MÔ HÌNH DỰ BÁO NƯỚC DÂNG DO BÃO CÓ TÍNH ĐẾN THỦY TRIỀU

TS. **Vũ Thanh Ca**, TS. **Phùng Đăng Hiếu**,
ThS. Nguyễn Xuân Hiển, CN. **Nguyễn Xuân Đạo**
Trung tâm Nghiên cứu biển và Tương tác Biển – Khí quyển
Viện Khoa học Khí tượng Thuỷ văn và Môi trường

Mô hình số trị POM do trường Đại học Princeton, Hoa Kỳ xây dựng và được cải tiến tại Trung tâm Nghiên cứu biển và Tương tác Biển – Khí quyển, Viện Khoa học Khí tượng Thuỷ văn và Môi trường đã được sử dụng để mô phỏng, tính toán nước dâng do bão có tính đến ảnh hưởng của thủy triều trong Biển Đông. Trong nghiên cứu này, cơn bão Damrey năm 2005 được lựa chọn để tính toán kiểm chứng mô hình. Độ sâu biển trên vùng tính được lấy theo các số liệu hải đồ đã được quy về cao độ quốc gia. Quá trình lan truyền triều trên toàn vùng Biển Đông được tính toán để cung cấp mực nước triều tại biên của miền tính toán nước dâng bão. Lưới tính thuỷ triều trong toàn vùng Biển Đông được lấy là 7 và lưới tính trong vùng tính toán nước dâng do bão được lấy 1 theo cả hai phương kinh vĩ. Các kết quả tính toán thuỷ triều được kiểm chứng với số liệu đo đạc mực nước triều tại 3 trạm Hòn Dấu, Vũng Tàu và Hà Tiên. Các kết quả tính toán nước dâng được kiểm chứng với các số liệu đo đạc từ Hải Phòng đến Thanh Hóa. Sự phù hợp tốt giữa các kết quả tính toán với các số liệu thực đo cho thấy mô hình POM rất có triển vọng trong ứng dụng tính toán, dự báo nước dâng do bão trong vùng biển Việt Nam có tính đến thuỷ triều.

1. Khái quát chung

Nước dâng do bão là một hiện tượng thiên tai nguy hiểm đối với các vùng ven biển, gây nhiều thiệt hại về người và của cải, làm cản trở các hoạt động của con người [1]. Trên thế giới, nước bị ảnh hưởng nặng nhất bởi nước dâng do bão là Băngladet, nước dâng do bão trong năm 1991 lên cao tới hơn 6 m đã làm hơn 138.000 người thiệt mạng. Mới đây, cơn bão Katrina đổ bộ vào thành phố New Orleans bang Lousiana - Mỹ sáng thứ 2 ngày 29 tháng 8 - 2005 với sức gió trên 140 dặm/giờ (~225 km/h), đã phá hỏng hệ thống đê bảo vệ và gây nước dâng 6 m. Hơn 1000 người chết và mất tích trong cơn bão này, chủ yếu là vì nước dâng do bão. Thiệt hại trong cơn bão khoảng 81.2 tỷ USD (tính theo giá năm 2005). Tại khu vực Đông - Bắc Á, các nước Nhật Bản, Triều Tiên và Trung Quốc cũng chịu nhiều thiệt hại bởi nước dâng do bão gây ra.

Ở Việt Nam, nước dâng bão cũng đã gây rất nhiều thiệt hại về người và của, nước dâng lớn nhất ghi được trong cơn bão DAN tại Hải Phòng năm 1989 là 3,6m. Trong lịch sử cũng đã ghi nhận nước dâng bão năm 1881 tại Hải Phòng làm nhiều người dân thiệt mạng. Gần đây nhất là tháng 9 năm 2005, bão Damrey gây nước dâng lớn tới 2,05 m tại Nam Định đã gây vỡ đê và thiệt hại rất nghiêm trọng [2].

Nghiên cứu và dự báo nước dâng do bão đã và đang được quan tâm một cách hết sức đặc biệt. Trên thế giới, đã có những phần mềm dự báo nước dâng [10] hoặc đưa ra các toán đồ [11] để dự báo trên cơ sở so sánh với các cơn bão chuẩn, Hiện nay, trên thế giới đã

Người phản biện: PGS.TS. **Ngô Trọng Thuận**

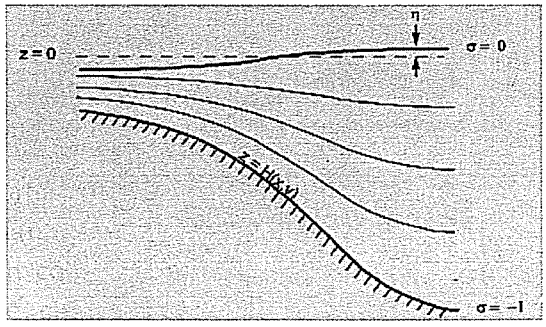
có những phần mềm thương mại dự báo nước dâng. Tại Việt Nam, trong những năm gần đây do ảnh hưởng của biến đổi khí hậu toàn cầu, thiên tai ngày một gia tăng, đặc biệt là bão, kèm theo lũ lụt và nước dâng do bão. Các thiên tai này, đã đang và sẽ gây ra những thiệt hại lớn về người và của. Vì vậy, vấn đề tính toán và dự báo nước dâng do bão có thể xẩy ra cho từng khu vực là một trong những biện pháp tích cực nhằm phòng tránh, đề ra những giải pháp cần thiết để giảm tối thiểu thiệt hại. Ở Việt Nam, nước dâng do bão đã được nghiên cứu từ khá lâu. Các tác giả nghiên cứu về nước dâng do bão có thể kể đến là Lê Phước Trình và Trần Kỳ (1971), Nguyễn Văn Cư (1979), Vũ Như Hoán (1988), Nguyễn Vũ Thắng [4], Lê Trọng Đào [2], [3], Đỗ Ngọc Quỳnh và cố tác giả Phạm Văn Ninh [5], [6], [7]. Các tác giả trên đã sử dụng các phương pháp thống kê, phương pháp đưa ra toán đồ trên cơ sở các cơn bão chuẩn và phương pháp mô hình số trị thủy động lực 2 chiều để tính toán. Các kết quả nghiên cứu về nước dâng do bão trên đây đã đạt được độ chính xác nhất định. Gần đây, phương pháp mô hình số trị thủy động lực 3 chiều đang được tiến hành nghiên cứu để tính toán nước dâng do bão. Chính phủ Nauy đã tài trợ cho một chương trình nghiên cứu thử nghiệm tính toán dự báo nước dâng do bão bằng mô hình 3 chiều tại Trung tâm KTTVQG.

Mô hình số trị POM (Princeton Ocean Model) do trường Đại học Princeton, Hoa Kỳ xây dựng và phát triển từ năm 1977 cho đến nay [8,9]. Đây là mô hình số đại dương bao gồm các mô hình 2 chiều và 3 chiều cho phép mô phỏng chi tiết hệ thống thuỷ động lực biển trong đó có tính đến ảnh hưởng của phân tầng mật độ, nhiệt độ, độ muối và tác động của các yếu tố khí tượng biển (khí áp và gió trên mặt). Mô hình được viết dưới dạng mã nguồn trên ngôn ngữ Fortran chuẩn, cho phép người dùng dễ dàng sửa đổi chương trình theo các ứng dụng cụ thể. Trung tâm Nghiên cứu biển và Tương tác Biển – Khí quyển, Viện Khoa học Khí tượng Thuỷ văn và Môi trường đã nghiên cứu, cải tiến và ứng dụng để tính toán thử nghiệm mô phỏng, dự báo nước dâng do bão có tính đến ảnh hưởng của thủy triều trên khu vực Biển Đông.

2. Cơ sơ lý thuyết mô hình thủy động lực học dưới tác động của gió và áp suất.

a. Các phương trình cơ bản trong mô hình số trị POM

Hệ toạ độ sigma được mô tả trong hình sau:



Hình 1. Hệ toạ độ sigma

$$x^* = x, \qquad y^* = y, \qquad \sigma = \frac{z-\eta}{H+\eta}, \qquad (1)$$

Trong đó x, y, z là các toạ độ trong hệ toạ độ Cartesian; $D = H + \eta$, với $H(x,y)$ là độ sâu trung bình đáy biển và $\eta(x,y,z)$ là mực nước mặt, σ có phạm vi từ $\sigma = 0$ tại z= η tới σ =-1 tại $z = H$.

** Các phương trình cơ bản viết trong hệ toạ độ sigma*

Hệ phương trình cơ bản sau chuyển từ hệ tọa độ Cartesian sang hệ tọa độ và bỏ các dấu hoa thị được viết lại như sau:

$$\frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \qquad (2)$$

$$\frac{\partial DU}{\partial t}+\frac{\partial U^2D}{\partial x}+\frac{\partial UVD}{\partial y}+\frac{\partial U\omega}{\partial \sigma}-fVD+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}+ \tag{3}$$
$$\frac{gD^2}{\rho_0}\int_{\sigma}^{o}\left[\frac{\partial \rho'}{\partial x}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial x}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right]+F_x$$

$$\frac{\partial DV}{\partial t}+\frac{\partial UVD}{\partial x}+\frac{\partial V^2D}{\partial y}+\frac{\partial V\omega}{\partial \sigma}+fUD+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}+ \tag{4}$$
$$\frac{gD^2}{\rho_0}\int_{\sigma}^{o}\left[\frac{\partial \rho'}{\partial y}-\frac{\sigma'}{D}\frac{\partial D}{\partial y}\frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'}\right]d\sigma'=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_M}{D}\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right]+F_y$$

$$\frac{\partial q^2D}{\partial t}+\frac{\partial Uq^2D}{\partial x}+\frac{\partial Vq^2D}{\partial y}+\frac{\partial \omega q^2}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_q}{D}\frac{\partial q^2}{\partial \sigma}\right] \tag{5}$$
$$+\frac{2K_M}{D}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)^2\right]+\frac{2g}{\rho_0}K_H\frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial \sigma}-\frac{2Dq^3}{B_1 l}+F_q$$

$$\frac{\partial q^2lD}{\partial t}+\frac{\partial Uq^2lD}{\partial x}+\frac{\partial Vq^2lD}{\partial y}+\frac{\partial \omega q^2l}{\partial \sigma}=\frac{\partial}{\partial \sigma}\left[\frac{K_q}{D}\frac{\partial q^2l}{\partial \sigma}\right] \tag{6}$$
$$+E_1 l\left(\frac{2K_M}{D}\left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma}\right)^2+\left(\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)^2\right]+E_3\frac{2g}{\rho_0}K_H\frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial \sigma}\right)-\frac{Dq^3}{B_1}+F_l$$

Trong đó: ρ là mật độ nước biển, f là hệ số lực Coriolit, KM, KH là hệ số nhớt động lực và hệ số khuếch tán theo phương thẳng đứng, U, V là vận tốc theo phương x, y và ω là **vận tốc thẳng đứng** trong hệ toạ độ sigma. Công **thức chuyển sang** vận tốc thẳng đứng ω trong hệ toạ độ Cartersian là:

$$W=\omega+U\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial x}+\frac{\partial \eta}{\partial x}\right)+V\left(\sigma\frac{\partial D}{\partial y}+\frac{\partial \eta}{\partial y}\right)+\sigma\frac{\partial D}{\partial t}+\frac{\partial \eta}{\partial t} \tag{7}$$

Trong trường hợp gần biên cứng công thức trên trở thành , $\tilde{W}=1+E_2(l/kL)$ ở đây $L^{-1}=(\eta-z)^{-1}+(H-z)^{-1}$.

Các số hạng khuếch tán rối và nhớt ngang được xác định theo công thức:

$$F_x\equiv\frac{\partial}{\partial x}(H\tau_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(H\tau_{xy}) \tag{8}$$

$$F_y\equiv\frac{\partial}{\partial x}(H\tau_{xy})+\frac{\partial}{\partial y}(H\tau_{yy}) \tag{9}$$

Trong đó:

$$\tau_{xx}=2A_M\frac{\partial U}{\partial x},\qquad \tau_{xy}=\tau_{yx}=2A_M\left(\frac{\partial U}{\partial y}+\frac{\partial V}{\partial x}\right),$$
$$\tau_{yy}=2A_M\frac{\partial V}{\partial y} \tag{10}$$

$$F_\phi\equiv\frac{\partial}{\partial x}(Hq_x)+\frac{\partial}{\partial y}(Hq_y) \tag{11}$$

$$q_x=A_H\frac{\partial \phi}{\partial x},\qquad q_y=A_H\frac{\partial \phi}{\partial y}, \tag{12}$$

Trong đó: ϕ đại diện cho q^2 hoặc q^2l. AH là hệ số khuếch tán ngang, AM là hệ số khuếch tán Smagorinski.

$$A_M=C\Delta x\Delta y\frac{1}{2}\left|\nabla V+(\nabla V)^T\right| \tag{13}$$

(13)

Trong đó:

$$\left|\nabla V+(\nabla V)^T\right|=\left[\left(\partial u/\partial x\right)^2+\left(\partial v/\partial x+\partial u/\partial y\right)^2/2+\left(\partial v/\partial y\right)^2\right]^{1/2}$$

Giá trị của C có phạm vi từ 0.10 đến 0.20 là tốt nhất, nhưng nếu không gian lưới đủ nhỏ C có thể bằng 0.

b. Các điều kiện biên

Điều kiện biên thẳng đứng đối với phương trình (2) là:

$$\omega(0)=\omega(-1)=0 \qquad (14)$$

Điều kiện biên mặt cho phương trình (3) và (4) là:

$$\frac{K_M}{D}\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma},\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)=-\left(\langle wu(0)\rangle,\langle wv(0)\rangle\right), \qquad (15)$$

Điều kiện biên đáy là:

$$\frac{K_M}{D}\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma},\frac{\partial V}{\partial \sigma}\right)=C_z\left[U^2+V^2\right]^{1/2}(U,V), \qquad \sigma\to -1 \qquad (16)$$

Trong đó:

$$C_z=MAX\left[\frac{\kappa^2}{\left[\ln\{(1+\sigma_{kb-1})H/z_0\}\right]^2},0.0025\right] \qquad (17)$$

$\kappa=0.4$ là hằng số Karman và z_0 là tham số nhám.

Điều kiện biên đối với phương trình (5) và (6) là:

$$\left(q^2(0),q^2l(0)\right)=\left(B_1^{2/3}u_\tau^2(0),0\right) \qquad (18)$$

$$\left(q^2(-1),q^2l(-1)\right)=\left(B_1^{2/3}u_\tau^2(-1),0\right) \qquad (19)$$

Ở đây B1 là hằng số khép kín rối, và là vận tốc ma sát tại đỉnh và đáy [6].

c. Mô hình bão

Trường áp và trường gió trong bài toán tính nước dâng do bão được tính theo mô hình bão. Trong nghiên cứu này, mô hình bão của Isozaki đã được sử dụng. Các giả thiết được sử dụng trong mô hình này như sau:

- Các thông số bão (toạ độ tâm, áp suất, bán kính gió cực đại v.v.) được lấy theo các số liệu đo đạc, phân tích hay dự báo. Trong khoảng thời gian giữa 2 số liệu, bão được giả thiết di chuyển thẳng và đều (vận tốc bằng const);

- Các đường đẳng áp là các đường tròn đồng tâm;

- Cấu trúc, cường độ bão ổn định theo các khoảng thời gian nhất định;

Áp suất tại điểm cách tâm bão một khoảng được tính theo công thức:

$$P_r=P_\infty-a/\left(1+(r/R)^2\right)^{1/2} \qquad (20)$$

Trong đó: P_∞ là áp suất ngoài rìa cơn bão;

$$a=P_\infty-P_0 \qquad (21)$$

Trong đó: P_0 áp thấp nhất ở vùng gần tâm bão;

R: Bán kính gió cực đại;

Vận tốc gió gồm hai thành phần:

$$W=W_d+W_b \qquad (22)$$

Trong đó: W_d gió do bão di chuyển gây ra;

$$W_d=\frac{C}{3.6}V_b\exp(-\pi r/500) \qquad (23)$$

Trong đó: W_b là gió gradient;

$$W_b=2W_m\left(Z/(1+Z^2)\right) \qquad (24)$$

Trong đó: C: hằng số; V_b: vận tốc di chuyển của tâm bão; r: khoảng cách từ tâm bão tới điểm đang xét; W_m : vận tốc gió cực đại;

$$W_m=K.Z\sqrt{a} \qquad (25)$$

K: Hằng số;

$$Z=r/R \qquad (26)$$

3. Kiểm nghiệm mô hình POM cho bài toán truyền triều trong biển Đông

a. Khu vực nghiên cứu, điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Khu vực nghiên cứu được tính cho miền tính bao trùm toàn bộ biển Đông, có kinh độ từ 99^{0}00E đến 121^{0}00E, vĩ độ từ 100^{0}S đến

2400^{0}N với lưới tính trực giao có kích thước lưới 7 phút kinh vĩ.

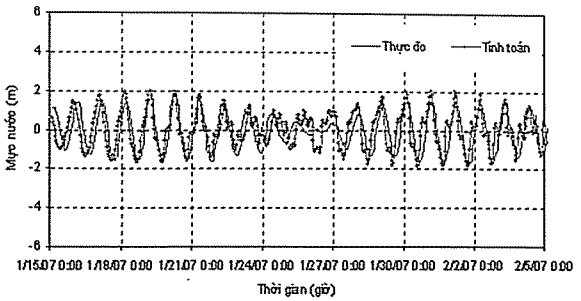
Điều kiện biên lỏng là các biên thuỷ triều tại các khu vực tiếp giáp giữa Biển Đông với vùng biển bên ngoài được lấy theo các số liệu hằng số điều hoà của 9 sóng thuỷ triều chính [12].

Thời gian tính toán mô phỏng quá trình truyền triều từ 12 giờ ngày 15 tháng 1 năm 2007 đến 12h ngày 5 tháng 2 năm 2007.

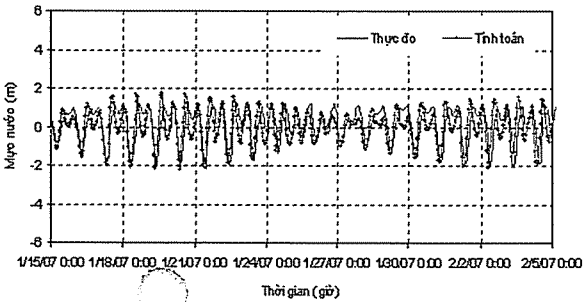
b. Kết quả tính toán kiểm nghiệm mô hình

Trong lý thuyết mô hình POM, thuật toán tách mode (mode splitting) được sử dụng để tính toán. Do việc tính toán mực nước đòi hỏi bước thời gian tính khá nhỏ để đảm bảo điều kiện ổn định CFL, nên mô hình 2D tích phân theo phương thẳng đứng được sử dụng để tính toán dao động mực nước của sóng dài trên toàn biển. Sau đó mô hình 3D được sử dụng để mô phỏng dòng chảy tổng hợp, phân bố nhiệt độ và độ muối 3 chiều trong biển và sử dụng trường phân bố mực nước đã tính toán từ mô hình 2D. Vận tốc 3 chiều tính toán theo mô hình 3D được hiệu chỉnh để giá trị tích phân theo phương thẳng đứng của nó phù hợp với giá trị tính theo mô hình 2D. Thuật toán trên đảm bảo tiết kiệm thời gian tính trong khi vẫn có kết quả chính xác và ổn định.

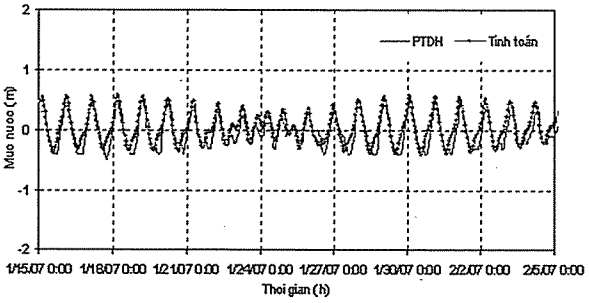
Để kiểm nghiệm kết quả tính toán thủy triều biển Đông bằng mô hình POM, chúng tôi đã sử dụng số liệu mực nước thực đo tại các trạm Hòn Dáu và Vũng Tàu, mực nước từ phân tích điều hòa tại Hà Tiên (do tại Hà Tiên không có số liệu thực đo) để so sánh. Các bộ thông số và hệ số trong mô hình được hiệu chỉnh để tìm ra bộ thông số thích hợp nhất. Biến trình mực nước giữa kết quả tính toán bằng mô hình số trị và phân tích điều hòa được thể hiện trên các hình vẽ từ 2 đến 4.



Hình 2. Biến trình mực nước tại trạm Hòn Dáu



Hình 3. Biến trình mực nước tại trạm Vũng Tàu



Hình 4. Biến trình mực nước tại trạm Hà Tiên

Từ các kết quả tính toán trên, có thể thấy rằng, mặc dù còn có những sai số nhất định trong thời kỳ triều kém (trạm Hòn Dấu) và thời kỳ chân triều cao (trạm Vũng Tàu) nhưng về pha và biên độ triều và đều có sự tương đồng tốt giữa kết quả tính toán và từ phân tích điều hòa. Như vậy, mô hình này có thể được sử dụng để tính toán mô phỏng các quá trình thủy động lực học thuỷ triều trên toàn Biển Đông và vùng ven biển nước ta. Các kết quả của mô hình có thể được sử dụng làm điều kiện biên để tính toán dòng chảy, nước dâng do bão, vận chuyển bùn cát,

lan truyền ô nhiễm có tính đến ảnh hưởng của thuỷ triều tại vùng ven bờ biển nước ta.

4. Tính toán nước dâng do bão có tính đến sự ảnh hưởng của thủy triều

a. Điều kiện cơn bão tính toán

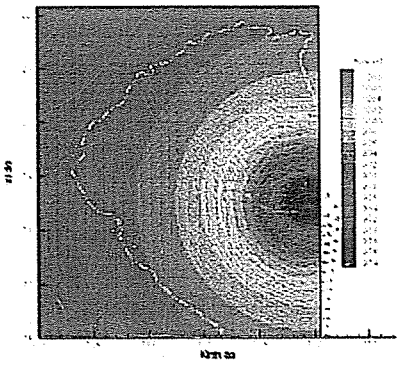
Cơn bão số 7 có tên quốc tế là Damrey được coi là một trong những cơn bão mạnh trong vòng thập kỷ qua. Bão số 7 được hình thành tại vùng biển phía bắc của Philippin từ một áp thấp nhiệt đới. Bão số 7 có quỹ đạo di chuyển theo hướng tây và tây - tây bắc, một hướng di chuyển rất thông thường của các cơn bão đổ bộ vào Việt Nam. Bão số 7 được những trung tâm dự báo bão trên thế giới có những dự báo xa rất chính xác cả về quỹ đạo di chuyển và cường độ bão. Ngay sau khi hình thành, bão số 7 đã di chuyển nhanh và cường độ tăng mạnh, có thời điểm khi đổ vào Vịnh Bắc Bộ, độ giảm áp ở tâm giảm xuống tới 955 mb, tốc độ gió giật 42 m/s, lúc vào gần bờ Việt Nam bão vẫn duy trì cường độ rất mạnh trước khi đổ bộ vào đất liền, áp suất tâm bão là 975 mb, tốc độ gió giật tới 30 m/s. Các thông số bão được đưa chi tiết trong bảng 1.

Bảng 1. Các tham số cơn bão Damrey 2005 (cơn bão số 7)

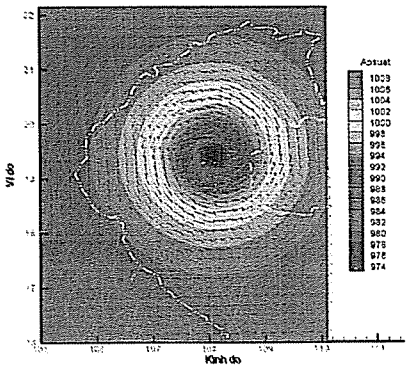
Ngày/giờ	Kinh độ (độ)	Vĩ độ (độ)	Pmin (mb	V_{max} (m/s)	BK gió cực đại	Hướng bão di chuyển	Vận tốc di chuyển của bão (km/h)
26/09/05 00:00	109.9	18.5	965	50	85	165	15
26/09/05 06:00	108.9	18.8	970	50	85	160	15
26/09/05 12:00	108.1	19.4	975	45	75	165	20
26/09/05 18:00	107.5	19.5	975	45	55	160	20
27/09/05 0:00	106.3	19.6	980	50	55	150	15
27/09/05 6:00	105	19.7	990	50	45	170	20
27/09/05 12:00	103.8	19.3	996	30	30	140	10

b. Khu vực nghiên cứu, lưới tính

Khu vực nghiên cứu là Vịnh Bắc Bộ với diện tích khoảng 126.250km^2, chiều dài khoảng trên 500 km, chiều rộng nơi rộng nhất khoảng 310 km, nơi hẹp nhất khoảng 220 km. Miền tính bao trùm toàn bộ Vịnh, có kinh độ từ 105^{0}00'E đến 110^{0}00'E, vỹ độ từ 16^{0}00S đến 22^{0}00'N, lưới tính được lấy là 1'.



0h ngày 26/9/2005

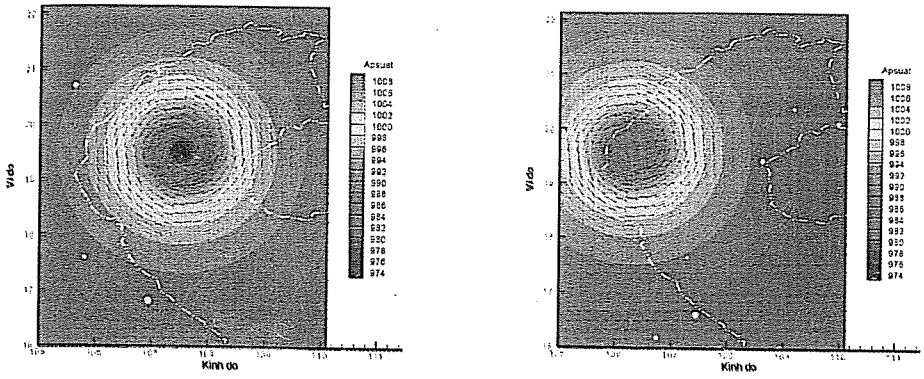


12h ngày 26/9/2005

c. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Điều kiện biên lỏng: các biên thuỷ triều tại các khu vực tiếp giáp giữa khu vực Vịnh Bắc Bộ với Biển Đông được tính từ mô hình truyền triều trên toàn vùng biển Đông sau khi đã được kiểm nghiệm.

Điều kiện khí tượng: trường gió và trường áp đầu vào được tính từ mô hình Isozaki cho cơn bão Damrey. Hình 5 mô tả trường gió và áp tính toán từ mô hình tại một số thời điểm.



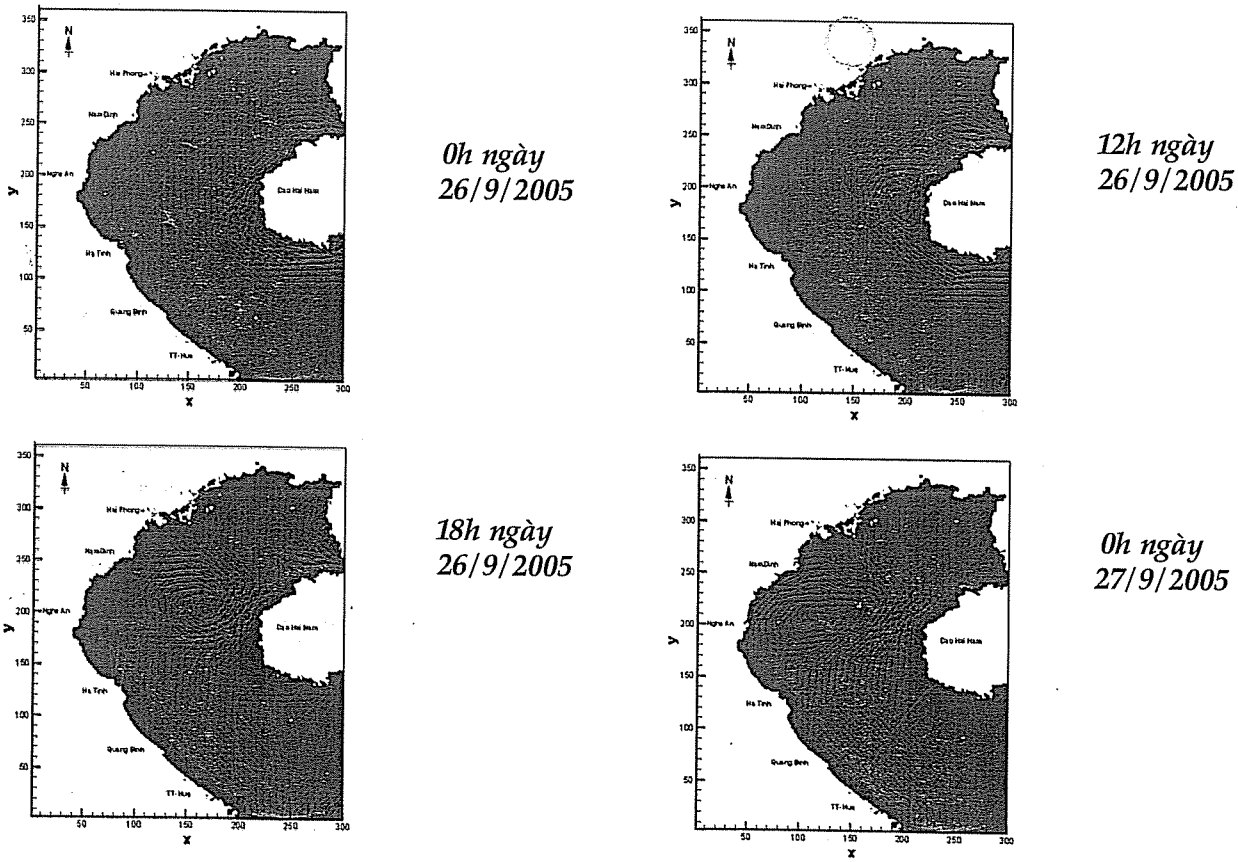
18h ngày 26/9/2005 *0h ngày 27/9/2005*

Hình 5. Trường gió và áp tại một số thời điểm (cơn bão số 7, tháng 9 năm 2005)

Thời gian tính toán mô phỏng từ 0 giờ ngày 26 tháng 9 năm 2005 đến 23h ngày 27 tháng 9 năm 2005.

d. Các kết quả tính toán

Kết quả tính toán về trường dòng chảy trung bình và độ dâng mực nước được trình bày dưới dạng bản đồ phân bố 2 chiều. Kết quả tính về giá trị nước dâng cực đại được dùng để so sánh với số liệu mực nước dâng thu thập được sau cơn bão.



0h ngày 26/9/2005

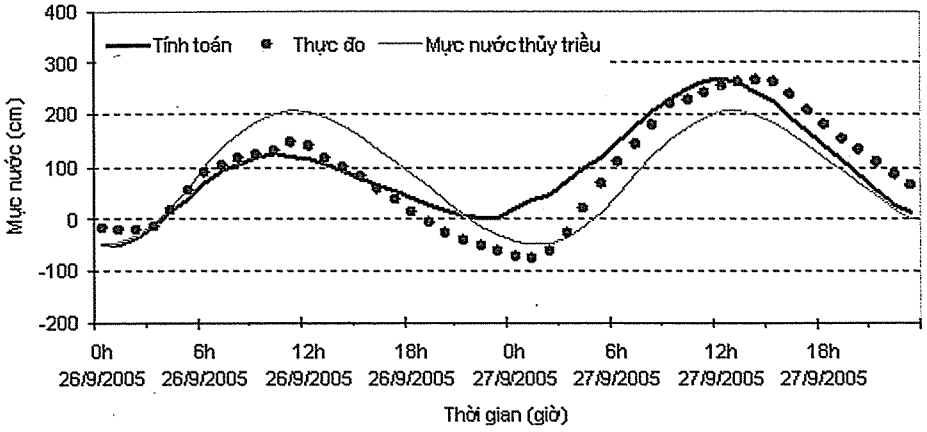
12h ngày 26/9/2005

18h ngày 26/9/2005

0h ngày 27/9/2005

Hình 5. Trường dòng chảy tại một số thời điểm (cơn bão số 7, tháng 9 năm 2005)

Hình 6 biểu diễn trường dòng chảy trong khu vực Vịnh Bắc Bộ tại các thời điểm 6h, 12h, 18h ngày 26 và 0h ngày 27 tháng 9 năm 2005. So sánh với số liệu trường gió trên hình 5, thấy rằng, trường dòng chảy tính toán có hướng và xoáy trùng với hướng gió trong bão.



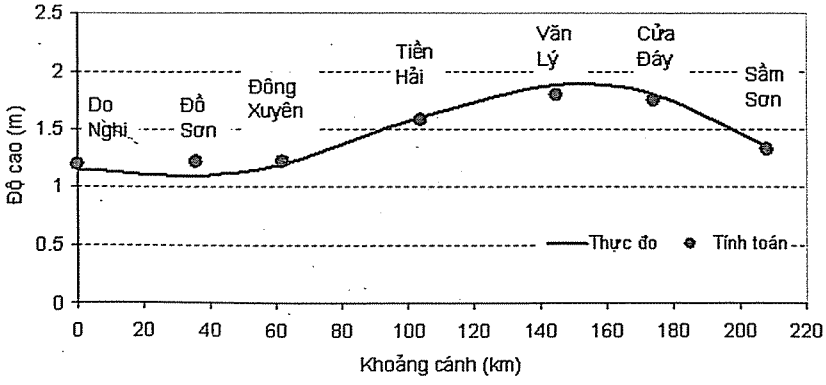
Hình 7. Biến trình mực nước tính toán và thực đo trạm Đông Xuyên

Hình 7 diễn tả biến trình theo thời gian của mực nước tính toán và thực đo tại trạm Đông Xuyên trong thời gian cơn bão Damrey đi qua. Có thể thấy mực nước tính toán và mực nước thực đo có sự tương đồng khá tốt. Pha triều trong tính toán phù hợp với thủy triều từ phân tích điều hòa và mực nước thực đo. Mực nước lớn nhất của kết quả tính toán xấp xỉ bằng với mực nước lớn nhất của số liệu thực đo. Như vậy, việc sử dụng mô hình số trị 3 chiều có tính đến ảnh hưởng của thủy triều, cho kết quả tính toán nước dâng do bão là rất khả quan. Đặc biệt, giá trị mực nước tổng cộng cực đại và thời gian xảy ra được dự báo khá chính xác bằng mô hình.

Bảng 2. Mực nước dâng tính toán và thực đo tại một số trạm (m)

	Do Nghi	Đồ Sơn	Đông Xuyên	Tiền Hải	Văn Lý	Cửa Đáy	Sầm Sơn
Thực đo	1.15	1.1	1.2	1.6	1.88	1.8	1.35
Tính toán	1.02	1.23	1.28	1.48	1.81	1.75	1.21

Hình 8 trình bày đường bao mực nước dâng giữa kết quả tính toán và thực đo trong cơn bão Damrey. Có thể nhận thấy rằng kết quả tính toán khá phù hợp với số liệu thực đo.



Hình 8. Đường bao mực nước dâng tính toán và thực đo

5. Kết luận

Mô hình số trị thủy động lực học POM đã được sử dụng để nghiên cứu, tính toán nước dâng trong bão có tính tới ảnh hưởng của thủy triều. Mô hình đã được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm với mực nước triều tại các trạm hải văn Hòn Dấu, Vũng Tàu và Hà Tiên. Kết quả kiểm nghiệm cho thấy sự tương đồng tốt

giữa tính toán và thực đo. Mô hình POM sau khi đã được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm được sử dụng để tính toán nước dâng do bão trong cơn bão Damrey 2005 trong khu vực Vịnh Bắc Bộ. Kết quả tính toán trường dòng chảy và mực nước dâng do bão khá phù hợp với kết quả thực đo. Như vậy, có thể kết luận rằng, mô hình POM có thể được phát triển cho các mục tiêu ứng dụng tính toán, dự báo nước dâng do bão và thuỷ triều trên vùng biển nước ta. Tuy nhiên, cần có những tính toán kiểm chứng nhiều hơn nữa trước khi đưa vào ứng dụng dự báo nghiệp vụ. Một trong những tồn tại trong nghiên cứu này là trường gió trong bão thực tế khác với giả thiết trường gió tính theo mô hình bán thực nghiệm của Isozaki, do đó mức độ dự báo nước dâng còn có hạn chế. Để dự báo nước dâng tốt hơn, cần thiết có trường dự báo gió, áp trong bão thực tế hơn, hoặc sử dụng trường gió, áp phân tích chi tiết từ số liệu đo đạc, số liệu vệ tinh.

Tài liệu tham khảo

1. *Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp nhà nước NCKH-06 (1996-2000), Biển Đông, Khí tượng thủy văn động lực biển, Nxb Đại học Quốc gia Hà nội, 2003.*
2. *TS. Lê Trọng Đào, ThS. Nguyễn Bá Thuỷ (2001), Mô hình dự báo nước dâng do bão của viện thuỷ lực Delft Hydraulics-Hà Lan. Tuyển tập báo cáo khoa học kỷ niệm 10 thành lập Trung tâm QGDBKTTV, Hà Nội.*
3. *TS. Trần Hồng Lam, TS. Nguyễn Tài Hợi, ThS. Nguyễn Bá Thủy (2006), Nước dâng do bão công tác triển khai dự báo nghiệp vụ tại Việt Nam, Tạp chí Khí tượng Thủy văn. Số 543 tháng 3 - 2- 2006.*
4. *TS. Nguyễn Vũ Thắng (1999), Xây dựng sơ đồ dự tính dự báo nước dâng ở vùng ven biển H ải Phòng, Luận án tiến sĩ địa lí - địa chất, Viện khí tượng thủy văn, Hà Nội.*
5. *PGS.TSKH. Phạm Văn Ninh (2000), Nước dâng do bão và gió mùa, Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp nhà nước KHCN-06 (1996-2000), Biển Đông, Tập II, Khí tượng Thuỷ văn động lực biển, Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia Hà Nội.*
6. *PGS.TS. Đỗ Ngọc Quỳnh (2000), Ứng dụng quy trình dự báo nước dâng bão, Trung tâm Khoa học tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Viện Cơ học. Hà Nội.*
7. *PGS.TS. Đỗ Ngọc Quỳnh (1996), Báo cáo tổng kết đề tài KT.03.06, Công nghệ dự bão nước dâng do bão ven bờ biển Việt Nam, Viện Cơ học - Trung tâm Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Quốc gia, Hà Nội.*
8. *Alan Blumberg and George Mellor (2004) POM2K program.*
9. *George L.Mellor (2004) Users guide for three-dimensional, primitive equation, numerical ocean model.*
10. *Numerical method in storm surge forecasting. Ghosk 1983, joint Raiirav Seminar on Marine Meteorology Services, Bombay, 1983*
11. *Present Techniques of tropical storm surge prediction, WWO report on Marine Meteorology Science Affraires, report No13, 1978.*
12. *Adrimalty Tide tables, volume III, The hydrographer of the NAVY, 1971*