

แบบจำลองการพยากรณ์คลื่นลมทะเล (Ocean wave forecast model)

นาย วัฒนา กันบัว

นักอุตุนิยมวิทยา 7ว

ฝ่ายอุตุนิยมวิทยาทะเล

บทนำ

คลื่นเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดหรือตัวกระทำให้เกิดคลื่นหลายรูปแบบ แต่ตัวกระทำที่พบเห็นได้ชัดเจนได้แก่ลม คลื่นลมมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์ ดังนั้นจึงมีการศึกษาคลื่นลมในทะเลและมหาสมุทร ในเชิงคณิตศาสตร์ โดยสร้างเป็นแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นลมขึ้น แบบจำลองการพยากรณ์คลื่นในทะเลมีการพัฒนามาเป็นลำดับ ปัจจุบันนี้เป็นรุ่นที่ 3 (Third Generation Wave Model) ซึ่งได้รับการพัฒนามากว่า 10 ปีโดยกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์นานาชาติ (SWAMP, 1984) แบบจำลองนี้ได้รับการทดสอบกับพื้นที่ส่วนต่างๆของโลกที่มีสภาพคลื่นต่างๆกัน และรวบรวมไว้ในเอกสารชื่อ Dynamics and Modelling of Ocean Waves ปัจจุบันแบบจำลองนี้ได้ถูกแจกจ่ายและใช้งานโดยนักวิจัยทั่วโลก และถูกนำไปใช้ในระดับปฏิบัติการโดยสถาบันอุตุนิยมวิทยาแห่งชาติหลายแห่ง กระผมได้ไปศึกษาแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นลม ณ สถาบันอุตุนิยมวิทยาแห่งชาตินอร์เวย์ ซึ่งก็เป็นสถาบันหนึ่งที่มีนักอุตุนิยมวิทยา ร่วมในการพัฒนาแบบจำลองนี้ด้วย ดังนั้นเมื่อกระผมสำเร็จการศึกษาและเดินทางกลับมาทำงานที่ฝ่ายอุตุนิยมวิทยาทะเลและอากาศชั้นบน จึงได้นำโปรแกรมดังกล่าวมาประยุกต์ใช้กับการพยากรณ์คลื่นในน่านน้ำของไทย

จุดประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาและประยุกต์แบบจำลองการพยากรณ์คลื่นลม ให้สามารถใช้ได้กับอ่าวไทยและทะเลอันดามัน
2. เพื่อทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์คลื่นที่ความละเอียดต่ำ (45x45 กม)
3. เพื่อทดสอบความแม่นยำในการพยากรณ์คลื่นที่ความละเอียดสูง (25x25 กม)

ทฤษฎี

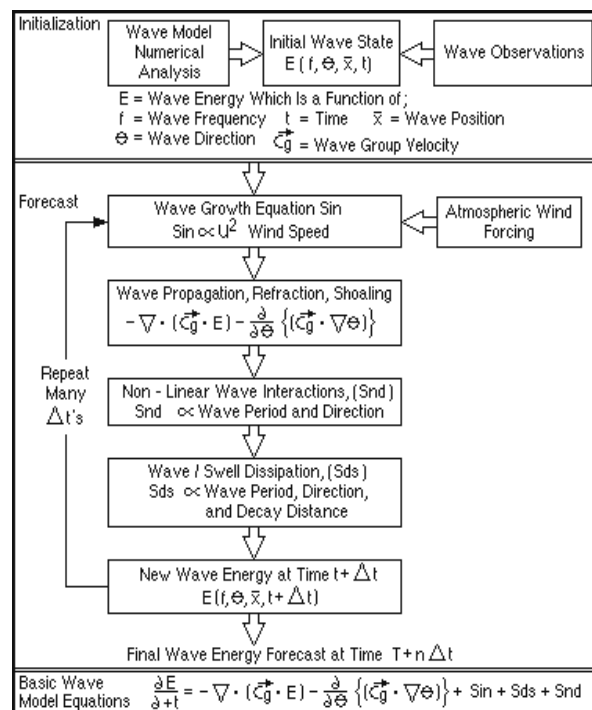
แบบจำลองการพยากรณ์คลื่นลมหรือโมเดลแวนจะอธิบายวิวัฒนาการพลังงานของคลื่นใน 2 มิติ ตรงกันข้ามกับโมเดลรุ่นเก่าคือรุ่นที่ 1,2 ที่อาศัยรูปทรงของพลังงานหยาบๆ เพียงอย่างเดียว แต่โมเดลแวนซึ่งเป็นโมเดลพยากรณ์คลื่นรุ่นที่ 3 ที่คำนวณพลังงานที่แยกออกไปใน 2 มิติ โดยอธิบายอยู่

ในรูปสมการควบคุมการเคลื่อนที่ของพลังงาน (Spectrum transport equation) สามารถแสดงได้ดังนี้ (Gunther, *et al*, 1992)

$$\frac{dE}{dt} + \frac{\partial(\phi E)}{\partial \phi} + \frac{\partial(\lambda E)}{\partial \lambda} + \frac{\partial(\theta E)}{\partial \theta} = S \quad \text{-----(1)}$$

โดยที่ $E(f, \theta, \phi, \lambda, t)$ คือ Spectrum ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ ความถี่ (f) และทิศทาง (θ) โดยที่ θ เป็นฟังก์ชันของเส้นรุ้ง (ϕ) และเส้นแวง (λ) เทอม ϕ, λ, θ คืออัตราการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของคลื่น ในที่นี้ S คือฟังก์ชันที่อธิบายการเปลี่ยนแปลงพลังงานการเคลื่อนที่ของคลื่น ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลลม (wind input) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นและคลื่น (nonlinear interaction) และ การแตกตัวเป็นฟองขาวของคลื่น (White capping dissipation) ผลลัพธ์ของโมเดลแวน ได้แก่ ความสูงคลื่นนัยสำคัญ ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น คาบคลื่น คลื่นได้นำ ฯลฯ

โมเดลแวน ที่กำลังวิจัยอยู่นี้เป็นเป็นรุ่นที่ 3 เอกสารเผยแพร่เป็นฉบับที่ 4 (Fourth Cycle) ของกลุ่มผู้พัฒนาโมเดลแวน แวน (WAM -Group) เนื่องจากคลื่นอยู่ในรูปพลังงาน ดังนั้นการอธิบายลักษณะของคลื่นจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันสเปกตรัมความหนาแน่นของพลังงาน



รูปที่ 1 แผนภาพแบบจำลองคลื่น

$E(f, \theta)$ โดยที่ f คือความถี่ และ θ คือทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น สมการในแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการสมดุลพลังงาน ซึ่งเป็นสมดุลระหว่างการเปลี่ยนแปลง

พลังงานของคลื่นกับผลรวมของเทอมพลังงานจากลม เทอมการสูญเสียพลังงานจากการเคลื่อนที่ของคลื่นในรูปการแตกฟองขาวของคลื่น (White capping) และเทอมปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่น (Komen *et. al.*, 1994) และในกรณีของเขตนํ้าตื้น ได้พิจารณาถึงความสูญเสียพลังงาน เนื่องจากแรงเสียดทานที่ท้องทะเล การยกตัวของคลื่น และการเลี้ยวเบนของคลื่น (WAMDI Group, 1987) ดังรูปที่ 1

ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับสมการสมดุลพลังงาน ซึ่งอธิบายการพัฒนาของคลื่นในรูปเวลาและพื้นที่ ดังสมการต่อไปนี้

$$\frac{\partial E}{\partial t} = -\nabla \cdot (\vec{C}_g \cdot E) - \frac{\partial}{\partial \theta} \{(\vec{C}_g \cdot \nabla \theta)\} + S_{in} + S_{ds} + S_{nl}$$

Time Change = Propagation + Refraction + Growth + Decay + Nonlinear Wave
In Wave Interaction
Energy

รูปที่ 2 สมการสมดุลพลังงาน

$\frac{\partial E}{\partial t}$: อัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานต่อเวลา

$-\nabla \cdot (\vec{C}_g \cdot E) - \frac{\partial}{\partial \theta} \{(\vec{C}_g \cdot \nabla \theta)\}$: การเคลื่อนที่ของกลุ่มคลื่น

$\{(\vec{C}_g \cdot \nabla \theta)\}$: การหักเหของคลื่น

S_{in} : อิทธิพลของบรรยากาศ ซึ่งได้แก่ ลม

S_{ds} : การสลายตัวของคลื่น

S_{nl} : ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่น

องค์ประกอบของแบบจำลองคลื่น จะต้องประกอบด้วย

1. สถานภาพเริ่มต้น (Initial Conditions)
2. ลม (Wind)
3. ข้อมูลนำเข้า และการสลายตัวของคลื่น (Input and Dissipation)
4. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นกับคลื่น (Nonlinear Interactions)
5. กลุ่มการเคลื่อนที่ของคลื่น (Propagation)
6. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างคลื่นใต้นํ้ากับคลื่นลม และทิศทางของคลื่นที่ไม่แน่นอน
7. ความลึก (Depth) (ดังรูปที่ 3)
8. ผลกระทบของขอบเขต แนวชายฝั่ง และเกาะ (Effect of Boundaries, Coastline and Islands)

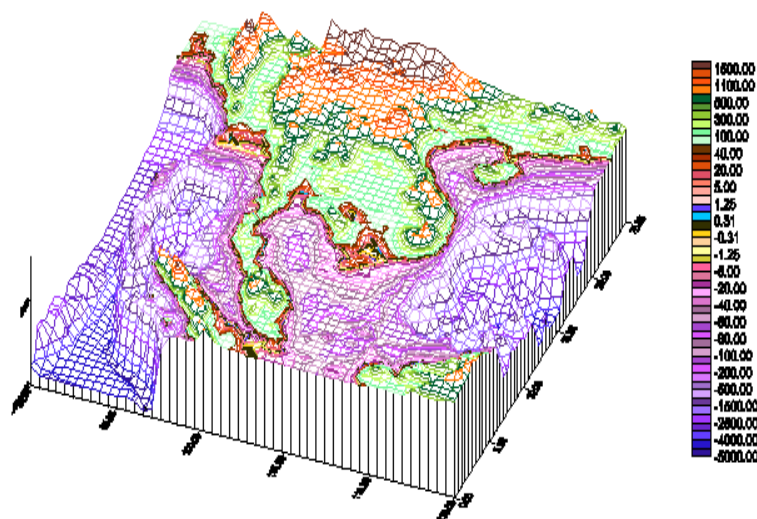
ประเภทของโมเดล แบ่งได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. Decoupled propagation models
2. Coupled hybrid models
3. Coupled discrete models
4. Third generation models (ซึ่งได้แก่ โมเดลแวม)

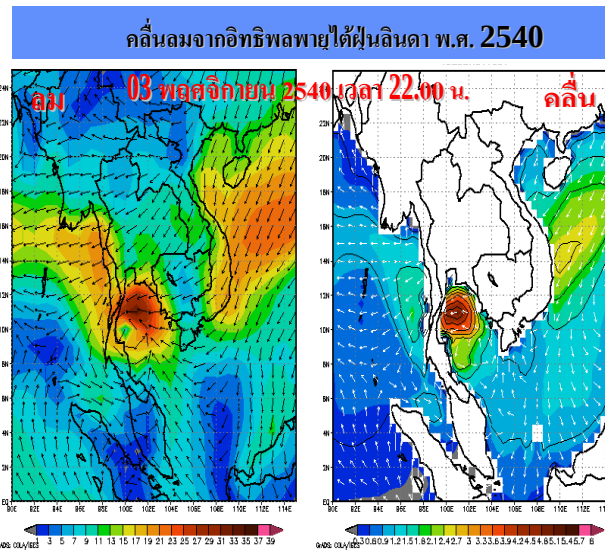
การประยุกต์แบบจำลองคลื่นกับอ่าวไทยและทะเลอันดามัน

ขอบเขตของการศึกษาถูกกำหนดให้ครอบคลุมพื้นที่ตั้งแต่เส้นศูนย์สูตรถึงเส้นแวงที่ 25 องศาเหนือและเส้นรุ้งที่ 90 องศาตะวันออกถึง 115 องศาตะวันออกในรูปแบบจุดพิกัดแบบหยาบ (0.5x0.5 องศาละจุด) และพื้นที่ตั้งแต่เส้นแวงที่ 5 ถึง 15 องศาเหนือและเส้นรุ้งที่ 95 องศาตะวันออกถึง 105 องศาตะวันออกในรูปแบบจุดพิกัดแบบละเอียด (0.25x0.25 องศาละจุด) ข้อมูลความลึกได้มาจาก US National Geophysical Data Center (NGDC) ซึ่งให้ข้อมูลระดับของภูมิประเทศทุกๆ 5 ลิปดา (10x10 กม) ความลึกนี้ถูกปรับให้สอดคล้องกับระบบกริดในแบบจำลองคือที่ทุกๆ 0.25 องศาหรือประมาณ 25x25 กม

ในการทดสอบนี้ข้อมูลลมที่ทุกๆ 1 องศา ราย 6 ชม ที่ความสูง 10 เมตร ซึ่งได้มาจาก US Navy Operation Global Atmospheric Prediction System (NOGAPS) จะถูกป้อนแก่แบบจำลองฯ และถูกปรับให้สอดคล้องกับพิกัดกริดที่กำหนดไว้ในแบบจำลองการพยากรณ์คลื่นลม

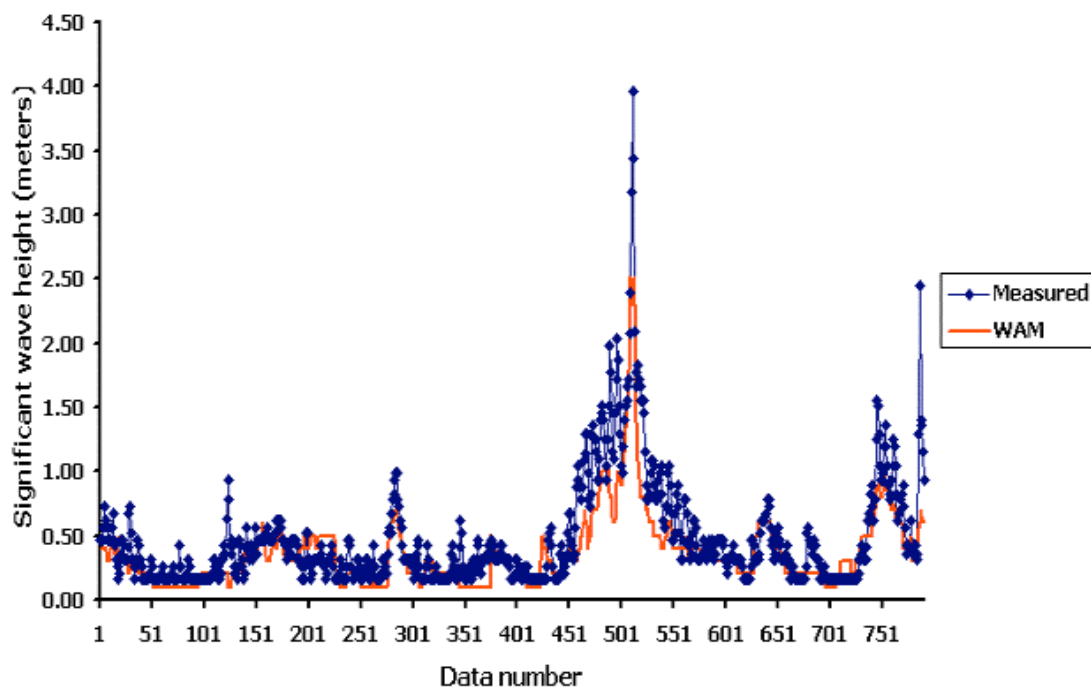


รูปที่ 3 แสดงลักษณะภูมิประเทศ



รูปที่ 4 แสดงผลการพยากรณ์คลื่นจากพายุไต้ฝุ่นลินดา

Time series of significant wave height at Hua-Hin buoy



รูปที่ 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์คลื่นจากโมเดลแวมกับ ทวนสำรวจฯ

ผลการพยากรณ์ความสูงคลื่นนัยสำคัญ (H_s) จากโมเดลแวมเมื่อเปรียบเทียบกับทวนสำรวจสมุทรศาสตร์หัวหิน ระหว่างวันที่ 1-8 พฤศจิกายน 2540 ปรากฏว่าผลที่ได้จากโมเดลแวมสอดคล้องกับค่าตรวจวัดจริง

เอกสารอ้างอิง

1. Gunther, H., Hasselmann, S., and Janssen, P. A.E.M., 1992. Wamodel Cycle 4 (Revised Version), Technical Report No.4, Hamburg, Germany.
2. The WAMDI Group, 1988. "The WAM Model - A Third Generation Ocean Wave Prediction Model", J. of Physical Oceanography, Vol. 18 No.12, American Meteorological Society.
3. WMO Guide to Wave Analysis and Forecasting, Revised Edition, July, 1995