

MỘT SỐ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THUYẾT TRIỀU VỊNH BẮC BỘ BẰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH

KS. Trần Hồng Lam - Trung tâm KTTV Biển

1. Khái quát sơ bộ điều kiện tự nhiên vùng vịnh Bắc Bộ

Vịnh Bắc Bộ ở vào khoảng vĩ độ $18^{\circ}20'N$ - $21^{\circ}40'N$, kinh độ $106^{\circ}08'E$ - $110^{\circ}00'E$ là vịnh lớn thứ hai của biển Đông với diện tích khoảng 150.000 km^2 , dạng nửa vành khuyên với chiều rộng khoảng 200 - 320 km và chiều dài khoảng 600 km, uốn theo trục chính của vịnh. Độ sâu trung bình toàn vịnh khoảng 50 - 60 m ở khu vực giữa vịnh, nơi sâu nhất tại vùng cửa vịnh khoảng 110 m. Vịnh ăn thông với biển Đông qua cửa vịnh ở phía nam với độ rộng khoảng 250 km, nơi sâu nhất trên 50 m khoảng 220 km. Ngoài ra biển Đông và vịnh còn thông nhau qua eo Hải Nam ở vùng đông bắc vịnh với độ rộng khoảng 30 km (vĩ độ $20^{\circ}00'N$ đến $20^{\circ}30'N$, $109^{\circ}15'E$ đến $110^{\circ}40'E$) với nơi sâu nhất khoảng trên 10 m. Trong vịnh có nhiều đảo, trong đó có những đảo khá lớn ở khu vực tỉnh Quảng Ninh (Việt Nam) như Cái Bàu, Kế Bào, Cát Bà, Cô Tô...khu vực quần đảo Bái Tử Long và Hạ Long với khoảng 3000 hòn đảo lớn nhỏ, chiếm một diện tích gần 3000 km^2 tạo thành một hệ thống lạch biển chằng chịt ra vào các cảng quan trọng vùng Hạ Long của Việt Nam. Ở ngoài khơi, còn có một số đảo không lớn và riêng biệt như Hòn Mát, Bạch Long Vĩ (cách Hải Phòng khoảng 150 km).

Khu vực này chịu ảnh hưởng trực tiếp của hệ thống gió mùa Đông Nam Á. Lượng mưa trung bình hàng năm dao động từ 1760 đến 1850 mm, lớn nhất có thể đạt đến 2200 mm. Mùa mưa kéo dài hơn 5 tháng từ giữa tháng V đến tháng X. Nhiệt độ không khí trung bình từ 26° đến $29^{\circ}C$, độ ẩm không khí thường rất cao từ 80% đến 100%. Trong thời gian mùa mưa, hướng gió chính của khu vực phụ thuộc vào hệ thống gió mùa tây nam biến tính khi thổi vào vịnh Bắc Bộ. Thời gian này thường xuất hiện các trận dông, lốc, mưa đá, đặc biệt là áp thấp nhiệt đới và bão mạnh với tần suất cao vào tháng VII và tháng VIII. Mùa khô kéo dài từ tháng XI năm trước đến tháng IV năm sau. Trong mùa đông, độ ẩm không khí giảm thấp hơn mùa mưa, độ ẩm trung bình dưới 80%. Trong thời gian này có ảnh hưởng trực tiếp của chế độ gió mùa đông bắc với hướng gió chính thường là bắc và đông bắc. Nhiệt độ không khí giảm, trung bình từ 16° đến $18^{\circ}C$, thấp nhất có thể xuống tới $5 - 7^{\circ}C$. Khoảng thời gian chuyển tiếp giữa các mùa, thời tiết khá ổn định có thể kéo dài vài tuần, vào khoảng cuối tháng IV đầu tháng V và cuối tháng X đầu tháng XI. Tuy nhiên, trong một số năm gần đây, do biến động của khí hậu toàn cầu nên vẫn có thể xuất hiện dông, lốc hoặc bão mạnh. Một đặc điểm quan trọng khác là vùng bờ phía tây của vịnh có một hệ thống sông ngòi đổ ra vịnh, đáng chú ý nhất là hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình của Việt Nam. Sông Hồng có diện tích lưu vực 143700 km^2 với chiều dài dòng chính khoảng 1130 km. Tổng lượng nước bình quân nhiều năm đạt đến 114.10^9 m^3 và dòng bùn cát 114 triệu tấn/năm, chiếm 57% lượng bùn cát của các sông ở Việt Nam. Hợp với hệ thống sông Hồng là sông Thái Bình với tổng lượng nước bình quân nhiều năm tại Phả Lại đạt đến $8,26.10^9 \text{ m}^3$ và dòng bùn cát khoảng 1,1 triệu tấn/năm. Hai hệ thống sông này đã bồi đắp lên đồng bằng châu thổ sông Hồng (Việt Nam) và hiện nay vẫn đang tiếp tục lấn dần ra biển với tốc độ bình quân hàng năm khoảng 80-100 m/năm.

Chế độ dòng chảy vịnh Bắc Bộ ở vùng có độ sâu trên 10 m được phân chia theo hai mùa rõ rệt. Mùa đông do bị ảnh hưởng của hệ thống gió mùa đông bắc, phần phía tây hướng dòng chảy thường men theo bờ biển đi xuống phía nam, ngược lại, bên bờ phía đông của vịnh dòng chảy lại men theo bờ đi lên phía bắc tạo thành hoàn lưu khép kín với vận tốc trung bình vào khoảng 25 - 30 cm/s. Về mùa hè, do ảnh hưởng của chế độ gió mùa tây nam biến tính khi thổi vào vịnh nên chế độ dòng chảy của vịnh không ổn định, thường thì có thể chia thành hai vùng riêng biệt. Ở khu vực phía bắc vịnh (khoảng trên vĩ độ 19°N) có một hoàn lưu cùng chiều kim đồng hồ với tốc độ dòng trung bình vào khoảng 20 - 25 cm/s, ở phần phía dưới vĩ độ 19°N lại tồn tại một hoàn lưu có chiều ngược lại với tốc độ dòng chảy có thể đạt từ 30 - 35 cm/s. Đặc điểm của sóng biển bị ảnh hưởng trực tiếp từ chế độ gió biến đổi theo mùa với các hướng bắc, đông bắc (mùa đông) và đông nam, nam (mùa hè). Theo thống kê các số liệu quan trắc hải văn trong nhiều năm qua [1], [4], độ cao sóng tại khu vực ven bờ phía tây trung bình đạt khoảng 1,0 m đến 1,3 m vào mùa đông với hướng sóng là đông bắc, bắc và khoảng 1,4 m đến 1,6m vào mùa hè với hướng sóng chính là đông, đông nam và nam. Độ cao sóng lớn nhất ở vịnh Bắc Bộ trong trường hợp có bão dao động trong khoảng 4,0 m đến 5,0 m. Hướng sóng chính thịnh hành là đông bắc, đông và đông nam. Thủy triều vịnh Bắc Bộ chủ yếu được truyền vào từ biển Đông thông qua cửa vịnh ở phía nam và eo Hải Nam ở phía đông bắc. Các kết quả tính toán của nhiều tác giả [3],[4] đã chỉ ra rằng thủy triều vịnh Bắc Bộ mang tính nhật triều là chủ yếu. Chế độ nhật triều đều chiếm khoảng 2/3 diện tích toàn vịnh với biên độ triều lớn trên 3 m, số diện tích còn lại thuộc vào chế độ nhật triều và bán nhật triều không đều.

2. Mô hình toán và sơ đồ lưới sai phân

a. Mô hình toán

Hệ các phương trình cơ bản sử dụng tính toán được viết dưới dạng hệ tọa độ Đề-các theo thời gian với trục x hướng sang phía đông, trục y hướng lên phía bắc[7],[8]:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial x} - g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{(\rho_o D)} \tau_x^s + \frac{1}{(\rho_o D)} \tau_x^b + N_H \left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial P_a}{\partial y} - g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{(\rho_o D)} \tau_y^s + \frac{1}{(\rho_o D)} \tau_y^b + N_H \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial UD}{\partial x} + \frac{\partial VD}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

Trong đó: f - tham số Coriolis [1/s]; N_H - hệ số nhớt động học theo phương ngang [cm^2/s]; U, V – thành phần tốc độ trung bình theo độ sâu theo các hướng trục x, y [cm/s]; $\tau_x^s; \tau_y^s$ - các ứng suất gió bề mặt [N/cm^2] theo các hướng x, y ; $\tau_x^b; \tau_y^b$ - các ứng suất đáy [N/cm^2] theo các hướng x, y ; D - độ sâu tổng cộng [cm]; H - độ sâu trung bình [cm]; ζ - mực nước so với giá trị trung bình [cm]; g - gia tốc trọng trường [cm/s^2].

Điều kiện ban đầu: mặt biển ở trạng thái cân bằng tĩnh học và được xem xét là:

$$U = U(x, y, t = t_o) = 0; \quad V = V(x, y, t = t_o) = 0; \quad \zeta = \zeta(x, y, t = t_o) = 0 \quad (4)$$

Điều kiện biên:

$$\text{- Tại biên cứng: chất lỏng được coi là dính và } U(x, y, t) = V(x, y, t) = 0 \quad (5)$$

$$\text{- Tại biên lỏng: biết trước dao động mực nước } \zeta = \zeta(x, y, t) \quad (6)$$

- Điều kiện phản xạ: $U_n = \zeta \sqrt{g/D}$ (7)

b. Sơ đồ lưới sai phân

Người ta có thể sử dụng nhiều sơ đồ sai phân khác nhau để sai phân hoá hệ phương trình (1), (2) và (3). Ở đây sử dụng sơ đồ lưới sai phân so le, các thành phần U được xác định tại giao điểm của các đường thẳng song song với trục hoành có chỉ số tăng dần theo hướng nam - bắc (i, i+1, i+2...) và các đường thẳng song song với trục tung có chỉ số tăng dần theo hướng tây - đông (j+1/2, j+3/2...). Các thành phần V được xác định tại giao điểm của các đường thẳng song song với trục tung có chỉ số tăng dần theo hướng nam - bắc (i+1/2, i+3/2...) và các đường thẳng song song với trục tung có chỉ số tăng dần theo hướng tây - đông (j+1, j+2...). Tại mỗi điểm nút là giao điểm của lưới song song với trục x có chỉ số tăng dần theo hướng tây - đông (j, j+1, j+2...) và trục y có chỉ số tăng dần theo hướng nam - bắc (i, i+1, i+2...) xác định dao động mực nước ζ . Bước lưới không gian $\Delta x = \Delta y = h$. Như vậy, tại mỗi nút điểm (i,j) xác định ba thành phần một điểm U, một điểm V và một điểm ζ . Giả sử ta có hàm $\Phi(x, y)$ xác định liên tục trong miền tính khi đó sơ đồ sai phân theo không gian theo phương x đối với đạo hàm bậc nhất và bậc hai có dạng:

- Sai phân tiến: $\frac{\partial \Phi}{\partial x} = \frac{\Phi(x+h) - \Phi(x)}{h} + O(h)$ (8)

- Sai phân lùi: $\frac{\partial \Phi}{\partial x} = \frac{\Phi(x) - \Phi(x-h)}{h} + O(h)$ (9)

- Đạo hàm bậc hai: $\frac{\partial^2 \Phi(x)}{\partial x^2} = \frac{\Phi(x+h) + \Phi(x-h) - 2\Phi(x)}{h^2} + O(h^2)$ (10)

Các đạo hàm theo thời gian sử dụng sơ đồ ẩn đối với ζ tại điểm (i,j), sơ đồ hiện đối với U tại điểm (i,j+1/2) và V tại điểm (i+1/2,j). Các đạo hàm theo thời gian và không gian đối với phương y được thực hiện tương tự.

Như vậy, sau khi thay các thành phần vi phân bằng các thành phần sai theo không gian và thời gian vào hệ phương trình trên thu được một hệ phương trình sai phân. Áp dụng phương pháp lặp luân hướng ẩn (ADI) đối với hệ phương trình sai phân này thu được hai hệ phương trình đại số theo hướng x và y dưới dạng:

Theo hướng x: $a_j^n \zeta_{i,j}^{n+1/2} + b_j^n U_{i,j-1/2}^{n+1} + c_j^n U_{i,j+1/2}^{n+1} = A_j^n$
 $e_j^n U_{i,j+1/2}^{n+1} + f_j^n \zeta_{i,j}^{n+1/2} + g_j^n \zeta_{i,j+1}^{n+1/2} = B_j^n$ (11)

Theo hướng y: $a_i^{n+1/2} \zeta_{i,j}^{n+1} + b_i^{n+1/2} V_{i-1/2,j}^{n+1} + c_i^{n+1/2} V_{i+1/2,j}^{n+1} = A_i^{n+1/2}$
 $e_i^{n+1/2} V_{i+1/2,j}^{n+1} + f_i^{n+1/2} \zeta_{i,j}^{n+1} + g_i^{n+1/2} \zeta_{i+1,j}^{n+1} = B_i^{n+1/2}$ (12)

Trong đó các tham số a, b, c, e, f, g và A, B được xác định khi thay các thành phần vi phân bằng các thành phần sai phân theo các công thức (8), (9) và (10) ở bước thời gian trước đó (n-1).

Giải hệ các phương trình trên ở hai nửa bước thời gian. Đối với phương x, ở nửa bước thời gian đầu $t = t_0 + \frac{\Delta t}{2}$ hệ phương trình (11) được giải với trường ban đầu được xác định theo điều kiện (4) các trường ẩn $U^{n+1}, \zeta^{n+1/2}$ được xác định. Ở nửa bước thời gian sau $t = t_0 + \Delta t$, ta tìm các nghiệm V^{n+1}, ζ^{n+1} theo phương y với trường ban đầu là các ẩn $U^n, \zeta^{n+1/2}$ vừa tìm được theo phương x ở trên. Các bước thời gian tiếp

theo được thực hiện tương tự, chỉ khác là trường ban đầu được xác định từ các trường ẩn ở bước thời gian trước đó.

3. Áp dụng tính toán đối với vịnh Bắc Bộ

a. Các tham số áp dụng tính toán

- Tham số Coriolis được xác định theo vĩ độ địa lý trung bình của toàn miền tính.

- Hệ số ma sát rối theo phương ngang: trong tính toán thủy triều vịnh Bắc Bộ, chúng tôi sử dụng hệ số này có giá trị là $0,37 \cdot 10^7$ (cm²/s).

- Hệ số ma sát đáy: Hệ số này được xác định tại điểm tính dao động mực nước $\zeta_{i,j}$ theo công thức:

$$R_{x,j,i+1/2}^n = \sqrt{(U_{i,j,i+1/2}^n)^2 + (\bar{V}^{u,n})^2} / (\rho_o D_{u,i,j,i+1/2}^n) \quad (13)$$

$$R_{y,i+1/2,j}^n = \sqrt{(\bar{U}^{v,n})^2 + (V_{i+1/2,j}^n)^2} / (\rho_o D_{v,i+1/2,j}^n) \quad (14)$$

Trong đó $\bar{V}^{u,n}$, $\bar{U}^{v,n}$ là các thành phần vận tốc trung bình xung quanh điểm tính (i,j).

- Ứng suất gió và áp suất khí quyển tại bề mặt biển được coi là không có.

- Lưới tính không gian: lưới tính không gian được chia với độ phân giải 5' kinh vĩ độ có $\Delta x = \Delta y \cong 3700m$. Toàn vùng tính theo điểm xác định $\zeta_{i,j}$ gồm 164 điểm biên (biên cứng và biên lỏng) và 1266 điểm tính.

- Bước thời gian tính toán: Bước thời gian tính toán đã được lựa chọn theo giới hạn của điều kiện Curren- Friedrichs – Levy (CFL) và có giá trị $\Delta t = \tau = 60'(s)$.

- Điều kiện biên:

+Điều kiện biên cứng: được coi là dính và không có dòng chảy qua biên.

+Điều kiện biên lỏng: là dao động thủy triều trên biên lỏng (thông qua hằng số điều hoà) của 4 sóng chính [4] tại vùng cửa vịnh và eo Hải Nam xác định theo công thức:

$$\zeta_i = A_o + \sum_{i=1}^N f_i H_i \cos[q_i t + (V_o + u) - g_i] \quad (15)$$

Trong đó: ζ_i - độ cao mực nước tại thời điểm t của thời gian mặt trời trung bình; A_o - độ cao trung bình của mực nước nhiều năm; f_i - hệ số suy giảm phụ thuộc vào điều kiện thiên văn của thời điểm dự tính; q_i - tần số góc của các sóng thành phần; $(V_o + u)$ - pha thiên văn ban đầu; H_i, g_i - hằng số điều hoà về biên độ và pha của các sóng triều thành phần.

b. Phân tích kết quả tính toán

Sử dụng mô hình trên, chúng tôi tiến hành tính toán thủy triều vịnh Bắc Bộ với trường hợp các sóng đơn riêng rẽ. Từ các tham số đầu vào như trên, mô hình ổn định và hội tụ tại thời điểm tính ở chu kỳ thứ tư (một chu kỳ tương ứng với 86400s – giờ mặt trời trung bình). Các kết quả tính toán in mô phỏng từ giờ tính thứ 96 đến giờ tính thứ 121, giá trị các đường đẳng pha của các sóng triều thành phần đã quy chuẩn về giờ địa phương có kinh độ 105°E – múi giờ -7).

Kết quả tính của mô hình về bức tranh phân bố hằng số điều hoà biên độ và pha thủy triều của các sóng K1, O1, M2, S2 được chỉ ra trên các hình từ hình 1 đến hình 4. Từ các hình này có thể nhận xét sơ bộ như sau:

- Sóng nhật triều K1, O1: có biên độ nhỏ ở vùng cửa vịnh (10 – 20 cm) và tăng dần theo vĩ tuyến lên đến đỉnh vịnh (80 – 90 cm). Tại các vùng nước nông ven bờ phía đông (đảo Hải Nam) và phía tây (bờ biển Việt Nam) ảnh hưởng địa hình khu vực là đáng kể (đặc biệt đối với sóng K1). Xu thế chung của hai sóng này là có biên độ cao ở hai ven bờ và nhỏ ở khu vực giữa vịnh. Các đường đẳng biên độ có trục chính truyền sóng triều theo hướng đông nam – tây bắc. Cũng từ trên các hình này có thể thấy chiều xoay của các sóng nhật triều là ngược chiều kim đồng hồ.

- Sóng bán nhật M2, S2: bức tranh các sóng triều M2 và S2 ở vịnh Bắc Bộ (hình 3 và 4) có biên độ nhỏ hơn nhiều so với các sóng nhật triều K1 và O1. Các đường đẳng biên độ của các sóng này không tăng nhiều khi so sánh giữa vùng cửa vịnh và vùng đỉnh vịnh. Ảnh hưởng của địa hình vùng ven bờ đối với các sóng này là không lớn. Các đường đẳng pha của các sóng này cho thấy sóng triều bán nhật truyền vào vịnh với hướng xoay cùng chiều kim đồng hồ. Khu vực giữa vịnh là nơi có biên độ nhỏ sau đó tăng dần theo hai phía cửa vịnh và đỉnh vịnh.

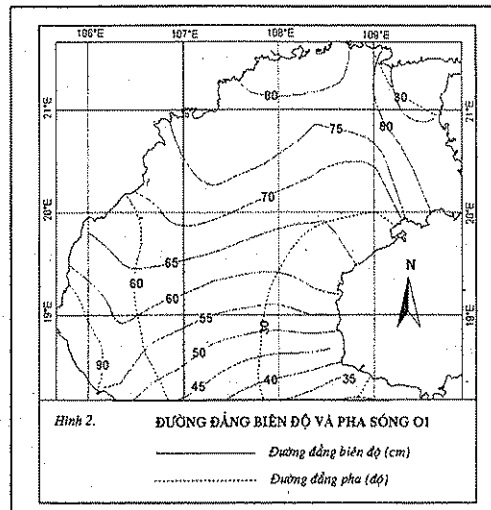
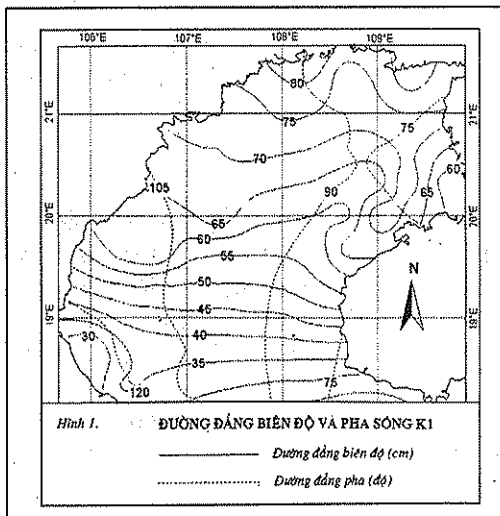
Các kết quả tính còn cho thấy, sóng triều vịnh Bắc Bộ được truyền vào từ biển Đông (Việt Nam) qua cửa vịnh với biên độ của các sóng toàn nhật và các sóng bán nhật gần giống nhau (chênh lệch biên độ của các sóng này không lớn). Tuy nhiên, khi truyền sâu vào trong vịnh thì biên độ các sóng nhật triều (K1, O1) tăng dần theo vĩ tuyến còn các sóng bán nhật (M2, S2) thì giảm dần tại khu vực giữa vịnh sau đó mới tiếp tục tăng. Điều này có thể thấy rằng ảnh hưởng của địa hình khu vực có vai trò đáng kể đối với việc truyền sóng triều trong vịnh, lúc đầu khi qua cửa vịnh thì các sóng triều là các sóng tiến, nhưng khi truyền sâu vào trong vịnh qua các khu vực địa hình khác nhau đã làm cho bức tranh triều thêm đa dạng, phức tạp với sự xuất hiện các sóng đứng - tiến và tiến - đứng xoay vòng hỗn hợp.

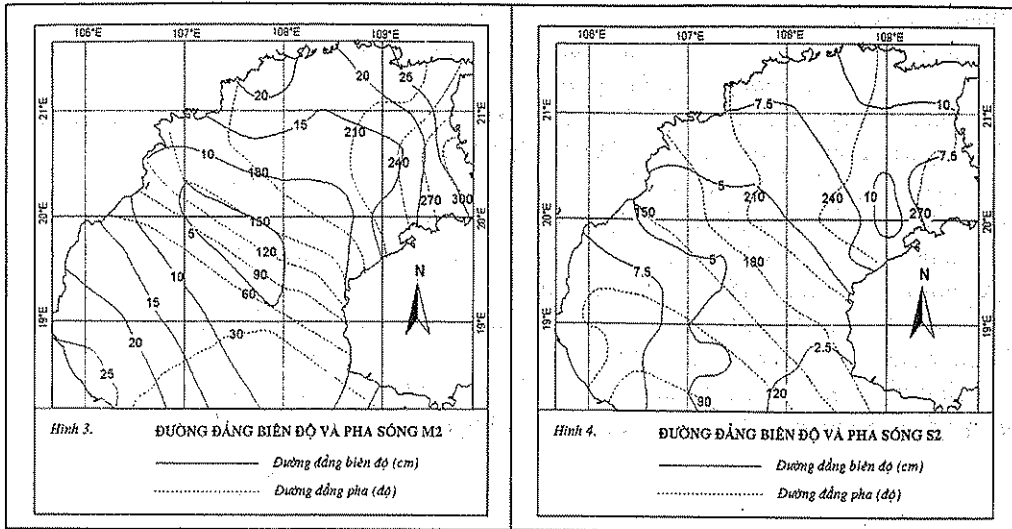
Kết luận và kiến nghị

Các kết quả tính toán thủy triều vịnh Bắc Bộ bằng mô hình trên đây có thể rút ra một số kết luận chính như sau:

- Sử dụng mô hình tính của chúng tôi để tính toán thủy triều tại các vùng nước nông thuộc dải ven bờ biển Việt Nam nói chung và vịnh Bắc Bộ nói riêng là thích hợp.

- Kết quả tính của mô hình đã xác định được thủy triều vịnh Bắc Bộ chủ yếu được truyền vào từ biển Đông, những biến đổi phức tạp về biên độ của cả các sóng bán nhật và toàn nhật là do ảnh hưởng của địa hình khu vực gây ra.





- Những kết quả mô hình đạt được đã góp phần làm rõ những đặc điểm của chế độ thủy triều vịnh Bắc Bộ, trên cơ sở đó góp phần hoàn thiện phương pháp tính toán mô phỏng thủy triều. Đồng thời có giá trị tham khảo trong việc khai thác hợp lý và bảo vệ môi trường vùng bờ biển Việt Nam nói chung và khu vực vịnh Bắc Bộ nói riêng.

-Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu của chúng tôi chỉ là những nghiên cứu bước đầu về chế độ thủy triều bằng phương pháp mô hình với sự hiện diện đầy đủ các thành phần rối động lực theo phương ngang. Việc nghiên cứu thủy triều ở vùng vịnh Bắc Bộ bằng phương pháp mô hình là một vấn đề khó cần phải có những nghiên cứu sâu hơn để hoàn thiện mô hình. Chính vì vậy, tác giả kiến nghị nên có những nghiên cứu sâu hơn theo nhiều hướng, nhiều phương pháp giải mô hình số khác nhau để có thể tính toán tốt chế độ thủy triều phục vụ tích cực cho mục đích phát triển kinh tế và an ninh quốc phòng ở khu vực.

Các hướng nghiên cứu sâu hơn có thể tập trung vào các lĩnh vực sau:

- Xây dựng, phát triển và hoàn thiện các mô hình toán của các tác giả ở trong nước để dự tính và dự báo thủy triều, nước dâng do bão phù hợp khu vực vịnh Bắc Bộ và ven bờ của Việt Nam .

- Khai thác, áp dụng các công nghệ dự tính và dự báo về các quá trình thủy triều, nước dâng đang được sử dụng rộng rãi ở nước ngoài vào điều kiện Việt Nam.

- Xây dựng các chương trình thu thập và khảo sát bổ sung số liệu đo đạc về dòng chảy, mực nước, lưu lượng nước tại các vùng cửa sông thuộc vịnh Bắc Bộ làm cơ sở cho việc kiểm nghiệm, điều chỉnh các tham số mô hình phù hợp với khu vực.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Văn Cư và NNK (1997), Báo cáo tổng kết đề tài Nguyên nhân và giải pháp phòng tránh sa bồi luồng tàu vùng cảng Hải Phòng, Đề tài nghiên cứu cấp tỉnh (thành phố) của TP. Hải Phòng do Viện Địa lý thuộc Trung tâm Khoa học tự nhiên và Công nghệ Quốc gia chủ trì, Hà Nội.

2. Phạm Ngọc Hồ (1979), Thủy động lực học, Đại học Tổng hợp, Hà Nội.

3. Nguyễn Ngọc Thụy (1984), *Thủy triều vùng biển Việt Nam*, Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
4. Nguyễn Ngọc Thụy, Trần Hồng Lam, Vương Quốc Cường (1995), *Mô hình T1 tính toán thủy triều và dòng triều biển Đông*, tập các Báo cáo khoa học của đề tài thủy triều biển Đông và mực nước biển dâng ở ven biển Việt Nam, mã số KT 03 03 thuộc Chương trình biển cấp nhà nước (1991-1995), Hà Nội.
5. Nguyễn Thế Tường (2000), *Sổ tay tra cứu các đặc trưng khí tượng thủy văn vùng thềm lục địa Việt Nam*, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.
6. Blumberg A. F (1977). "Numerical Tidal model of Chesapeake Bay", *Journal of Hydraulics Division*, ASCE Vol 103, pp 1-9.
7. Kowalik. Z., Murty, T. S. (1995), *Numerical Modeling of Ocean Dynamics*, World Scientific, Singapore, New Jersey, London, Hongkong.
8. Rolando S. B. (1992), *A Barotropic Wind and Tide included Circulation Model for the gulf of Lingayen*, Master of Science in Meteorology, Diliman, Quezon city.

(tiếp theo trang 19)

2. Những số liệu thực đo về các yếu tố KTTV biển đã được tận dụng tối đa để tính toán và so sánh với kết quả tính toán.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Xuân Hùng. Động lực học công trình biển. NXB KHKT. Hà Nội – 1999.
2. Subrata K. Chakrabarti. Nonlinear Methods in Offshore Engineering. Elsevier Science Publishing Company Inc. New York. NY 10017, U.S.A.
3. Christopher G. Koutitas. Mathematical Models in Coastal Engineering. Aristotle University, Greece
4. Guide to Wave Analysis and Forecasting. WMO – No. 702, 1988; 1998.
5. Tiêu chuẩn và quy phạm Xây dựng NSIP 2.06.04.82 *. Tải trọng và tác động lên các công trình thủy kỹ thuật. M. 1986. (tiếng Nga).