

TÍNH TOÁN CÁC ĐẶC TRƯNG SÓNG BIỂN KHƠI BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ WAM

LÊ ĐÌNH MÀU

Tóm tắt: WAM (Wave Modeling) là mô hình số trị tính sóng thuộc thể hệ thứ 3, mô hình hóa sự tiến hoá của phổ sóng hai chiều trong sự tương tác của gió, độ sâu, dòng chảy, sóng – sóng.... Mô hình cho phép tính các đặc trưng sóng biển khơi trong điều kiện trường gió, địa hình đáy và dòng chảy biển đổi phức tạp. Mô hình đã được áp dụng để dự báo các đặc trưng sóng trên Biển Đông. Độ sâu của Biển Đông được lấy từ Trung tâm dữ liệu địa - vật lý Quốc gia, Colorado, Mỹ (ETOPO5). Số liệu gió 6 giờ một lần được lấy từ Trung tâm Quốc gia dự báo môi trường 'NCEP/NCAR', Mỹ.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng tại thời điểm 07h/27/9/1997 trên toàn Biển Đông sóng yếu, hướng biến đổi, sóng lừng chiếm ưu thế, trường sóng này đặc trưng cho thời kỳ chuyển tiếp giữa 2 mùa gió Đông Bắc và Tây Nam trên Biển Đông. Các đặc trưng sóng tính toán phù hợp khá tốt với số liệu sóng đo đạc, sai số tương đối trung bình của độ cao sóng là 13%, chu kỳ sóng là 20%.

I. MỞ ĐẦU

Xác định các đặc trưng sóng ngoài biển khơi có vai trò rất quan trọng trong việc cung cấp các thông số sóng thiết kế phục vụ xây dựng các thủy công trình cũng như cung cấp các điều kiện biên cho các mô hình tính sóng vùng nước nông ven bờ. Quá trình thành tạo, phát triển và lụi tàn của sóng trong điều kiện trường gió, dòng chảy và địa hình đáy biển đổi là rất phức tạp. SWAMP (1985) đã tiến hành so sánh các mô hình tính sóng khác nhau và đã chỉ ra những ưu điểm và nhược điểm của từng mô hình, Young (1988) đã thiết lập mô hình tính sóng trong bão với điều kiện trường gió di động. Tuy nhiên tất cả các mô hình trên đều bị hạn chế trong việc miêu tả quá trình tiến hoá của phổ sóng, đặc biệt khi trường gió biển đổi đột ngột cả về hướng và tốc độ như trong các cơn bão hoặc tại các đới front. Tình hình đó tất yếu đòi hỏi sự ra đời thể hệ thứ 3 của các mô hình tính sóng. WAM là mô hình tính sóng thể hệ thứ 3 (WAMDI Group 1988; Guenther et al. 1992; Guenther 2002), mô hình cho phép tính các đặc trưng sóng trong điều kiện biển sâu và biển nông với sự tương tác của gió, dòng chảy, địa hình đáy, sóng – sóng, ... trong phạm vi Đại dương Thế giới hoặc khu vực.

Mau et al. (2004) đã tiến hành tính toán các đặc trưng sóng cực đại trong bão trên Biển Đông bằng mô hình của Young (1988) và SPM (1984). Tuy nhiên cả 2 mô hình trên chỉ cho phép tính các đặc trưng sóng trong điều kiện biển sâu, trường gió biển đổi, còn ở khu vực nước nông hoặc có sự xuất hiện của dòng chảy các mô hình trên không thể áp dụng. Mục tiêu của bài báo là:

- Áp dụng mô hình WAM để tính toán các đặc trưng sóng trên Biển Đông
- Kiểm chứng độ chính xác của mô hình bằng số liệu sóng đo đạc trong thời gian 9/1997 tại vùng biển Hội An

II. TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Mô hình số trị tính sóng WAM

WAM mô tả sự biến đổi của phổ sóng 2 chiều bằng tích phân phương trình vận chuyển (transport equation) được trình bày như sau:

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

Ở đây,

F = mật độ phổ năng lượng sóng và là hàm của $(f, \theta, \phi, \lambda)$

f = tần số sóng; θ = hướng sóng; ϕ = vĩ độ; λ = kinh độ

$\dot{\phi}, \dot{\lambda}, \dot{\theta}$ = tốc độ biến đổi về vị trí và hướng của phần tử sóng.

Hàm nguồn S đại diện cho các quá trình phát sinh, phát triển bởi gió (wind input) - S_{in} ; tiêu tán năng lượng - S_{dis} ; và tương tác phi tuyến (nonlinear transfer) - S_{nl} được thể hiện như sau:

$$S = S_{in} + S_{dis} + S_{nl} \quad (2)$$

Các thành phần trong phương trình (1) và (2) được giải thích chi tiết như sau:

+ Mật độ phổ năng lượng sóng 2 chiều $F(f, \theta)$ được xác định bằng công thức sau:

$$F(f, \theta) = \frac{2}{\pi} F(f) \cos^2 \theta \quad (3)$$

Với:

$$F(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} \exp \left\{ -\frac{5}{4} \left(\frac{f}{f_{PM}} \right)^{-4} \right\} \quad (4)$$

F(f) = mật độ phổ năng lượng tần số Pierson-Moskowitz
 $f_{PM} = 0.13g/U_{10}$ (tần số ứng với đỉnh phổ Pierson-Moskowitz);
 U_{10} = tốc độ gió ở độ cao 10 m; $\alpha = 0.0081$
 + Các thành phần của hàm nguồn S được trình bày như sau:

Trường hợp biển sâu

- Quá trình phát triển của sóng bởi gió - Sin

$$S_{in} = \beta F \quad (5)$$

Với,

$$\beta = \max \left\{ 0, 0.25 \frac{\rho_a}{\rho_w} \left(28 \frac{u_*}{c} \cos \theta - 1 \right) \right\} \omega \quad (6)$$

$\omega = 2\pi f$; ρ_a và ρ_w = mật độ của không khí và nước biển; u_* = tốc độ ma sát

- Tiêu tán năng lượng do sóng bạc đầu (white capping) - S_{ds}

$$S_{ds} = -3.33 * 10^{-5} \bar{\omega} (\omega / \bar{\omega})^2 (\bar{\alpha} / \bar{\alpha}_{PM})^2 F \quad (7)$$

Với:

$$\bar{\omega} = E^{-1} \iint F(f, \theta) \omega df d\theta \quad (8)$$

$$E = \iint F(f, \theta) df d\theta \quad (9)$$

$$\bar{\alpha} = E \bar{\omega}^4 g^{-2} \quad (10)$$

$$\bar{\alpha}_{PM} = 4.57 * 10^{-3} \quad (11)$$

$\bar{\omega}$ = tần số sóng trung bình; E = năng lượng tổng cộng của sóng;

$\bar{\alpha}$ = tham số của độ dốc sóng; $\bar{\alpha}_{PM}$ = giá trị lý thuyết của $\bar{\alpha}$ theo Pierson-

Moskowitz

- Tương tác phi tuyến sóng – sóng (S_{nl})

$$S_{nl}(k_4) = \int \omega_4 \sigma \delta(k_1 + k_2 - k_3 - k_4) \times \delta(\omega_1 + \omega_2 - \omega_3 - \omega_4) [n_1 n_2 (n_3 + n_4) - n_3 n_4 (n_1 + n_2)] dk_1 dk_2 dk_3 \quad (12)$$

Ở đây,

$S_{nl}(k_4)$ = tương tác phi tuyến giữa 4 sóng (quadruplet nonlinear transfer)

$n_j = F(k_j)/\omega_j$ = phổ hoạt động (action spectrum); σ = tần suất tương đối

$\delta(k_1 + k_2 - k_3 - k_4)$ = hệ số miêu tả cường độ tương tác phi tuyến của 4 số sóng: k_1, k_2, k_3, k_4 .

Trường hợp biển nông

- Tiêu tán năng lượng do ma sát đáy (bottom friction) - S_{bf}

$$S_{bf} = -\frac{\Gamma}{g^2} \frac{\omega^2}{\sinh^2 kD} F \quad (13)$$

Với:

$$\omega = (gk \tanh kD)^{1/2} \quad (14)$$

D = độ sâu; $\Gamma = 0.038 \text{ m}^2 \text{ s}^{-3}$; $g = 9.8 \text{ m/s}^2$; k = số sóng

- Hiệu ứng nước nông

Khi vào vùng nước nông ven bờ vận tốc nhóm sóng (v) từ vùng nước sâu phương trình (15) bị biến đổi bởi độ sâu và được trình bày tại phương trình (16)

$$v = \frac{1}{2} \omega/k \quad (15)$$

$$v = \frac{1}{2} \left(\frac{g}{k} \tanh kD \right)^{1/2} \left(1 + \frac{2kD}{\sinh kD} \right) \quad (16)$$

- Hiệu ứng khúc xạ bởi độ sâu - θ_D

$$\theta_D = \frac{1}{kR} \frac{\partial \omega}{\partial D} \left(\sin \theta \frac{\partial D}{\partial \Phi} - \frac{\cos \theta}{\cos \Phi} \frac{\partial D}{\partial \lambda} \right) \quad (17)$$

Ở đây, R = bán kính trái đất

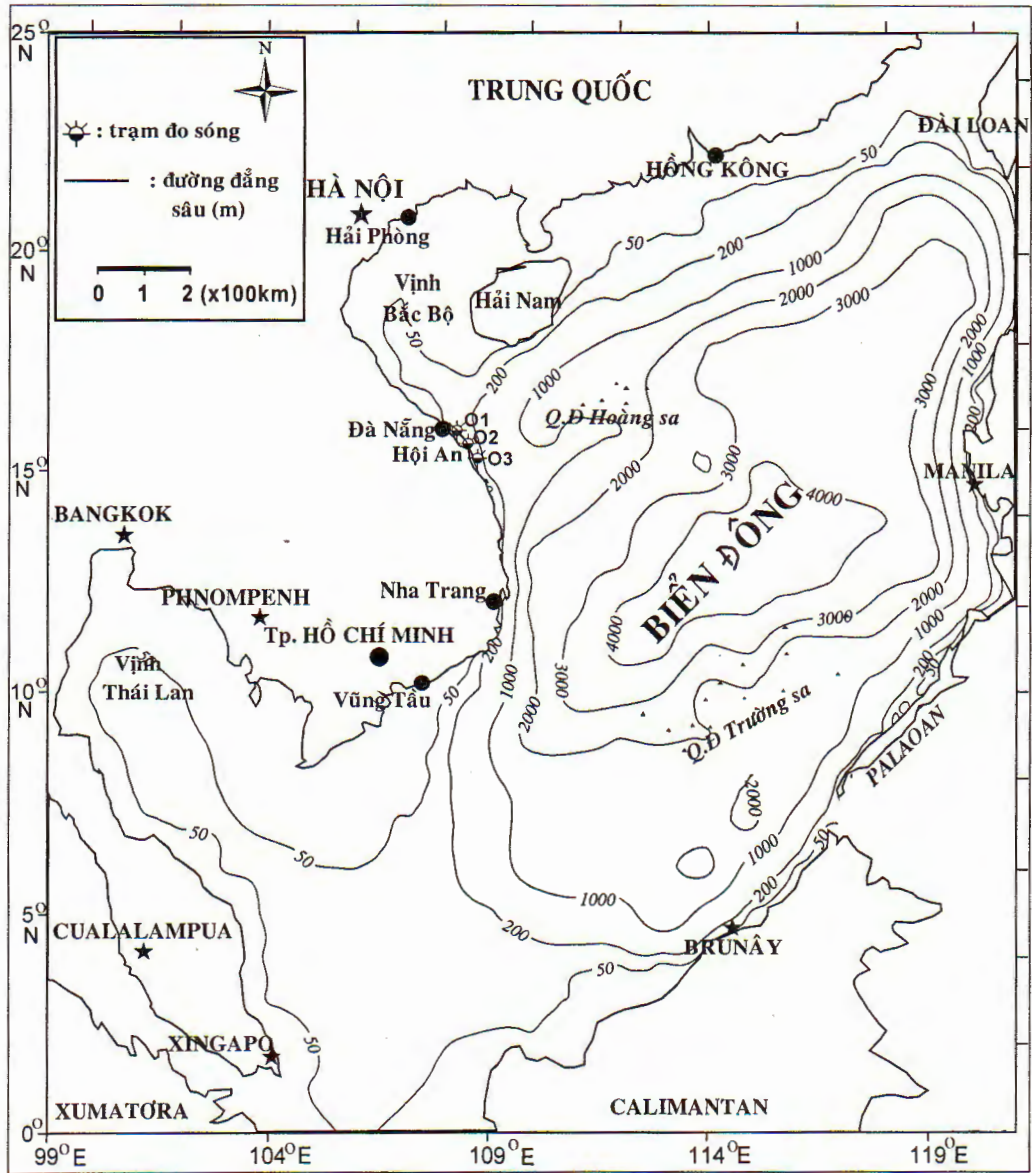
Chi tiết hơn về các quá trình tương tác phi tuyến (S_{nl}) và những biểu thức toán học mô tả những quá trình sóng tại khu vực nước sâu và nước nông xin tham khảo tại WAMDI Group (1988) và SWAMP Group (1985).

2. Xử lý số liệu

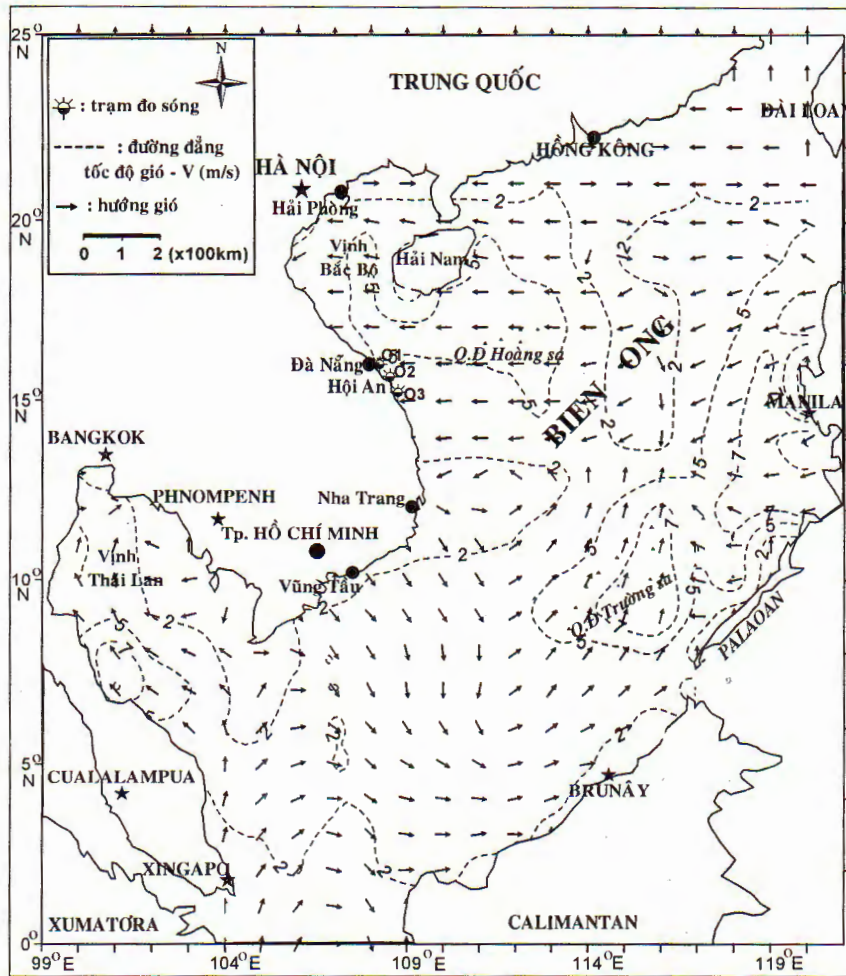
- Độ sâu của Biển Đông được lấy từ Trung tâm dữ liệu địa - vật lý Quốc gia, Colorado, Mỹ (ETOPO5) cho khu vực $99^\circ \text{ E} - 121^\circ \text{ E}$ và $0^\circ \text{ N} - 25^\circ \text{ N}$ với độ phân giải $\Delta X = \Delta Y = 1^\circ$. Đặc điểm phân bố độ sâu của Biển Đông được thể hiện trên hình 1.

- Số liệu gió 6 giờ một lần được lấy từ Trung tâm Quốc gia dự báo môi trường 'NCEP/NCAR', Mỹ (Kalney et al. 1996) cho khu vực $99^\circ \text{ E} - 121^\circ \text{ E}$ và $0^\circ \text{ N} - 25^\circ \text{ N}$ với độ phân giải $\Delta X = \Delta Y = 2.5^\circ$ cho thời gian tháng 9/1997 và được nội suy tuyến tính về độ phân giải $\Delta X = \Delta Y = 1^\circ$. Đặc điểm phân bố trường gió trên Biển Đông hồi 07h/27/9/1997 (0h/27/9/1997 giờ GMT) được thể hiện trên hình 2.

- Do số liệu dòng chảy trên phạm vi Biển Đông không có sẵn và chưa kiểm tra độ tin cậy nên mô hình không tính ảnh hưởng của dòng chảy lên các quá trình sóng.



Hình 1: Phân bố độ sâu tại Biển Đông



Hình 2 : Trường gió trên Biển Đông hồi 07h/27/9/1997

3. Điều kiện áp dụng mô hình

- Khu vực nghiên cứu bao trùm hầu như toàn bộ diện tích của Biển Đông (99° E – 121°E; 0° N – 25°N)
- Số liệu đầu vào của mô hình là độ sâu của Biển Đông và giá trị các trường gió ($\Delta T = 6h$) từ 01h/15/9/1997 đến 19h/27/9/1997 với lưới tính $\Delta X = \Delta Y = 1^\circ$.
- Số liệu đầu ra của mô hình là trường các đặc trưng sóng (độ cao sóng hữu hiệu, chu kỳ sóng trung bình, độ cao sóng lừng, chu kỳ sóng lừng...) với $\Delta T = 3h$ từ 19h/18/9/1997 đến 19h/27/9/1997.

III. KẾT QUẢ

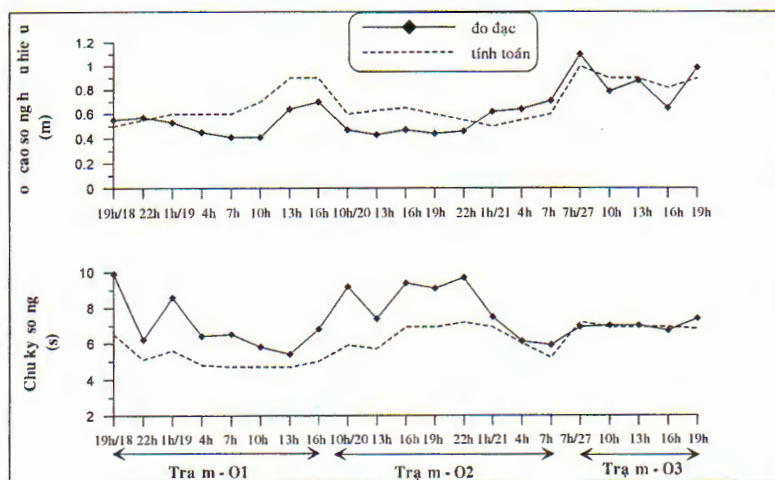
1. Kiểm chứng kết quả tính toán

- Để kiểm chứng kết quả tính toán chúng tôi đã sử dụng số liệu sóng đo đạc bằng máy đo sóng áp lực (wave pressure gauge) của Anh Quốc (DNW-5M) tại 3 trạm đo sóng thuộc vùng biển Hội An trong khuôn khổ đề tài cấp Nhà nước KHCN-0608 tháng 9/1997, thời gian ghi sóng $\Delta T = 20'$, chu kỳ đo là 3h. Số liệu đo sóng tại các trạm này được so sánh với kết quả tính toán của mô hình tại điểm có tọa độ ($109^{\circ}E, 16^{\circ}N$). Vị trí và đặc điểm các trạm đo sóng thể hiện trên hình 1 và bảng 1.

Bảng 1: Đặc điểm các trạm đo sóng

Trạm	Tọa độ	Thời gian bắt đầu đo	Thời gian kết thúc đo	Độ sâu (m)
O1	$16^{\circ}02.086'N, 108^{\circ}18.028'E$	19h/18/9/1997	16h/19/9/1997	21
O2	$15^{\circ}53.852'N, 108^{\circ}30.033'E$	10h/20/9/1997	07h/21/9/1997	21
O3	$15^{\circ}27.798'N, 108^{\circ}42.789'E$	07h/27/9/1997	19h/27/9/1997	19

- Do hướng sóng không được quan trắc nên ở đây chúng tôi chỉ so sánh độ cao sóng hữu hiệu và chu kỳ sóng trung bình. Kết quả so sánh thể hiện trên hình 3.

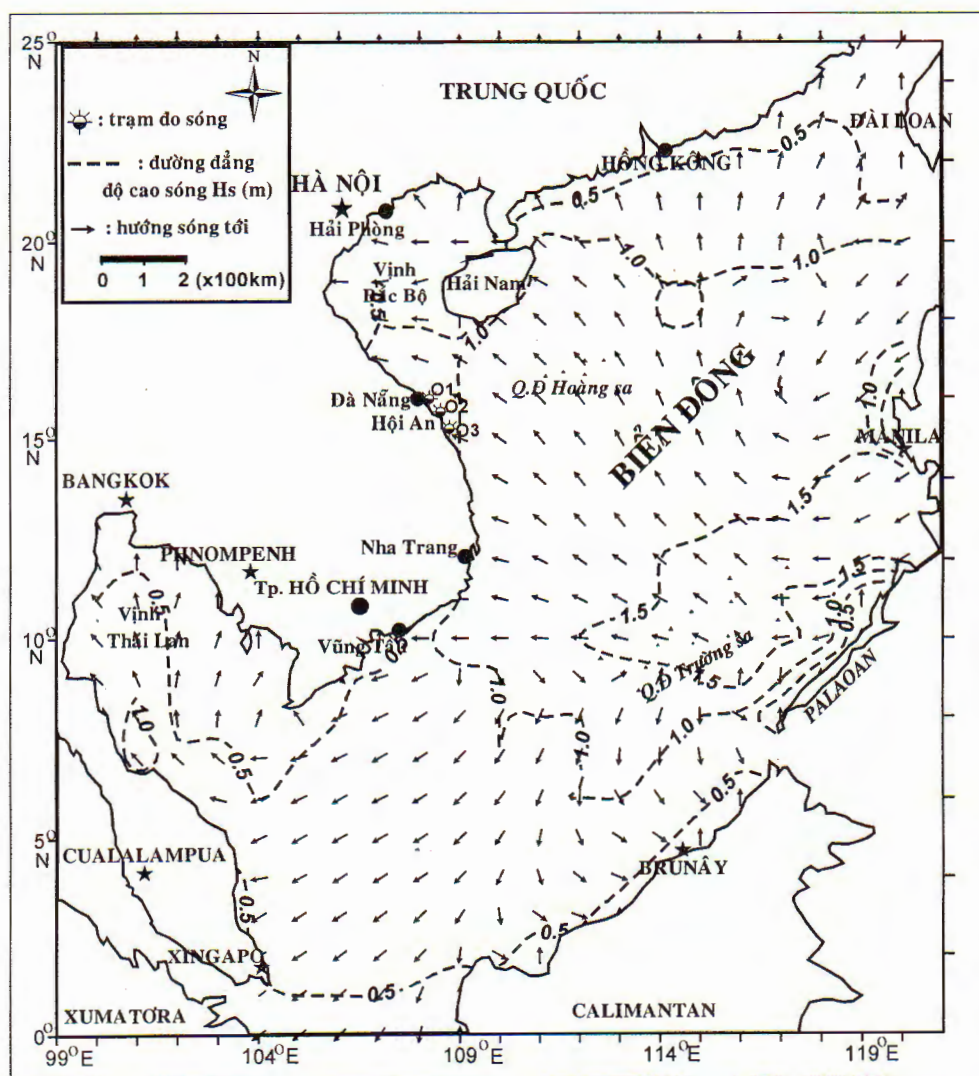


Hình 3: So sánh các đặc trưng sóng tính toán với số liệu sóng đo đạc tại các trạm O1, O2 và O3 trên vùng biển Hội An (9/1997)

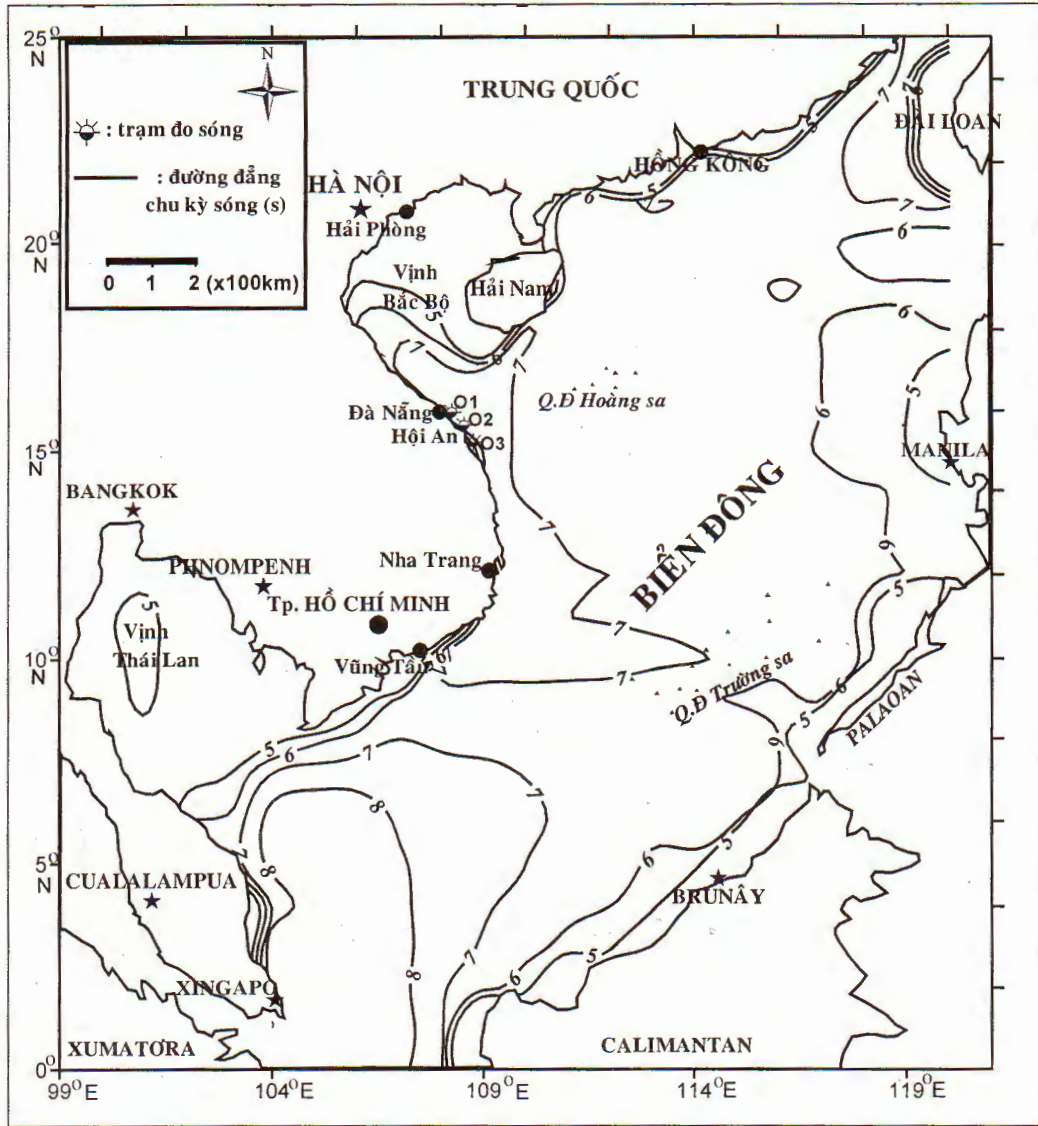
Nhìn chung độ cao sóng tính toán lớn hơn độ cao sóng đo đạc, ngược lại chu kỳ sóng tính toán nhỏ hơn chu kỳ sóng đo đạc; sai số tuyệt đối lớn nhất của độ cao sóng là 0.29 m, chu kỳ sóng là 3.4 s; sai số tương đối trung bình của độ cao sóng là 13%, chu kỳ sóng là 20%. Qua hình 3 chúng ta cũng nhận thấy rằng kết quả tính toán phù hợp nhất với số liệu đo đạc tại trạm O3, bởi vì trạm O3 nằm ở bên ngoài mũi An Hòa, tiếp xúc trực tiếp với biển khơi ít bị ảnh hưởng của địa hình vùng ven bờ hơn các trạm O1 và O2. Kết quả so sánh trên là rất khả quan và chúng ta có thể áp dụng mô hình WAM để dự báo các đặc trưng sóng cho Biển Đông và các vùng biển phụ cận.

2. Đặc điểm phân bố các đặc trưng sóng trên Biển Đông hồi 07h/27/9/1997

Phân bố các đặc trưng sóng trên Biển Đông hồi 07h/27/9/1997 thể hiện trên hình 4 và 5.

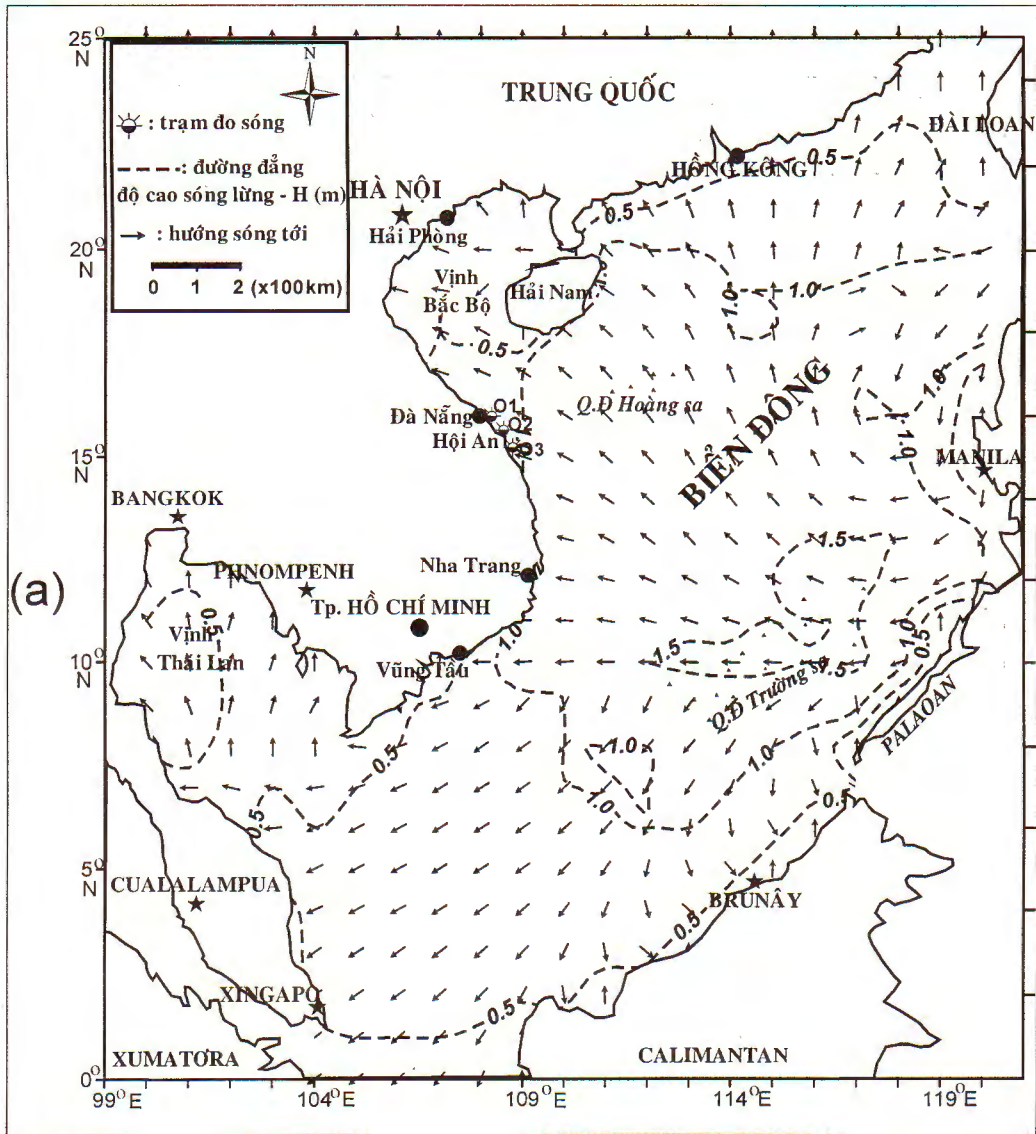


Hình 4a

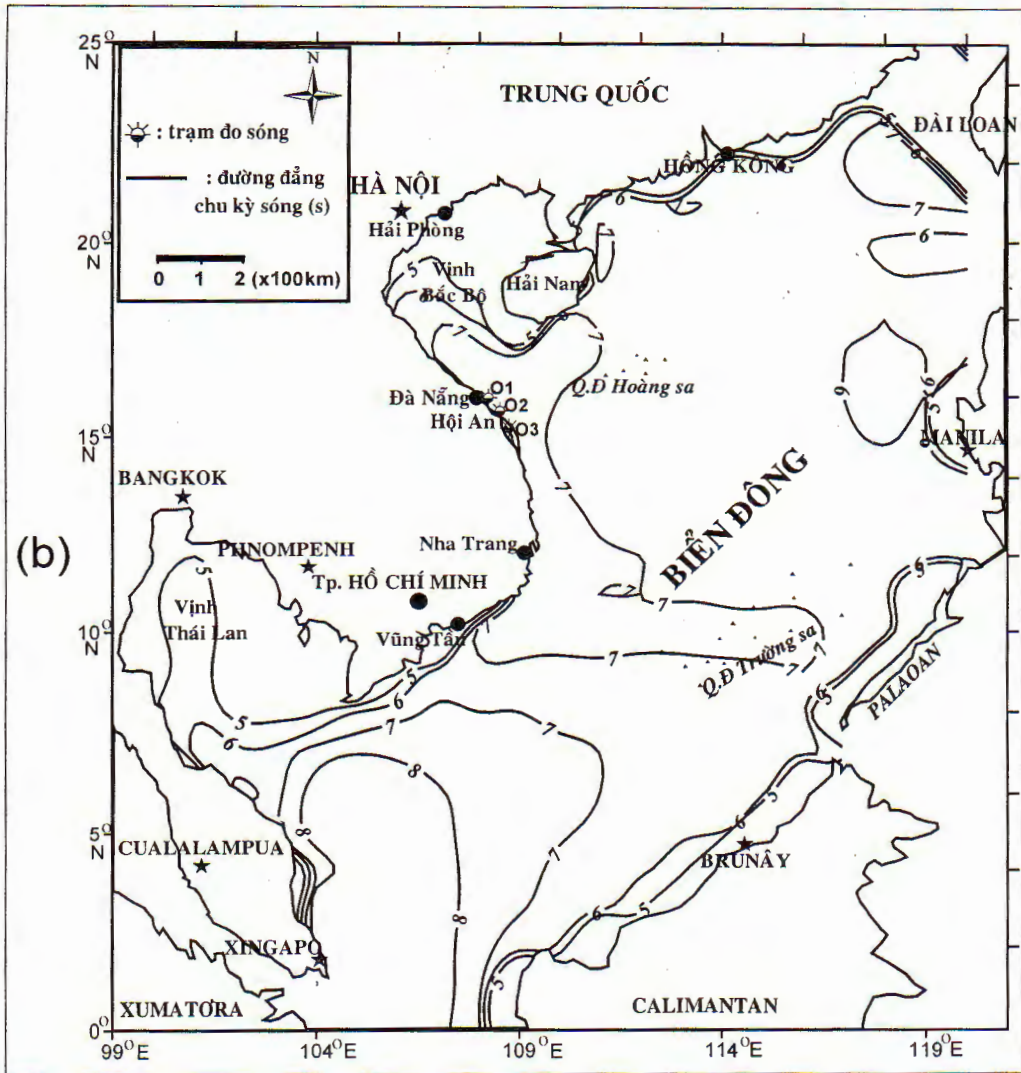


Hình 4b

Hình 4: Trường độ cao sóng hữu hiệu (a), chu kỳ sóng trung bình (b) trên Biển Đông hồi 07h/27/9/1997



Hình 5a



Hình 5b

Hình 5: Trường độ cao sóng lừng (a), chu kỳ sóng lừng (b) trên Biển Đông hồi 07h/27/9/1997

- Đặc điểm phân bố độ sâu của Biển Đông được thể hiện trên hình 1, chúng ta thấy khu vực trung tâm Biển Đông độ sâu phổ biến từ 2000 m đến 4000 m; vùng biển từ Đà Nẵng đến Phan Thiết đường đẳng sâu 200 m chạy sát bờ; vịnh Bắc Bộ và vịnh Thái Lan phần lớn diện tích có độ sâu nhỏ hơn 50 m. Do vậy hiệu ứng khúc xạ sóng do độ sâu nhìn chung chỉ diễn ra mạnh tại vùng biển vịnh Bắc Bộ và vịnh Thái Lan, hiệu ứng khúc xạ sóng do dòng chảy sẽ đáng kể dọc theo vùng biển Nam Trung bộ.

- Tại thời điểm 07h/27/9/1997 trên toàn Biển Đông gió có tốc độ rất nhỏ (xấp xỉ 2-3 m/s), một số khu vực có tốc độ 5 – 7 m/s và nhìn chung hướng gió không tập trung (hình 2). Trường gió này tất yếu dẫn đến trường sóng yếu, có hướng thay đổi và đặc biệt là hệ sóng lừng sẽ thống trị, hệ quả của các trường sóng trước đó. Trường gió trên là đặc trưng cho thời kỳ chuyển tiếp giữa 2 mùa gió Đông Bắc và Tây Nam trên Biển Đông.

- Từ hình 4a và 4b chúng ta thấy tại thời điểm 07h/27/9/1997 vùng trung tâm Biển Đông độ cao sóng hữu hiệu (H_s) dao động trong khoảng 1.0 – 1.5 m, chu kỳ trung bình (T) dao động trong khoảng 6 – 7 s; khu vực Nam Biển Đông có $H_s \approx 0.5 - 1.0$ m, $T \approx 7 - 8$ s; vịnh Bắc Bộ có $H_s < 0.5$ m, $T < 5$ s; vịnh Thái Lan có $H_s \approx 0.5 - 1.0$ m, $T \approx 5$ s. Với trường gió phân bố như ở hình 2 thì trường sóng ở đây mang đậm đặc trưng của trường sóng lừng.

- Đặc điểm phân bố của trường sóng lừng (hình 5a và 5b) không khác nhiều so với trường sóng tổng hợp ở hình 4a và 4b, điều này chứng tỏ tại thời điểm 07h/27/9/1997 trên toàn Biển Đông hệ sóng lừng chiếm ưu thế. Đặc biệt vùng biển từ Đà Nẵng đến Phan Thiết sóng lừng thống trị với hướng E-SE và $H \approx 1.0$ m, $T \approx 7$ s.

IV. KẾT LUẬN

Mô hình số trị tính sóng WAM cho phép tính các đặc trưng sóng trên cả vùng nước sâu và nước nông trong điều kiện trường gió, trường dòng chảy biến đổi phức tạp theo không gian và thời gian.

Kết quả tính toán của mô hình cho phép chúng ta tách biệt trường sóng tổng hợp (trường sóng hữu hiệu) thành trường sóng gió (sea) và sóng lừng (swell) nhằm đáp ứng những nhu cầu thực tiễn khác nhau.

Tại thời điểm 07h/27/9/1997 trên toàn Biển Đông sóng tương đối yếu, hướng biến đổi, hệ sóng lừng chiếm ưu thế; đây là trường sóng đặc trưng cho thời kỳ chuyển tiếp giữa 2 mùa gió Đông Bắc và Tây Nam trên Biển Đông

Kết quả so sánh các đặc trưng sóng tính toán bằng mô hình với số liệu sóng đo đạc là khả quan, sai số tương đối trung bình của độ cao sóng là 13%, chu kỳ sóng là 20%.

Có thể áp dụng mô hình số trị WAM để dự báo các đặc trưng sóng trên Biển Đông và các vùng phụ cận.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Guenther, H., Hasselmann, S., Janssen, P.A.E.M., 1992.** The WAM Model Cycle 4.0. User Manual. Technical Report No.4, Deutsches Klimarechenzentrum, Hamburg, Germany, 102 p.
2. **Guenther, H., 2002.** WAM Cycle 4.5. User Manual. Technical Report. Institute for Coastal Research GKSS Research Centre Geesthacht. Germany, 40p.
3. **Kalney, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White, G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Hinggin, W., Janowiak, J. Mo, K.C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmma, A., Reynolds, R., Jenne, R., Joseph, D., 1996.** The NCEP/NCAR reanalysis project. Bull. Am. Meteorol. Soc., 77, 437-471..
4. **Mau, L.D., Sanil Kumar, V., Nayak, G.N., and Mandal, S., 2004.** Estimation of wave characteristics during hurricane in the Hoian area, Central Vietnam. Proceeding of the Third Indian National Conference on Harbour and Ocean Engineering. Volume 1, pp. 105-113.
5. **SPM, 1984.** Shore Protection Manual, U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, US Army Engineer Waterway Experiment station, Vicksburg, MS.
6. **SWAMP Group, 1985.** Ocean wave modelling. Plenum Press, New York, 256p.
7. **WAMDI Group, 1988.** The WAM model – A third generation ocean wave prediction model, J. Phys. Oceanogr., 18, 1775-1810.
8. **Young, I.R., 1988.** Parametric hurricane wave prediction model. Journal of Waterways Port Coastal and Ocean Engineering 114 (5), 637-652.

COMPUTATION OF WAVE CHARACTERISTICS IN THE OFFSHORE REGION USING NUMERICAL MODEL WAM

LE DINH MAU

Summary: WAM (Wave Modeling) is a third generation wave model describes the evolution of a two-dimensional ocean wave spectrum under the effects of winds, currents, bottom and non-linear wave – wave interaction. The model runs for deep and shallow waters and includes depth and current refraction. The wave characteristics over East Sea (South China Sea) was estimated using WAM model. Bathymetry of the East Sea was taken from 'ETOPO5' data set of the National Geophysical Data Center, Cororado, USA. Wind data obtained from 6 hourly NCEP/NCAR reanalysis data, USA.

The study indicate that at 7h 27 September 1997 over East Sea the wave height field was relatively weak and varying in direction, swell system was predominantly, which represents the wave field characteristics in the transition period between NE and SW monsoon over East Sea. Computed wave characteristics show good agreement with measured ones, the average relative different between the computed and measured wave height was 13%, and wave period was 20%.

Ngày nhận bài: 30 - 6 - 2005

Địa chỉ: Viện Hải dương học

Người nhận xét: TS. Bùi Hồng Long