผนที่	90
41 ขั้นตอนการบันทึกเส้นทางเดินเรือที่กำหนดบนแผนที่	91
42 ขั้นตอนการลบเส้นทางเดินเรือ	92
43 แสดงผลการลบเส้นทางเดินเรือ	92

ระบบการแสดงผลคลื่นสำหรับทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน

Wave Display System for the Gulf of Thailand and Andaman Sea

คำนำ

คลื่นในทะเลเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดคลื่นในหลายๆ รูปแบบด้วยกัน โดยแหล่งกำเนิดคลื่นที่พบเห็นได้อย่างชัดเจนคือ ลม คลื่นที่เกิดจากลมเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อกิจกรรมต่างๆ ในทะเล เช่น การเดินเรือในทะเล การทำประมงชายฝั่ง เป็นต้น และเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะและองค์ประกอบของชายฝั่งต่างๆ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์อย่างมาก ดังนั้นการที่เราสามารถทราบลักษณะของคลื่นทั้งในแบบเป็นช่วงเวลาต่างๆ และแบบข้อมูลต่อเนื่อง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น การแจ้งเตือนภัยประชาชนตามแนวชายฝั่งและชาวประมงในทะเล การป้องกันการเปลี่ยนแปลงลักษณะชายฝั่ง การวางแผนและออกแบบท่าเรือ ร่องน้ำ และสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง ฯลฯ

ข้อมูลคลื่นในทะเล สามารถได้มาจากทุ่นตรวจวัดคลื่นในทะเล ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่ใช้ในการเก็บข้อมูลคลื่น ได้แก่ ความสูงคลื่น (Wave Height) คาบคลื่น (Wave Period) และทิศทางคลื่น (Wave Direction) อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่ข้อมูลคลื่นที่ได้จากทุ่นตรวจวัดคลื่น ยังขาดความต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุ เช่น ทุ่นตรวจวัดอาจได้รับความเสียหายจากเรือชนิดต่างๆ ในทะเล หรือช่วงที่มีคลื่นลมแรง ทำให้ทุ่นขาดหายไป ข้อมูลที่ได้จึงไม่ต่อเนื่อง นอกจากนั้นการตรวจวัดคลื่นด้วยทุ่นจำเป็นต้องมีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อทุ่นตรวจวัด การดำเนินการในการตรวจวัด และการซ่อมบำรุงสูงมาก จึงได้มีความพยายามที่จะศึกษาคลื่นลมในทะเลและมหาสมุทรด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการพยากรณ์คลื่นในทะเล โดยในช่วงแรกๆ มีจุดประสงค์เพื่อตอบสนองความต้องการในด้านการเดินเรือและการยกพลขึ้นบกในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ต่อมาได้มีการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการในด้านอื่นๆ เพิ่มขึ้น เช่น การประมง การท่องเที่ยว แทนจุดเจาะในทะเล ฯลฯ มาโดยตลอดจนถึงปัจจุบัน

เนื่องจากการใช้แบบจำลองนั้นสามารถทำได้ในสำนักงาน และมีค่าใช้จ่ายไม่สูงเหมือนการตรวจวัดด้วยทุ่นตรวจวัดคลื่นในทะเล รวมถึงสามารถได้ผลการคำนวณทั้งในแบบการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting) และแบบการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave forecasting) ซึ่งมีความ

แตกต่างกันอยู่ที่ข้อมูลอุทุนิยมวิทยาที่ใช้เท่านั้น นั่นคือการคำนวณคลื่นย้อนกลับ จะใช้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลอุทุนิยมวิทยาในอดีต แต่การพยากรณ์คลื่นล่วงหน้าจะใช้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลอุทุนิยมวิทยาที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้น (US Army Corps of Engineers, 1984)

สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นที่มีชื่อว่า Wave Model (WAM) และนำมาปรับปรุงเพื่อนำมาใช้พยากรณ์คลื่นในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน (ธวัช และคณะ, 2542) โดยที่ผ่านมามีข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง WAM จะใช้เพื่อสนับสนุนการเดินทางเรือเป็นหลัก อย่างไรก็ตามแบบจำลอง WAM สามารถให้ผลออกมาได้ทั้งการคำนวณคลื่นย้อนกลับ และการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า และหากข้อมูลเหล่านี้สามารถถูกนำมาปรับให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการ ก็จะมีประโยชน์เพิ่มมากขึ้นในการสนับสนุนงานด้านอื่นๆ ได้ เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงชายฝั่ง การออกแบบสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนการเดินทางเรือ

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบแสดงผลข้อมูลคลื่น โดยนำข้อมูลคลื่นที่ได้จากแบบจำลอง WAM มาปรับและแสดงผลใน 3 รูปแบบ คือ 1) การแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ โดยแสดงความสูงคลื่นและทิศทางคลื่นจากผลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ 2) การแสดงผลในลักษณะ Wave rose ณ จุดต่างๆ ตามตำแหน่งที่มีการบันทึกผลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ และ 3) การตรวจสอบเส้นทางเดินเรือกับผลการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า โดยทั้ง 3 รูปแบบที่กล่าวข้างต้นถูกบูรณาการ (Integration) โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 6.0 ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เพื่อให้มีความสะดวกในการใช้ข้อมูล

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย มีดังต่อไปนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ สำหรับแสดงความเสี่ยงและทิศทางคลื่น โดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ตลอดบริเวณพื้นที่ทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน
2. เพื่อพัฒนาระบบการแสดงผลข้อมูลคลื่นในรูปแบบ Wave rose และตาราง โดยใช้ข้อมูลตามลำดับอนุกรมเวลา (Time series data) เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการตัดสินใจในการออกแบบและวางแผนด้านวิศวกรรมชายฝั่ง
3. เพื่อพัฒนาระบบการตรวจสอบสภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ สำหรับช่วยในการกำหนดแผนการเดินทางของนักเดินเรือ

ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาวิทยานิพนธ์ มีดังต่อไปนี้

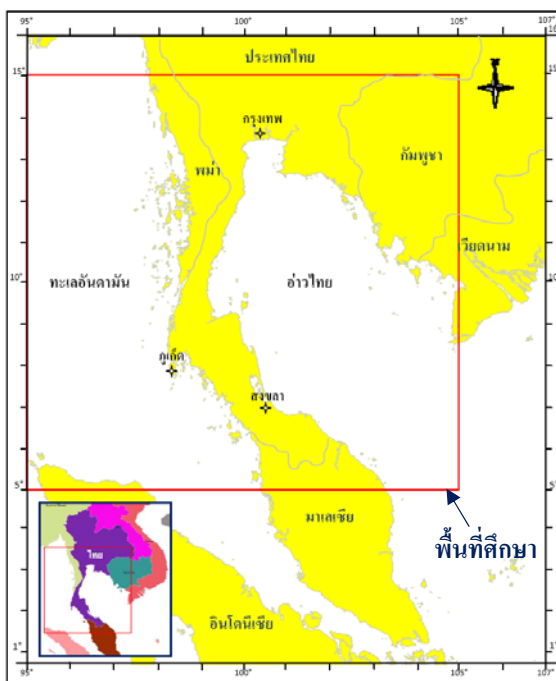
1. ใช้ข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting data) จากแบบจำลอง WAM บริเวณพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 95 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก ตั้งแต่วันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2540 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2541 และข้อมูลการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave forecasting data) จากแบบจำลอง WAM บริเวณพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 95 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก ตั้งแต่วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึง 22 มกราคม พ.ศ. 2548 เป็นข้อมูลตัวอย่าง
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยภาษาวิชวลเบสิก 6.0 (Visual Basic 6.0) ที่สามารถทำงานบนระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในการแสดงผลสภาพคลื่น และการแสดงผล Wave rose และตาราง โดยใช้ข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ และแสดงผลการตรวจสอบสภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือกับขนาดความสูงคลื่น ทิศทางคลื่น และภาวะทะเล (Sea state) โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า

3. ทดสอบโปรแกรมด้วยการให้ระดับผู้บริหาร ระดับปฏิบัติการ ระดับเจ้าหน้าที่ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง WAM และระดับผู้ใช้ต่างๆ ในกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ได้ทดลองใช้งานโปรแกรม

การตรวจเอกสาร

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ในการศึกษานี้ ได้กำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 95 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก (ภาพที่ 1) ในรูปแบบจุดพิกัดแบบละเอียด (ทุกๆ 0.25 องศาละติจูด) ข้อมูลความลึกได้มาจาก National Geophysical Data Center (NGDC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา และข้อมูลความลึกจากการสำรวจบางส่วนโดยกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ซึ่งให้ข้อมูลระดับของภูมิประเทศทุกๆ 5 ลิปดา (ประมาณ 10 กิโลเมตร) ความลึกนี้ถูกปรับให้สอดคล้องกับระบบพิกัดกริดในแบบจำลองคือ ที่ทุกๆ 0.25 องศา หรือประมาณ 27 กิโลเมตร และใช้ข้อมูลลมที่ระดับความสูง 10 เมตรจากระดับน้ำทะเลทุกๆ 1 องศา ราย 12 ชั่วโมง ซึ่งได้มาจาก Navy Operation Global Atmospheric Prediction System (NOGAPS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลอง WAM และถูกปรับให้สอดคล้องกับระบบพิกัดกริดที่กำหนดไว้ในแบบจำลองการพยากรณ์คลื่น (สมบุรณ์ และคณะ, 2542)



ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษา

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

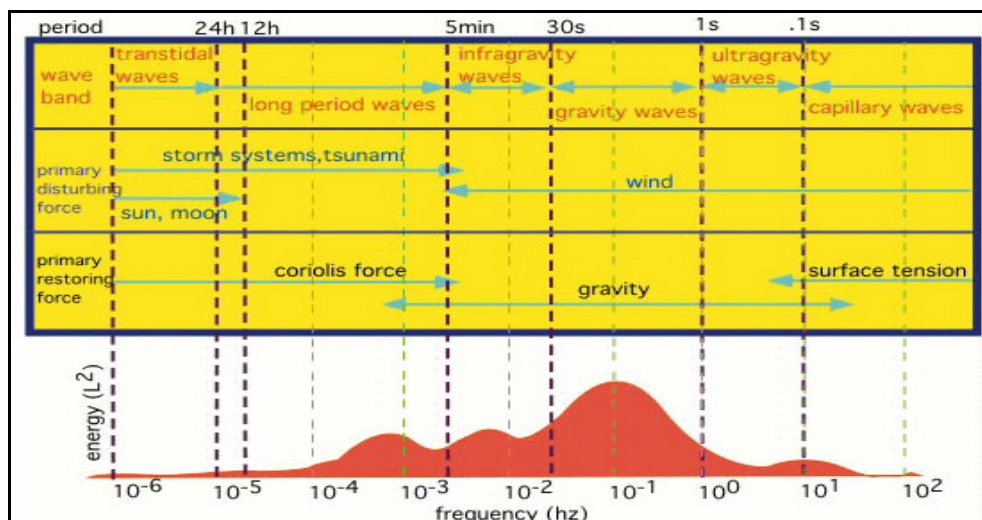
1. ทฤษฎีของคลื่น

คลื่นในทะเลเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดคลื่นในหลายๆ รูปแบบด้วยกัน เช่น ลม พายุ แผ่นดินไหว แรงดึงดูดระหว่างดวงดาวบนท้องฟ้า ฯลฯ แต่แหล่งกำเนิดคลื่นที่พบเห็นได้อย่างชัดเจนคือ ลม คลื่นที่เกิดจากลมเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อกิจกรรมต่างๆ ในทะเล เช่น การเดินเรือในทะเล การทำประมงชายฝั่ง เป็นต้น และเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปลักษณะและองค์ประกอบของชายฝั่งต่างๆ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์อย่างมาก ดังนั้นการที่เราสามารถทราบลักษณะของคลื่นทั้งในแบบเป็นช่วงเวลาต่างๆ และแบบข้อมูลต่อเนื่อง สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น การแจ้งเตือนภัยประชาชนตามแนวชายฝั่งและชาวประมงในทะเล การป้องกันการเปลี่ยนแปลงลักษณะชายฝั่ง การวางแผนและออกแบบท่าเรือ ร่องน้ำ และสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง ฯลฯ

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่าคลื่นที่เกิดจากลมในช่วง Gravity wave ซึ่งมีคาบคลื่นระหว่าง 1-30 วินาที เป็นช่วงคลื่นที่สำคัญ เนื่องจากเป็นช่วงที่มีพลังงานคลื่นสูง ซึ่งช่วงคลื่นดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะหลัก คือ 1) คลื่นที่เกิดจากลมที่ยังอยู่ภายใต้อิทธิพลของลม เรียกว่า “Seas” และ 2) คลื่นที่เกิดจากลมและเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด โดยไม่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลม เรียกว่า “Swell” ในงานวิศวกรรมชายฝั่งให้ความสำคัญกับ Gravity wave โดยเฉพาะในช่วงคาบคลื่นระหว่าง 5-15 วินาทีอย่างมาก เนื่องจากคลื่นเหล่านี้เกิดขึ้นเป็นประจำ และทำความเสียหายต่อขอบฝั่งและสิ่งก่อสร้างชายฝั่ง (US. Army Corps of Engineers, 1984)

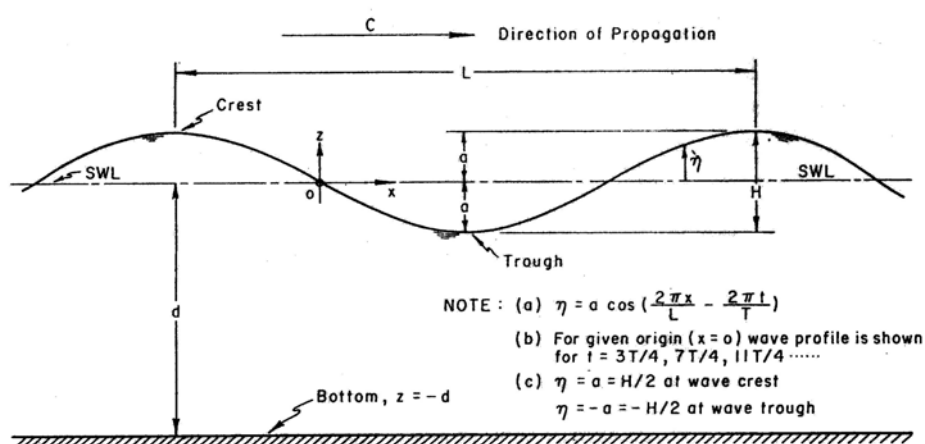
เนื่องจากคลื่นจริงในทะเลมีลักษณะที่ซับซ้อน จึงได้มีการพัฒนาทฤษฎีคลื่นเพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษาลักษณะต่างๆ ของคลื่น และทฤษฎีที่ง่ายและนิยมนำมาใช้คือ ทฤษฎีคลื่นเชิงเส้นตรง (Linear Wave Theory) โดยคลื่นตามทฤษฎีนี้จะมีลักษณะคานิชามและตัวแปรที่ใช้ประกอบด้วย ยอดคลื่น (Crest) คือจุดที่สูงที่สุดของคลื่น ร่องคลื่น (Trough) คือจุดที่ต่ำที่สุดของคลื่น ความยาวคลื่น (Wave Length: L) คือระยะทางราบระหว่างยอดคลื่นที่อยู่ติดกัน ความสูงคลื่น (Wave Height: H) คือระยะทางตั้งระหว่างยอดคลื่นและร่องคลื่น คาบคลื่น (Wave Period: T) คือระยะเวลาที่ยอดคลื่น 2 ยอดคลื่นติดกันเคลื่อนผ่านจุดคงที่ใดๆ ความลึกของน้ำ (Depth: d) คือระยะทางตั้งจากพื้นท้องทะเลถึงระดับน้ำนิ่ง

(Still-water level: SWL) และแอมพลิจูดของคลื่น (Wave Amplitude: a) คือระยะทางตั้งจากระดับน้ำนิ่งถึงยอดคลื่น หรือจากระดับน้ำนิ่งถึงร่องคลื่น ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 2 การกระจายตัวของพลังงานของคลื่นในทะเล

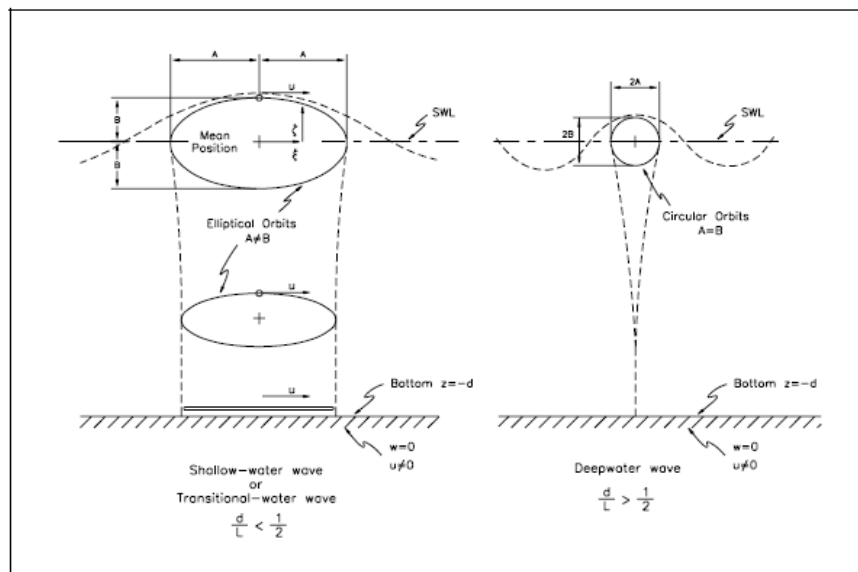
ที่มา: Kinsman (1965)



ภาพที่ 3 นิยามและค่าตัวแปรต่างๆ ของคลื่น

ที่มา: US. Army Corps of Engineers (1984)

ตามทฤษฎีคลื่นเชิงเส้นตรง (Linear Wave Theory) คลื่นสามารถจำแนกตามความลึกของน้ำที่เคลื่อนที่ผ่านโดยใช้ความลึกสัมพัทธ์ (relative depth, d/L) ได้เป็น 3 บริเวณคือ 1) คลื่นบริเวณน้ำลึก (Deep Water Wave) มีค่ามากกว่า 0.5 ($d/L > 0.5$) ลักษณะต่างๆของคลื่น เช่น ความเร็วคลื่น (wave celerity), ความยาวคลื่น (wave length, L), ความสูงคลื่น (wave height, H) ถือว่ามีค่าคงที่ และวงโคจรของอนุภาคน้ำ (trajectories) เป็นรูปวงกลม ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ ความสูงคลื่น 2) คลื่นบริเวณระหว่างน้ำตื้นและน้ำลึก (Transitional Water Wave) ซึ่งมีความลึกสัมพัทธ์ (relative depth, d/L) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.04 ถึง 0.5 ($0.04 < d/L < 0.5$) และ 3) คลื่นบริเวณน้ำตื้น (Shallow Water Wave) ซึ่งมีความลึกสัมพัทธ์ (relative depth, d/L) มีค่าน้อยกว่า 0.04 ($0.04 < d/L$) โดยทั้ง 2 บริเวณนี้มีลักษณะของคลื่นเปลี่ยนไป เนื่องจากอิทธิพลของน้ำตื้น (shoaling effect) ทำให้คลื่นในบริเวณนี้มีความยาวคลื่นสั้นลง ความสูงคลื่นสูงขึ้น ความเร็วคลื่นลดลง แต่อย่างไรก็ตาม คาบคลื่น (wave period, T) ไม่เปลี่ยนแปลงทางเดินของอนุภาคน้ำจะถูกอิทธิพลของน้ำตื้นทำให้วงโคจรมีลักษณะเป็นวงรี (ellipse) รอบๆจุดตำแหน่งเฉลี่ย (US. Army Corps of Engineers, 1984) ดังแสดงในภาพที่ 4 สำหรับคุณสมบัติต่างๆของคลื่นที่เคลื่อนที่ในน้ำ ณ ความลึกต่างๆ จะมีลักษณะแตกต่างกันตามที่แสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 4 การเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำภายใต้คลื่น

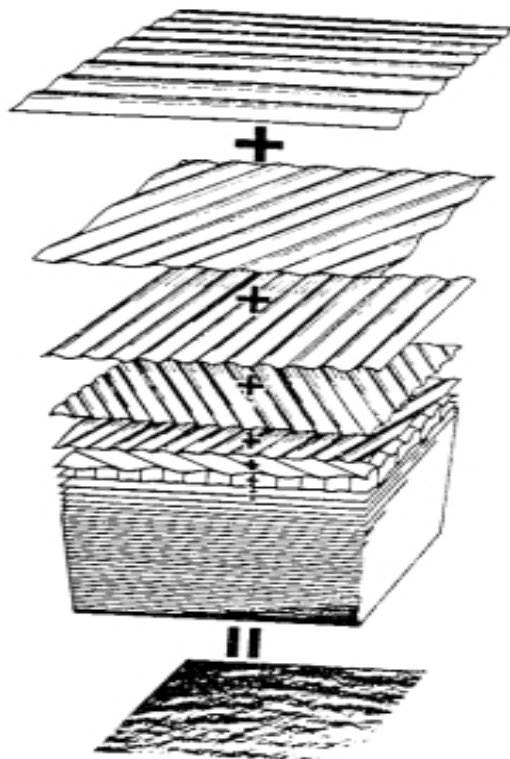
ที่มา: US. Army Corps of Engineers (1984)

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของคลื่นที่เคลื่อนที่ ณ ความลึกต่างๆ

คุณสมบัติของคลื่น	คลื่นในน้ำตื้น	คลื่นในน้ำลึกปานกลาง	คลื่นในน้ำลึก
ความเร็วคลื่น	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$C = C_0 \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
ความยาวคลื่น	$L = T\sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = C_0 T$
ความเร็วกลุ่มคลื่น	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)} \right] C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gT}{4\pi}$

ที่มา: US. Army Corps of Engineers (1984)

สำหรับคลื่นจริงในทะเลที่มีลักษณะสลับซับซ้อนนั้น ความสูงคลื่นและคาบคลื่นจะอธิบายในลักษณะของค่าทางสถิติ โดยค่าความสูงคลื่นสถิติที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ค่าความสูงคลื่นนัยสำคัญ (Significant wave height) ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยของค่าความสูงคลื่น 30 ค่าแรกที่สูงที่สุด และค่านี้ใกล้เคียงกับค่าความสูงที่ประมาณโดยสายตาจากนักตรวจคลื่นที่ชำนาญ ส่วนคาบคลื่นสถิติที่นำมาใช้กันมีหลายค่า เช่น คาบคลื่นเฉลี่ย (Mean wave period) คาบคลื่นนัยสำคัญ (Significant wave period) เป็นต้น ค่าของลักษณะคลื่นสถิติดังกล่าว สามารถคำนวณได้จากข้อมูลคลื่นในลักษณะตามลำดับอนุกรมเวลา (Time series) แต่วิธีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ การคำนวณจากสเปกตรัมของคลื่น (Wave spectrum) ซึ่งได้มาจากการแปลงข้อมูลคลื่นจากลำดับอนุกรมเวลา มาเป็นพลังงานคลื่น (ความสูงคลื่น) ต่อความถี่ (คาบคลื่น) และถ้ามีค่าทิศทางคลื่นประกอบด้วยจะเรียกสเปกตรัมคลื่นนั้นว่า Directional spectrum สเปกตรัมของคลื่นจริงที่ซับซ้อนในทะเลสร้างมาจากหลักการที่ว่าคลื่นที่สลับซับซ้อนในทะเลเกิดจากคลื่นตามทฤษฎีคลื่นเชิงเส้นตรง (Linear Wave Theory) หลายๆ ลักษณะประกอบกัน (World Meteorological Organization, 1998) ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 คลื่นในทะเลเกิดจากคลื่นตามทฤษฎีคลื่นเชิงเส้นตรงหลายๆ ลักษณะประกอบกัน

ที่มา: World Meteorological Organization (1998)

2. แบบจำลองคณิตศาสตร์ของ WAve Model (WAM)

2.1 ความเป็นมา

แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์คลื่นที่เกิดจากลมถูกพัฒนาขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 1960 ถึงต้นปี ค.ศ. 1970 ซึ่งเป็นการพยากรณ์คลื่นรุ่นแรก (First generation) โดยหลักเล็งการใช้หลักสมดุลของพลังงานที่มีความซับซ้อน โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับรูปแบบการสมดุลของสเปกตรัมแบบจำลองเหล่านี้ถูกสมมติให้องค์ประกอบต่างๆ ของคลื่น โดยใช้สมมติฐานแบบหนึ่งมิติของสเปกตรัม-ความถี่ (frequency spectrum) ของ Phillips และความสัมพันธ์ของความสมดุลในแต่ละทิศทาง ด้วยเหตุนี้การโตขึ้นของคลื่นจึงถูกจำกัดด้วยองค์ประกอบของค่าสูงสุดของสเปกตรัมที่อยู่ข้างเคียง (Komen *et al.*, 1994)

ในช่วงทศวรรษที่ 1970 Mitsuyasu (1968, 1969) และ Hasselmann *et al.* (1973) ได้ทำการทดลองวัดการโตขึ้นของคลื่น Snyder *et al.* (1981) และ Hasselmann *et al.* (1986) ทำการวัดพลังงานจากลมที่ให้กับคลื่นโดยตรง ทำให้ได้ความสัมพันธ์ใหม่เกี่ยวกับสมดุลของสเปกตรัม ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อมาจนเป็นการพยากรณ์คลื่นในรุ่นที่สอง (Second generation) อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้ยังถูกจำกัดด้วยการพิจารณาเทอมไม่เชิงเส้นอย่างง่าย ด้วยการระบุรูปร่างของสเปกตรัมของคลื่นให้มีความถี่สูงกว่าความถี่ที่จุดยอด (Peak frequency) ทำให้ได้รูปร่างของสเปกตรัมเป็นแบบ quasi-universal ที่ได้กับสนามลมพื้นผิว (Synoptic wide field) แม้กระทั่งแบบจำลองนี้ยังไม่สามารถพยากรณ์คลื่นที่เกิดจากสภาพอากาศแปรปรวนอย่างรุนแรงได้ เช่น พายุหมุน หรือ Fronts เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีปัญหาในช่วงของการเปลี่ยนแปลงจากคลื่นในทิศทางลม (wind sea) ได้เป็น swell อีกด้วย

ข้อด้อยของแบบจำลองรุ่นที่สองได้รับการศึกษา (SWAMP, 1985) และพบว่าถึงแม้แบบจำลองทั้งรุ่นที่หนึ่งและรุ่นที่สองจะมีความสามารถในการปรับตัวแปรเสริม (parameters) ต่างๆ เพื่อให้ได้คลื่นที่สอดคล้องกับที่วัดจริงในสนาม แต่แบบจำลองทั้งสองก็ไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการปฏิบัติงานจริงที่มีสภาวะอากาศที่แปรปรวนตลอดเวลา

นอกจากนี้ยังพบว่า การคำนวณในแบบจำลองรุ่นที่สองมีความยุ่งยากมาก จึงเสนอให้มีการพัฒนาแบบจำลองรุ่นที่สาม (Third generation) ขึ้น ซึ่งมีการคำนวณที่ง่ายกว่า (SWAMP, 1985) โดยทำการคำนวณสเปกตรัมจากสมการพื้นฐานของการถ่ายเทสเปกตรัม (Spectral transport) การดำเนินงานในส่วนนี้เป็นไปภายใต้โครงการ WAM ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากการศึกษา Sea Wave Modelling Project (SWAMP) เสร็จสิ้นลง

WAM รุ่นที่สามนี้ได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยในปัจจุบันเป็น cycle ที่ 4 ซึ่งเทอมพลังงานจากลมอยู่บนพื้นฐานของ Janssen (1991) ขณะที่ใน cycle ที่ 1 ถึง 3 อยู่บนพื้นฐานของ Snyder (1981)

2.2 สมการของแบบจำลอง WAM ในกรณีน้ำลึก

พัฒนาการของสเปกตรัม (F) ของคลื่นในสองมิติจะเป็นฟังก์ชันของเส้นละติจูด (ϕ) และเส้นลองจิจูด (λ) ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วย สมการสมดุลของพลังงาน คือ

$$\frac{dF}{dt} + \bar{V} \cdot \nabla F = S \quad (1)$$

เมื่อ $\bar{V}$ คือ เวกเตอร์ความเร็วของกลุ่มคลื่น (group velocity)

S คือ ฟังก์ชันแหล่งกำเนิด

t คือ เวลา

โดยในเทอมด้านซ้ายมือของสมการแสดงการเคลื่อนที่ของกลุ่มคลื่นโดยการพา (advection) การหาคำตอบของมันเป็นปัญหาที่นักคณิตศาสตร์ให้ความสนใจ ขณะที่เทอมด้านขวามือคือคุณสมบัติทางกายภาพที่อธิบายพลศาสตร์ของกลุ่มคลื่น สมการที่ 1 สามารถกระจายได้เป็น

$$\frac{dF}{dt} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial(\phi \cos \phi F)}{\partial \phi} + \frac{\partial(\lambda F)}{\partial \lambda} + \frac{\partial(\theta F)}{\partial \theta} = S \quad (2)$$

โดยที่ $F = F(f, \theta, \phi, \lambda, t)$ เป็นฟังก์ชันของความถี่ (f) ทิศทางการเคลื่อนที่ (θ) ซึ่งวัดตามเข็มนาฬิกาเทียบกับทิศเหนือจริง

ϕ, λ, θ เป็นอัตรการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ไปตามความโค้งของโลก (Great circle path) ในที่นี้

$$\phi = \frac{d\phi}{dt} = \frac{V}{R} \cos \theta \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{d\lambda}{dt} = \frac{V}{R \cos \phi} \sin \theta \quad (4)$$

$$\theta = \frac{d\theta}{dt} = \frac{V}{R} \sin \theta \cos \phi \quad (5)$$

ในที่นี้ V คือ ความเร็วของกลุ่มคลื่น มีค่าเท่ากับ $g / 4\pi f$

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

R คือ รัศมีของโลก

ฟังก์ชันของแหล่งกำเนิด (S) เป็นการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของพลังงานในการเคลื่อนที่ของกลุ่มคลื่น สามารถแสดงได้ด้วย

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{dis} \quad (6)$$

โดยที่ S_{in} คือ การถ่ายเทพลังงานลมสู่คลื่น

S_{nl} คือ การถ่ายเทพลังงานเนื่องจากการปฏิสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น (Non-linear transfer)

S_{dis} คือ การสลายของพลังงานเนื่องจากการแตกของคลื่น (White capping dissipation)

2.3 สมการของแบบจำลอง WAM ในกรณีน้ำตื้น

ในกรณีของน้ำตื้นจำเป็นต้องนำการสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานที่ท้องทะเล (S_{bf}) มาพิจารณาด้วย นอกจากนี้การรั่วซึมที่ท้องทะเลและความยืดหยุ่นของตะกอนท้องทะเลสามารถ นำมาร่วมพิจารณาในฟังก์ชันแหล่งกำเนิดได้ สมการการสูญเสียพลังงานเนื่องจากแรงเสียดทานจะแปรเปลี่ยนไปตามความลึกของน้ำ (D) ซึ่งได้มาจากการศึกษาของ JONSWAP (Joint North Sea Wave Project) โดย Hasselmann และคณะ (1973) แสดงได้ดังนี้

$$S_{bf} = \frac{\Gamma}{g^2} \frac{\omega^2}{\sinh^2 kD} F \quad (7)$$

โดยที่ Γ คือ ค่าคงที่ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของตะกอนท้องทะเล

โดยทั่วไปถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ $0.038 \text{ m}^2/\text{s}^3$

g คือ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

ω คือ $2\pi f$

D คือ ความลึกของน้ำ

F คือ ระยะทางที่ลมพัดผ่านผิวหน้าน้ำ (fetch length)

k คือ ค่าคงที่ของ Von Karman

2.4 ผลการคำนวณจากแบบจำลอง WAM

Komen *et al.* (1994) ได้อธิบายผลการคำนวณจากแบบจำลอง WAM นั้น สามารถแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

1) ผลของคลื่นซึ่งก่อกำเนิดอยู่ภายใต้อิทธิพลของลม (Sea) ได้แก่ คลื่นนัยสำคัญ (Significant wave height) ทิศทางคลื่นเฉลี่ย (Mean wave direction) ความถี่เฉลี่ย (Mean frequency) ความเร็วแรงเสียดทานในชั้นขอบเขตของบรรยากาศ (Friction velocity) ทิศทางของคลื่น (Wave direction) ความถี่สูงสุด (Peak frequency) ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้าน (Drag coefficient) และความเค้นเหนียวนำปกติสำหรับคลื่น (Normalized wave-induced stress)

2) ผลของคลื่นที่เกิดจากลมและเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด โดยไม่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลม (Swell) ได้แก่ ความสูงคลื่น (Wave height) ทิศทางของ Swell (Swell direction) ทิศทางเฉลี่ยระหว่างลมกับคลื่น (Mean wind-wave direction) และความถี่เฉลี่ยของ Swell (Mean swell frequency)

3) สเปกตรัมของคลื่นซึ่งก่อกำเนิดอยู่ภายใต้อิทธิพลของลม (Sea) ที่ตำแหน่งกริดที่เลือก

4) สเปกตรัมของคลื่นที่เกิดจากลมและเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิด โดยไม่อยู่ภายใต้อิทธิพลของลม (Swell) ที่ตำแหน่งกริดที่เลือก

2.5 การนำไปใช้และความแม่นยำของแบบจำลอง WAM

แบบจำลอง WAM ได้รับการนำไปใช้ปฏิบัติงานจริงในหลายๆ หน่วยงานของหลายประเทศ ได้แก่ European Center for Medium Range Weather Forecasts (ECMWF) ประเทศอังกฤษ Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (FNMOC) ประเทศสหรัฐอเมริกา Atmospheric Environment Service (AES) ประเทศแคนาดา Max-Planck Institute for Meteorology ประเทศเยอรมัน Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut ประเทศเนเธอร์แลนด์ ฯลฯ

ในการศึกษาลื่นรอบชายฝั่งทะเลของญี่ปุ่น Kawaguchi and Hashimoto (2003) ใช้แบบจำลอง WAM ในการคำนวณข้อมูลคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting) และใช้ข้อมูลจาก ECMWF ในการคำนวณเป็นเวลา 8 ปี แล้วนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการตรวจคลื่นจาก NOWPHAS ในญี่ปุ่น ผลที่ได้จากการศึกษา คือ การแสดงผลข้อมูลคลื่นในรูปแบบของ Wave rose ตาราง และแผนภูมิต่างๆ ซึ่งแสดงคุณลักษณะของคลื่นทางสถิติในมหาสมุทรจากการคำนวณโดยแบบจำลอง WAM ในตำแหน่งต่างๆ รอบประเทศญี่ปุ่น โดยแบ่งตามรายฤดู ซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

ในประเทศไทย รัช และคณะ (2542) ได้ศึกษาแบบจำลองการพยากรณ์คลื่น WAM และมีการปรับปรุงพารามิเตอร์ของแบบจำลอง เพื่อนำมาใช้ในการพยากรณ์คลื่นในทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน โดยใช้ข้อมูลพยากรณ์ลมที่ได้จาก Master Environmental Library ของ US. Department of Defense ซึ่งมีหน่วยงานคือ กรมอุตุนิยมวิทยา และกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ที่ใช้งานแบบจำลอง WAM มาจนถึงปัจจุบัน

วิริยะ (2547) ได้ศึกษาแบบจำลองเชิงตัวเลข SWAN ที่มีความสามารถในการคำนวณคลื่นในพื้นที่ใกล้ฝั่งเพื่อใช้สำหรับอ่าวไทย โดยการนำผลการคำนวณในพื้นที่เอเซียตะวันออกเฉียงใต้ของแบบจำลองการพยากรณ์คลื่น WAM (Wave Model) มาเป็นพลังงานของบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของแบบจำลอง SWAN (Simulating WAve Near shore) พบว่าแบบจำลองทั้งสองสามารถทำงานต่อเนื่องกันได้เป็นอย่างดี โดยแบบจำลอง SWAN สามารถรับพลังงานของคลื่น ณ จุดที่กำหนดไว้ในบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของการคำนวณจากแบบจำลอง WAM

ในการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง WAM นั้น Gorman *et al.* (2003) ได้ใช้แบบจำลอง WAM ในการทำนายคลื่นน้ำลึกเป็นเวลา 20 ปี (ค.ศ.1979 - 1998) บริเวณแถบนิวซีแลนด์ โดยใช้ข้อมูลลมนำเข้าจาก ECMWF โดยผลการทำนายคลื่นที่ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดจากดาวเทียม TOPEX/Poseidon ดาวเทียม ERS-1 และดาวเทียม ERS-2 ผลที่ได้จากการศึกษาคือ ความสูงคลื่นนัยสำคัญเฉลี่ยในช่วงเวลานานๆ จากข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting data) โดยทั่วไปต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัดด้วยดาวเทียมอยู่ 0.3 - 0.5 เมตร

ในการศึกษาของ รัช และคณะ (2542) ได้ทำการทดสอบความแม่นยำของแบบจำลอง WAM โดยเปรียบเทียบข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ตรวจวัดได้จาก 3 แหล่งข้อมูลด้วยกันคือ 1) ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม TOPEX/Poseidon 2) ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม ERS-2 และ 3) ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยทุ่นลอยในโครงการ SEAWATCH ของสภาวิจัยแห่งชาติ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม TOPEX/Poseidon มีความแม่นยำของการตรวจวัดความสูงคลื่นอยู่ที่ประมาณ 0.2 เมตร เมื่อทำการสอบเทียบกับทุ่นตรวจวัดคลื่นของ NOAA (Cotton and Carter, 1994) ในช่วงวันที่ 3-10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 ซึ่งเกิดพายุไต้ฝุ่นลินดาเคลื่อนเข้าสู่อ่าวไทย ความสูงคลื่นที่ทุ่นตรวจวัดได้เท่ากับ 5 เมตร การเปรียบเทียบข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับ

ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม TOPEX/Poseidon พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean error) เท่ากับ -0.59 เมตร และค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับ 0.74 เมตร

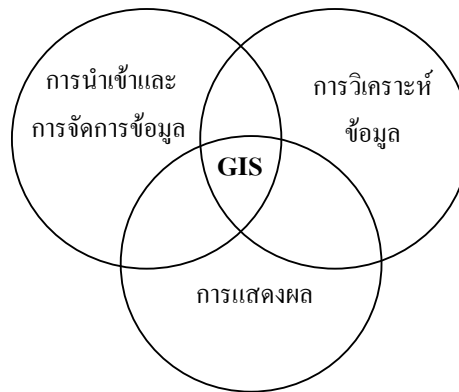
2) ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม ERS-2 มีความแม่นยำของการตรวจวัดความสูงคลื่นอยู่ที่ประมาณ 0.2 ในช่วงวันที่ 3-10 พฤศจิกายน พ.ศ. 2540 ซึ่งเกิดพายุไต้ฝุ่นลินดาเคลื่อนเข้าสู่อ่าวไทย การเปรียบเทียบข้อมูลที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม ERS-2 พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (Mean error) และค่า root mean square error (RMSE) เท่ากับข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยดาวเทียม TOPEX/Poseidon

3) ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยทุ่นลอยในโครงการ SEAWATCH ของสภาวิจัยแห่งชาติ ได้ทำการเปรียบเทียบผลในเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2541 เป็นรายชั่วโมง ต่อเนื่องกันเป็นเวลาครั้งละ 10-15 วัน โดยได้ผลการคำนวณจากความละเอียดของลมที่ 45 x 45 กิโลเมตร มีค่าใกล้เคียงกับความสูงคลื่นของทุ่นมากกว่าการคำนวณจากความละเอียดของลมที่ 100 x 100 กิโลเมตร โดยมีความแตกต่างอยู่ประมาณ +20 เซนติเมตร

นอกจากนั้น ธวัช และคณะ (2542) พบว่า แบบจำลองจะมีความแม่นยำสูงในเขตน้ำลึกมากกว่า 30 เมตร จากนั้นความแม่นยำจะค่อยๆ ลดลง และจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในเขตน้ำตื้นน้อยกว่า 10 เมตร ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงไม่สามารถใช้ได้กับเขตใกล้ชายฝั่งที่ความลึกน้อยกว่า 10 เมตร

3. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS)

กรมชลประทาน (2549) ให้คำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ว่า ระบบคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วย อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ โปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูล ตลอดจนผู้ปฏิบัติการ (Human ware) โดยที่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ต้องมีความสามารถในการทำงานที่ประกอบด้วย 1) การนำเข้าข้อมูล (Data input) 2) การจัดการข้อมูล (Data management) 3) การประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) และ 4) แสดงผลข้อมูล (Data output) ได้อย่างครบถ้วนทั้ง 4 กระบวนการ ดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 องค์ประกอบของการดำเนินงานในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ที่มา: อุทัย (2548)

ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial referenced data) และข้อมูลเชิงบรรยายหรือข้อมูลตาราง (Attribute data or tabular data)

สำหรับข้อมูลเชิงพื้นที่ หมายถึงข้อมูลที่แสดงสภาพทางภูมิศาสตร์และตำแหน่งพิกัด ทางภูมิศาสตร์ ที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ บนโลก (Geo - referenced data) ตัวอย่างเช่น พื้นที่ป่าชายเลน ตำแหน่งเกาะ เส้นชั้นความลึกเท่า เส้นทางแม่น้ำ เส้นทางถนน ตำแหน่งสถานีตรวจวัดข้อมูล อุตุณิยมวิทยา เป็นต้น ข้อมูลดังกล่าวปรากฏอยู่ในลักษณะพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (Polygon) ลักษณะเส้น (Line) หรือลักษณะจุด (Point) ดังแสดงในภาพที่ 7

สำหรับข้อมูลเชิงบรรยาย หมายถึง ข้อมูลตารางที่อธิบายลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ที่พบหรือ อาจจะเป็นข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลเศรษฐกิจสังคมในพื้นที่ศึกษานั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ข้อมูลจำนวนประชากร ข้อมูลรายได้ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำเข้าสู่ตารางในระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ เพื่อจุดประสงค์ในการบ่งบอกคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่โดยการเชื่อมโยงและแสดงผลร่วมกับข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ ข้อมูลที่มีลักษณะเหมือนกันสามารถนำมาจัดเก็บร่วมกันเรียกว่า ชั้นข้อมูล (Layer) ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้านพื้นที่ และทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (Spatial analysis) โดยกระบวนการซ้อนทับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Overlay Technique process) หรือการวิเคราะห์ในลักษณะเงื่อนไขต่างๆ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติให้ได้ประโยชน์สูงสุด เป็นต้น



ข้อมูลเชิงพื้นที่ลักษณะจุด (Point feature) ได้แก่
ตำแหน่งหมู่บ้าน ตำแหน่งสถานีตรวจวัดข้อมูล
อุดมศึกษา เป็นต้น



ข้อมูลเชิงพื้นที่ลักษณะเส้น (Line feature) ได้แก่
เส้นทางแม่น้ำ เส้นทางลำคลอง เส้นทางคลอง
ชลประทาน เส้นทางถนน เป็นต้น



ข้อมูลเชิงพื้นที่ลักษณะพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม
(Polygon feature) ได้แก่ พื้นที่การใช้ประโยชน์
ที่ดิน พื้นที่อ่างเก็บน้ำ พื้นที่ชลประทาน เป็นต้น

ภาพที่ 7 ตัวอย่างลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial reference data)

ที่มา: กรมชลประทาน (2549)

4. โปรแกรม MapWinGIS

โปรแกรม MapWinGIS เป็นส่วนหนึ่งของ MapWindow GIS ซึ่งเป็นโปรแกรมประเภท Desktop GIS ซึ่งออกแบบมาให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถทำงานทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้อย่างสะดวก โดยเน้นไปที่การใช้งานที่ง่ายและมีฟังก์ชันการทำงานที่ค่อนข้างหลากหลาย นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาฟังก์ชันเฉพาะในรูปแบบของ plug-in สำหรับการวิเคราะห์ที่เฉพาะทาง เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลอุทกศาสตร์ (hydrology), การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ เป็นต้น โปรแกรมนี้จัดเป็นโปรแกรมประเภทรหัสเปิด (Open Source) ที่อยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ของ The Mozilla Public License 1.1 ดังนั้นผู้ใช้จึงสามารถนำโปรแกรมนี้มาใช้งานได้โดยที่ไม่ต้องเสียค่าซอฟต์แวร์ ซึ่งเหมาะกับหน่วยงานหรือสถาบันการศึกษาที่ต้องการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ (ชัยภัทร, 2549) และมีส่วนของ

คู่มือของผู้พัฒนาโปรแกรม (MapWinGIS Developer's Guide) โดยคู่มือของผู้พัฒนานี้ใช้สำหรับ MapWinGIS ActiveX Control ซึ่งครอบคลุมการเขียนโปรแกรมด้วย ActiveX control ของการประยุกต์ใช้ MapWindow GIS โดย ActiveX control สามารถถูกสร้างด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 และใช้ได้กับโปรแกรมภาษาต่างๆ ที่สามารถใช้กับ OLE ได้ โดยมีโปรแกรมย่อยๆ คือ ฟังก์ชัน (Functions) ซับ (Subs) คุณสมบัติ (Properties) และเหตุการณ์ (Events) อยู่ด้วย เช่น ESRIGridManager, Field, Grid, Shape, Table, Map, Point เป็นต้น เพื่อให้ผู้พัฒนาโปรแกรมสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

5. ภาวะทะเล (Sea state) และมาตราโบฟอร์ด (Beaufort scale)

ภาวะทะเล คือ ลักษณะของคลื่นทะเล ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสูงคลื่น คาบคลื่น และลักษณะของคลื่นที่บริเวณผิวน้ำ โดยการกำหนดขนาดอย่างง่าย ๆ ด้วยการประมาณ แต่มีการอธิบายลักษณะของคลื่นอย่างละเอียดสำหรับการบันทึกสมุดปูมเรือ

มาตราโบฟอร์ด (Beaufort scale) คือ มาตราที่ใช้เปรียบเทียบกับสิ่งที่เกิดขึ้นไม่ว่าบนบกและในทะเล โดยสิ่งที่เกิดขึ้นต่างๆ ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ สายโทรเลข สายโทรศัพท์ ธง สิ่งปรักหักพังต่างๆ และคลื่นในทะเล โดยพลเรือเอก เซอร์ฟรานซิส โบฟอร์ด (Admiral Sir Francis Beaufort) ชาวอังกฤษ เป็นผู้คิดขึ้นในปี ค.ศ. 1805 (พ.ศ. 2348) ต่อมาได้ถูกดัดแปลงนำมาใช้ทั้งบนบกและในทะเล เกณฑ์ที่ใช้กำหนดความเร็วลมได้มาจากการสังเกตกำลังลมเหนือพื้นดินและในทะเล ซึ่งเรียกว่า กำลังลมโบฟอร์ด มีการแบ่งออกเป็น 13 ระดับ (ระดับ 0 – ระดับ 12) และมีการใช้มาจนถึงปัจจุบัน

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังลมโบฟอร์ด และภาวะทะเล ดังแสดงในตารางที่ 2 และรูปกำลังลมโบฟอร์ด ดังแสดงในภาพที่ 8

ตารางที่ 2 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังลมโบฟอร์ด และภาวะทะเล

กำลัง โบฟอร์ด	ความเร็วลม		ลักษณะลม (WMO 1964)	ภาวะทะเล (Sea State)		
	นอต	กม./ชม.		ทะเล	ความสูงคลื่น (ม.)	รหัส
0	1	1	Calm	ทะเลเรียบ	0	0
1	1-3	1-5	Light air	Calm , glassy		
2	4-6	6-11	Light breeze	ทะเลเรียบ Calm, ripple	0-0.1	1
3	7-10	12-19	Gentle breeze	ทะเลเรียบถึงมีคลื่นเล็กน้อย Smooth, Wavelets	0.1-0.5	2
4	11-16	20-28	Moderate breeze	คลื่นเล็กน้อย Slight	0.5-1.25	3
5	17-21	29-38	Fresh breeze	คลื่นปานกลาง Moderate	1.25-2.5	4
6	22-27	39-49	Strong breeze	คลื่นจัด Rough	2.5-4	5
7	28-33	50-61	Near gale	คลื่นจัดมาก Very rough	4-6	6
8	34-40	62-74	Gale			
9	41-47	75-88	Strong gale			
10	48-55	89-102	Storm	คลื่นใหญ่ High	6-9	7
11	56-63	103-117	Violent storm	คลื่นใหญ่มาก Very high	9-14	8
12	> 64	> 118	Hurricane	ทะเลบ้า Phenomenal	> 14	9

ที่มา: Bowditch (1995)



กำลังโบฟอร์ต 0 ทะเลคล้ายกระจก



กำลังโบฟอร์ต 1 ทะเลผิวขอลคลื่นไม่เป็นฟอง



กำลังโบฟอร์ต 2 คลื่นเป็นระลอกเล็กๆ ปรากฏให้เห็นชัด แต่ยังไม่แตกเป็นฟอง



กำลังโบฟอร์ต 3 คลื่นเป็นระลอกโตขึ้น คลื่นเริ่มแตกเป็นฟองขาว



กำลังโบฟอร์ต 4 คลื่นขนาดเล็กใหญ่ขึ้น และเป็นฟองขาวมากขึ้น



กำลังโบฟอร์ต 5 คลื่นขนาดปานกลางขาวมากขึ้น โอกาสที่จะเป็นฝอยน้ำได้บ้าง



กำลังโบฟอร์ต 6 คลื่นมีขนาดใหญ่ขึ้น คลื่นแตกเป็นฟองขาวมากขึ้น เป็นฝอยน้ำมากขึ้น



กำลังโบฟอร์ต 7 น้ำทะเลสูงขึ้น และฟองแตกเป็นทาง เริ่มพัดกระจัดกระจายไปตามคลื่น หัวแตก

ภาพที่ 8 รูปกำลังลมโบฟอร์ต



กำลังโบฟอร์ต 8 คลื่นค่อนข้างสูง มีช่วงคลื่นขึ้น
คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางเห็นได้ชัดเจน



กำลังโบฟอร์ต 9 คลื่นสูงยอดคลื่นเริ่มม้วนตัว
คลื่นที่ฟองน้ำแตกเป็นทางหนาทึบ และฟอยน้ำ
ที่พัดอยู่สูงในอากาศ ทำให้มีทัศนวิสัยเลว



กำลังโบฟอร์ต 10 ทะเลคล้ายกระจากคลื่นสูงมาก
มียอดคลื่นที่ยื่นออก ทะเลมีฟองขาวไปหมด การ
ม้วนตัวของคลื่นมีมากขึ้น และทัศนวิสัยเลว



กำลังโบฟอร์ต 11 คลื่นสูงใหญ่มาก ทะเลมีฟอง
ขาวเต็มไปหมด ทัศนวิสัยเลว



กำลังโบฟอร์ต 12 แตกเป็นฟอยน้ำอยู่ในอากาศเต็มไป
หมด ทัศนวิสัยเลวลงมาก

ภาพที่ 8 (ต่อ)

ที่มา: Bowditch (1995)

6. ประเภทของเรือสินค้า

Nettle (1988) ได้กล่าวถึงประเภทของเรือต่าง ๆ ที่ใช้ในการขนส่งทางทะเล ซึ่งแต่ละรูปแบบจะมีลักษณะพิเศษที่แตกต่างกันออกไป สำหรับในที่นี้ได้รวบรวมเฉพาะประเภทของเรือสินค้าที่สำคัญในการเดินเรือดังนี้ (กรมขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี, 2549)

1) Cargo Ships เป็นเรือสินค้า ซึ่งศัพท์ภาษาอังกฤษอาจใช้คำว่า Liner (เรือประจำ) หรือ Tramp (เรือจร) สำหรับบรรทุกสินค้าทั่วไปไม่จำเป็นต้องมีเฉพาะสินค้าอย่างใดอย่างหนึ่ง อาจบรรทุกสินค้าเก่าที่เป็นหีบห่อและไม่เป็นหีบห่อ ปกติเรือสินค้าทั่วไปเรียกว่า Breakbulk ship ซึ่งมีลักษณะคล้ายเรือบรรทุกถ่านหินแต่จะบรรทุกสินค้าผสมหลายอย่าง เรือบางลำจะมี Gantry cranes อยู่ประจำเรือด้วย

2) Bulk Carriers เป็นเรือที่มีดาดฟ้าชั้นเดียวขนาดใหญ่ สำหรับบรรทุกสินค้าเทกอง (แบบไม่หีบห่อ) อาจเป็นเรือสินค้าเทกองแห้ง (Dry bulk carriers) ได้แก่ ธัญพืช แร่ ถ่านหิน ปุ๋ย น้ำตาล เยื่อไม้ ฯลฯ โดยสินค้าจะถูกวางหรือเทกองในห้องระหว่างสินค้าจนเต็ม หรืออาจเป็นเรือสินค้าเทกองเหลว (Liquid bulk carriers) จำพวกน้ำมัน เช่น เรือบรรทุกน้ำมัน (Oil tankers) ซึ่งจะสูบผ่านลงในระหว่างเรือหรือถังเก็บและสูบถ่ายระหว่างเรือกับฝั่งโดยทางท่อ เรือประเภทนี้จะมีขนาดระวางบรรทุกสินค้าประมาณ 20,000 deadweight (tons dwt)

3) OBO Ships (Oil/Bulk/Ore ships) เป็นเรือบรรทุกสินค้าเทกองได้ 2 ประเภทขึ้นไป เรือเหล่านี้มักมีขนาดใหญ่และสามารถบรรทุกได้ทั้งสินค้าเทกองแห้งและสินค้าเทกองเหลว อาจเป็น B/O (Bulk/Ore), O/O (Ore/Oil), O/B/O (Ore/Bulk/Oil) หรือ O/S/O (Ore/Slurry/Oil)

4) Gas Carriers เป็นเรือบรรทุกแก๊สที่ต้องการความปลอดภัยสูงมีการออกแบบเป็นลักษณะพิเศษทั้งด้านการปฏิบัติงานและการขนถ่ายแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ 1) LNG (Liquefied Natural Gas) ได้แก่ เรือที่บรรทุกแก๊สธรรมชาติจำพวก Methane ภายใต้การลดอุณหภูมิถึง -160°C โดยจะผ่านกระบวนการถูกเปลี่ยนเป็น Methy Alcohol และถูกเก็บใน Conventional tankers และ 2) LPG (Liquefied Petroleum Gas) ได้แก่ เรือที่บรรทุกแก๊สปิโตรเลียมต่าง ๆ เช่น Butane หรือแก๊สหุงต้ม โดยจะถูกทำให้เป็นของเหลวภายใต้อุณหภูมิที่สูงกว่า LNG หรือโดยการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความดัน และเก็บแก๊สในรูปของเหลวในถังเก็บทรงกลม (Spherical shape)

5) Tankers เป็นเรือบรรทุกสินค้าเทกองที่ออกแบบพิเศษสำหรับสินค้าจำพวกน้ำมัน สารเคมี หรือใช้บรรทุกแก๊ส จึงเป็นเรือที่ค่อนข้างอันตรายและต้องการการควบคุมดูแลความปลอดภัยในการขนส่งและสูบลำสูงเช่นเดียวกับ Gas carriers เรือประเภทนี้จะมีถึงเกือบบนเรือเป็นชุด (Series) แยกออกจากส่วนอื่น ถ้าเป็นเรือบรรทุกน้ำมันดิบในปริมาณมากจะถูกบรรจุในถังเก็บขนาดใหญ่ (มากกว่า 200,000 tons dwt) ซึ่งเรียกว่า Very Large Crude Carriers หรือ VLCCs และหากถูกบรรจุเก็บในถังขนาดมากกว่า 350,000 tons dwt เรียกว่า Ultra Large Crude Carriers หรือ ULCCs โดยทั่วไปถ้าเป็นเรือบรรทุกน้ำมันดิบ มักจะมีถังเก็บประมาณ 5-6 ถัง ส่วนเรือที่บรรทุกน้ำมันที่กลั่นแล้วจะมีประมาณ 8 ถัง เพื่อแยกเกรดหรือประเภทของน้ำมันที่กลั่นแล้ว ปกติเรือประเภทนี้จะขนถ่ายหรือสูบลำผ่านทางท่อโดย Shore pump หรือ Shipborne pumping gear

6) Container Ships เป็นเรือคอนเทนเนอร์ สำหรับบรรทุกสินค้าที่ถูกบรรจุเป็นตู้ หรือที่เรียกว่าสินค้าบรรจุตู้ ปัจจุบันเรือประเภทนี้อาจบรรทุกตู้สินค้าได้ถึง 3,000 - 3,500 TEUs (Twenty Foot Equivalent Unit หมายถึง หน่วยนับจำนวนตู้สินค้า หรือตู้เหล็กขนาดมาตรฐานกว้าง 8 ฟุต สูง 8 ฟุต และยาว 20 ฟุต) ซึ่งจะเป็นเรือขนาดใหญ่ มีการพัฒนาออกแบบให้เหมาะสมกับระบบการขนส่งประเภทต่าง ๆ และต้องมีท่าเรือที่รองรับอย่างเหมาะสมในด้านเทคโนโลยีของอุปกรณ์ขนถ่าย หรือการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการขนยกสินค้า การขนส่งสินค้าด้วยเรือคอนเทนเนอร์มีข้อดีคือ สะดวกรวดเร็ว สินค้าได้รับความเสียหายน้อย แต่เรือประเภทนี้มีการลงทุนก่อสร้างค่อนข้างสูง เพราะต้องมีอุปกรณ์ต่างๆ ประจำเรือ และต้องมีการดูแลรักษาอุปกรณ์อย่างต่อเนื่องด้วย สินค้าที่บรรจุในตู้ อาจเป็นสินค้าแห้ง สินค้าเหลว สินค้าประเภทอาหาร เช่น ผลไม้ ผักสด ปลา เนื้อสัตว์ สารเคมี ปุ๋ย สุรา เครื่องจักร เป็นต้น

7) LASH Ships หมายถึง Lighter aboard ship เป็นเรือกึ่งคอนเทนเนอร์ประเภทหนึ่ง เรือประเภทนี้ไม่จำเป็นต้องใช้บริการท่าเรือใด ๆ เลย กล่าวคือ เรือแต่ละลำจะบรรทุกตู้สินค้าและเรือลำเลียง (ซึ่งบรรทุกสินค้าจนเต็มประมาณ 400 ตัน) 70-80 ลำ และเรือเหล่านี้จะถูกยกขึ้นลงน้ำด้วยท่าเรือโดยใช้ Gantry crane จากนั้นเรือลากจูงจะทำการลากเรือลำเลียงเหล่านี้ต่อไปจนถึงจุดหมายปลายทาง เรือประเภทนี้เป็นที่นิยมของเจ้าของเรือเนื่องจากประหยัดค่าบริการท่าเรือ

8) Roll-on/Roll-off Ships เป็นเรือคู่แข่งที่สำคัญของเรือคอนเทนเนอร์ ปัจจุบันนิยมแพร่หลายมากขึ้นเนื่องจากมีลักษณะเฉพาะเหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าหลายประเภท และวิธีการขนถ่ายสินค้าสะดวก มีความคล่องตัวสูง ต้องการอุปกรณ์ยกขนสินค้าจากท่าเรือน้อยมาก ลักษณะเรือจะมีสะพานทอดด้านท้ายเรือและหัวเรือหรือมีเพียงด้านเดียวสำหรับให้สินค้าผ่านเข้าออกโดยสะดวก สินค้าที่ขนถ่ายโดยเรือประเภทนี้ได้แก่ สินค้าบรรจุตู้ สินค้าทั่วไป สินค้าประเภทรถยนต์ หรือสินค้าที่สามารถวางบนล้อเลื่อนได้ เป็นต้น โดยทั่วไปจะมีทั้งเรือที่บริการในระยะใกล้และเรือเดินสมุทรที่ขนส่งระยะไกล

9) Passenger Ships หรือ Cruise Liners เป็นเรือโดยสารที่มีคุณลักษณะเฉพาะตัว มีสิ่งอำนวยความสะดวกในตัวเรือมาก จึงมีค่าใช้จ่ายในการดูแลและรักษาสูง โดยทั่วไปจะมีขนาดใหญ่กว่าเรือประเภทอื่น ภายในเรือจะมี ห้องอาหาร ห้องพักผ่อนโดยสาร ห้องดูภาพยนตร์ ห้องโถงสำหรับเต้นรำ สระว่ายน้ำ ที่ออกกำลังกาย และสิ่งบันเทิงต่าง ๆ เรือประเภทนี้ ถ้าแบ่งตามลักษณะการใช้งานอาจแบ่งเป็น เรือโดยสารที่วิ่งระยะใกล้ เช่น เรือเฟอร์รี่ และเรือโดยสารที่วิ่งระยะไกล เช่น เรือเดินสมุทร เรือสตาร์ครุส เป็นต้น

นอกจากที่กล่าวมาแล้วนี้ ยังมีเรือประเภทอื่นที่พบในธุรกิจของการขนส่งทางทะเล ได้แก่ เรือลากจูง (Tug boats) เรือผู้สินค้า (Feeder vessels) เรือสินค้าทั่วไปที่บรรจุตู้สินค้ามาด้วยหรือที่เรียกว่า เรือกึ่งคอนเทนเนอร์ (Semi container vessels) เรือบรรทุกสินค้าทั่วไป (Conventional vessels) เรือลำเลียง (Barges) เป็นต้น ดังแสดงในภาพที่ 9



เรือประเภท Cargo Ships



เรือประเภท Bulk Carriers



เรือประเภท OBO Ships



เรือประเภท Gas Carriers



เรือประเภท Tankers



เรือประเภท Container Ships



เรือประเภท LASH ship



เรือประเภท Roll-on/Roll-off Ships

ภาพที่ 9 ตัวอย่างเรือสินค้าประเภทต่างๆ



เรือประเภท Passenger ships

ภาพที่ 9 (ต่อ)

ที่มา: มารีนเนอร์ไทยคอตคอม (2002)

สำหรับการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ มีการใช้ข้อมูลคลื่นที่ได้จากการตรวจวัด และจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางเดินเรือ โดย Padhy *et al.* (2007) ได้ศึกษาการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือที่ใช้เวลาน้อยที่สุดหรือประหยัดที่สุดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดหมายปลายทางจากสภาพอากาศ ด้วยการพัฒนาอัลกอริทึม (Algorithm) ในการคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสม โดยใช้ข้อมูลความสูงคลื่นที่ได้จากการตรวจวัดด้วยดาวเทียม GEOSAT และจากแบบจำลอง WAM เปรียบเทียบกับความสูงคลื่นหรือภาวะทะเล (Sea state) ที่เรือรับได้ เป็นเงื่อนไขในการเลือกเส้นทางเดินเรือในบริเวณทางด้านเหนือของทะเลอินเดีย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ประกอบด้วย
 - 1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook computer) จำนวน 1 เครื่อง
 - 1.2 เครื่องพิมพ์ (Printer)
2. ซอฟต์แวร์ (Software) ประกอบด้วย
 - 2.1 ระบบปฏิบัติการ ไมโครซอฟต์วินโดวส์เอกซ์พี (Microsoft Window XP)
 - 2.2 โปรแกรม Visual Basic เวอร์ชัน 6.0
 - 2.3 โปรแกรม MapWinGIS Component (สำหรับพัฒนา GIS Application)

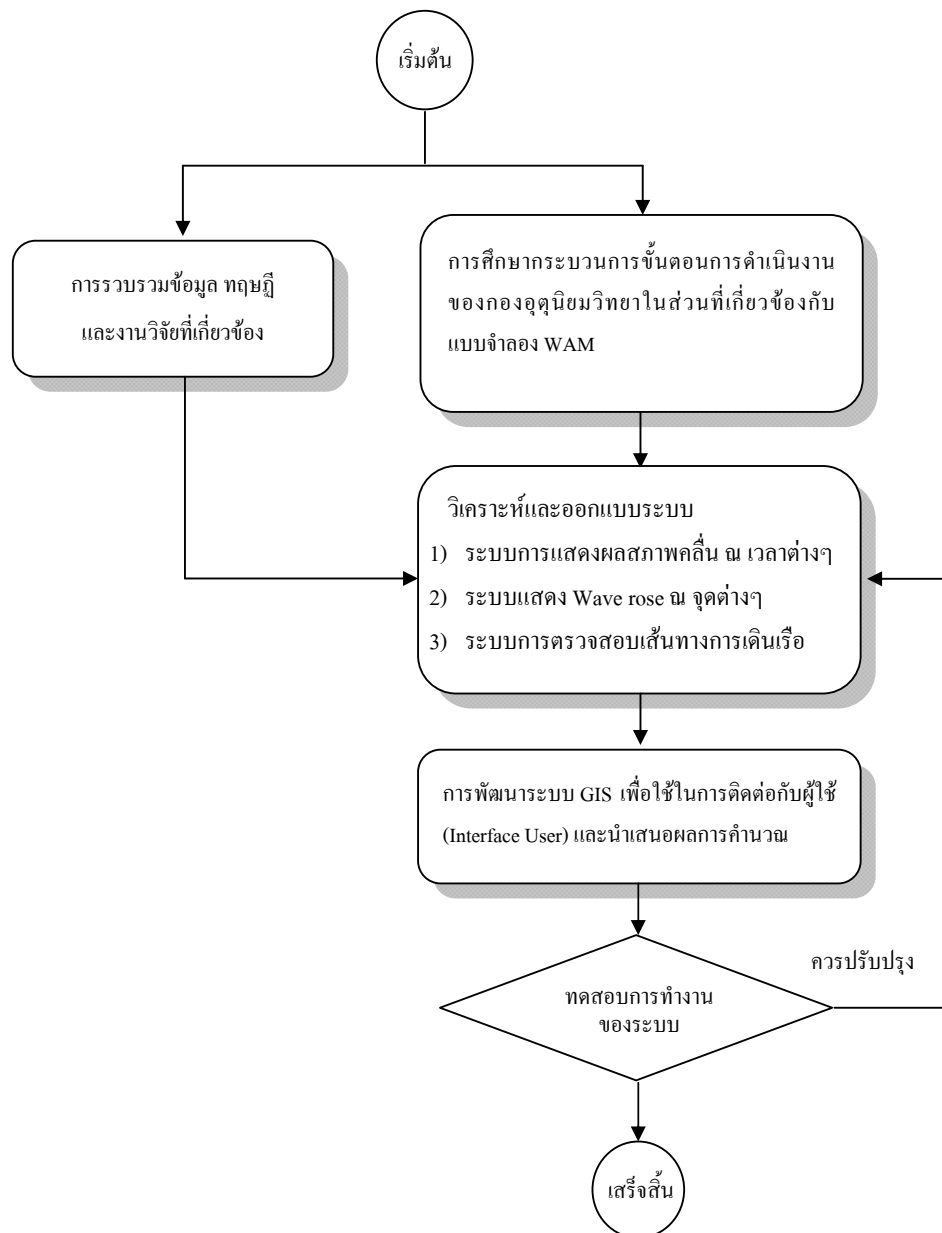
วิธีการ

การดำเนินงานของการศึกษานี้ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนหลัก ซึ่งประกอบด้วย

1. การรวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การศึกษาขั้นตอนวิธีการพยากรณ์สภาพคลื่นของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ดำเนินการในปัจจุบัน
3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบแสดงผลคลื่นที่จะพัฒนา
4. การพัฒนาระบบแสดงผลคลื่น
5. การทดสอบการทำงาน และปรับปรุงระบบแสดงผลคลื่น

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษานี้ เริ่มต้นด้วยการรวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการศึกษากระบวนการขั้นตอนการดำเนินงานของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยาในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง WAM ควบคู่กันไป เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบแสดงผลคลื่น โดยแบ่งออกเป็น 3 ระบบคือ 1) ระบบการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ 2) ระบบแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ และ 3) ระบบการตรวจสอบเส้นทางการเดินเรือ จากนั้นทำการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อใช้ในการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) และ

นำเสนอระบบ ที่ได้ทำการออกแบบระบบไว้ เพื่อให้แน่ใจว่าระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการทดสอบการทำงานของระบบด้วย โดยมีรายละเอียดและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้ง 5 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์หลักที่จะทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง 1) เพื่อที่จะได้ทราบถึงขอบเขตของข้อมูลในเชิงปริมาณ 2) เพื่อทราบถึงรูปแบบของข้อมูล และ 3) เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ถูกต้องของข้อมูลต่างๆ

ในขั้นตอนของการดำเนินงาน ได้ใช้การติดต่อสอบถามกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา และกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ เป็นต้น จากการติดต่อสอบถามดังกล่าว ทำให้ทราบถึงจำนวน ชนิด และรูปแบบของข้อมูลที่หน่วยงานต่างๆ เหล่านั้นมีอยู่ในปัจจุบัน

จากนั้นได้ทำการรวบรวมข้อมูลคลื่นจากแบบจำลอง WAM ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลคลื่นออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ 1) ข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting data) บริเวณพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 95 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก ตั้งแต่วันที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2540 ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2541 และ 2) ข้อมูลพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave forecasting data) บริเวณพื้นที่ตั้งแต่ละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 95 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก ตั้งแต่วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึง 22 มกราคม พ.ศ. 2548 ขั้นตอนต่อมาคือการตรวจสอบและวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อคัดแยกข้อมูลเพื่อใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาต่อไป

สำหรับข้อมูลที่ได้รับความสะดวกจาก กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ นี้เป็นข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ Text (*.txt) ซึ่งเป็นข้อมูลคลื่นแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Data) ในช่วงเวลาที่กล่าวข้างต้น สามารถนำมาใช้กับระบบการแสดงผลสภาพคลื่น และระบบการตรวจสอบเส้นทางการเดินเรือได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบของไฟล์ แต่สำหรับระบบแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ นั้น ต้องดำเนินการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลเป็นแบบตามลำดับอนุกรมเวลา (Time Series) โดยการแปลงข้อมูลดังกล่าวใช้การพัฒนาโปรแกรม เพื่อใช้ในการอ่านข้อมูลผลการคำนวณย้อนกลับ (Hindcasting) 2 ค่าคือ ความสูงคลื่น และทิศทางคลื่น เพื่อมาทำการสร้างไฟล์แบบตามลำดับอนุกรมเวลาของแต่ละจุด โดยใช้กริดแต่ละตำแหน่งแทนชื่อไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลแบบตามลำดับอนุกรมเวลาทั้งสอง ซึ่งเป็นข้อมูลในรูปแบบของไฟล์ ts (*.ts) จึงสามารถใช้กับ โปรแกรมนี้ได้

2. การศึกษากระบวนการดำเนินงานของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะทราบถึงกระบวนการดำเนินงานของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ ใน 4 ส่วนหลักๆ คือ 1) เพื่อทราบถึงขั้นตอนการดำเนินงานพยากรณ์คลื่น และผู้ที่เกี่ยวข้องของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ 2) เพื่อทราบถึงวิธีการพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลอง WAM ของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ 3) เพื่อทราบถึงรูปแบบการนำเสนอผลการคำนวณคลื่นด้วยแบบจำลอง WAM ของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และ 4) เพื่อทราบถึงรูปแบบการนำผลการพยากรณ์ไปใช้ในปัจจุบัน

ในขั้นตอนของการดำเนินงาน จะใช้การประสานงานเพื่อขอสัมภาษณ์ ผู้เกี่ยวข้องกับการพยากรณ์คลื่นของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ โดยทำการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้อง 4 ระดับ คือ ระดับผู้บริหาร ได้แก่ ผู้อำนวยการกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ระดับผู้ควบคุมการปฏิบัติงาน ได้แก่ หัวหน้าแผนกพยากรณ์อากาศ กองอุตุนิยมวิทยาฯ ระดับเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน และระดับผู้ใช้ ได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในระดับต่างๆ ดังนี้ ข้อมูลที่ได้ทำให้ทราบถึงความต้องการในการใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง WAM และขั้นตอนการดำเนินการในปัจจุบัน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบที่จะพัฒนาต่อไป

สำหรับขั้นตอนการพยากรณ์คลื่นทั้งหมด สามารถเขียนเป็นแผนผังการทำงานได้ตามภาพที่ 11 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้ (วิริยะ, 2547)

1) เวลา 05:45 น. และ 17:45 น. ของทุกวัน กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา จะเชื่อมต่อผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อรับข้อมูลลมพยากรณ์จาก Navy Operational Global Atmospheric Prediction System (NOGAPS) โดยอัตโนมัติด้วยการเขียน script เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการคำนวณการพยากรณ์คลื่นต่อไป

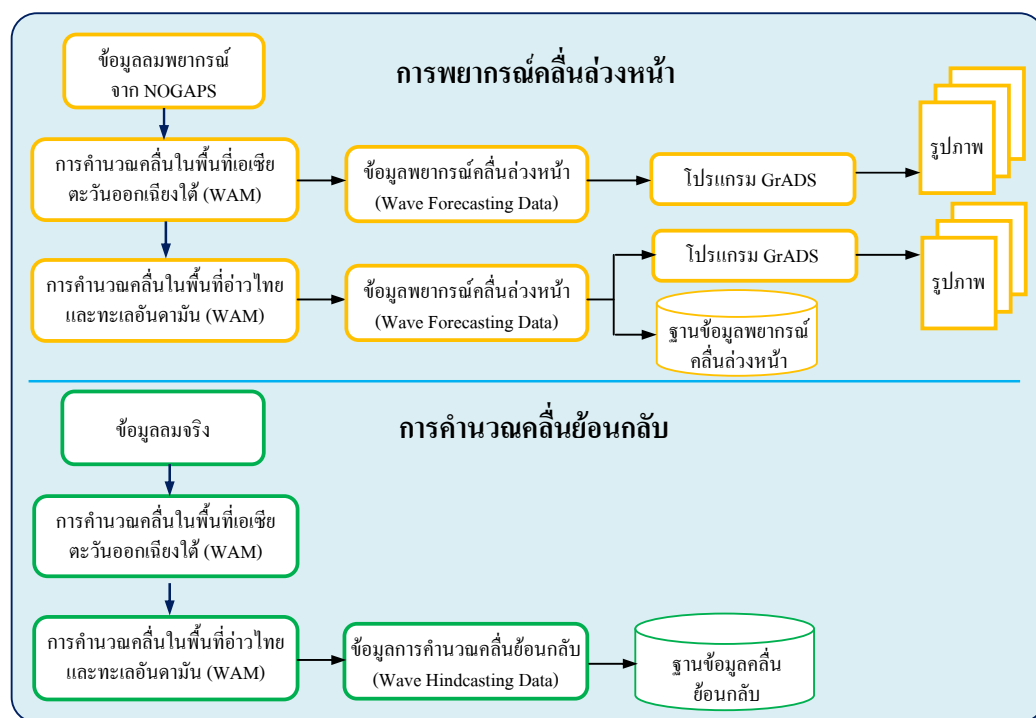
2) การคำนวณการพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลอง WAM ในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ตั้งแต่ละติจูด 10 องศาใต้ ถึง 30 องศาเหนือ และลองจิจูด 85 องศาตะวันออก ถึง 125 องศาตะวันออก (ภาพที่ 12) ด้วยความละเอียดในการคำนวณทุก 0.5 องศา (ประมาณ 55.5 กิโลเมตร) และเขียนผลการคำนวณและพลังงานในบริเวณพื้นที่ขอบเปิดของการคำนวณในพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน

3) ใช้โปรแกรม GrADS (Grid Analysis and Display System) เปลี่ยนผลการคำนวณพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ให้เป็นรูปภาพ ดังแสดงในภาพที่ 13

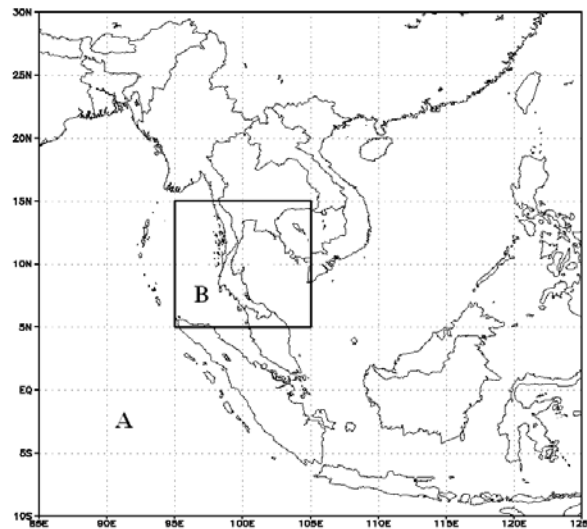
4) การคำนวณการพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลอง WAM ในพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน ตั้งแต่ละติจูด 5 องศาเหนือ ถึง 15 องศาเหนือ และลองจิจูด 95 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก (ภาพที่ 12) ด้วยความละเอียดในการคำนวณทุก 0.25 องศา (ประมาณ 27.7 กิโลเมตร)

5) ใช้โปรแกรม GrADS เปลี่ยนผลการคำนวณพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน ให้แสดงเป็นรูปภาพ ดังแสดงในภาพที่ 13

6) ในส่วนของการคำนวณคลื่นย้อนกลับ มีขั้นตอนการคำนวณเช่นเดียวกันกับการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า เพียงแต่ใช้ข้อมูลจริงในการคำนวณเท่านั้น

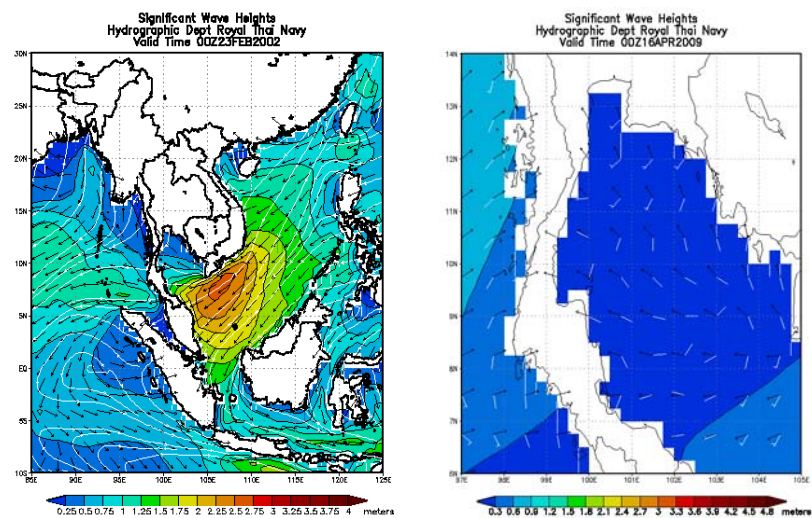


ภาพที่ 11 แผนผังการทำงานของระบบพยากรณ์คลื่นด้วยแบบจำลอง WAM ในปัจจุบัน



ภาพที่ 12 พื้นที่สำหรับการคำนวณในระบบพยากรณ์คลื่น (A) พื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (B) พื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน

ที่มา: วิริยะ (2547)

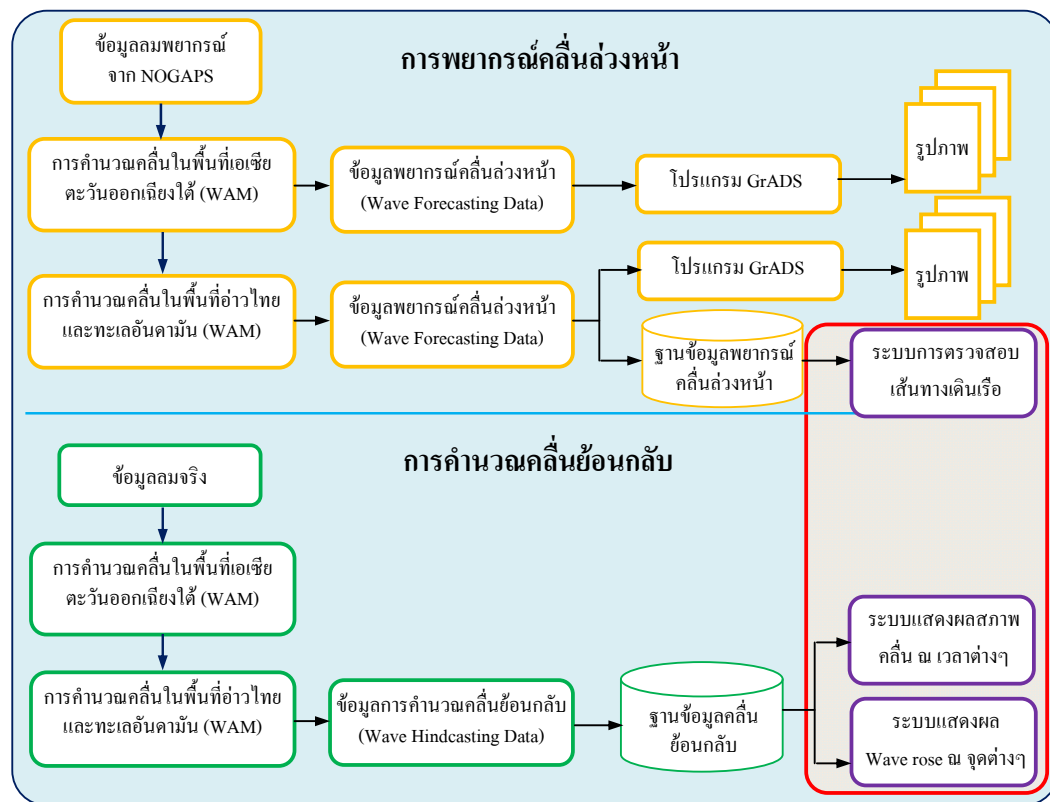


ภาพที่ 13 แสดงผลการคำนวณการพยากรณ์คลื่นด้วยโปรแกรม GrADS (ภาพทางซ้าย คือ พื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และภาพทางขวา คือ พื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน)

ที่มา: กรมอุทกศาสตร์ (2552)

3. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

การดำเนินงานในส่วนนี้ได้มีการนำความต้องการที่ได้จากการศึกษากระบวนการพยากรณ์คลื่นของกองอุทุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา และประสบการณ์จากการทำงานของผู้อยู่มาใช้ในการวางแผนการพัฒนาส่วนต่างๆ เพิ่มเติมจากระบบเดิม โดยใช้ผลการคำนวณจากแบบจำลอง WAM ทั้งในแบบการพยากรณ์ล่วงหน้า (Forecasting) และแบบการคำนวณย้อนกลับ (Hindcasting) ไปใช้กับระบบแสดงผลคลื่นที่พัฒนาขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 3 ระบบ คือ 1) ระบบแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ 2) ระบบแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ และ 3) ระบบการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ แสดงดังภาพที่ 14 มีรายละเอียดและขั้นตอนในแต่ละระบบดังนี้



ภาพที่ 14 แผนผังส่วนที่พัฒนาเพิ่มเติมจากระบบเดิม

3.1 ระบบการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ

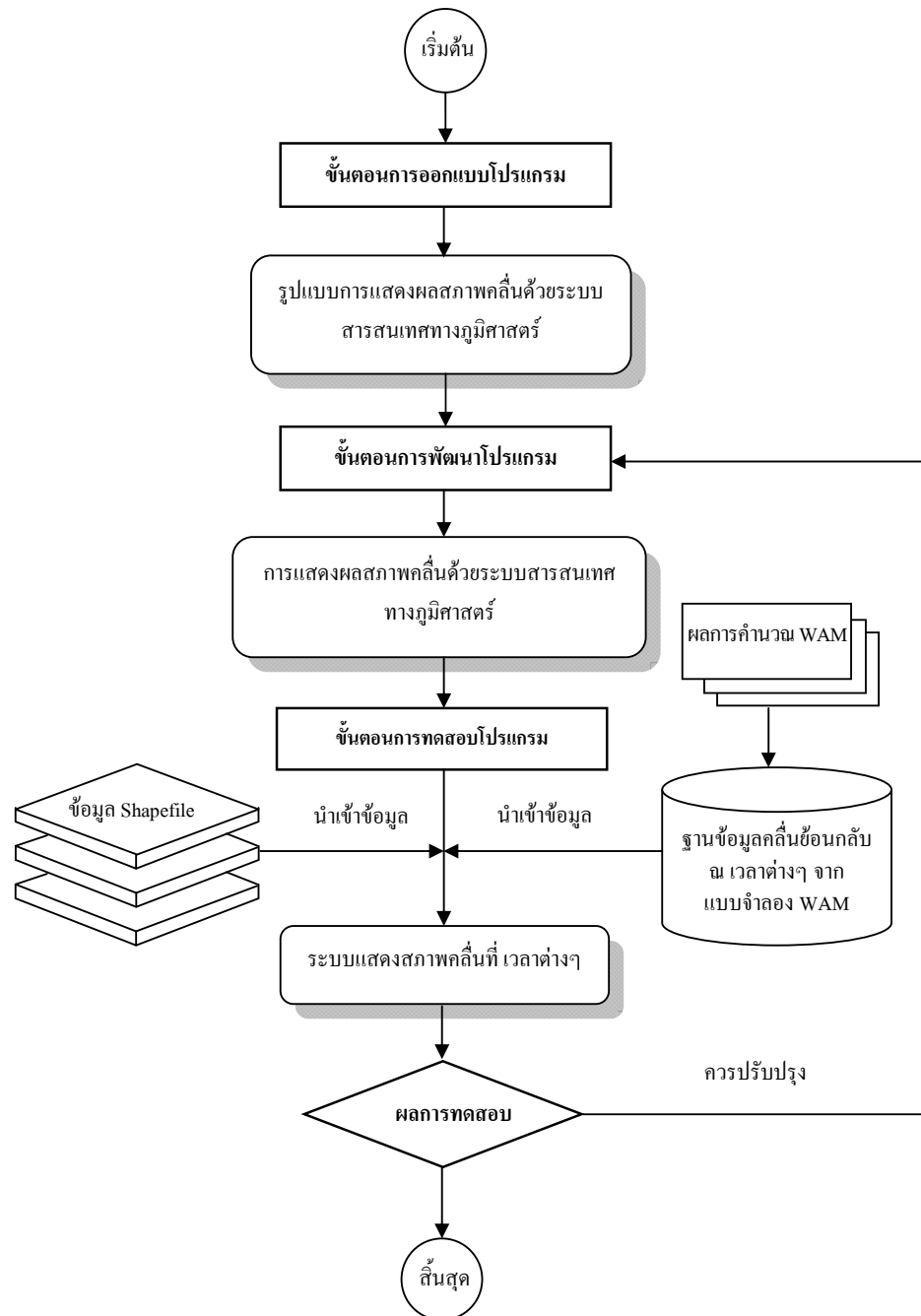
มีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (ภาพที่ 15)

- 1) ขั้นตอนในการออกแบบโปรแกรม เป็นการกำหนดรูปแบบการแสดงผลสภาพคลื่นด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย
- 2) ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม เป็นการเขียนโปรแกรมการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
- 3) ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรม เป็นการแสดงผลภาพจากข้อมูล Shapefile เช่น ขอบเขตประเทศไทย จังหวัด อำเภอ ตำแหน่งการคำนวณของ WAM และเส้นชั้นความลึกน้ำ เป็นต้น รวมถึงฐานข้อมูลคลื่นย้อนกลับในเชิงพื้นที่ เพื่อนำมาใช้กับระบบแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ โดยในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตรวจสอบการแสดงผลของระบบว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมต้องกลับมายังขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมอีกครั้ง

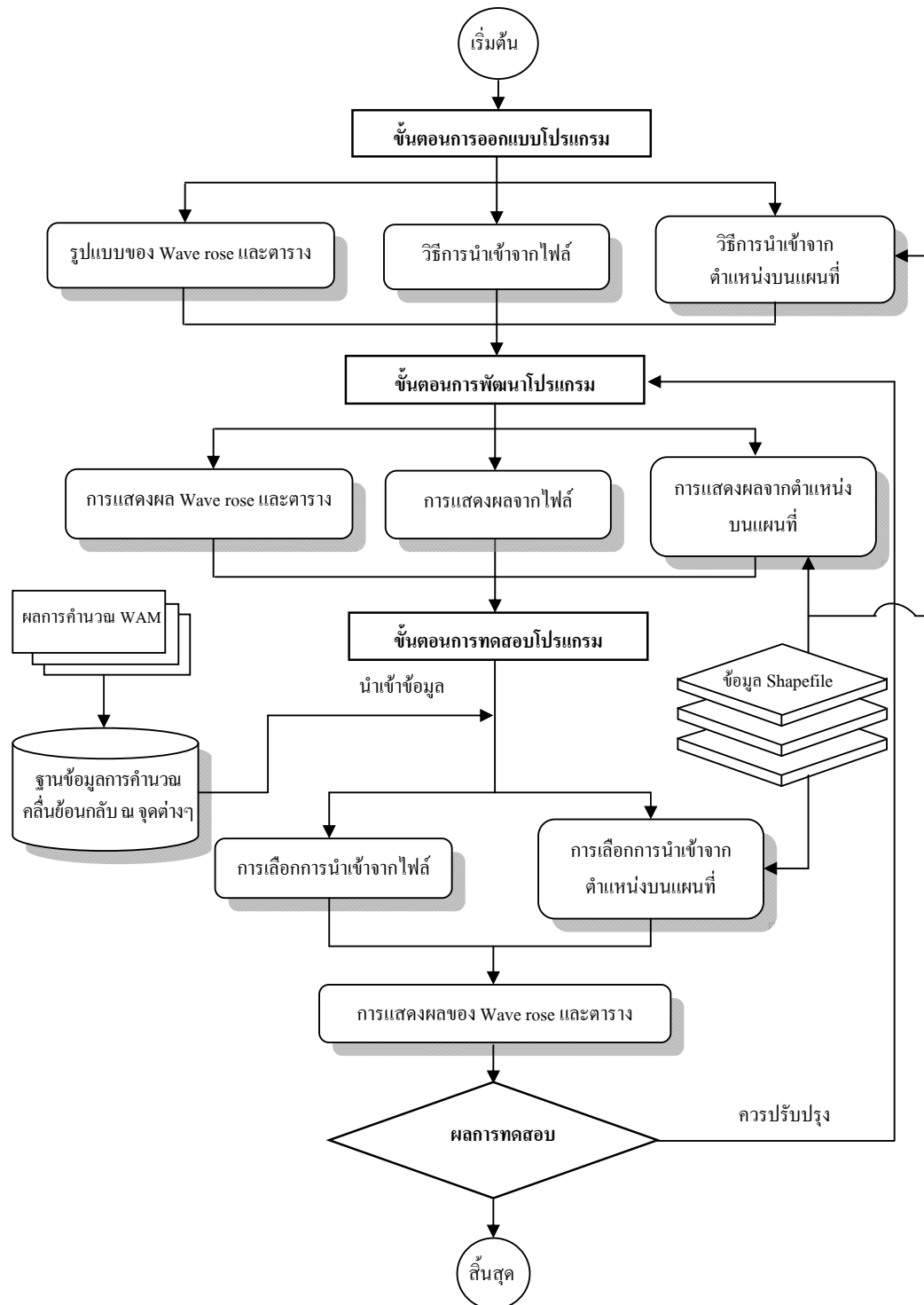
3.2 ระบบแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ

มีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (ภาพที่ 16)

- 1) ขั้นตอนในการออกแบบโปรแกรม เป็นการกำหนดรูปแบบของ Wave rose และตาราง วิธีการในการนำเข้าข้อมูลคลื่นเป็น 2 แบบคือ 1) เลือกจากชื่อไฟล์ และ 2) เลือกจากตำแหน่งบนแผนที่
- 2) ขั้นตอนในการพัฒนาโปรแกรม เป็นการเขียนโปรแกรมการแสดงผล Wave rose และตาราง ณ จุดต่างๆ จากวิธีการในการนำเข้าข้อมูลคลื่นเป็น 2 แบบ
- 3) ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรม เป็นการทดลองวิธีการนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ ณ จุดที่ต้องการ ซึ่งเป็นข้อมูลแบบตามลำดับเวลา (Time Series) เพื่อนำมาใช้กับระบบแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ โดยในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตรวจสอบการแสดงผลของระบบว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมต้องกลับมายังขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมอีกครั้ง



ภาพที่ 15 แผนผังโครงสร้างของระบบการแสดงผลภาพเคลื่อนไหว ณ เวลาต่างๆ



ภาพที่ 16 แผนผังโครงสร้างของระบบแสดง Wave rose

3.3 ระบบการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ

มีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการดังนี้ (ภาพที่ 17)

- 1) ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม เป็นการกำหนดข้อมูลเรือ ซึ่งประกอบด้วยรูปเรือ ชนิดเรือ ความเร็วเรือ และภาวะทะเลจากฐานข้อมูลเรือ และการกำหนดเส้นทางเดินเรือ ซึ่งประกอบด้วยกำหนดเส้นทางบนแผนที่ และการกำหนดเส้นทางด้วยไฟล์ข้อมูล
- 2) ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรม เป็นการเขียนโปรแกรมแสดงคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) การกำหนดเส้นทาง 2) การคำนวณเวลาและระยะทาง และ 3) การแสดงผลความสูงคลื่นและทิศทางคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ
- 3) ขั้นตอนการทดสอบโปรแกรม เป็นการทดลองวิธีการนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูล การพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า เพื่อนำมาแสดงผลข้อมูลคลื่นบนเส้นทางเดินเรือบนแผนที่และแสดงผลข้อมูลคลื่นบนเส้นทางเดินเรือด้วยตาราง โดยในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการตรวจสอบการแสดงผลของระบบว่าเหมาะสมหรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมต้องกลับมายังขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมอีกครั้ง

4. การพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบเป็นขั้นตอนการเขียนโปรแกรม ซึ่งใช้แผนการพัฒนาระบบที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อก่อนหน้านี้มาทำการพัฒนาตามขั้นตอน โดยจะทำการออกแบบระบบทั้งหมดแยกจากกัน แต่จะใช้การพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อบูรณาการระบบทั้งหมดเข้าด้วยกัน ระบบที่ได้จากการพัฒนาแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลักด้วยกันคือ 1) หน้าต่างแสดงแผนที่หลัก (Base map window) 2) หน้าต่างแสดง Wave rose (Wave rose detail window) และ 3) หน้าต่างแสดงการตรวจสอบสภาพคลื่นบนเส้นทางการเดินเรือ (Way path detail window) แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

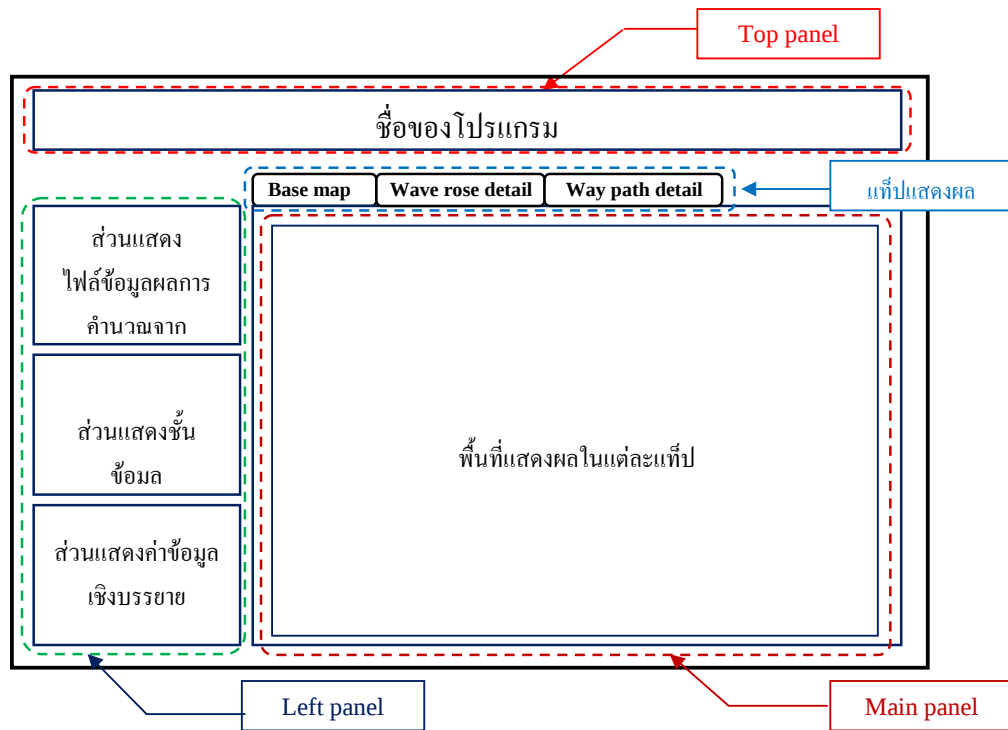
ในส่วนนี้เป็นส่วนระบบติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface: GUI) โดยได้มีการพัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อบูรณาการระบบที่พัฒนาขึ้นทั้ง 4 ส่วนหลักเข้าด้วยกัน คือ 1) หน้าต่างหลัก (Main window) 2) หน้าต่างแสดงแผนที่หลัก (Base map window) 3) หน้าต่างแสดง Wave rose (Wave rose detail window) และ 4) หน้าต่างแสดงการตรวจสอบสภาพคลื่นบนเส้นทางการเดินเรือ (Way path detail window) รายละเอียดแสดงดังต่อไปนี้

4.1 หน้าต่างหลัก (Main Window)

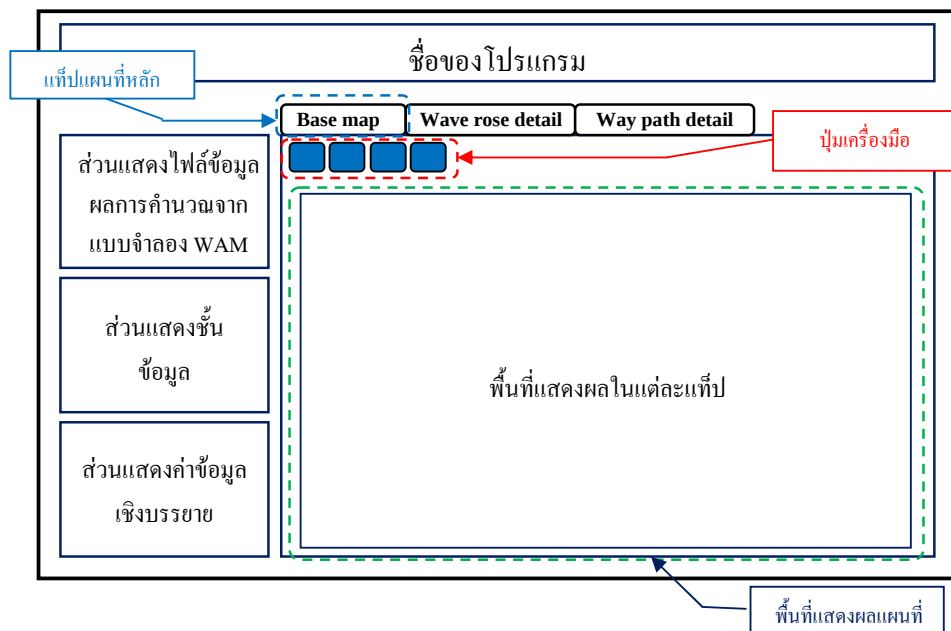
สำหรับส่วนของหน้าต่างหลักนั้น จะประกอบด้วย 4 ส่วนหลักคือ 1) Top panel เป็นส่วนที่แสดงสัญลักษณ์และชื่อของโปรแกรม 2) Left panel เป็นส่วนที่ใช้เลือกข้อมูล WAM เพื่อแสดงสภาพคลื่น และส่วนแสดงชั้นข้อมูลและค่าข้อมูลเชิงบรรยาย ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ 3) Main panel เป็นส่วนพื้นที่แสดงผลหลักของโปรแกรม และ 4) แท็บแสดงผล เป็นหน้าต่างแสดงผลของระบบต่างๆ ในโปรแกรม ดังแสดงในภาพที่ 18

4.2 หน้าต่างแสดงแผนที่หลัก (Base map window)

สำหรับหน้าต่างแสดงแผนที่หลักนี้จะประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ 1) ส่วนของชุดเครื่องมือต่างๆ เช่น ปุ่ม Zoom In, ปุ่ม Zoom Out, ปุ่ม Pan และปุ่ม Zoom to Layer เป็นต้น และ 2) ส่วนพื้นที่แสดงผลแผนที่ เป็นส่วนใช้แสดงผลแผนที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ดังแสดงในภาพที่ 19



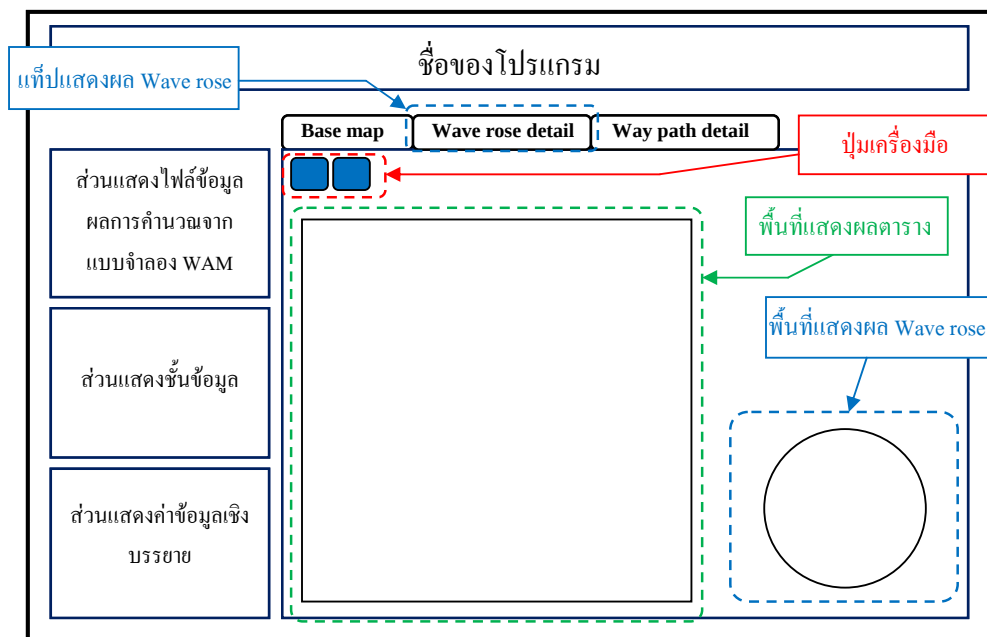
ภาพที่ 18 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่างหลัก



ภาพที่ 19 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่างแผนที่หลัก

4.3 หน้าต่างแสดง Wave rose (Wave rose detail window)

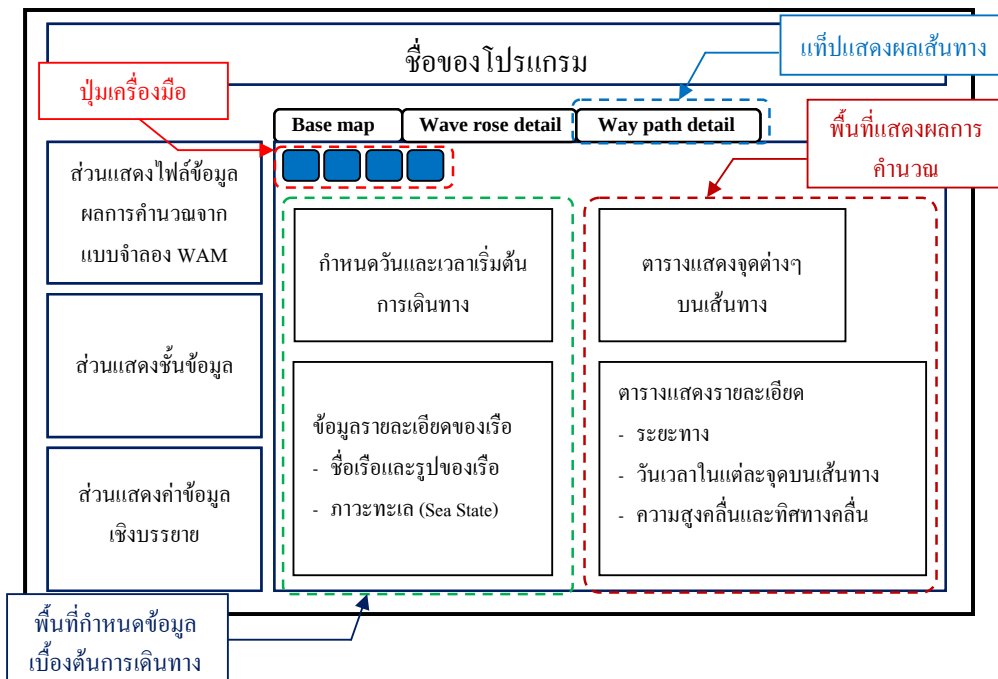
สำหรับหน้าต่างแสดง Wave rose นี้จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ 1) ส่วนของชุดเครื่องมือคือ ปุ่ม Load Data และปุ่มแสดงผล Wave rose 2) ส่วนแสดงผลตาราง เป็นส่วนใช้แสดงผลคลื่นรูปแบบของตาราง และ 3) ส่วนแสดงผล Wave rose เป็นส่วนใช้แสดงผลคลื่นรูปแบบของ Wave rose ดังแสดงในภาพที่ 20



ภาพที่ 20 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่าง Wave rose

4.4 หน้าต่างแสดงการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ (Way path detail window)

สำหรับหน้าต่างแสดงการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือนี้จะประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก คือ 1) ส่วนของชุดเครื่องมือ 2) ส่วนกำหนดวันและเวลาเริ่มต้นการเดินทาง 3) ส่วนกำหนดรายละเอียดของเรือ 4) ส่วนตารางแสดงจุดที่กำหนดบนเส้นทาง เป็นส่วนแสดงตำแหน่ง และระยะทางบนเส้นทางเดินเรือ และ 5) ส่วนตารางแสดงรายละเอียด เป็นตารางแสดงตำแหน่ง ระยะทาง เวลาแต่ละจุด และข้อมูลคลื่น ดังแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 องค์ประกอบของโครงสร้างหน้าต่างการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ

5. การทดสอบระบบ

การทดสอบระบบมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อที่จะตรวจสอบการทำงานของระบบว่าเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ ในขั้นตอนการทดสอบระบบนี้จะใช้การทดสอบโดยให้ผู้ปฏิบัติการจริงได้ทดลองใช้ระบบที่พัฒนาขึ้น และนำข้อเสนอแนะมาทำการปรับปรุงให้ระบบสามารถใช้ได้ดียิ่งขึ้นต่อไป

ผลและวิจารณ์

จากแผนการดำเนินการศึกษาตามที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ระยะเวลาการดำเนินงานโดยส่วนใหญ่เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์และออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และการปรับแก้ระบบการแสดงผล คลื่นเป็นหลัก ผลที่ได้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ 1) ผลการพัฒนาระบบแสดงผล และ 2) ผลการทดลองระบบแสดงผล โดยรายละเอียดของผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

1. ผลการพัฒนาระบบแสดงผล

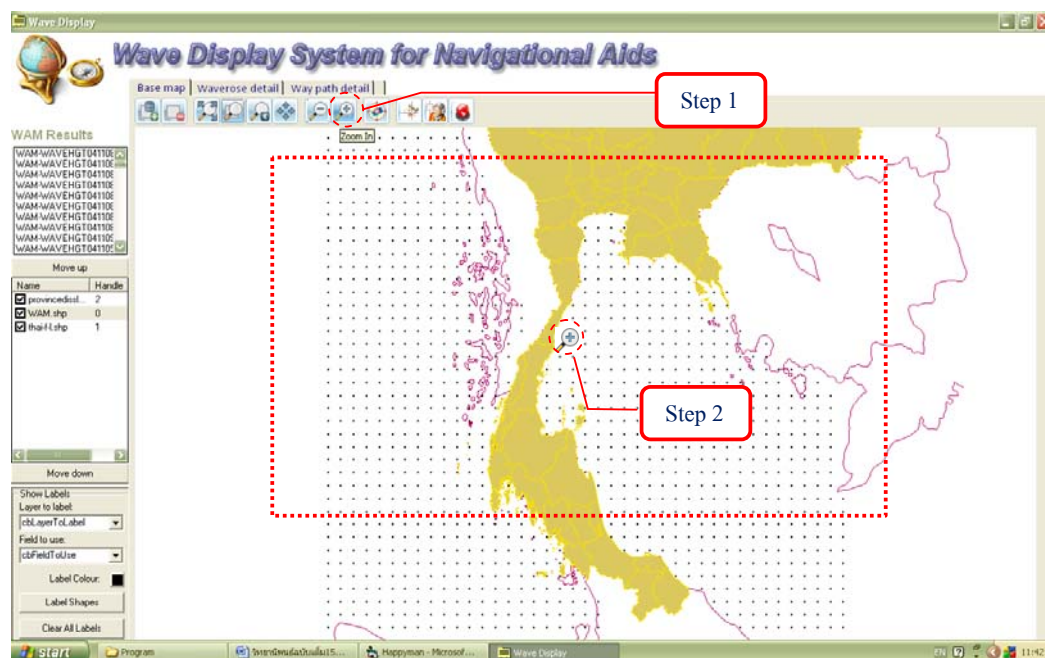
การพัฒนาระบบแสดงผลได้ใช้โปรแกรมภาษา Visual Basic 6.0 เนื่องจากเป็นโปรแกรมภาษาพื้นฐานและมีผู้ใช้งานกันอย่างแพร่หลาย อีกทั้งยังสามารถใช้ Source code จากโปรแกรม MapWin GIS Component เพื่อแสดงผลในรูปแบบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ได้ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้งาน 4 กลุ่มหลัก คือ 1) เครื่องมือดำเนินการแผนที่ (Map Utility) 2) เครื่องมือในการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ 3) เครื่องมือในการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ และ 4) เครื่องมือในการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ สรุปพอสังเขปได้ดังนี้

1.1 เครื่องมือดำเนินการแผนที่ (Map Utility)

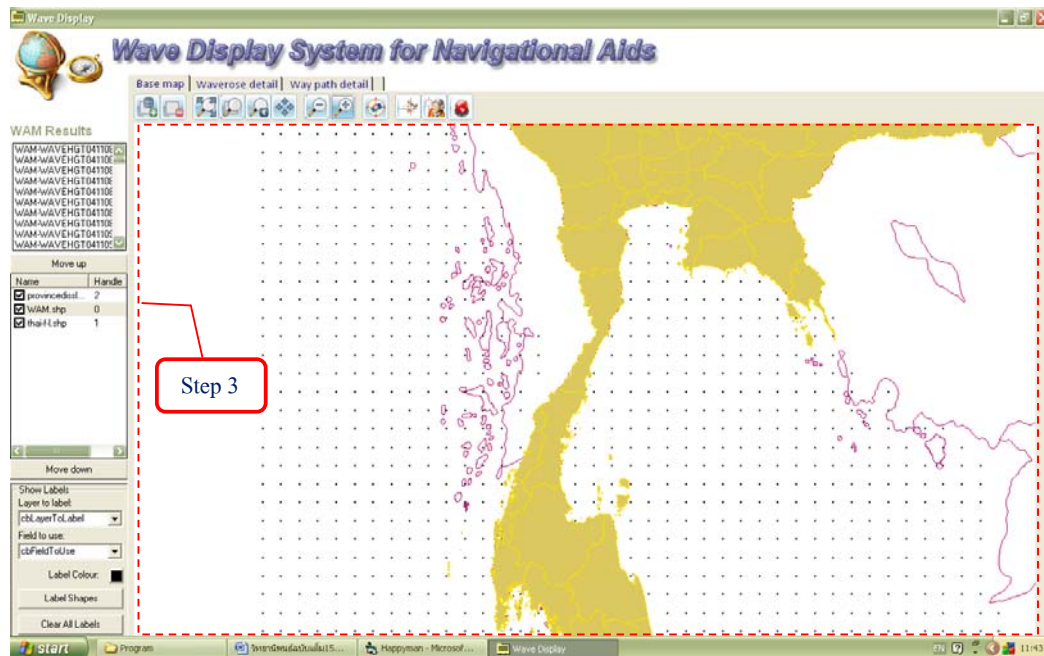
ในเครื่องมือนี้เป็นเครื่องมือแสดงผลด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์นั่นเอง โดยเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลคลื่นในมุมมองต่างๆ เพื่อใช้ในการดำเนินการเกี่ยวกับการใช้แผนที่ โดยมีเครื่องมือหลักคือการย่อภาพ (Zoom Out) การขยายภาพ (Zoom In) เพื่อดูในรายละเอียดของพื้นที่สนใจหรือเพื่อดูรายละเอียดข้อมูลในภาพรวม ดังแสดงในภาพที่ 22 และภาพที่ 23 การย้ายภาพ (Pan) การเพิ่มชั้นข้อมูล (Add GIS Layer) และลบชั้นข้อมูล (Remove GIS Layer) เช่น การเพิ่มชั้นข้อมูลถนน แผนที่ แม่น้ำ ลำคลอง เส้นความลึกของน้ำ เกาะ เป็นต้น ประกอบด้วยเครื่องมือต่างๆ ดังต่อไปนี้

- 1.1.1 การเพิ่มชั้นข้อมูลแบบ GIS File (Add GIS Layer)
- 1.1.2 การลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม (Remove GIS Layer)
- 1.1.3 การจัดลำดับชั้นข้อมูล (Layer Order)
- 1.1.4 การแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย (Show Label)

- 1.1.5 การขยายแผนที่ (Zoom In)
- 1.1.6 การย่อแผนที่ (Zoom Out)
- 1.1.7 การย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด (Zoom Extent Layer)
- 1.1.8 การย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด (Zoom Extent)
- 1.1.9 การย้ายแผนที่ (Pan) เพื่อแสดงแผนที่ตำแหน่งอื่น
- 1.1.10 การย้อนกลับภาพแผนที่ก่อนหน้านี้ (Previous View)



ภาพที่ 22 ตัวอย่างขั้นตอนการขยายแผนที่



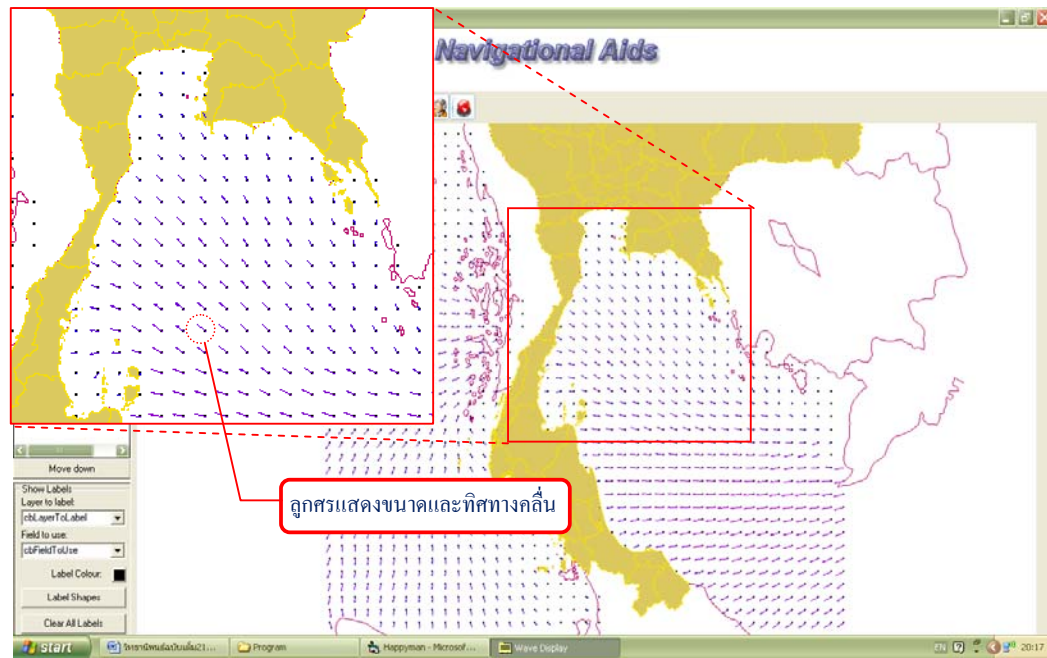
ภาพที่ 23 ตัวอย่างผลการขยายแผนที่

1.2 เครื่องมือในการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ

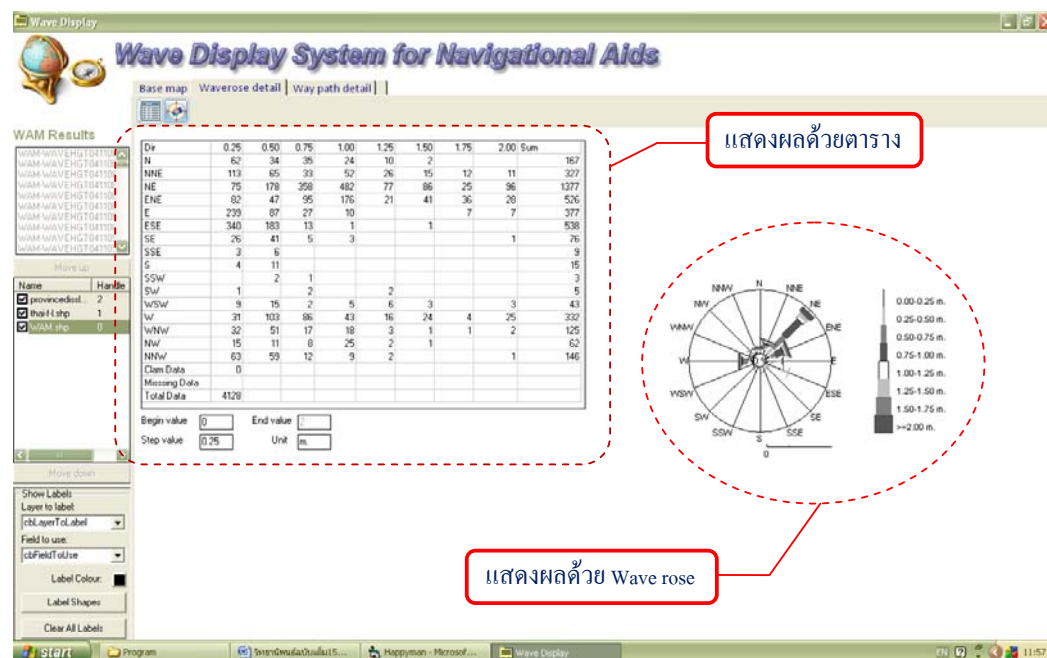
เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผลตามสภาพของคลื่น ณ จุดเวลาหนึ่ง ซึ่งจะแสดงขนาดและทิศทางของความสูงคลื่นเป็นลักษณะลูกศรตลอดทั้งพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน เพื่อเป็นตรวจสอบสภาพคลื่นโดยใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ด้วยการเลือกชื่อในส่วนแสดงไฟล์ข้อมูลผลการคำนวณจากแบบจำลอง WAM (WAM Results) ดังแสดงในภาพที่ 24

1.3 เครื่องมือในการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ

เครื่องมือในการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ เป็นการแสดงผล Wave rose และตาราง ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประโยชน์มากในการตัดสินใจเบื้องต้นสำหรับวิศวกรในงานด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ซึ่งสามารถแสดงผลได้ใน 2 รูปแบบคือ 1) การแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ และ 2) การเลือกไฟล์ข้อมูลตามตำแหน่งการคำนวณของแบบจำลอง WAM โดยไฟล์ข้อมูลถูกเก็บในรูปแบบของลำดับอนุกรมเวลา (*.ts) มาแสดงผล ดังแสดงในภาพที่ 25



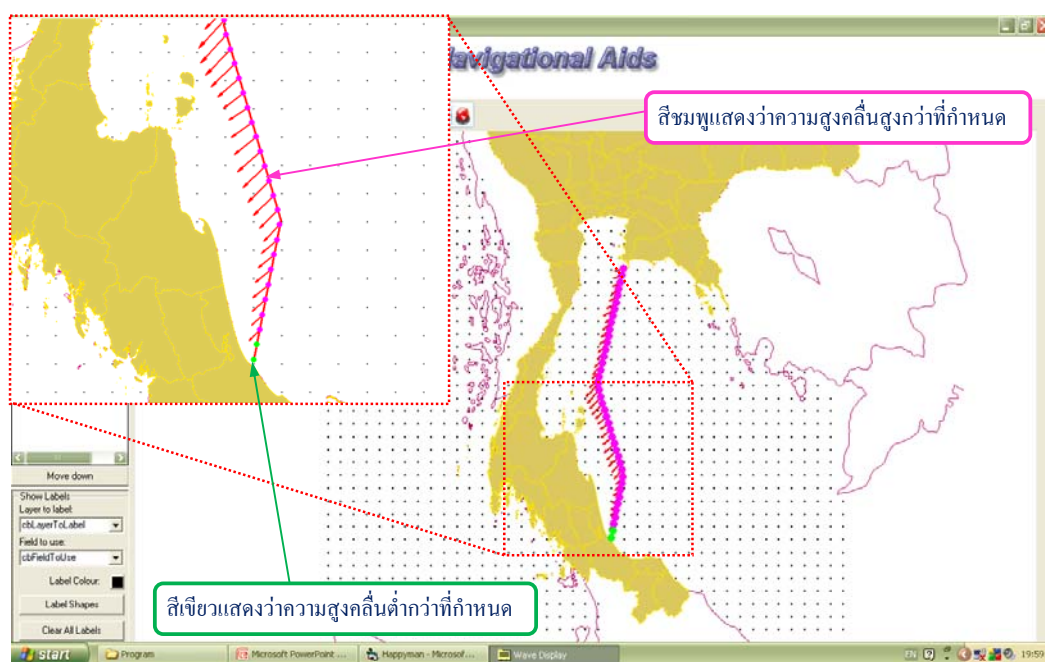
ภาพที่ 24 ตัวอย่างการแสดงผลภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ



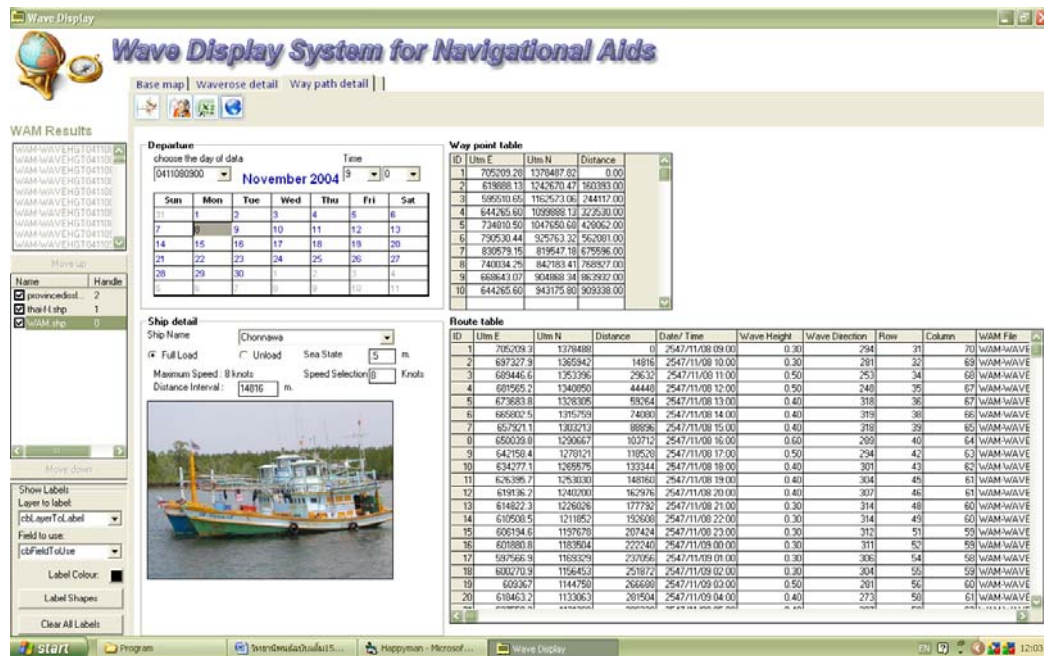
ภาพที่ 25 ตัวอย่างการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ

1.4 เครื่องมือในการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ

เครื่องมือในการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างมากสำหรับชาวเรือต่างๆ โดยเฉพาะนักเดินเรือที่เดินเรือในพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน ซึ่งสามารถแสดงผลความสูงและทิศทางคลื่นตลอดบนเส้นทางที่กำหนดขึ้น ผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดภาวะทะเล (Sea State) ความเร็วเรือ วันและเวลาเริ่มต้นเดินทางได้ หรือใช้ข้อมูลตามฐานข้อมูลเรือที่มี ซึ่งการกำหนดเส้นทางเดินเรือสามารถกำหนดได้ใน 2 รูปแบบคือ 1) การเลือกข้อมูลเส้นทางเดินเรือที่กำหนดไว้จากแฟ้มข้อมูล และ 2) การกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่ ส่วนการแสดงผลการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือสามารถได้ใน 2 รูปแบบคือ 1) การแสดงผลภาพบนแผนที่ โดยจุดสีเขียวแสดงว่าบริเวณนั้นมีความสูงคลื่นต่ำกว่าที่กำหนดไว้ แต่ถ้าจุดบนเส้นทางเดินเรือเป็นสีชมพูแสดงว่าบริเวณนั้นมีความสูงคลื่นสูงกว่าที่กำหนดไว้ อาจเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ และลูกศรแสดงขนาดและทิศทางของความสูงคลื่นที่เข้ากระทบกับเรือบนเส้นทางเดินเรือ ดังแสดงในภาพที่ 26 และ 2) การแสดงผลด้วยตาราง เป็นการแสดงค่าตำแหน่งต่างๆ ที่เรือเคลื่อนที่ ความสูงคลื่น และทิศทางคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ ดังแสดงในภาพที่ 27



ภาพที่ 26 ตัวอย่างการแสดงผลสภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือด้วยภาพแผนที่



ภาพที่ 27 ตัวอย่างการแสดงผลภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือด้วยตาราง

2. ผลการทดลองระบบ

ได้ดำเนินการขออนุญาตไปยังผู้อำนวยการกองอุทกนิยมหาวิทยาลัย กรมอุทกศาสตร์ เพื่อทำการสาธิตการทำงานของโปรแกรมระบบแสดงผลคลื่นสำหรับทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน โดยมีระดับผู้ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลอง WAM มาเข้าร่วม แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

2.1 ระดับผู้บริหาร

ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้ถูกนำไปแสดงวิธีการใช้ให้กับผู้อำนวยการกองอุทกนิยมหาวิทยาลัย กรมอุทกศาสตร์ ซึ่งเป็นระดับผู้บริหารและผู้ควบคุมการปฏิบัติในการคำนวณของแบบจำลอง WAM ได้กล่าวว่า โปรแกรมนี้เป็นการพัฒนาต่อขอความคิดเห็นการใช้ข้อมูลคลื่นที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลอง WAM ซึ่งทำกันได้เคยเข้าร่วมคณะวิจัยในโครงการการสร้างโมเดลและการพยากรณ์คลื่นในทะเล และเห็นว่ามิประโยชน์ต่อหน่วยงาน และประชาชนอย่างมาก อีกทั้งเป็นทางเลือกในการแสดงผลคลื่นอีกทางหนึ่ง

2.2 ระดับผู้ควบคุมการปฏิบัติ และระดับเจ้าหน้าที่

และจากการทดสอบการใช้งานกับผู้ปฏิบัติงานของกรมอุทกศาสตร์ ได้ระยะหนึ่งและได้รับความเห็นจากผู้ใช้ระบบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นโปรแกรมที่ดีที่สามารถนำผลการคำนวณด้วยแบบจำลอง WAM มาจัดทำเป็นฐานข้อมูลคลื่นย้อนกลับ (Wave Hindcasting Database) แล้วแสดงผลสภาพคลื่น และ Wave rose ซึ่งเป็นการลดขั้นตอนการทำงานของเจ้าหน้าที่ลง สำหรับระดับผู้ควบคุมการปฏิบัติได้กล่าวว่า การพยากรณ์คลื่นล่วงหน้านั้นมีการดำเนินการอยู่ตลอด แต่ไม่ได้ทำการเก็บข้อมูลไว้ โดยจะต้องมีการเขียน script เพื่อจัดเก็บข้อมูลเป็นฐานข้อมูลพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave Forecasting Database) ต่อไป

2.3 ระดับผู้ใช้

สำหรับผู้ใช้ข้อมูลจากแบบจำลอง WAM ที่มีอยู่เดิม เมื่อได้รับข้อมูลในรูปแบบตามที่ระบบสามารถแสดงผลข้อมูล WAM ทั้ง 3 รูปแบบแล้วได้ให้ข้อคิดเห็นว่า การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) มาใช้ ทำให้ใช้งานได้ง่าย สวยงาม และเป็นที่นิยมอยู่ในปัจจุบัน การแสดงผลในแต่ละแบบใช้งานได้ดี แต่ในบางครั้งเกิด Error ขึ้นกับโปรแกรมทำให้ต้องเปิดใหม่อีกครั้ง แต่เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมขึ้นเอง อาจมีข้อบกพร่องบ้าง แต่โดยรวมก็ถือว่าเป็นโปรแกรมที่ดี และใช้งานได้ง่าย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ในการศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลผลการคำนวณจากแบบจำลอง WAM ที่ได้จากกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ใน 2 ลักษณะคือ 1) ข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting data) และ 2) ข้อมูลการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave forecasting data) มาใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสู่ระบบแสดงผลคลื่น ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยปรับข้อมูลทั้ง 2 ลักษณะให้มาอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อช่วยในการตัดสินใจเบื้องต้นในการกำหนดเส้นทางเดินเรือ และข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานด้านวิศวกรรมชายฝั่ง โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อบูรณาการระบบแสดงผลต่างๆ ที่ออกแบบเข้าด้วยกัน ซึ่งโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาก็คือ Visual Basic 6.0 โดยแบ่งการดำเนินการเป็น 5 ขั้นตอนคือ 1) การรวบรวมข้อมูล ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2) การศึกษาขั้นตอนวิธีการพยากรณ์สภาพคลื่นของกองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ดำเนินการในปัจจุบัน 3) การวิเคราะห์และออกแบบระบบแสดงผลคลื่นที่พัฒนา 4) การพัฒนาระบบแสดงผลคลื่น และ 5) การทดสอบการทำงาน และปรับปรุงระบบแสดงผลคลื่น โปรแกรมนี้สามารถแสดงผลได้ 3 ลักษณะตามระบบที่ออกแบบ ดังต่อไปนี้

ระบบการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ ใช้สำหรับการแสดงทิศทางและความสูงคลื่นตลอดทั้งพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting data) ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) มาแสดงผลสภาพคลื่นโดยรวมที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่างๆ

ระบบการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ เป็นการแสดงผลในรูปแบบ Wave rose และตาราง โดยใช้ข้อมูลการคำนวณคลื่นย้อนกลับ (Wave hindcasting data) ในรูปแบบข้อมูลตามลำดับอนุกรมเวลา (Time series data) ซึ่งประกอบด้วยวันเวลา คาบคลื่น ความสูงคลื่น และทิศทางคลื่น เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สำหรับการตัดสินใจในการออกแบบและวางแผนในงานด้านวิศวกรรมชายฝั่ง

ระบบการตรวจสอบสภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ เป็นการแสดงผลสภาพคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ โดยใช้ข้อมูลการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Wave forecasting data) ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ซึ่งสามารถแสดงผลการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือได้ใน 2 รูปแบบคือ 1) การแสดงผล

ภาพบนแผนที่ โดยจุดสีเขียวแสดงว่าบริเวณนั้นมีความสูงคลื่นต่ำกว่าที่กำหนดไว้ และจุดสีชมพูแสดงว่าบริเวณนั้นมีความสูงคลื่นสูงกว่าที่กำหนดไว้ อาจเป็นอันตรายต่อการเดินเรือ และลูกศรแสดงขนาดและทิศทางของความสูงคลื่นที่เข้ากระทบกับเรือบนเส้นทางเดินเรือ และ 2) การแสดงผลด้วยตารางเป็นการแสดงข้อมูลตำแหน่งต่างๆ ที่เรือเคลื่อนที่ ความสูงคลื่น และทิศทางคลื่นบนเส้นทางเดินเรือ

จากการทดสอบระบบการแสดงผลคลื่นที่พัฒนาขึ้นบริเวณทะเลฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน ได้ผลลัพธ์ที่สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการกำหนดเส้นทางเดินเรือของนักเดินเรือ และเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานด้านวิศวกรรมชายฝั่งได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป คือ การเพิ่มความสามารถในการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. ควรมีการพัฒนาเครื่องมือในการคำนวณหาคาบการเกิดซ้ำ (Return period) เพิ่มเติม เพื่อใช้สนับสนุนในงานด้านวิศวกรรมชายฝั่งได้ดียิ่งขึ้น
2. ในการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้า (Forecasting) จะต้องมีการเขียนไฟล์ script เพิ่มเติม เพื่อนำข้อมูลการพยากรณ์คลื่นล่วงหน้านามาปรับปรุงในฐานข้อมูลทุกๆ วัน เพื่อให้สะดวกในการเชื่อมต่อกับระบบที่พัฒนา
3. ควรมีการป้องกันความผิดพลาดที่จะเกิดจากการเลือกตำแหน่งข้อมูลคลื่นบริเวณใกล้ชายฝั่ง เนื่องจากค่าบริเวณบนพื้นดินมีค่าเท่ากับ 0

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี. 2549. ความรู้เรื่องท่าเรือและเรือ. องค์ความรู้เจ้าท่า. แหล่งที่มา:

http://www.md.go.th/marine_knowledge/e-harbour.php, 23 กุมภาพันธ์ 2552.

กรมชลประทาน. 2549. การพัฒนาระบบและรูปแบบ การจัดทำข้อมูลสารสนเทศ ด้านการ

ชลประทาน. ครั้งที่ 1. คณะทำงานการพัฒนาระบบและรูปแบบ การจัดทำข้อมูลสารสนเทศ ด้านการชลประทาน, กรุงเทพฯ.

กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ. 2552. ภาพพยากรณ์ความสูงคลื่นจาก WAM. อศ.บริการ แหล่งที่มา:

<http://www.navy.mi.th/hydro>, 15 เมษายน 2552.

ชัยภัทร เนื่องคำมา, 2549. คู่มือการใช้งานโปรแกรม Map Window GIS. ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ธวัช วิรัตน์พงศ์, น.อ.สอง เอกมหาชัย, สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์, น.ท.กตัญญู ศรีดงนันท์, น.ท.ประสิทธิ์ จันทร, น.ต.บงกช สโมสร, ร.ท.วิริยะ เหลืองอร่าม, สมบูรณ์ เล็กผลิผล, เกียรติกร ก่อวัฒนา, ธวัช แทนทำนุ, เกียรติชาย ชัชวาลวงศ์, สัมพันธ์ ไทยเครือวัลย์, ประวิทย์ แจ่มปัญญา, ทวีวัฒน์ นิลเพชรรัตน์, ภูเวียง ประคำมินทร์, บุญธรรม ตั้งกล้าเลิศ, P. Wittamann, M. Xue, สุกันยาณี ะวิญชาญ และวัฒนา กันบัว. 2542. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการสร้าง โมเดลและการพยากรณ์คลื่นในทะเล. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

มารีนเนอร์ไทยคอทคอม. 2002. สมุดภาพเรือเดินทะเล-มารีนเนอร์ไทย. สมุดภาพเรือเดินทะเล.

แหล่งที่มา: <http://www.marinethai.com>, 15 เมษายน 2552.

วิริยะ เหลืองอร่าม. 2547. การจำลองเชิงตัวเลขของคลื่นใกล้ฝั่งในอ่าวไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์, ธวัช วิรัตน์พงศ์, P. Wittmann, ส่อง เอกมหาชัย, กตัญญู ศรีตั้งนันท์,
 วิริยะ เหลืองอร่าม, ประสิทธิ์ จันทร, บงกช สโมสร, วัฒนา กันบัว และ บุญธรรม ตั้งล้ำเลิศ.
 2542. การพยากรณ์คลื่นในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน. **สงขลานครินทร์ วทท.** 21 (2):
 207-212.

อุทัย สุขสิงห์. 2548. **การจัดการระบบฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS).**
 สำนักพิมพ์ ศ.ศ.ท., กรุงเทพฯ.

Bowditch. 1995. **American Practical Navigator.** H.O. pub. No. 9. National Imagery and
 Mapping Agency, Maryland, U.S.A.

Cotton P.D. and Carter D.J.T., 1994. Cross calibration of TOPEX, ERS-2 and Geosat wave
 height. **J. Geophys. Res.**, **99**, C12: 25025-25033.

Gorman, R.M., K.R. Bryan and A.K. Laing. 2003. Wave hindcast for the New Zealand region:
 Deep-water wave climate. **New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research.**
 37: 589-612.

Gunther, H., S. Hasselmann and P.A.E.M. Janssen. 1992. Wave Model Cycle 4 (Revised
 Version). **Technical Report No.4**, Hamburg, Germany.

Hasselmann, D.E., J. Bosenberg, M. Dunkel, K. Richter, M. Grunewald and H. Carlson. 1986.
 Measurements of wave-induced pressure over surface gravity waves, pp. 353-370. In
 O.M. Phillips and K. Hasselmann, eds. **Wave dynamics and radio probing of the**
ocean surface. Plenum, New York.

- Hasselmann, K., T.P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D.E. Cartwright, K. Enke, J.A. Ewing, H. Gienapp, D.E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Muller, D.J. Olbers, K. Richter, W. Sell and H. Walden. 1973. Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP), **Dtsch. Hydrogr. Z. Suppl.** 8 (12): 95.
- Janssen, P.A.E.M. 1991. Quasi-Linear theory of wind wave generation applied to wave forecasting. **J. Physical Oceanography.** 21(11): 1631-1642.
- Kawaguchi, K. and Hashimoto, N. 2003. Characteristics of ocean waves around Japan based on WAM wave hindcasting data. **Proceedings of the Thirteenth (2003) International Offshore and Polar Engineering Conference Honolulu, Hawaii, USA.**
- Kinsman, B. 1965. **Wind Waves.** Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Komen, G.J., L. Cavaleri, M. Donelan, K. Hasselmann, S. Hasselmann and P.A.E.M. Janssen. 1994. **Dynamics and Modelling of Ocean Waves,** Cambridge University Press.
- MapWindow GIS, 2006. MapWinGIS Developer's Guide. MapWindowGIS. Available Source: http://www.mapwindow.org/wiki/index.php/MapWinGIS_Developer%27s_Guide, April 16, 2009.
- Mitsuyasu, H. 1968. On the growth of the spectrum of wind-generated waves. 1. **Res. Inst. Appl. Mech., Kyushu University.** 16: 251-264.
- Mitsuyasu, H. 1969. On the growth of the spectrum of wind-generated waves. 2. **Res. Inst. Appl. Mech., Kyushu University.** 17: 235-243.
- Padhy, C.P., Sen, D. and Bhaskaran, P.K. 2007. Application of wave model for weather routing of ships in the North Indian Ocean. **Nat Hazards.** 44: 373-385.

Sawaragi, T. 1995. **Coastal Engineering-Waves, Beaches, Wave-Structure Interactions. Development in Geotechnical Engineering.** Department of Civil Engineering, Osaka University, Japan.

Snyder, R.L., F.W. Dobson, J.A. Elliott and R.B. Long. 1981. Array measurements of atmospheric pressure fluctuations above surface gravity waves. **J. of Fluid Mech.** 102: 1-59.

SWAMP group: J.H. Allender, T.P. Barnett, L. Bertotti, J. Bruinsma, V.J. Cardone, L. Cavaleri, J. Ephraums, B. Golding, A. Greenwood, J. Guddal, H. Gunther, K.Hasselmann, S. Hasselmann, P. Joseph, S. Kawai, G.G. Komen, L. Lawson, H. Linne, R.B. Long, M. Lybanon, E. Maeland, W. Rosenthal, Y. Toba, T. Uji and W.J.P. de Voogt, 1985. **Sea wave modeling project (SWAMP). An intercomparison study of wind wave predictions models, part 1: Principal results and conclusions: Ocean Wave Modeling;** Plenum, New York.

US. Army Corps of Engineers. 1984. **Shore Protection Manual. Vol. 1.** US. Army Coastal Engineering Research Center, Washington, D.C.

WAMDI Group: S. Hasselmann, K. Hasselmann, E. Bauer, L. Bertotti, P. Lionello, V.C. Cardone, J.A. Ewing, J.A. Greenwood, A. Gullaume, P.A.E.M. Janssen, G.J. Koman, M. Reistad and L. Zambresky. 1988. The WAM Model – A third Generation Ocean Wave Prediction Model. **J. of Physical Oceanography** 18: 1775-1810.

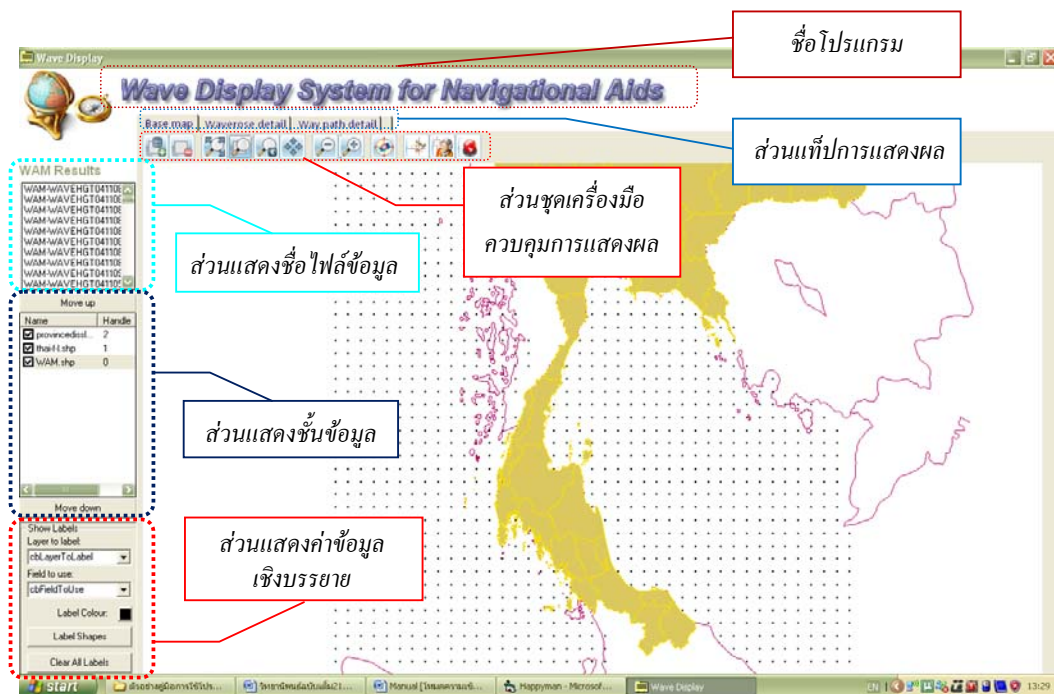
World Meteorological Organization, 1998. **Guide to wave analysis and forecasting (Second Edition).** Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

ภาคผนวก

คู่มือการใช้โปรแกรม

Wave Display System for Navigational Aids

โปรแกรม Wave Display System for Navigational Aids นี้ เป็นโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ที่พัฒนาขึ้น เพื่อจุดประสงค์หลัก 2 ด้านคือ 1) สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจในการกำหนดเส้นทางเดินเรือของนักเดินเรือ และ 2) สามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับงานด้านวิศวกรรมชายฝั่ง โดยมีส่วนประกอบของโปรแกรมหาดังแสดงในภาพผนวกที่ 1



ภาพผนวกที่ 1 แสดงส่วนประกอบของโปรแกรม

สำหรับโปรแกรมนี้ได้มีการพัฒนาระบบแสดงผล ประกอบด้วยเครื่องมือหลักที่ใช้งาน 4 กลุ่ม เครื่องมือ คือ 1) เครื่องมือดำเนินการแผนที่ (Map Utility) 2) เครื่องมือในการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ 3) เครื่องมือในการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ และ 4) เครื่องมือในการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ โดยแต่ละเครื่องมือยังมีเครื่องมือย่อยๆ รายละเอียดสรุปได้ดังนี้

1. เครื่องมือดำเนินการแผนที่ (Map Utility)

เครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการแสดงผลคลื่นในมุมมองต่างๆ เพื่อใช้ในการดำเนินการเกี่ยวกับการใช้แผนที่ รายละเอียดและวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ มีดังต่อไปนี้

1.1 เครื่องมือการควบคุมชั้นข้อมูล เป็นเครื่องมือพื้นฐานของโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยใช้ในการเพิ่ม ลบ และจัดลำดับชั้นข้อมูล รวมถึงการแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยายอีกด้วย โดยทั่วไปแล้วข้อมูลพื้นฐานที่สามารถใช้เป็นชั้นข้อมูล สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ข้อมูลแบบจุด ข้อมูลแบบเส้น ข้อมูลแบบพื้นที่รูปเหลี่ยม และข้อมูลรูปภาพ โดยข้อมูลจะจัดเก็บในรูปแบบ Shape File (ESRI Format) เครื่องมือเหล่านี้ประกอบด้วย

1.1.1 การเพิ่มชั้นข้อมูลแบบ GIS File (Add GIS Layer)

1.1.2 การลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม (Remove GIS Layer)

1.1.3 การจัดลำดับชั้นข้อมูล (Layer Order)

1.1.4 การแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย (Show Label)

สำหรับเครื่องมือการควบคุมชั้นข้อมูล มีรายละเอียดและวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ ดังนี้

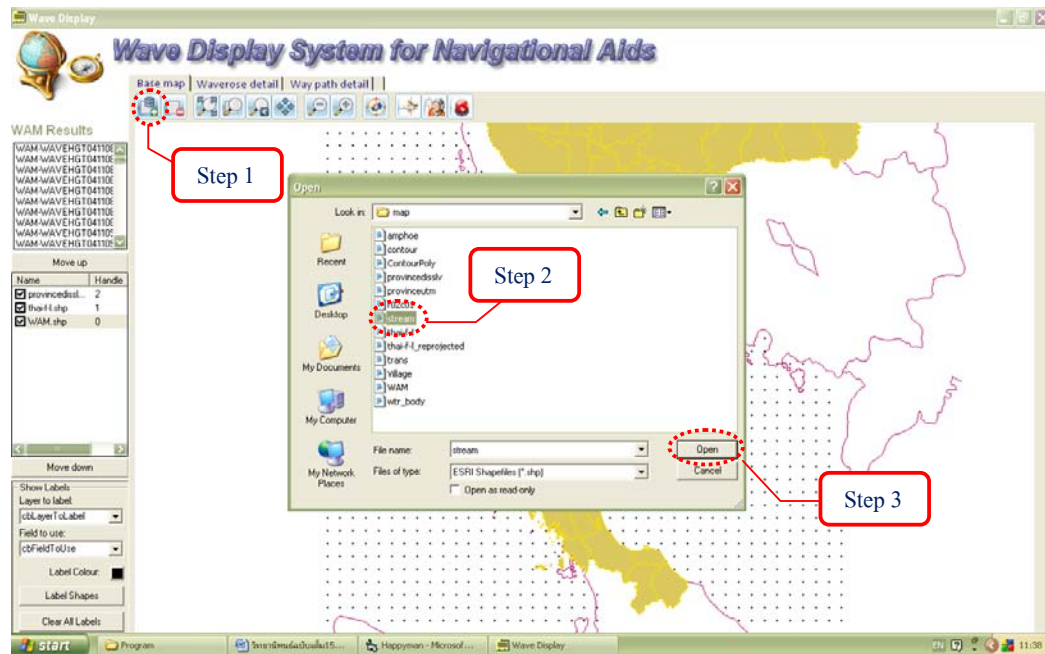
1.1.1 การเพิ่มชั้นข้อมูลแบบ GIS File (Add GIS Layer)

Step 1: เมื่อต้องการเพิ่มชั้นข้อมูลแบบ GIS File ให้กดปุ่ม  Add GIS Layer ที่แถบเครื่องมือ จะปรากฏหน้าต่าง Open

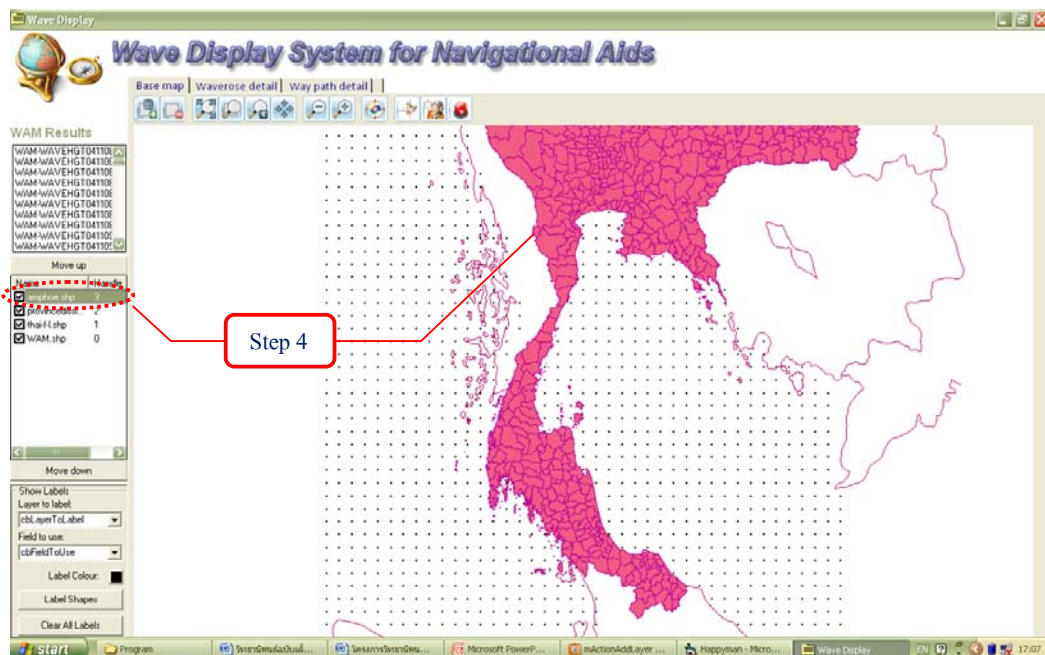
Step 2: ให้เลือกโฟลเดอร์ (Folder) ชื่อ map ซึ่งเป็นที่เก็บไฟล์ในรูปแบบของ ESRI Shapefiles: (*.shp) | *.shp จากนั้นให้เลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการ (ในตัวอย่างเลือกไฟล์ amphoe.shp)

Step 3: หลังจากเลือกไฟล์แล้ว ให้กดปุ่ม Open เพื่อทำการเพิ่มชั้นข้อมูล ดังแสดงในภาพผนวกที่ 2

Step 4: จะปรากฏชื่อชั้นข้อมูลเพิ่มขึ้นในส่วนแสดงชั้นข้อมูล และปรากฏภาพบนแผนที่ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 3



ภาพผนวกที่ 2 ขั้นตอนการเพิ่มชั้นข้อมูล



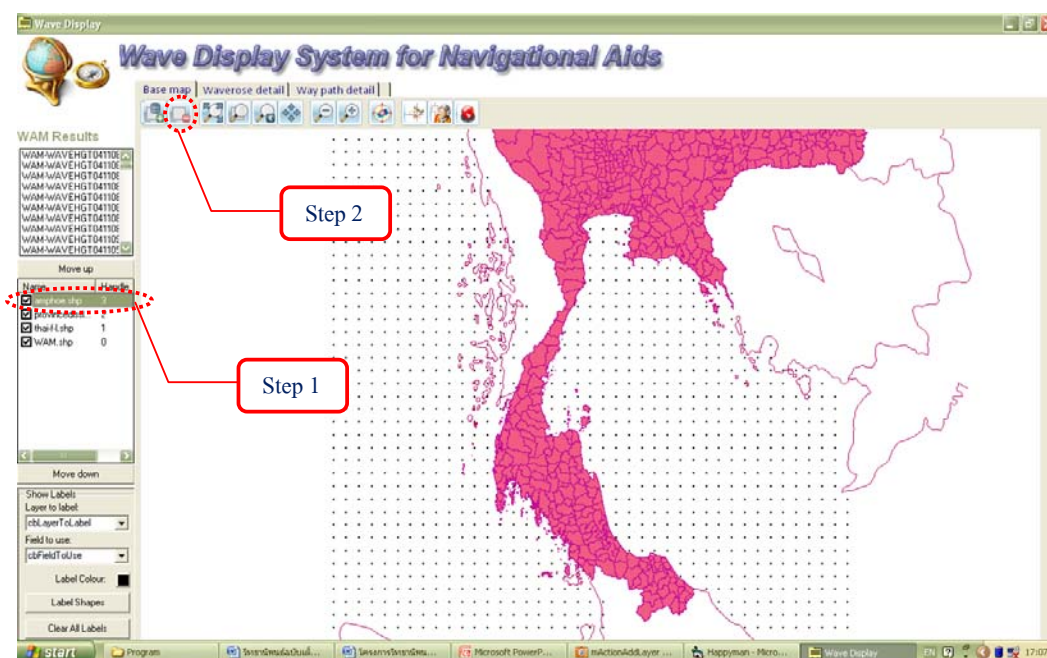
ภาพผนวกที่ 3 แสดงผลการเพิ่มชั้นข้อมูล

1.1.2 การลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม (Remove GIS Layer)

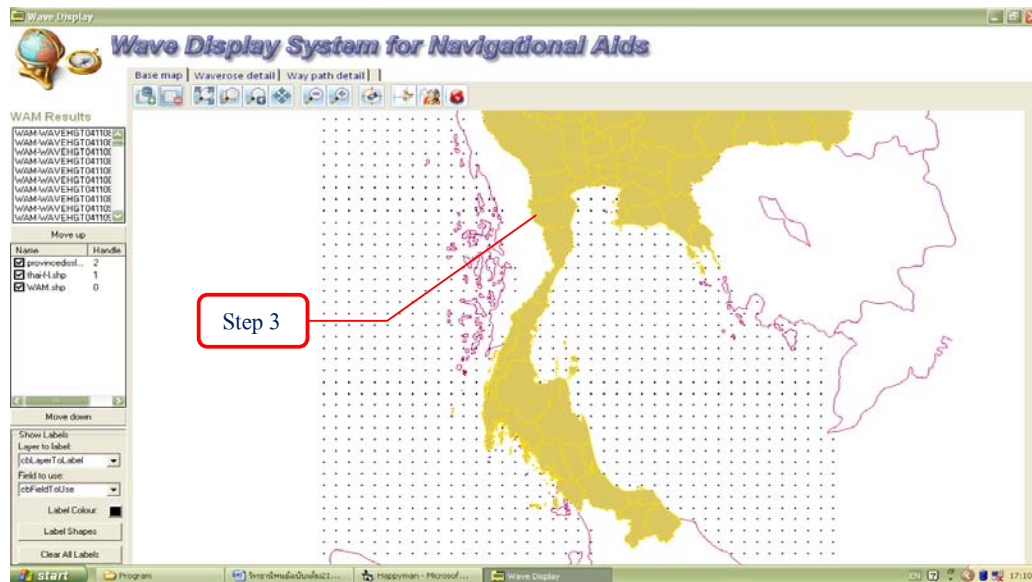
Step 1: เมื่อต้องการลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม ให้เลือกชื่อชั้นข้อมูลในส่วนแสดงชั้นข้อมูล

Step 2: ให้คลิกปุ่ม  Remove GIS Layer ที่แถบเครื่องมือ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 4

Step 3: ชื่อชั้นข้อมูลที่ถูกเลือกในส่วนแสดงชั้นข้อมูลหายไป และภาพบนแผนที่จะเปลี่ยนไปแสดงชั้นข้อมูลในลำดับต่อไป ดังแสดงในภาพผนวกที่ 5



ภาพผนวกที่ 4 ขั้นตอนการลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม



ภาพผนวกที่ 5 แสดงผลการลบชั้นข้อมูลออกจากโปรแกรม

1.1.3 การจัดลำดับชั้นข้อมูล (Layer Order)

การจัดลำดับชั้นข้อมูล มีไว้เพื่อการจัดลำดับการซ้อนทับ และบังคับข้อมูลที่ไม่ต้องการนำเสนอเด่นชัด โดยมีตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

Step 1: ถ้าต้องการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลขึ้น ใช้เมาส์เลือกชื่อไฟล์ชั้นข้อมูลในส่วนแสดงชั้นข้อมูล (ในตัวอย่างเลือกไฟล์ trans.shp)

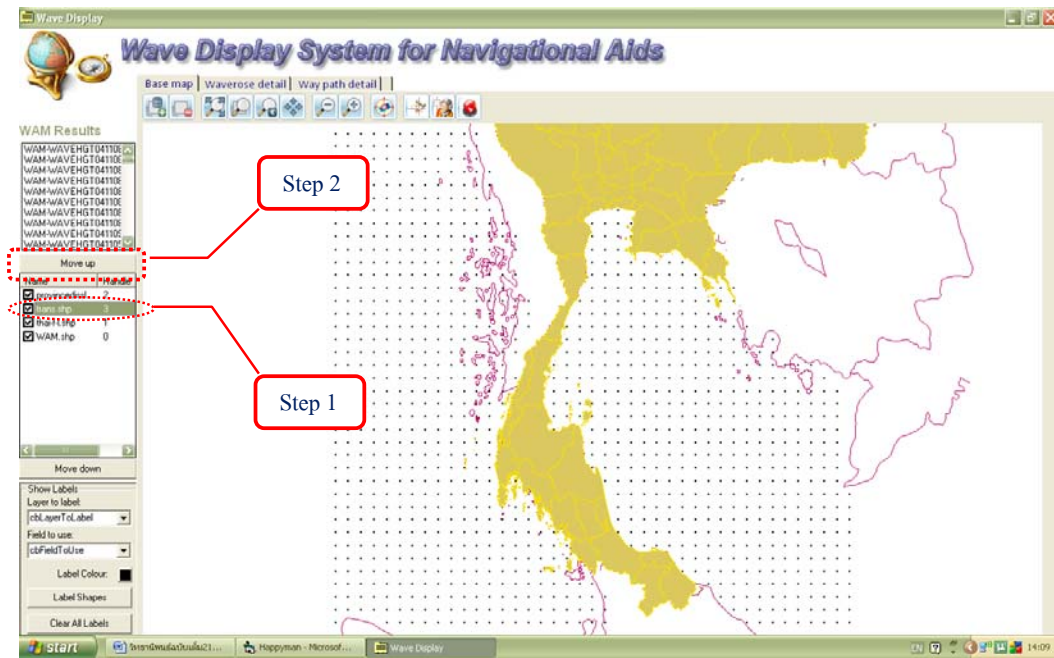
Step 2: กดปุ่ม Mouse up ซึ่งอยู่ด้านบนของส่วนแสดงชั้นข้อมูล ดังแสดงในภาพผนวกที่ 6

Step 3: ชื่อชั้นข้อมูลที่ถูกเลือกจะเลื่อนขึ้น และการแสดงผลชั้นข้อมูลด้วยภาพปรากฏขึ้นแทน ดังแสดงในภาพผนวกที่ 7

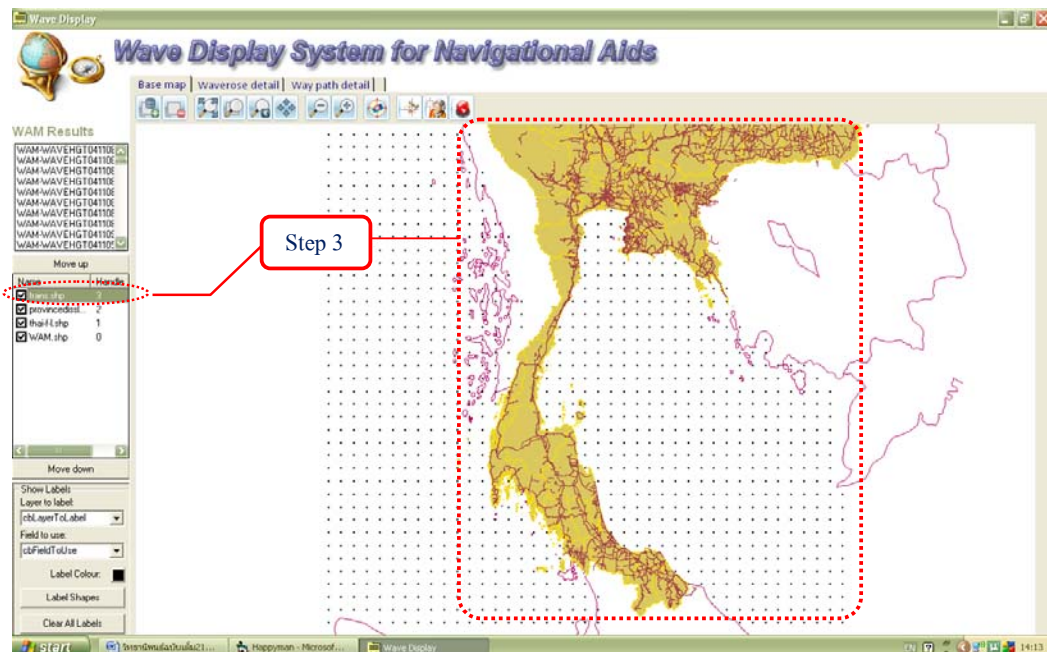
Step 4: ถ้าต้องการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลลง ใช้เมาส์เลือกชื่อไฟล์ชั้นข้อมูลในส่วนแสดงชั้นข้อมูล

Step 5: กดปุ่ม Mouse down ซึ่งอยู่ด้านล่างของส่วนแสดงชั้นข้อมูล ดังแสดงในภาพผนวกที่ 8

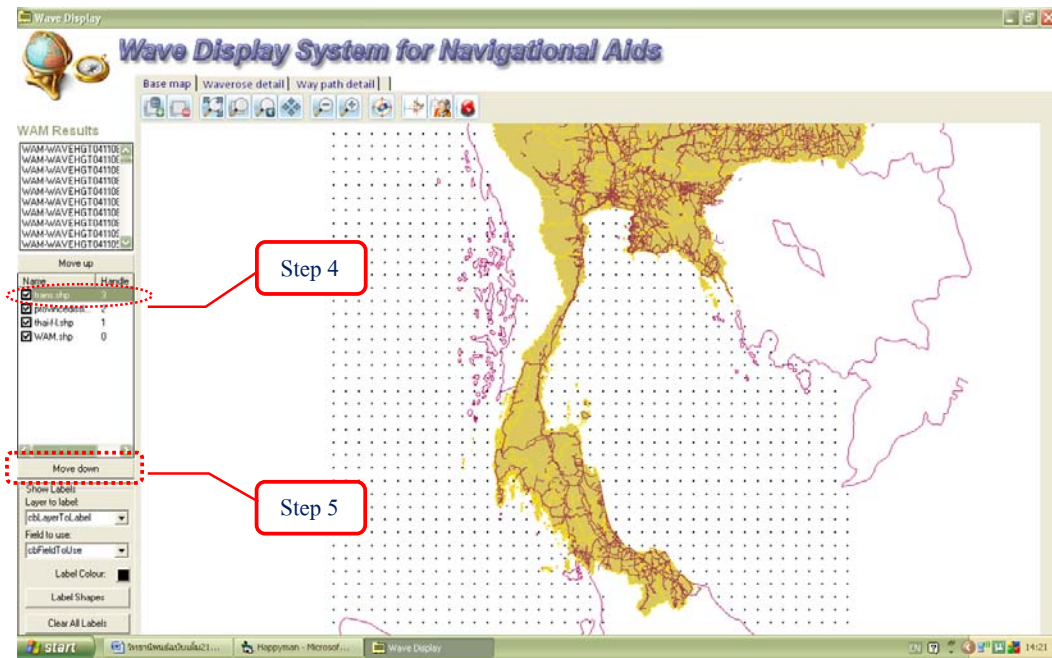
Step 6: ชื่อชั้นข้อมูลที่ถูกเลือกจะเลื่อนลง และการแสดงผลชั้นข้อมูลด้วยภาพปรากฏขึ้นแทน ดังแสดงในภาพผนวกที่ 9



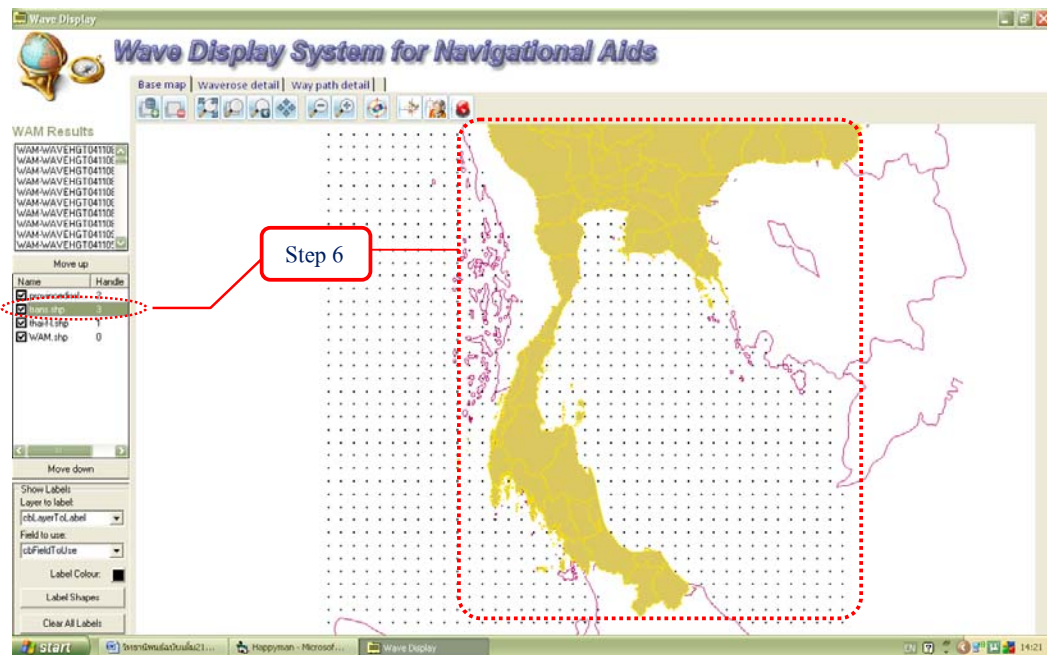
ภาพผนวกที่ 6 ขั้นตอนการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลขึ้น



ภาพผนวกที่ 7 แสดงผลการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลขึ้น



ภาพผนวกที่ 8 ขั้นตอนการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลลง



ภาพผนวกที่ 9 แสดงผลการเลื่อนลำดับชั้นข้อมูลลง

1.1.4 การแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย (Show Label)

การแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย เป็นการแสดงรายละเอียดของชั้นข้อมูล โดยมีตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

Step 1: ให้เลือก Layer to label ในส่วนแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย จะปรากฏชั้นข้อมูล (Layer) ที่มีอยู่ใน Layer list แล้วเลือกชื่อไฟล์ชั้นข้อมูลที่ต้องการ (ในตัวอย่างเลือกไฟล์ 0-WAM.shp)

Step 2: ให้เลือก Field to use จะปรากฏข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data) ของชั้นข้อมูลขึ้น แล้วเลือกชื่อไฟล์ที่ต้องการแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย (ในตัวอย่างเลือกไฟล์ 4-Level)

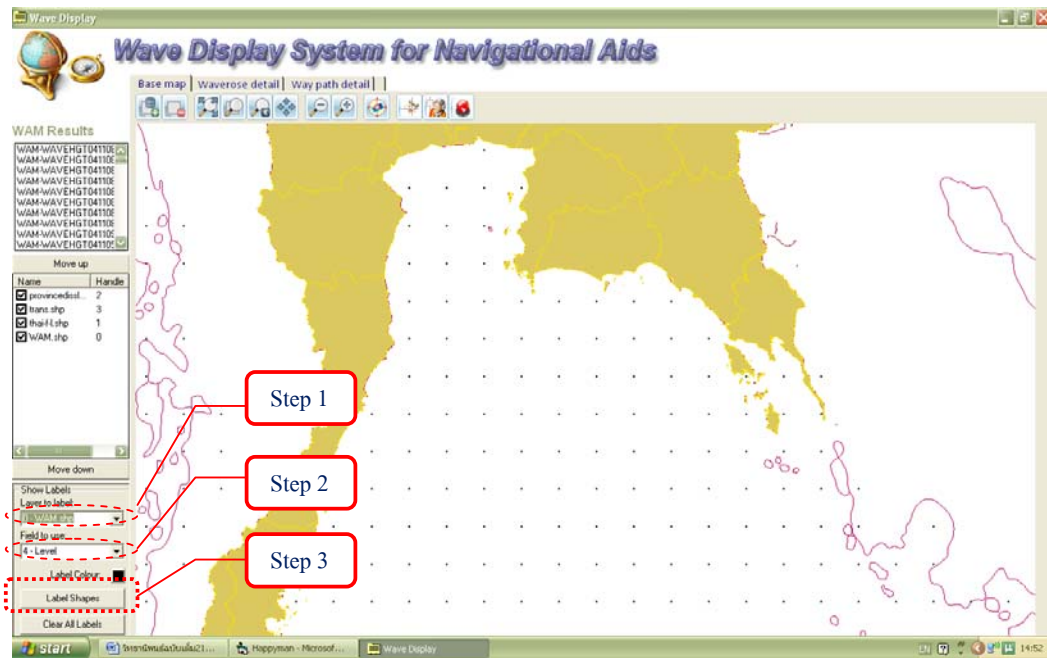
Step 3: กดปุ่ม Label Shapes ดังแสดงในภาพผนวกที่ 10

Step 4: ปรากฏค่าข้อมูลเชิงบรรยายที่เลือกไว้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 11

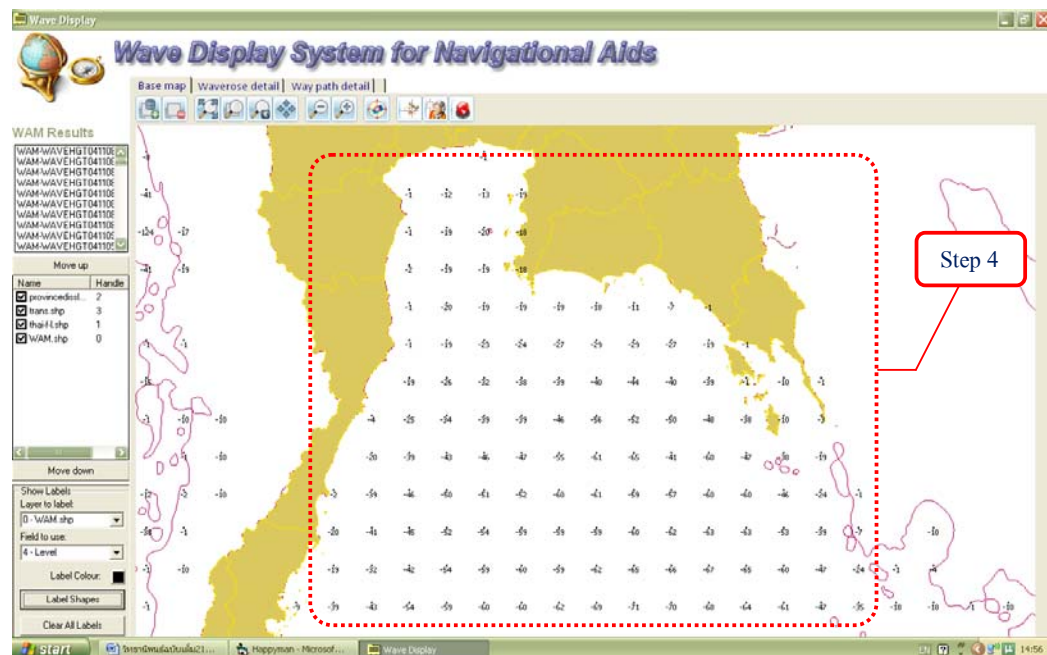
Step 5: หากไม่ต้องการแสดงข้อมูลเชิงบรรยาย ให้กดปุ่ม Clear All Labels ดังแสดงในภาพผนวกที่ 12

Step 6: หากต้องการเปลี่ยนสีของค่าข้อมูลเชิงบรรยายที่แสดงอยู่ให้กดปุ่ม Label colour จากนั้นจะปรากฏหน้าต่างสีขึ้น แล้วเลือกสีที่ต้องการ (ในตัวอย่างเลือกสีน้ำเงิน) จึงกดปุ่ม OK ดังแสดงในภาพผนวกที่ 13

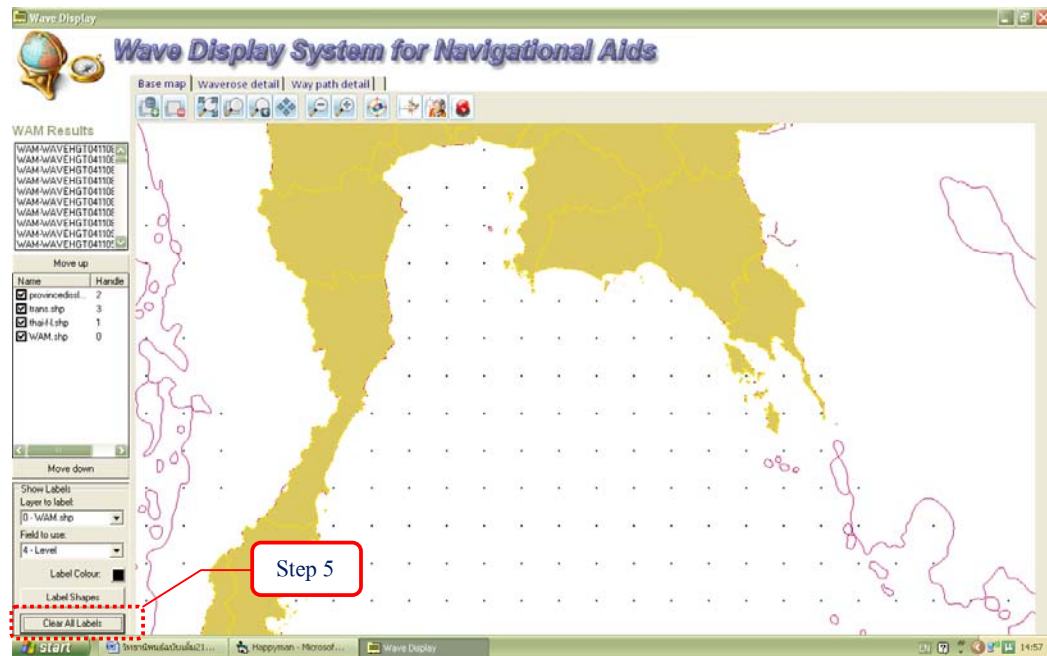
Step 7: กดปุ่ม Label Shapes ภาพจะปรากฏสีที่เลือกให้เห็นแทนสีเดิม ดังแสดงในภาพผนวกที่ 14



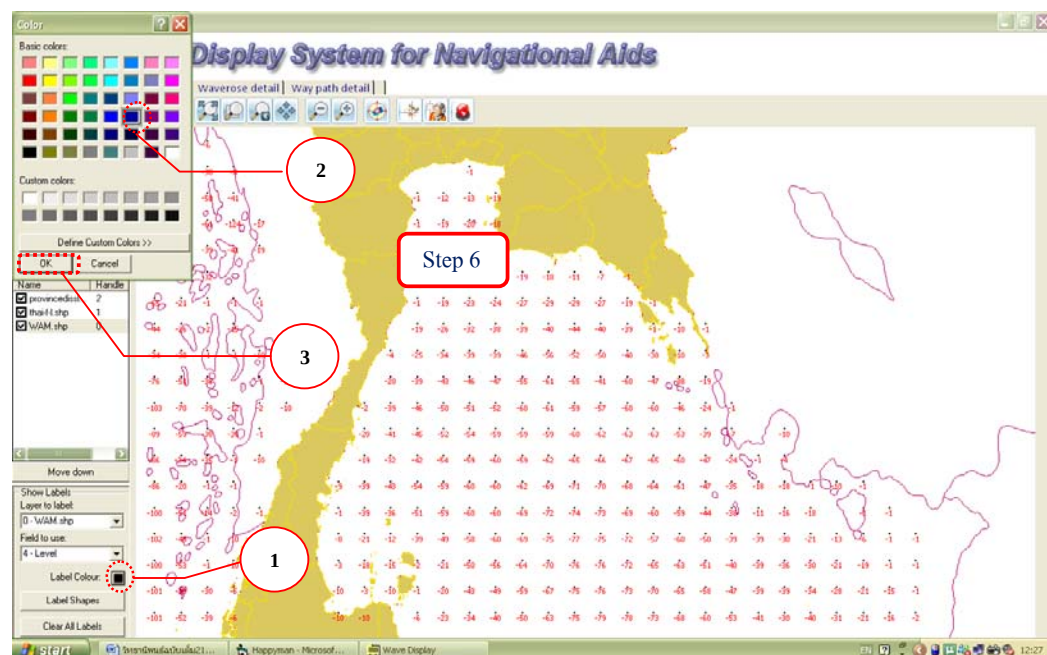
ภาพผนวกที่ 10 ขั้นตอนการแสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย



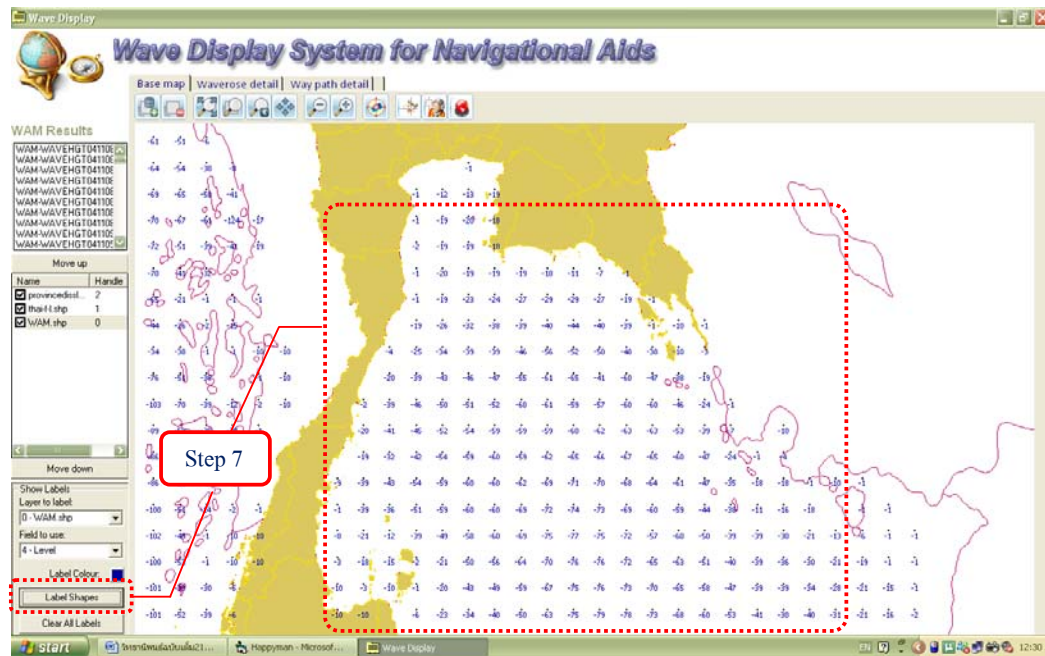
ภาพผนวกที่ 11 แสดงค่าข้อมูลเชิงบรรยาย



ภาพผนวกที่ 12 แสดงผลการปิดค่าข้อมูลเชิงบรรยาย



ภาพผนวกที่ 13 ขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าข้อมูลเชิงบรรยาย



ภาพผนวกที่ 14 แสดงผลการเปลี่ยนสีของค่าข้อมูลเชิงบรรยาย

1.2 เครื่องมือควบคุมมุมมองของแผนที่ เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่มีในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System) ซึ่งประกอบด้วย

- 1.2.1 การขยายแผนที่ (Zoom In)
- 1.2.2 การย่อแผนที่ (Zoom Out)
- 1.2.3 การย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด (Zoom Extent Layer)
- 1.2.4 การย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด (Zoom Extent)
- 1.2.5 การย้ายภาพแผนที่ (Pan) เพื่อแสดงแผนที่ตำแหน่งอื่น
- 1.2.6 การย้อนกลับภาพแผนที่ก่อนหน้า (Previous View)

สำหรับเครื่องมือควบคุมมุมมองของแผนที่นั้น มีรายละเอียดและวิธีการใช้เครื่องมือดังต่อไปนี้

1.2.1 การขยายแผนที่ (Zoom In)

Step 1: กดปุ่ม  Zoom In เพื่อขยายขนาดของภาพแผนที่

Step 2: จากนั้นให้คลิกบนภาพแผนที่ตามตำแหน่งที่ต้องการขยายภาพ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 15

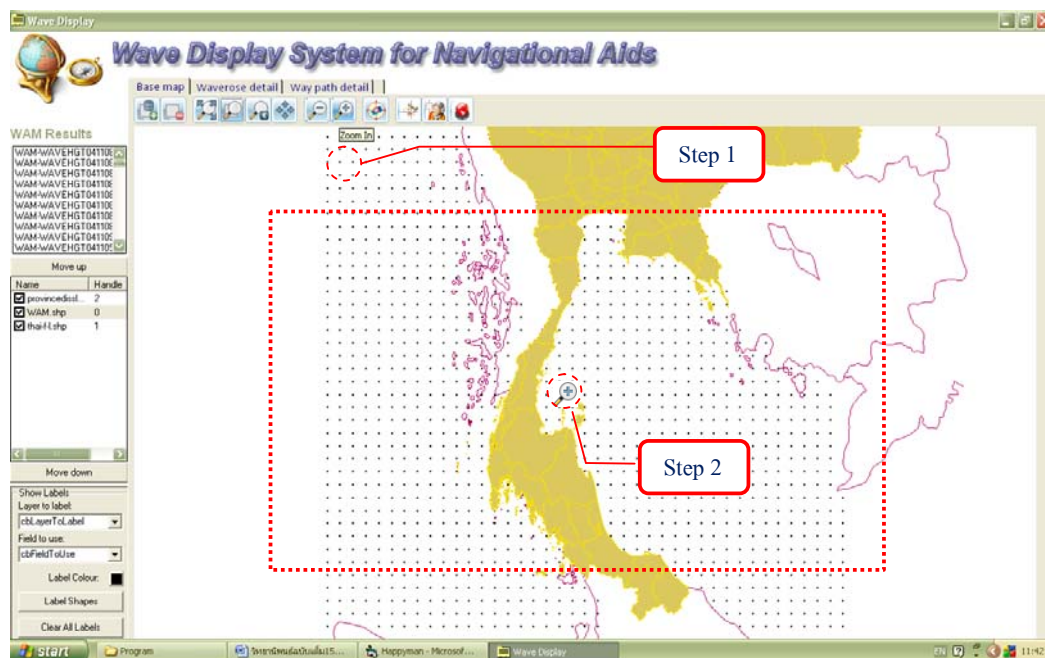
Step 3: โปรแกรมจะทำการขยายแผนที่โดยอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 16

1.2.2 การย่อแผนที่ (Zoom Out)

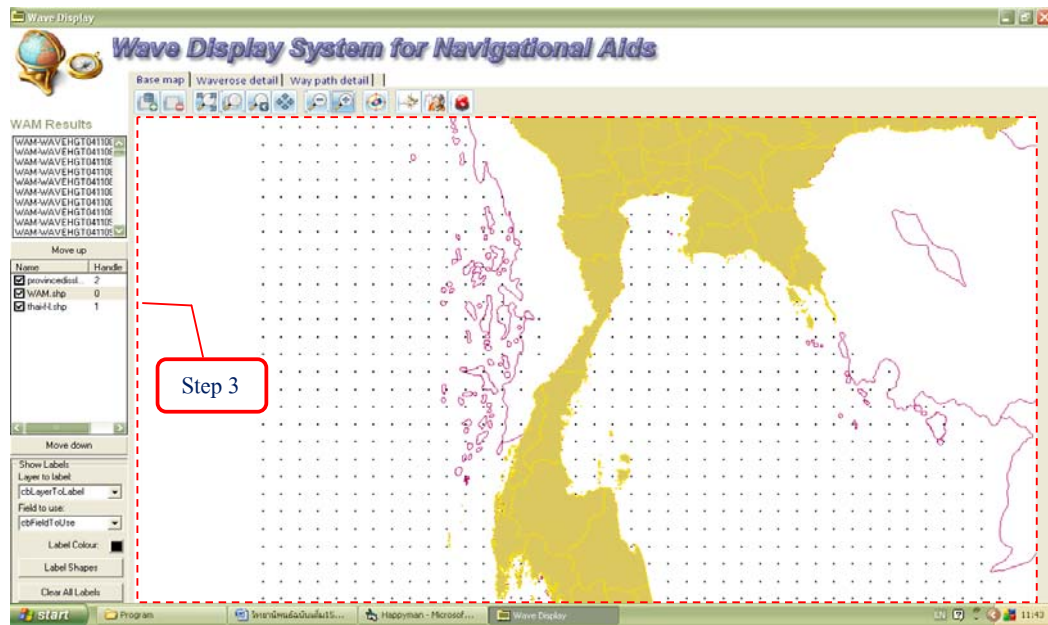
Step 1: กดปุ่ม  Zoom out เพื่อลดขนาดของภาพแผนที่

Step 2: จากนั้นให้คลิกบนภาพแผนที่ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 17

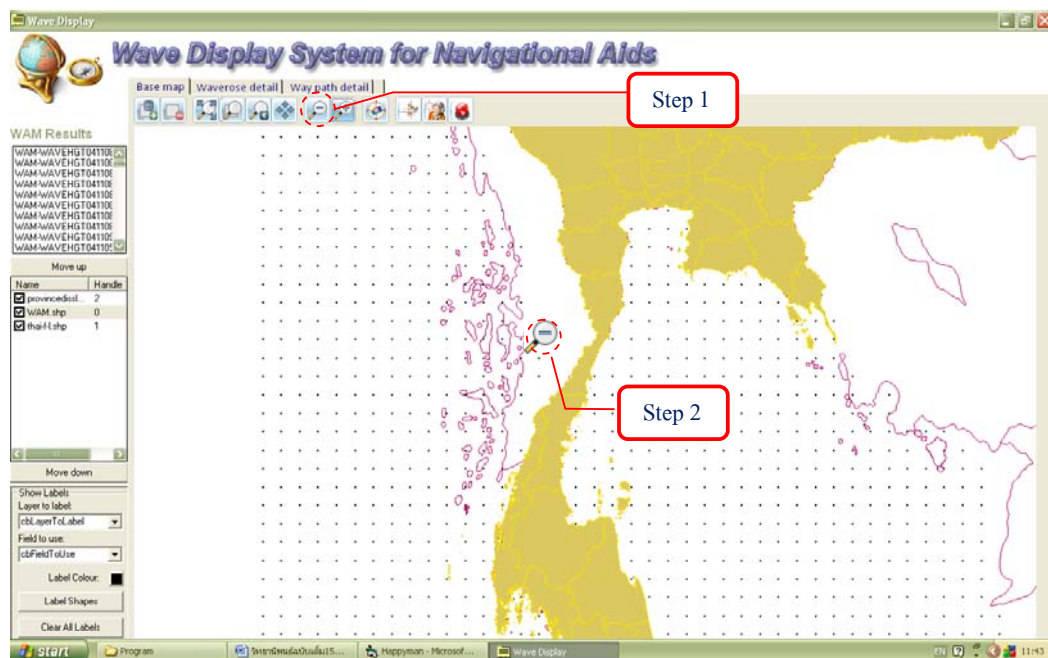
Step 3: โปรแกรมจะทำการย่อแผนที่โดยอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 18



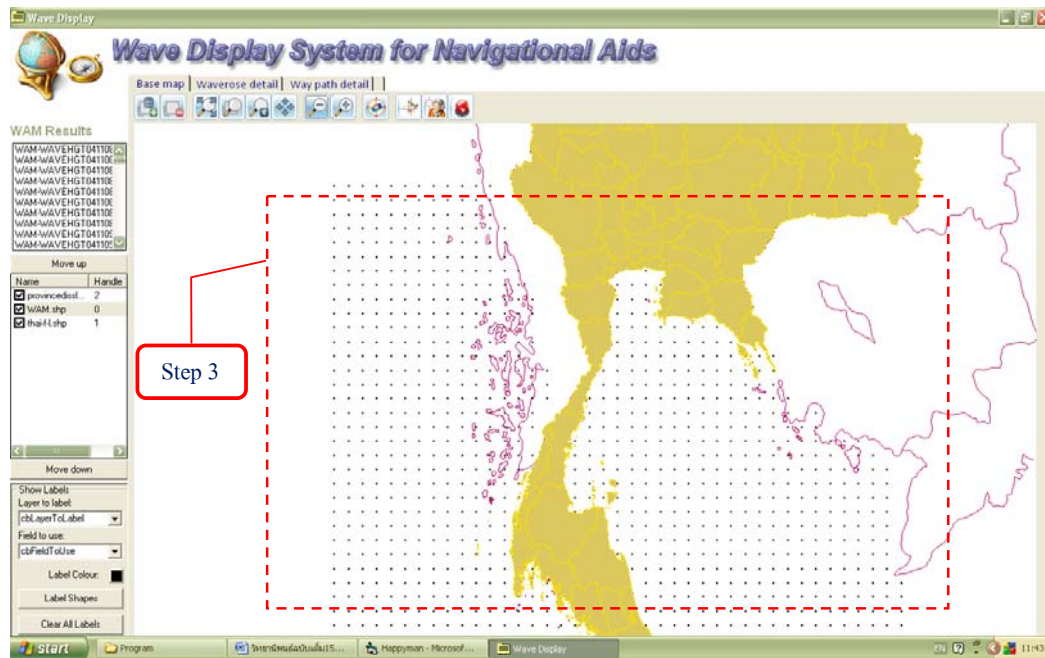
ภาพผนวกที่ 15 ขั้นตอนการขยายแผนที่



ภาพผนวกที่ 16 แสดงผลการขยายแผนที่



ภาพผนวกที่ 17 ขั้นตอนการย่อแผนที่



ภาพผนวกที่ 18 แสดงผลการย่อแผนที่

1.2.3 การย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด (Zoom Extent Layer)

Step 1: เลือกชั้นข้อมูลในส่วนแสดงชั้นข้อมูลก่อน

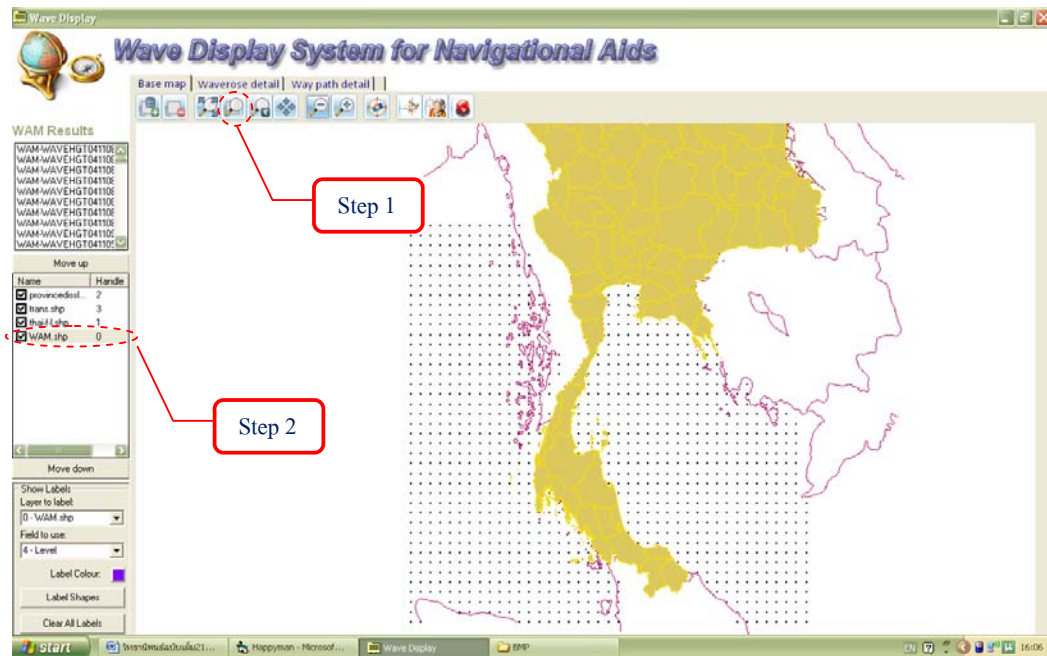
Step 2: กดปุ่ม  Zoom Extent Layer ดังแสดงในภาพผนวกที่ 19

Step 3: ภาพแผนที่จะกลับสู่ขนาดที่แต่ละ Layer กำหนดค่าไว้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 20

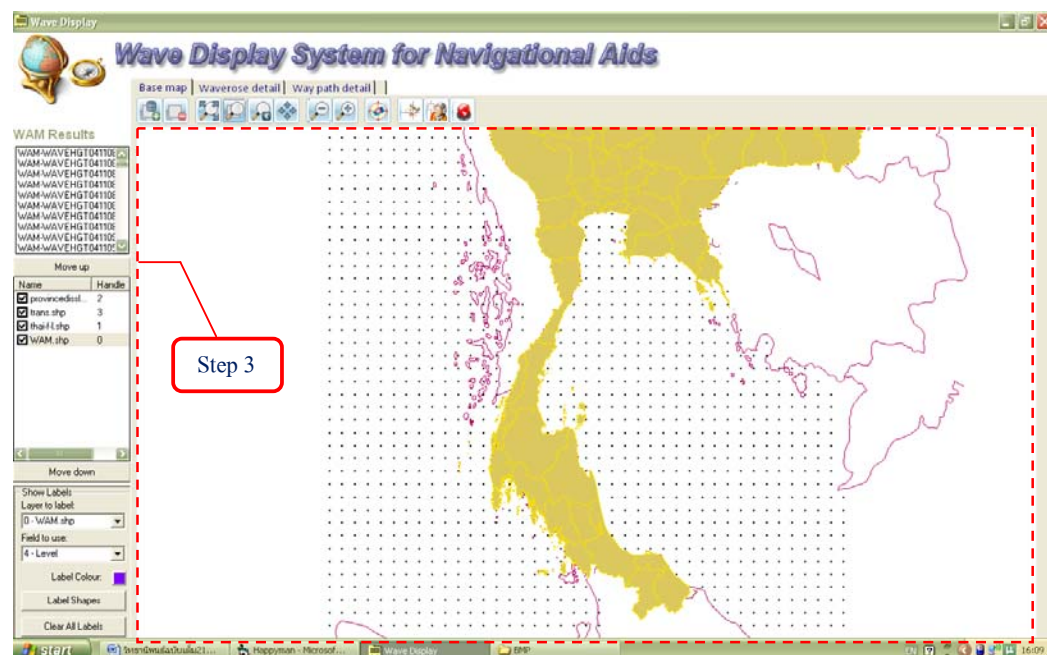
1.2.4 การย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด (Zoom Extent)

Step 1: กดปุ่ม  Zoom Extent เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 21

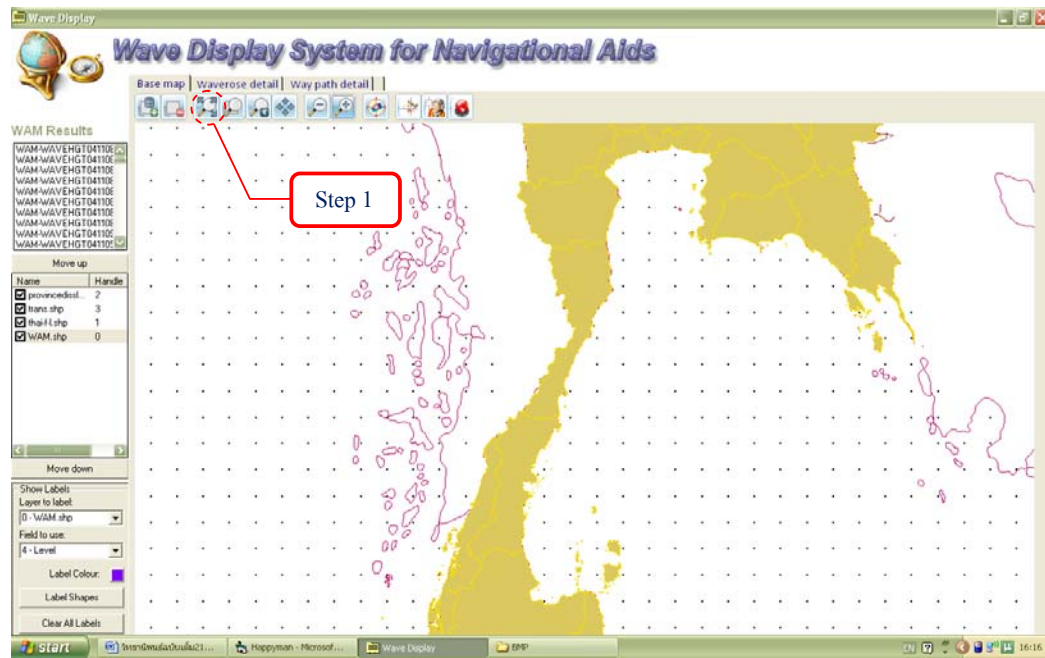
Step 2: โปรแกรมจะทำการแสดงภาพแผนที่ทั้งหมด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 22



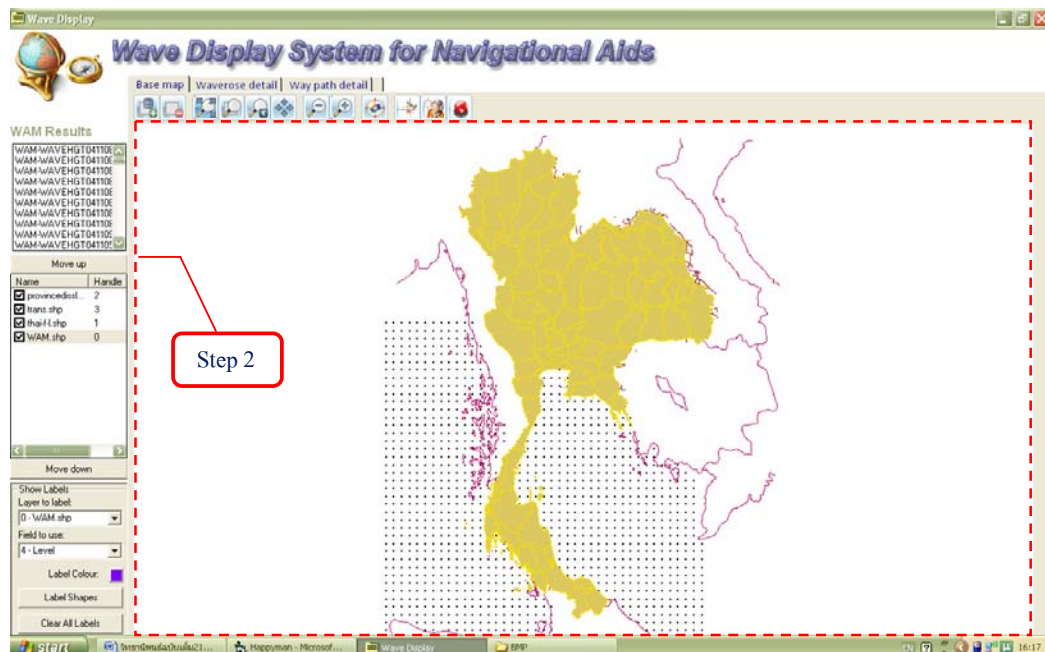
ภาพผนวกที่ 19 ขั้นตอนการย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด



ภาพผนวกที่ 20 แสดงผลการย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ตาม Layer ที่กำหนด



ภาพผนวกที่ 21 ขั้นตอนการย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด



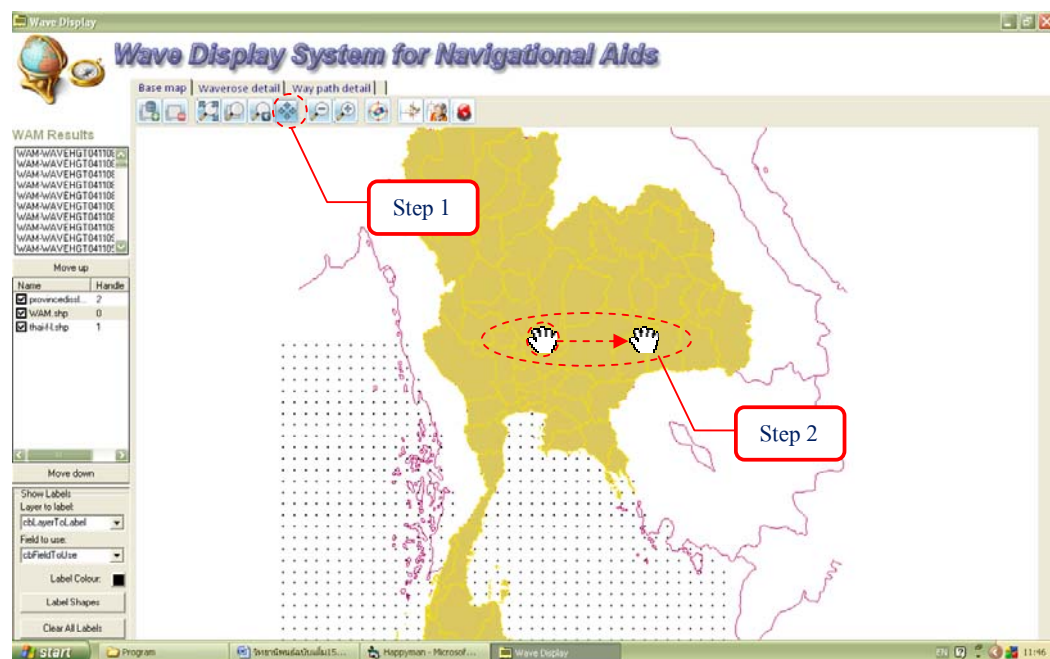
ภาพผนวกที่ 22 แสดงผลการย่อแผนที่เพื่อแสดงแผนที่ทั้งหมด

1.2.5 การย้ายภาพแผนที่ (Pan) เพื่อแสดงตำแหน่งอื่นในมาตราส่วนเดิม

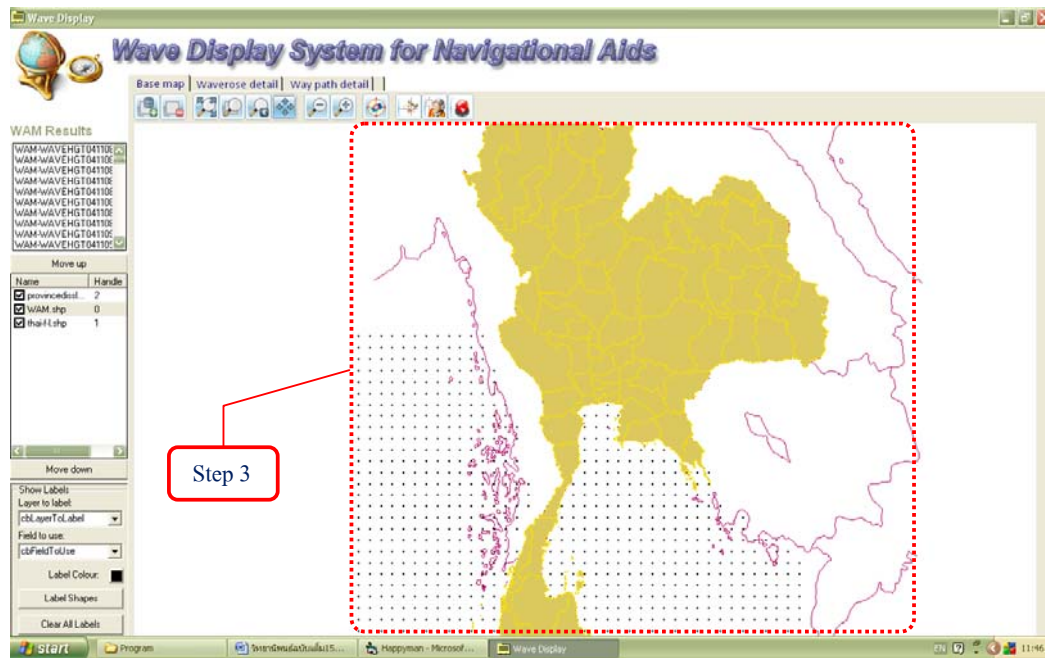
Step 1: กดปุ่ม  Pan เพื่อทำการย้ายภาพแผนที่ โดยแสดงตำแหน่งอื่นในมาตราส่วนเดิม

Step 2: จากนั้นใช้เมาส์คลิกค้างที่ภาพแผนที่แล้ว เลื่อนไปยังตำแหน่งต่างๆ ที่ต้องการแสดงภาพแผนที่ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 23

Step 3: เมื่อปล่อยเมาส์ที่คลิกค้างไว้ จะปรากฏภาพตามตำแหน่งที่ต้องการแสดงภาพแผนที่ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 24



ภาพผนวกที่ 23 ขั้นตอนการย้ายภาพแผนที่ เพื่อแสดงตำแหน่งอื่นในมาตราส่วนเดิม

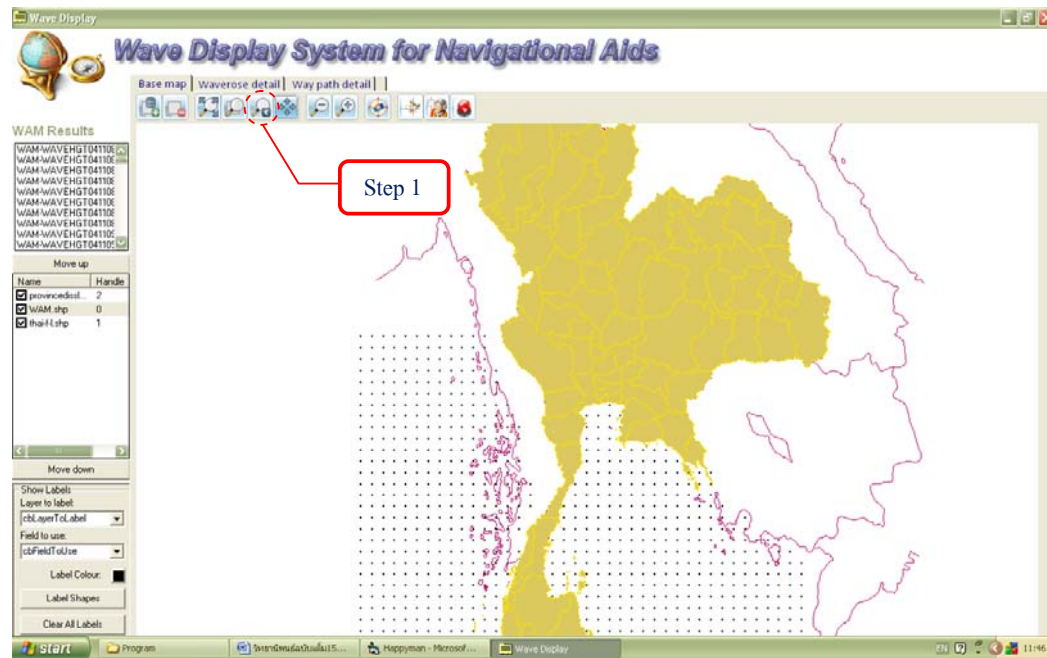


ภาพผนวกที่ 24 แสดงผลการย้ายภาพแผนที่ เพื่อแสดงตำแหน่งอื่นในมาตราส่วนเดิม

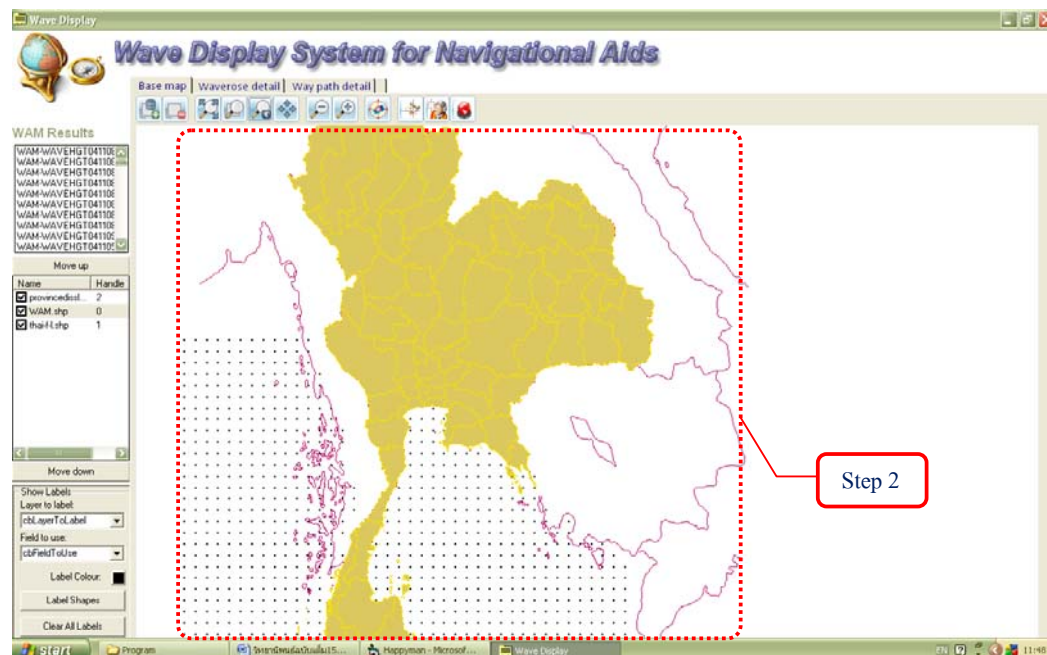
1.2.6 การย้อนกลับภาพแผนที่ก่อนหน้านี้ (Previous View)

Step 1: กดปุ่ม  Previous view เพื่อย้อนกลับภาพแผนที่ก่อนหน้านี้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 25

Step 2: จากนั้นภาพแผนที่จะกลับสู่ภาพแผนที่ที่แสดงก่อนหน้านี้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 26



ภาพผนวกที่ 25 ขั้นตอนการย้อนกลับภาพแผนที่ก่อนหน้า



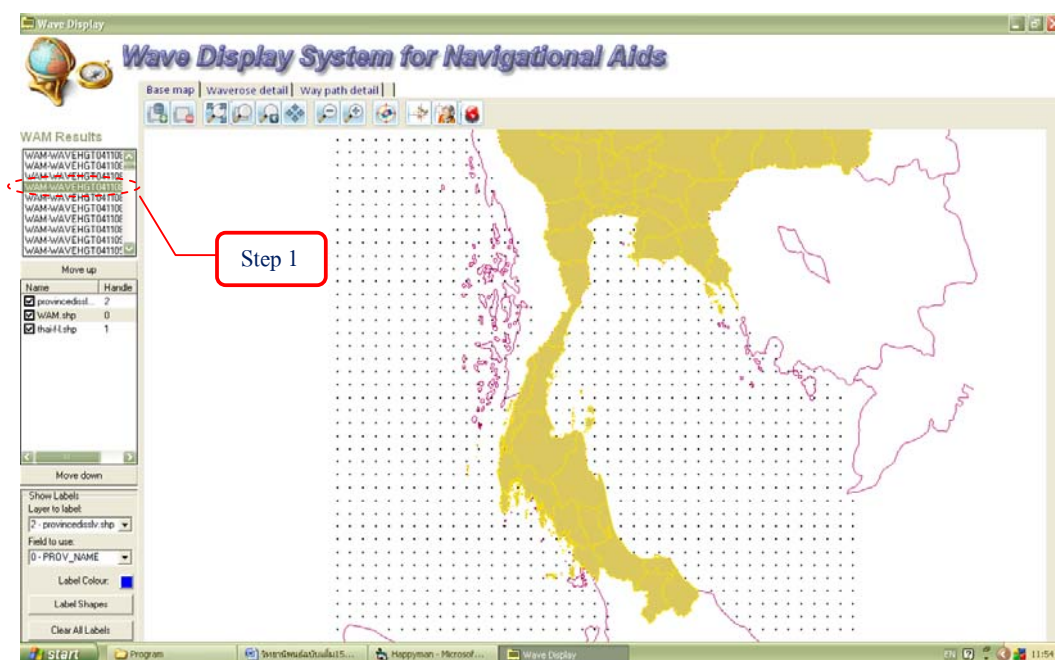
ภาพผนวกที่ 26 แสดงผลการย้อนกลับภาพแผนที่ก่อนหน้า

2. เครื่องมือในการแสดงผลสภาพคลื่น

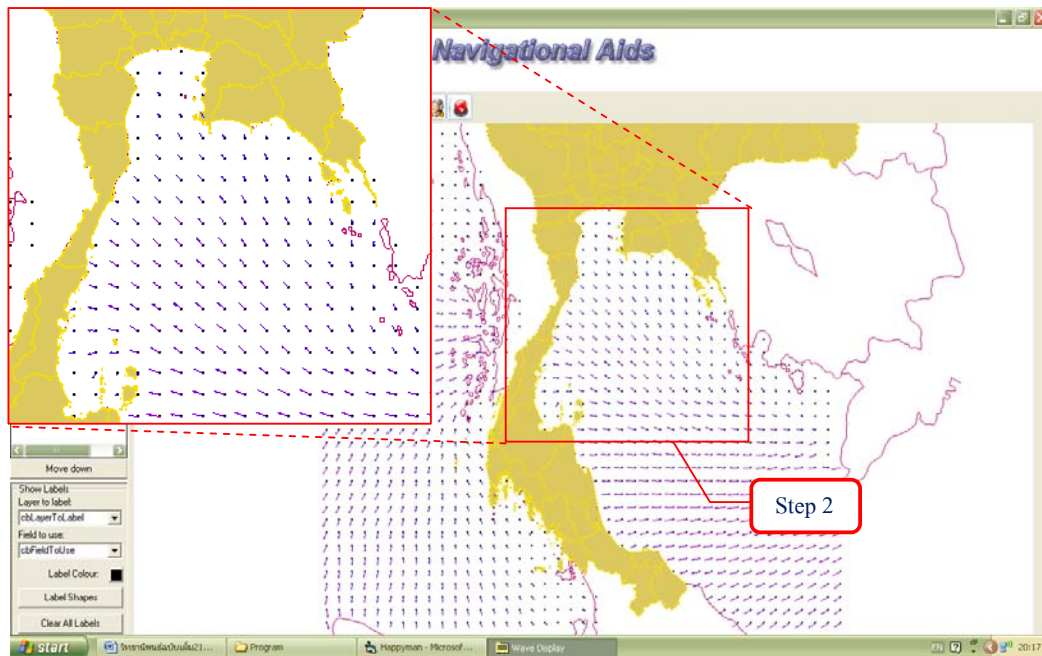
เครื่องมือที่ใช้ในการแสดงผลตามสภาพของคลื่น ณ จุดเวลาหนึ่ง ซึ่งจะแสดงภาพทิศทางและขนาดความสูงคลื่นเป็นลักษณะลูกศร ตลอดทั้งพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน มีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

Step 1: เลือกไฟล์ที่ปรากฏบนส่วนแสดงไฟล์ข้อมูลผลการคำนวณจากแบบจำลอง WAM (WAM Results) (ตัวอย่างเลือกไฟล์ชื่อ WAM-WAVHGT0411061800) ดังแสดงในภาพผนวกที่ 27

Step 2: หลังจากคลิกเลือกไฟล์แล้ว จะปรากฏสภาพคลื่นบนภาพแผนที่ โดยลูกศรแสดงถึงขนาดและทิศทางของคลื่น ดังแสดงในภาพผนวกที่ 28



ภาพผนวกที่ 27 ขั้นตอนการแสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ



ภาพผนวกที่ 28 แสดงผลสภาพคลื่น ณ เวลาต่างๆ

3. เครื่องมือในการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ

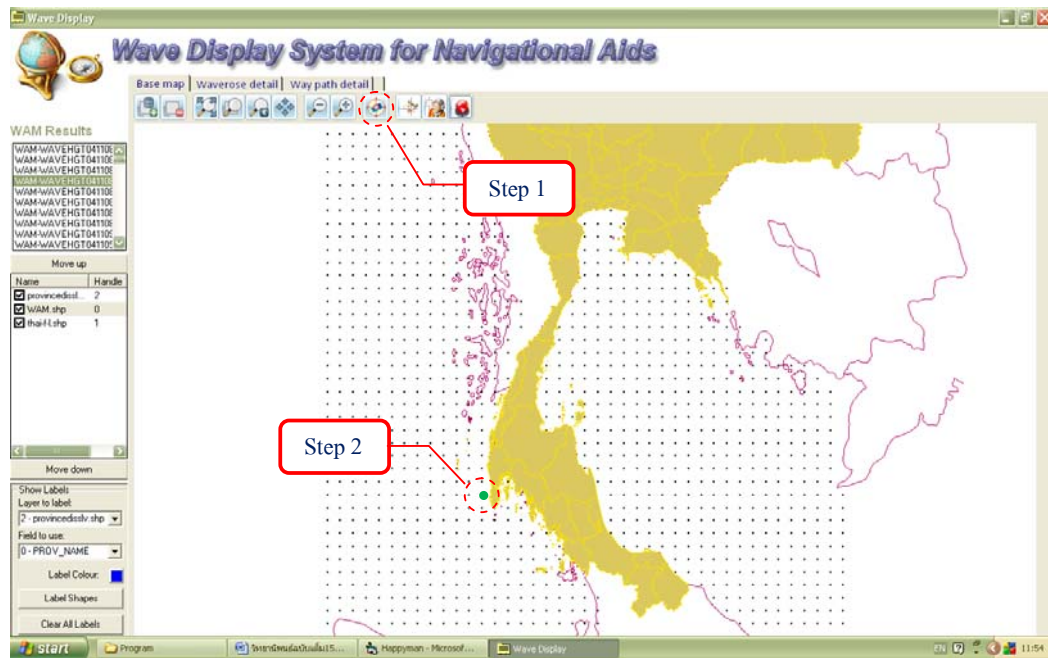
เครื่องมือในการแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ เป็นการแสดงผล Wave rose และตาราง ซึ่งเป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประโยชน์มากในการตัดสินใจเบื้องต้นสำหรับวิศวกรในงานด้านวิศวกรรมชายฝั่ง ซึ่งสามารถแสดงผลได้ใน 2 รูปแบบคือ การแสดงผล Wave rose ณ จุดต่างๆ และการเลือกไฟล์ข้อมูลจากฐานข้อมูล (*.ts) มาแสดงผล รายละเอียดและวิธีการดังต่อไปนี้

3.1 การแสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกตำแหน่งบนภาพแผนที่

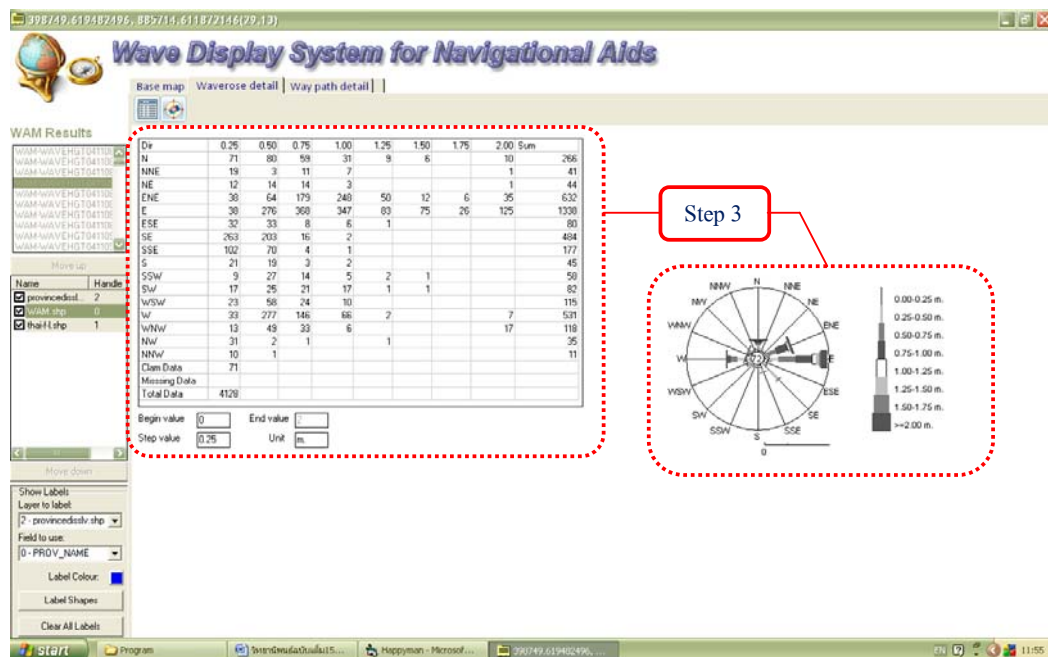
Step 1: กดปุ่ม  Wave rose picking

Step 2: จากนั้นให้คลิกเลือกตำแหน่งที่ต้องการให้แสดงผล Wave rose (ตัวอย่างเลือกจุดทางด้านตะวันตกของเกาะภูเก็ต) ดังแสดงในภาพผนวกที่ 29

Step 3: ปรากฏแท็บ Wave rose detail เพื่อแสดงผล Wave rose และตาราง ณ จุดที่เลือก ดังแสดงในภาพผนวกที่ 30



ภาพผนวกที่ 29 ขั้นตอนการแสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกตำแหน่งบนภาพแผนที่



ภาพผนวกที่ 30 แสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกตำแหน่งบนภาพแผนที่

3.2 การแสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกจากไฟล์ข้อมูล

Step 1: เปิดแท็บ Wave rose detail จากนั้น ให้กดปุ่ม  Load data

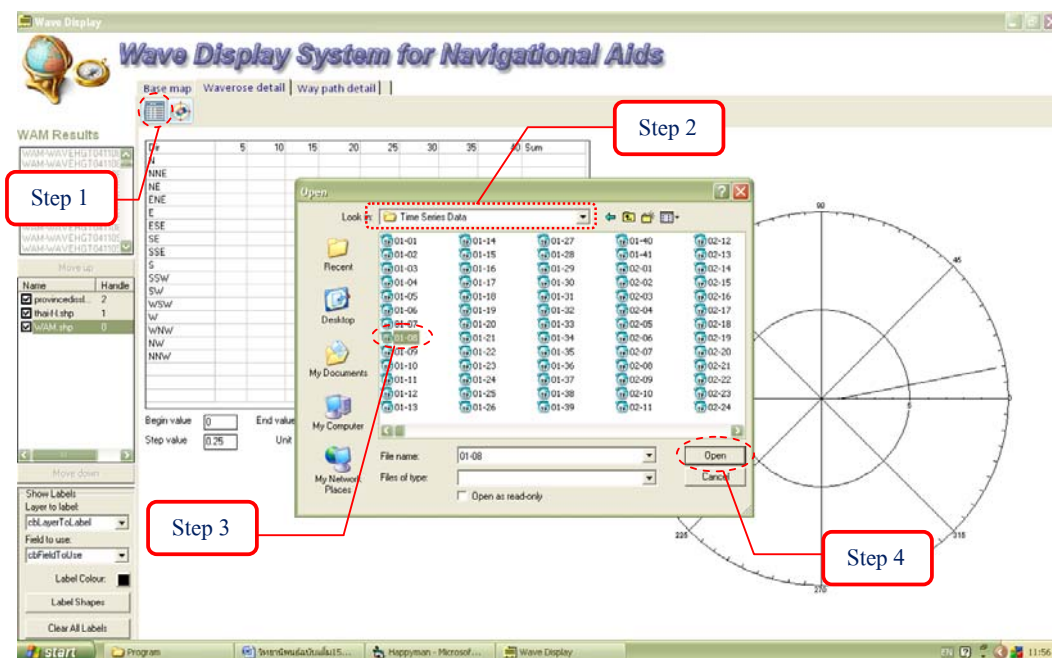
Step 2: จะปรากฏหน้าต่าง Open ขึ้น ให้เลือกไฟล์ข้อมูลที่เก็บอยู่ในโฟลเดอร์ (Folder) ชื่อ Time Series Data

Step 3: เลือกไฟล์ข้อมูลที่ต้องการ (ในตัวอย่างเลือกไฟล์ชื่อ 01-01.ts)

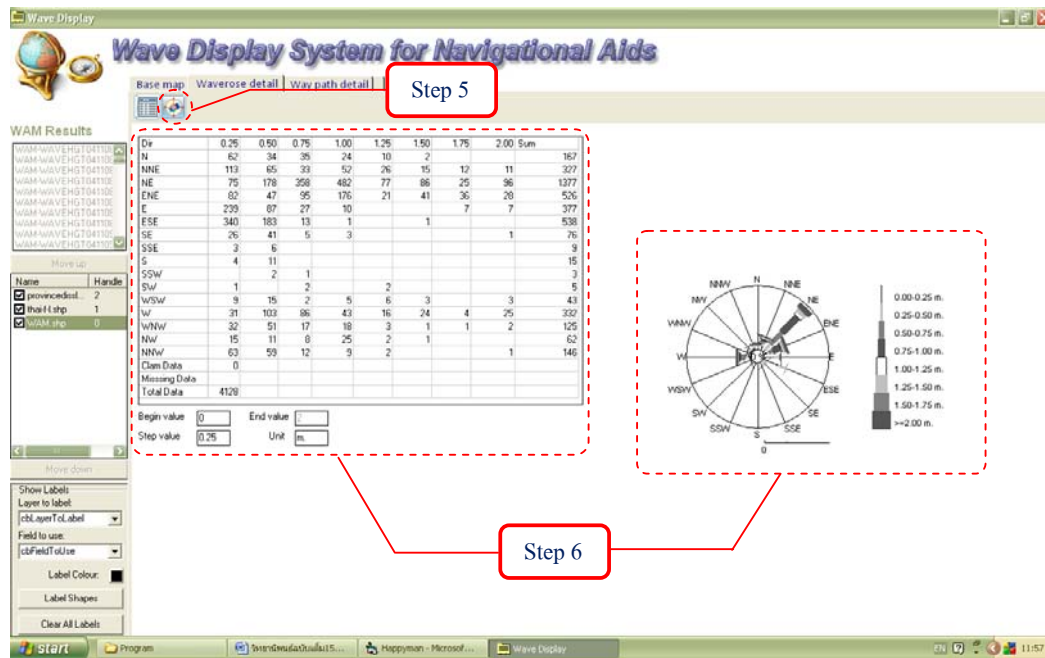
Step 4: เมื่อเลือกไฟล์ข้อมูลได้แล้ว ให้กดปุ่ม Open (ข้อมูลพร้อมที่จะถูกแสดงผล) ดังแสดงในภาพผนวกที่ 31

Step 5: กดปุ่ม  Plot wave rose

Step 6: จะปรากฏตารางแสดงผล และภาพ Wave rose ขึ้น ดังแสดงในภาพผนวกที่ 32



ภาพผนวกที่ 31 ขั้นตอนการแสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกจากไฟล์ข้อมูล



ภาพผนวกที่ 32 แสดงผล Wave rose ด้วยการเลือกจากไฟล์ข้อมูล

4. เครื่องมือในการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ

เครื่องมือในการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประโยชน์อย่างมากสำหรับชาวเรือต่างๆ โดยเฉพาะนักเดินเรือที่เดินเรือในพื้นที่อ่าวไทยและทะเลอันดามัน ซึ่งสามารถที่จะแสดงผลความสูงและทิศทางคลื่นตลอดบนเส้นทางที่กำหนดขึ้น ผู้ใช้สามารถกำหนดขนาดภาวะทะเล (Sea State) ความเร็วเรือ วันและเวลาเริ่มต้นเดินทางได้ หรือใช้ข้อมูลตามฐานข้อมูลเรือที่มี ซึ่งสามารถแสดงผลได้ใน 2 รูปแบบคือ การเลือกข้อมูลเส้นทางเดินเรือที่กำหนดไว้จากแฟ้มข้อมูล และการกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การกำหนดเส้นทางเดินเรือ

4.1.1 การกำหนดเส้นทางเดินเรือจากแฟ้มข้อมูลเส้นทางเดินเรือ

สำหรับการกำหนดเส้นทางเดินเรือจากแฟ้มข้อมูลเส้นทางเดินเรือนั้น มีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

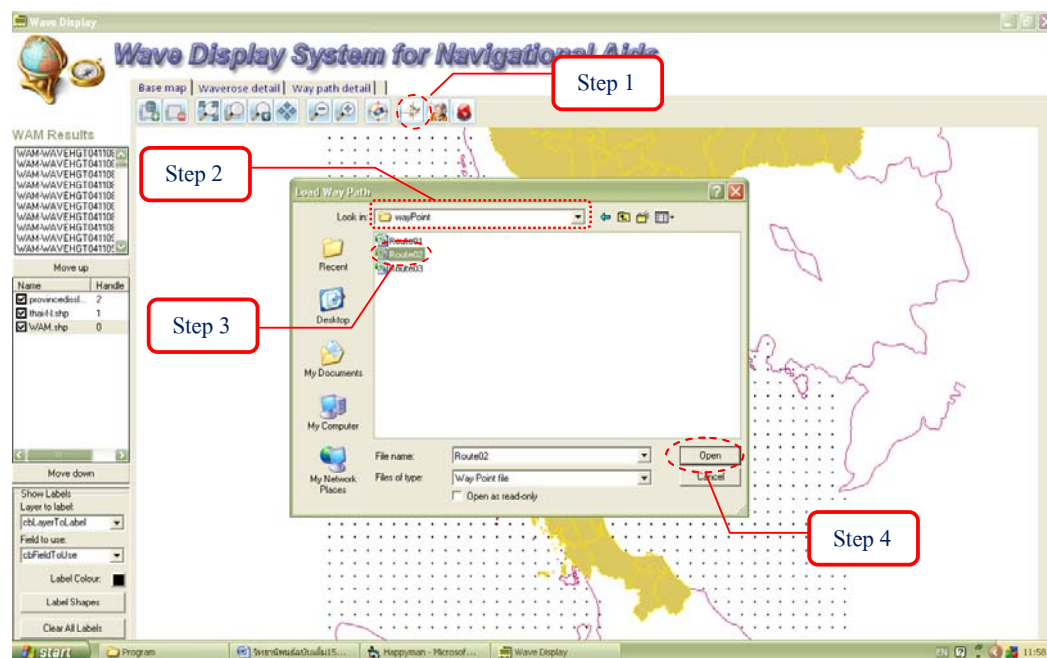
Step 1: เปิดแท็บ Base map จากนั้นให้กดปุ่ม  Load way point from file

Step 2: ปรากฏหน้าต่าง Load Way Path ขึ้น ให้เลือกในโฟลเดอร์ (Folder) ชื่อ waypoint

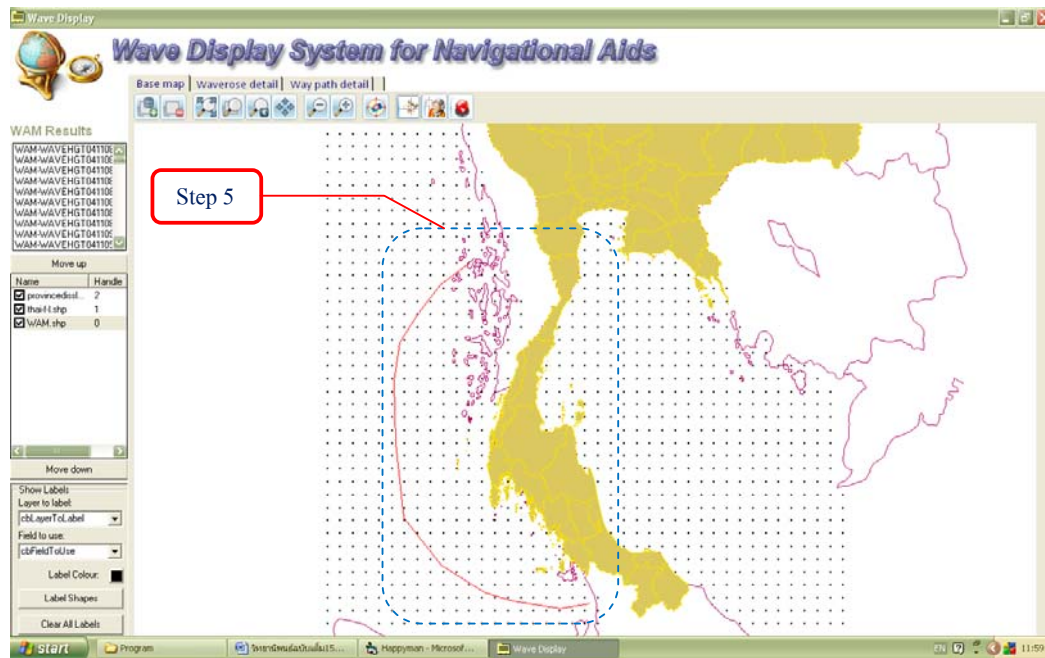
Step 3: จากนั้นทำการเลือกไฟล์นามสกุล Way Point File หรือ ไฟล์นามสกุล csv ที่ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดเส้นทางเดินเรือ (ในตัวอย่างเลือกไฟล์ชื่อ Route02)

Step 4: กดปุ่ม Open ดังแสดงในภาพผนวกที่ 33

Step 5: ปรากฏเส้นทางเดินเรือแสดงบนแผนที่จากผู้กำหนดเส้นทางเดินเรือ ดังแสดงในภาพผนวกที่ 34



ภาพผนวกที่ 33 ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางเดินเรือจากแฟ้มข้อมูลเส้นทางเดินเรือ



ภาพผนวกที่ 34 แสดงผลการกำหนดเส้นทางเดินเรือจากเพิ่มข้อมูลเส้นทางเดินเรือ

4.1.2 การกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่

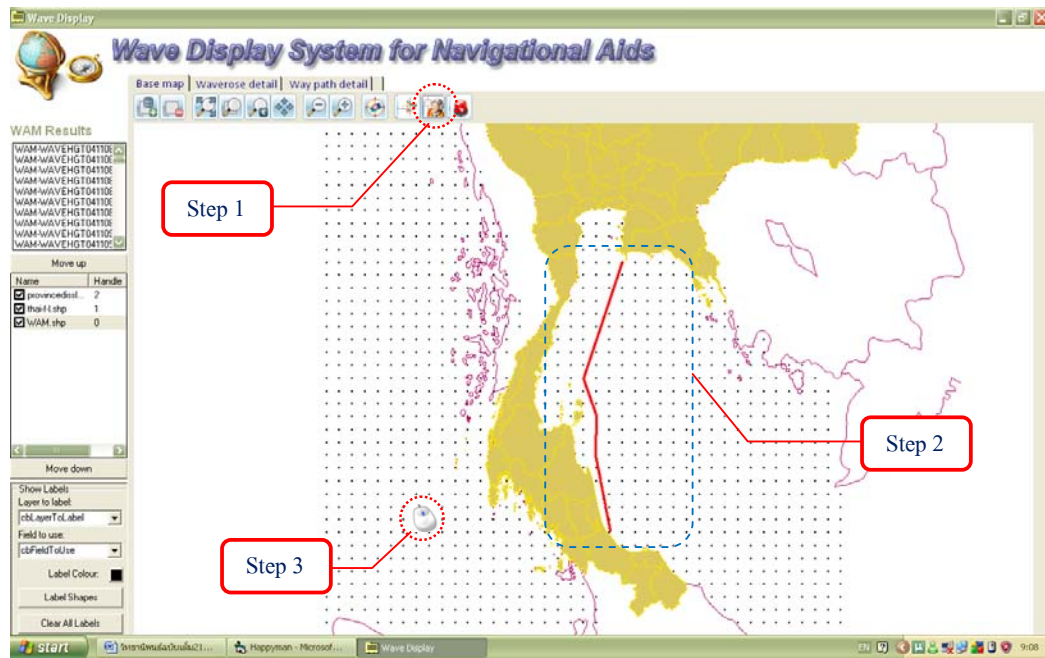
สำหรับการกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่ด้วยตนเองนั้น มีรายละเอียดขั้นตอนดังต่อไปนี้

Step 1: เปิดแท็บ Base map ให้คลิกปุ่ม  Track a ship route on map

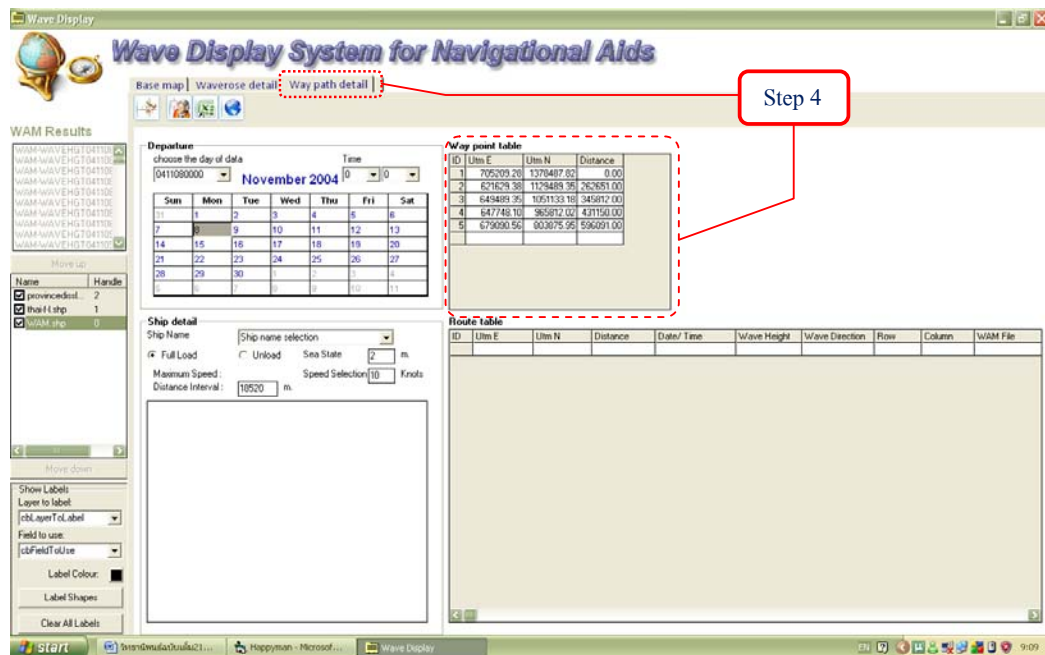
Step 2: คลิกบนแผนที่ตามจุดที่ต้องการเดินเรือจนเสร็จสิ้น โดยในระหว่างกำหนดเส้นทางแต่ละจุดจะปรากฏเส้นสีแดงขึ้น ดังแสดงในภาพผนวกที่ 35

Step 3: คลิกปุ่มขวามือของเมาส์บนภาพแผนที่

Step 4: แท็บจะเปลี่ยนไปที่แท็บ Way path detail โดยที่ในตาราง Way point table จะปรากฏตำแหน่งของจุดที่กำหนดและระยะทางบนเส้นทางเดินเรือขึ้น ดังแสดงในภาพผนวกที่ 36



ภาพผนวกที่ 35 ขั้นตอนการกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่



ภาพผนวกที่ 36 แสดงผลการกำหนดเส้นทางบนภาพแผนที่

4.2 ขั้นตอนการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ

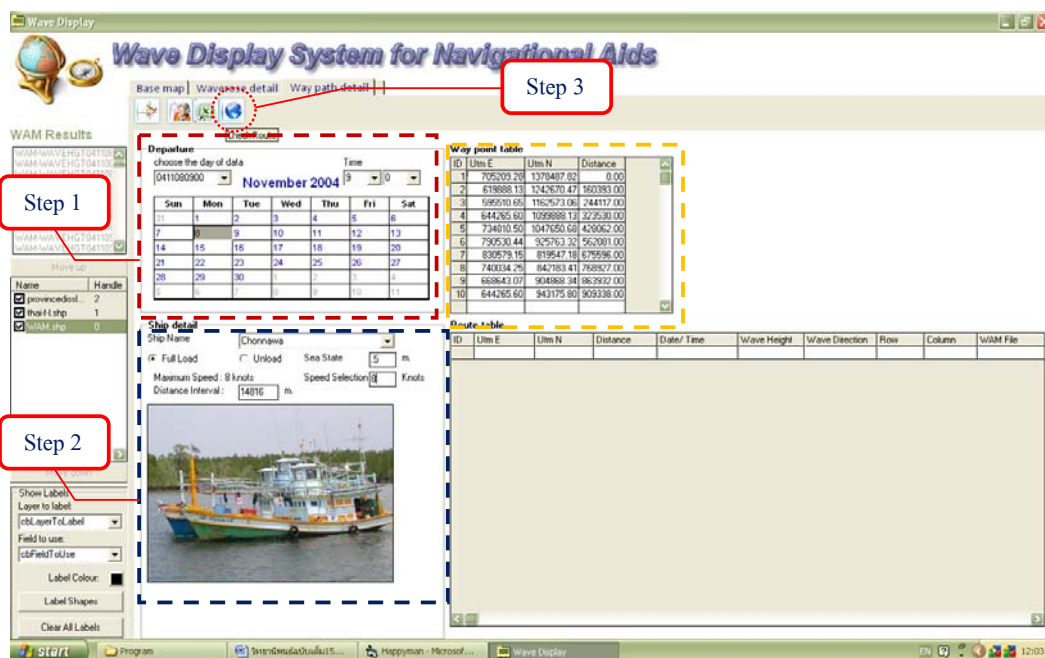
ขั้นตอนการตรวจสอบสามารถทำได้ภายหลังจากการทราบเส้นทางเดินเรือ ซึ่งอาจมาจากการเปิดเพิ่มข้อมูลเส้นทางเดินเรือที่มีอยู่หรือการกำหนดใหม่จากภาพแผนที่ โดยมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

Step 1: เปิดแท็บ Way path detail ให้กำหนดวันและเวลาเริ่มต้นเดินทาง โดยการเลือกวันเดือนปีจากภาพปฏิทิน และเวลาออกเดินทาง

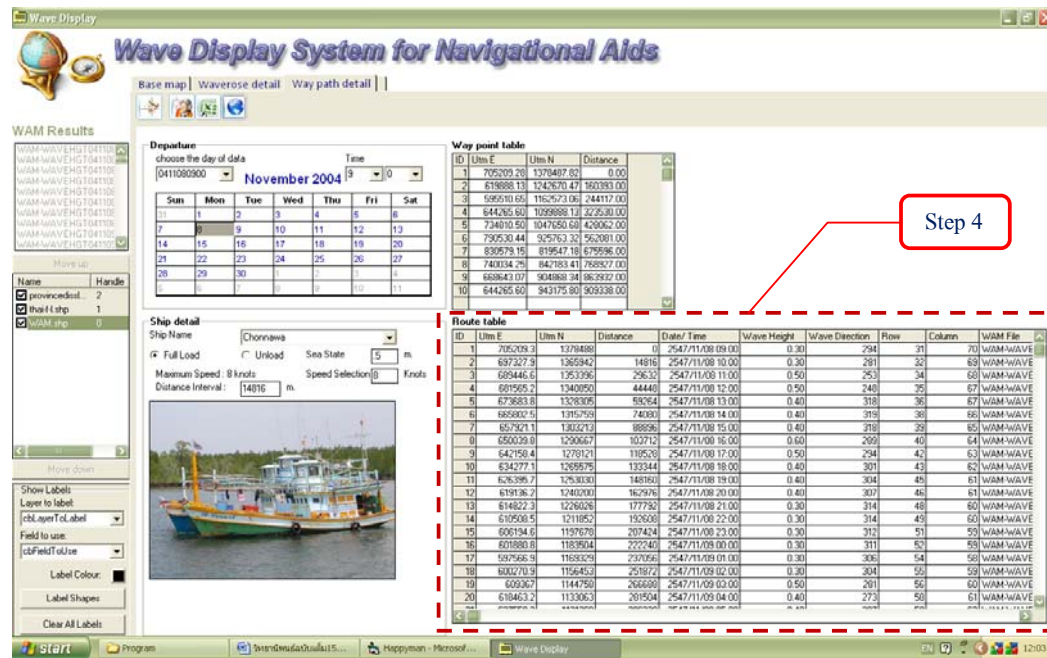
Step 2: กำหนดประเภทของเรือ โดยในการเลือกชื่อของเรือจากฐานข้อมูลเรือ จะปรากฏรูปเรือ ความเร็วเรือ และภาวะทะเลขึ้น (ผู้ใช้งานสามารถกำหนดความเร็วเรือและความสูงคลื่นได้เอง)

Step 3: กดปุ่ม  Check route ดังแสดงในภาพผนวกที่ 37

Step 4: ปรากฏรายละเอียดข้อมูลทั้งหมดบนตาราง Route table ได้แก่ ตำแหน่งของเรือที่เวลาต่างๆ ความสูงคลื่น ทิศทางคลื่น และชื่อไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล ดังแสดงในภาพผนวกที่ 38

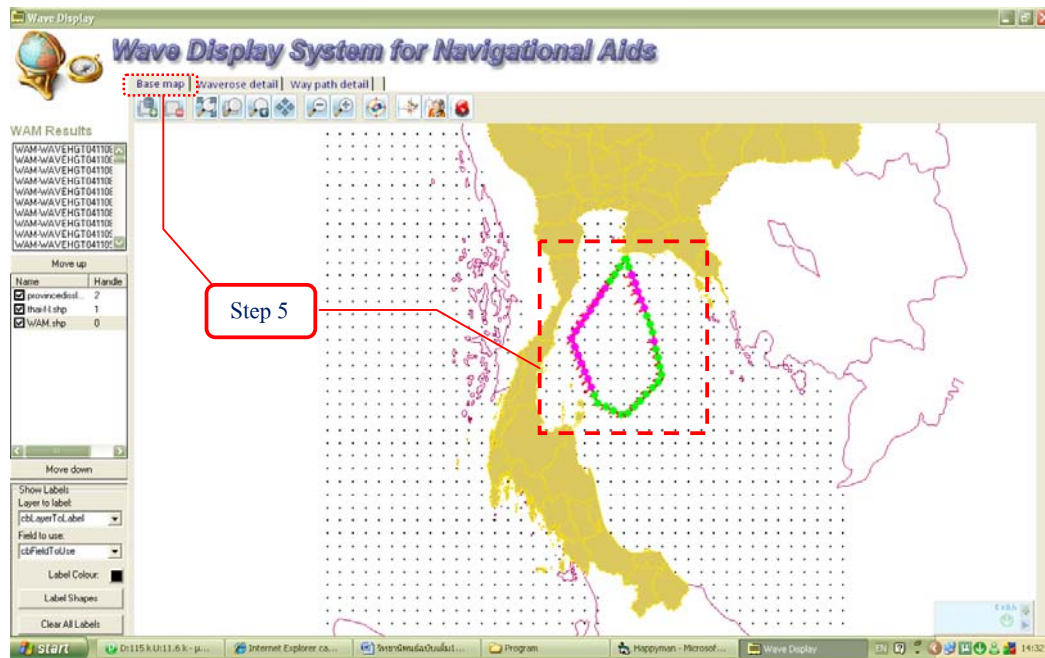


ภาพผนวกที่ 37 ขั้นตอนการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือ



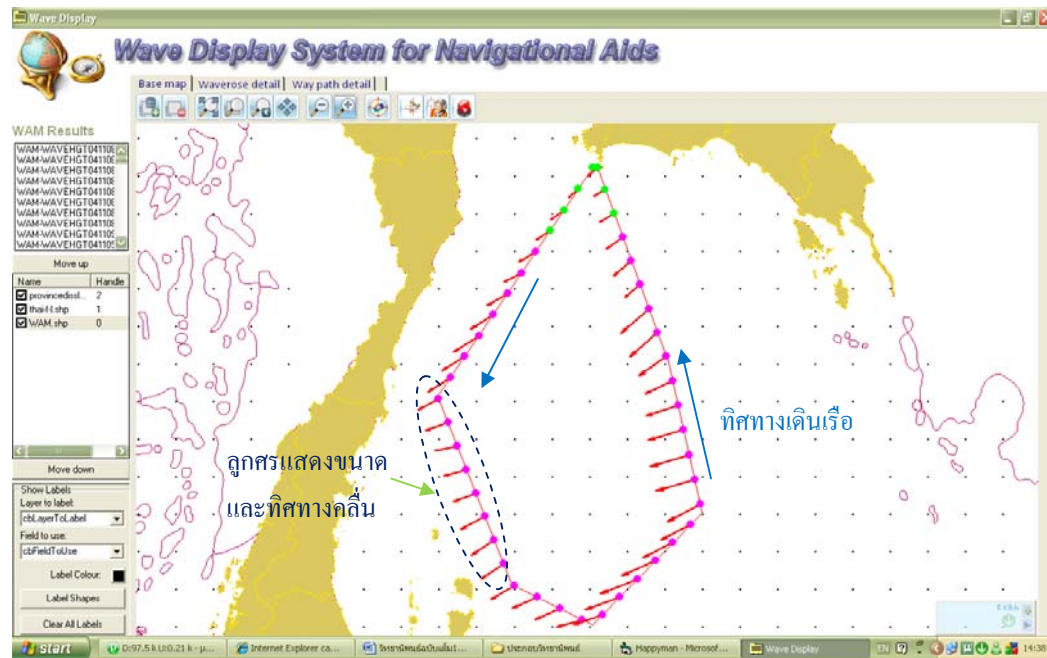
ภาพผนวกที่ 38 แสดงผลการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือด้วยตาราง

Step 5: คลิกเลือกแท็บ Base map จะพบการแสดงผลทิศทางและขนาดของคลื่นบนเส้นทาง ดังแสดงในภาพผนวกที่ 39



ภาพที่ 39 แสดงผลการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือด้วยภาพแผนที่

ผลการคำนวณแสดงเป็นแนวคลื่นที่กระทบต่อกราบเรือตลอดเส้นทางการเดินเรือ โดยลูกศรแสดงขนาดและทิศทางของคลื่นที่เข้ากระทําต่อตัวเรือ ซึ่งถ้าคลื่นเข้ากระทําต่อกราบเรือในทิศทางตั้งฉากกับเส้นทางเดินเรือและมีความสูงคลื่นมาก อาจเป็นอันตรายต่อเรือได้ และผลการตรวจสอบค่าภาวะทะเล (Sea state) หรือความสูงคลื่นที่กำหนด ซึ่งแสดงด้วยจุดสี ถ้าเป็นจุดสีเขียวแสดงว่า คลื่นที่กระทําต่อเรือมีขนาดเล็กกว่าค่าภาวะทะเล หรือความสูงคลื่นที่เรือรับได้ แต่ถ้าเป็นจุดสีชมพูแสดงว่า คลื่นที่กระทําต่อเรือมีขนาดใหญ่กว่าค่าภาวะทะเล หรือความสูงคลื่นที่เรือรับได้ อาจเป็นอันตรายต่อเรือหากมีการเดินเรือผ่านพื้นที่นั้นๆ ตามเส้นทางเดินเรือที่กำหนด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 40



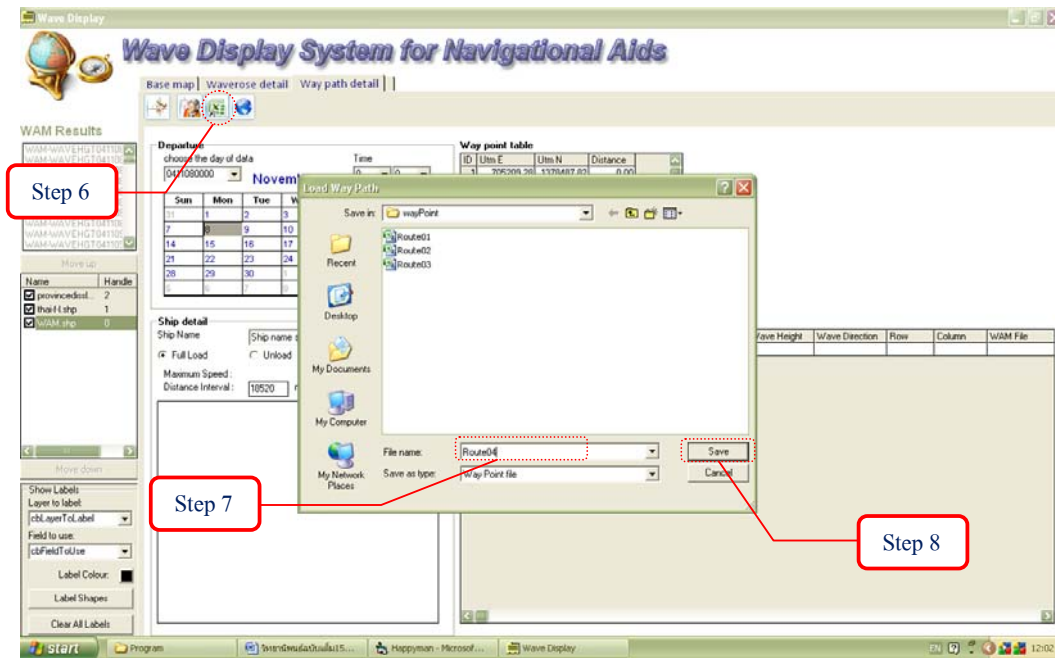
ภาพผนวกที่ 40 ภาพขยายการตรวจสอบเส้นทางเดินเรือด้วยภาพแผนที่

Step 6: ถ้าต้องการ Save เส้นทางเดินเรือให้เปิดแท็บ Way path detail ให้กดปุ่ม 

Save way point As...

Step 7: จากนั้นกำหนดชื่อไฟล์ที่ต้องการ Save ในโฟลเดอร์ (Folder) ชื่อ wayPoint

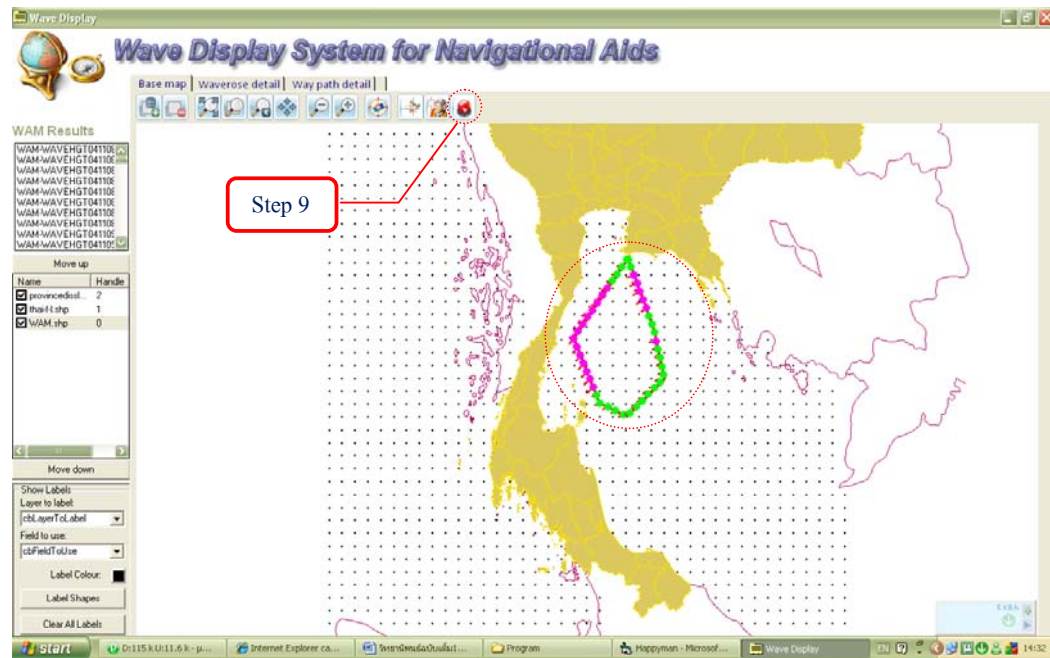
Step 8: กดปุ่ม Save ดังแสดงในภาพผนวกที่ 41



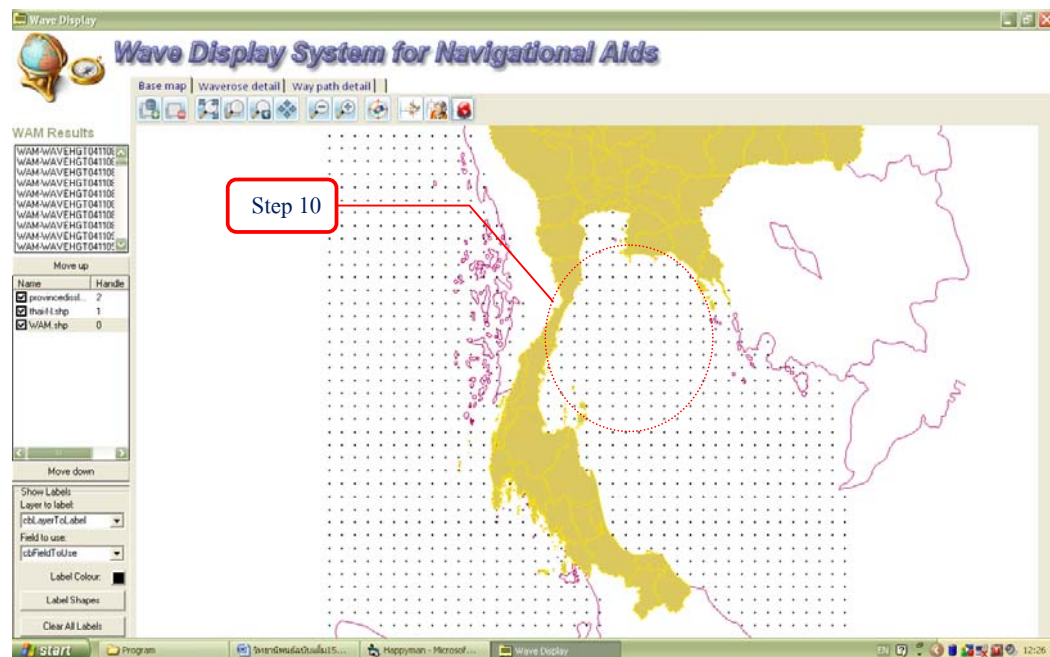
ภาพผนวกที่ 41 ขั้นตอนการบันทึกเส้นทางเดินเรือที่กำหนดบนแผนที่

Step 9: ถ้าต้องการลบเส้นทางบนแผนที่ ให้กดปุ่ม  Clear graphic ดังแสดงในภาพผนวกที่ 42

Step 10: เส้นทางเดินเรือที่ปรากฏบนแผนที่จะหายไป ดังแสดงในภาพผนวกที่ 43



ภาพผนวกที่ 42 ขั้นตอนการลบเส้นทางเดินเรือ



ภาพผนวกที่ 43 แสดงผลการลบเส้นทางเดินเรือ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นาวาตรีสุขสันต์ สือสกุล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 27 กรกฎาคม 2517
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ โรงเรียนนายเรือ สำเร็จการศึกษาปี พ.ศ. 2542
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ประจำกรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมอุตุนิยมวิทยา กองทัพเรือ เขตบางนา กรุงเทพฯ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ได้รับทุนจากโครงการวิจัยทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปี 2551 ประเภทโครงการวิจัย 3 สาขา (โครงการวิจัยสาขา เกษตรศาสตร์)