

Bài báo khoa học

Nghiên cứu phương pháp quy chuyển độ cao giữa hải đồ và bản đồ địa hình đáy biển dựa trên dữ liệu thủy triều tại khu vực Vịnh Bắc Bộ

Nguyễn Đình Hải¹, Nguyễn Gia Trọng^{2,3}, Phạm Văn Tuấn¹, Bùi Văn Tòng^{1*}, Nguyễn Tiến Thành¹

¹ Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển, Quân chủng Hải quân;
hthhaithem@gmail.com; tuandv1k53@gmail.com; tongd6@gmail.com;
nguyen.tien.thanh.navy@gmail.com

² Khoa Trắc địa - Bản đồ và Quản lý đất đai, Trường Đại học Mỏ - Địa chất;
nguyengiatrong@humg.edu.vn

³ Nhóm nghiên cứu Trắc địa cao cấp - Môi trường, Trường Đại học Mỏ - Địa chất;
nguyengiatrong@humg.edu.vn

*Tác giả liên hệ: tongd6@gmail.com; Tel.: +84-899148655

Ban Biên tập nhận bài: 5/7/2023; Ngày phản biện xong: 7/8/2023; Ngày đăng bài: 25/8/2023

Tóm tắt: Bản đồ địa hình và hải đồ có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong việc bảo vệ an ninh quốc phòng, chủ quyền biển đảo cũng như phát triển kinh tế xã hội. Sự chênh lệch giá trị độ cao trên bản đồ địa hình và hải đồ là một vấn đề đang được nhiều nhà khoa học quan tâm. Vấn đề đồng bộ hai giá trị này về cùng một mặt chuẩn trên diện rộng là rất khó khăn và vô cùng phức tạp. Để quy chuyển độ cao giữa bản đồ địa hình và hải đồ, các nhà nghiên cứu trước đây thường xác định độ chênh giữa độ cao hải đồ và bản đồ địa hình tại các trạm nghiệm triều rồi tiến hành nội suy tầng dày cho các điểm khác. Nghiên cứu sử dụng phương pháp quy chuyển độ cao hải đồ và bản đồ địa hình về một mặt chuẩn bằng phương pháp dự báo thủy triều nhiều năm, cụ thể là tại khu vực Vịnh Bắc Bộ ứng dụng mô hình Delft 3D. Kết quả thủy triều đạt độ chính xác cao và thiết lập được bản đồ phân bố A_0 . Tác giả đã tiến hành quy chuyển độ cao hai mảnh bản đồ trong khu vực nghiên cứu và nhận được kết quả tốt từ việc so sánh các giá trị lồng ghép và đo đạc thực tế với độ lệch không vượt quá 0,5 m. Độ lệch quy chuyển độ cao giữa hải đồ và bản đồ địa hình tại các điểm kiểm tra đạt ở mức 6 cm.

Từ khóa: Bản đồ địa hình; Hải đồ; Quy chuyển độ cao; Delft 3D.

1. Mở đầu

Hiện nay, hiệp đồng diễn tập giữa các đơn vị bộ binh và quân chủng Hải quân diễn ra thường xuyên và liên tục, mà bản đồ nói chung (bao gồm lục đồ và hải đồ) đóng vai trò cực kỳ quan trọng, nhất là giá trị địa hình khu vực giáp gianh giữa biển và đất liền, biển và đảo, nó có nghĩa quyết định quy mô tổ chức chiến thuật tác chiến, hướng và vị trí đổ bộ của các phương tiện chiến tranh. Tuy nhiên các giá trị về địa hình trên hai bản đồ này không được quy chuẩn về cùng một mặt phẳng nên việc khai thác ứng dụng hai loại bản đồ này rất khó khăn [1]. Qua quá trình nghiên cứu, khai thác khoa học công nghệ tiên tiến và cơ sở dữ liệu phong phú tại đơn vị, tác giả đã thử nghiệm xử lý lồng ghép giá trị độ sâu giữa bản đồ lục địa và bản đồ biển bằng phương pháp dự báo thủy triều nhiều năm tại khu vực Vịnh Bắc Bộ. Đây là khu vực có tính chất nhật triều, biên độ dao động lớn có thể lên tới 4,2 m và chịu ảnh

hường khá nhiều bởi yếu tố địa hình. Ngoài ra khu vực cửa vịnh là nơi giao thoa các tính chất triều nên thủy triều biến đổi khá phức tạp [2].

Dưới đây là một số khái niệm sử dụng trong nghiên cứu:

Số “0 hải đồ” hay còn gọi là số “0 độ sâu” sử dụng trong bản đồ biển, được lấy trùng với mực nước cực tiểu triều thiên văn (mực nước ròng thấp nhất có thể xảy ra), ở một số nước giá trị này được xác định bằng cách phân tích độ cao triều trong chuỗi độ cao nhiều năm (lý tưởng nhất là 19 năm) dự tính theo các hằng số điều hòa, rồi chọn lấy độ cao mực nước ròng thấp nhất trong số tất cả những độ cao dự tính trong những năm đó [1, 3].

Số “0 lục địa” là mực chuẩn dùng đo các độ cao trên đất liền như độ cao của đê, đập, cầu cảng... Được lấy trùng với mực nước biển trung bình nhiều năm [1, 3].

Như vậy để lồng ghép được giá trị độ sâu giữa 2 loại bản đồ với nhau thì cần tính được giá trị mực nước biển trung bình trong nhiều năm (A_0) theo mốc số “0 hải đồ” là có thể giải quyết được bài toán.

Hiện tại toàn bộ hải đồ khu vực Vịnh Bắc Bộ đều đã được Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển chuẩn hóa và biên tập với giá trị độ sâu lấy theo mốc “số 0 hải đồ”. Do đó để lồng ghép với lục đồ thì cần tính được giá trị mực nước trung bình nhiều năm tại từng vị trí là có thể lồng ghép hai loại bản đồ này với nhau. Tuy nhiên do điều kiện không cho phép nên giá trị A_0 khu vực ngoài khơi xa hay những trạm hải văn phụ quan trắc không được dài ngày, độ chính xác không cao. Do đó, giải pháp nghiên cứu đưa ra là sử dụng mô hình dự báo thủy triều, tiến hành dự báo dài hạn sau đó tính kết quả A_0 từng vị trí trên khu vực nghiên cứu, từ đó đưa ra được bản đồ phân bố mực nước trung bình nhiều năm toàn vùng nghiên cứu.

Tính toán, dự báo thủy triều là một trong những công việc cơ bản mà mỗi đơn vị, cơ quan, trung tâm nghiên cứu đều quan tâm. Sự phát triển của khoa học công nghệ cùng với việc ra đời của các mô hình toán đã làm cho việc tính toán, dự báo thủy triều trở nên đơn giản và dễ dàng hơn rất nhiều. Có thể kể đến các mô hình toán như: Mô hình MIKE (Đan Mạch), Delft 3D (Hà Lan)... Tuy nhiên, mỗi mô hình đều có những ưu và nhược điểm khác nhau, tùy thuộc vào đặc điểm và yêu cầu của bài toán để lựa chọn mô hình phù hợp. Nghiên cứu này lựa chọn mô hình Delft 3D Open source của viện nghiên cứu thủy động lực Hà Lan. Đây là mô hình cho phép người dùng có thể can thiệp, cải tiến, thêm các phương trình toán thông qua ngôn ngữ lập trình Python. Do đó, giá trị A_0 sẽ được tính toán trực tiếp trên mô hình toán mà không phải mất thời gian trích xuất dữ liệu và tính toán bằng công cụ ngoài.

Nghiên cứu ứng dụng mô hình thủy văn, thủy lực tại Việt Nam hết sức phong phú thông qua các công bố đã có. Xâm nhập mặn là một trong những loại thiên tai xảy ra khá phổ biến tại nước ta, các tác giả đã sử dụng mô hình MIKE, MIKE 3, MIKE 11 ... để nghiên cứu mô phỏng xâm nhập mặn cho các vùng cửa sông [4–9]. Trên cơ sở ứng dụng các mô hình MIKE 21 FM, MIKE 21 COUPLE các nhà nghiên cứu đã tính toán dòng chảy cho các vùng ven biển và ảnh hưởng của dòng chảy đối với các hình thái cửa sông ven biển [10–12].

Trong những năm gần đây, vấn đề quản lý và sử dụng tài nguyên nước được đặc biệt quan tâm nhằm sử dụng một cách bền vững và có hiệu quả nguồn tài nguyên này. Trong công trình [13], các tác giả đã sử dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 HD để tính toán tài nguyên nước mặt cho vùng đồng bằng sông Cửu Long.

Là quốc gia chịu ảnh hưởng nặng nề của biến đổi khí hậu, nghiên cứu mô phỏng và xây dựng bản đồ ngập lụt được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Tác giả Nguyễn Xuân Tiến và nhiều người khác [14–15] đã áp dụng mô hình thủy văn, thủy lực mô phỏng lũ, ngập lụt cho một số hệ thống sông. Bên cạnh đó, các tác giả cũng tính toán được lượng xả lũ tối ưu trên cơ sở các mô hình nêu trên [14].

Để có thể quy chuyển được độ cao hải đồ với độ cao bản đồ địa hình, một vấn đề hết sức quan trọng đó là cần phải thiết lập được các mặt chuẩn mực nước biển như mặt “0” độ sâu, trung bình và mặt nước biển cao nhất. Trong các nghiên cứu [16–17] đã xác định được các bề mặt nêu trên đồng thời vẽ được bản đồ các bề mặt chuẩn mực nước biển trên cơ sở sử

dụng công cụ ArcGIS. Tuy nhiên trong các công trình nêu trên chưa bàn đến việc quy chuyển độ cao giữa hải đồ và bản đồ địa hình cho các bản đồ đã có.

Lương Thanh Thạch và nhiều người khác [18] đã nghiên cứu quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển cho luồng hàng hải Lạch Huyện dựa trên các mô hình mặt biển đã được đề cập trong [16–17].

Trên cơ sở sử dụng mô hình MIKE 21 FM, tác giả [19] đã tiến hành quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình tính toán thủy triều và các mô hình mặt biển. Bản chất khi tính chuyển sử dụng mô hình MIKE để dự báo thủy triều sẽ lấy mặt chuẩn là chuẩn độ cao trên lục địa (hay chuẩn độ cao của bản đồ địa hình).

Từ các phân tích nêu trên có thể thấy, mặc dù đã có nhiều công trình nghiên cứu sử dụng mô hình thủy văn, thủy lực cho nhiều mục tiêu ứng dụng khác nhau nhưng chưa có công trình nào tại Việt Nam sử dụng mô hình thủy văn để quy chuyển giá trị độ cao giữa bản đồ địa hình và hải đồ. Mô hình Delft 3D cho phép dự báo thủy triều trên cơ sở số “0” hải đồ, dữ liệu địa hình và dữ liệu nghiệm triều. Nghiên cứu này sẽ sử dụng mô hình Delft 3D, dữ liệu thủy triều để quy chuyển độ cao giữa hải đồ và bản đồ địa hình cho khu vực thực nghiệm tại Vịnh Bắc Bộ, Việt Nam.

2. Giới thiệu về khu vực, dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Khu vực và dữ liệu thực nghiệm

Khu vực nghiên cứu của bài báo này bao gồm toàn bộ vùng nước của Vịnh Bắc Bộ với diện tích mặt nước khoảng 120.000 km² giới hạn bởi eo biển Quỳnh Châu rộng khoảng 35 km giữa bán đảo Lôi Châu và đảo Hải Nam thuộc Trung Quốc và cửa chính của vịnh được xác định là đường thẳng từ đảo Cồn Cỏ, tỉnh Quảng Trị, Việt Nam và mũi Oanh Ca, Hải Nam, Trung Quốc, rộng 110 hải lý (khoảng 200 km) [16]. Vị trí khu vực thực nghiệm được cho như trong hình 1.



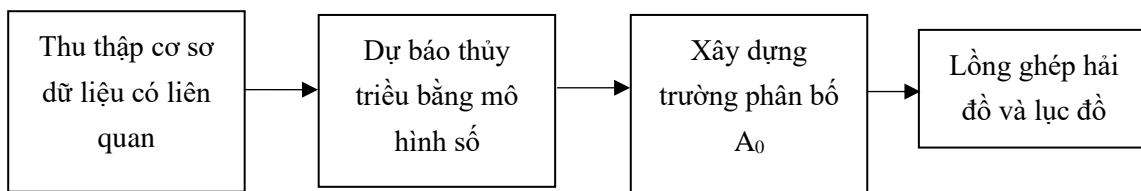
Hình 1. Khu vực thực nghiệm thuộc Vịnh Bắc Bộ.

Dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu này bao gồm:

- Số liệu độ sâu và đường bờ của khu vực nghiên cứu được trích xuất từ hải đồ tỷ lệ 1:25.000, 1:100.000 và 1:200.000 do Hải quân nhân dân Việt Nam xuất bản từ năm 2017 trở lại đây để làm dữ liệu đầu vào cho mô hình toán.
- Số liệu về dao động mực nước thu thập trong khuôn khổ dự án “Điều tra tổng hợp tài nguyên, môi trường vùng biển Tây Vịnh Bắc Bộ phục vụ phát triển kinh tế biển và quốc phòng an ninh” của Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển/ Bộ tham mưu Hải quân để hiệu chỉnh mô hình.
- Bảng thủy triều của Hải quân nhân dân Việt Nam xuất bản năm 2022 [20]. Cơ sở dữ liệu mực nước trung bình một số trạm ngoài khơi được khai thác trong phần mềm Total Tide của tổ chức thủy đạc quốc tế IHO [21].
- Các hằng số điều hòa thủy triều ở phía ngoài xa bờ được thu thập từ cơ sở dữ liệu FES2004 được dùng làm đầu vào cho các biên tính của mô hình [22].

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu sử dụng trong bài báo này được thể hiện trong hình 2.



Hình 2. Phương pháp chuyển đổi độ cao giữa bản đồ địa hình và hải đồ.

Để thực hiện quy chuyển độ cao giữa bản đồ địa hình và độ cao hải đồ theo quy trình đề xuất trong hình 2, các phương pháp được sử dụng trong nghiên cứu gồm mô hình toán Delft 3D và xây dựng trường phân bố A_0 .

2.2.1. Mô hình toán Delft 3D

Bài báo nghiên cứu sử dụng modul Delft 3D-Flow trong hệ thống mô hình Delft 3D có cơ sở toán học như sau:

- Phương trình liên tục cho độ sâu trung bình của các điểm được xác định theo công thức:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \left[(d + \zeta)U\sqrt{G_{\eta\eta}} \right]}{\partial \xi} + \frac{1}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \left[(d + \zeta)U\sqrt{G_{\xi\xi}} \right]}{\partial \eta} = Q \quad (1)$$

Trong đó ξ, η là các hệ tọa độ trong hệ tọa độ cong trục giao; $\sqrt{G_{\xi\xi}}, \sqrt{G_{\eta\eta}}$ là các hệ số chuyển đổi từ hệ tọa độ cong trục giao sang hệ tọa độ Đề các; d : là độ sâu tại điểm tính (độ sâu của nước dưới đường chuẩn (0 hải đồ)); ζ là mực nước tại thời điểm tính (so với 0 Hải đồ); U, V lần lượt là các thành phần vận tốc trung bình theo các hướng ξ, η ; q_{in} và q_{out} lần lượt là các nguồn nước đưa vào và đưa ra trên một đơn vị thể tích; H là độ dày cột nước tại thời điểm tính ($H = \zeta + d$); P, E lần lượt là lượng mưa và bốc hơi.

Với Q thể hiện lượng thêm vào hay mất của nguồn nước thì sự bốc hơi và mưa trên 1 đơn vị diện tích:

$$Q = H \int_{-1}^0 (q_{in} - q_{out}) d\sigma + P - E \quad (2)$$

- Phương trình bảo toàn động lượng theo hướng ξ và η (tọa độ cong trục giao) như sau:

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial u}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial u}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial u}{\partial \sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - \frac{v^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} - fv \\ &= -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\xi\xi}}} P_\xi + F_\xi + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} (v_v \frac{\partial u}{\partial \sigma}) + M_\xi \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{\sqrt{G_{\xi\xi}}} \frac{\partial v}{\partial \xi} + \frac{v}{\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial v}{\partial \eta} + \frac{\omega}{d+\zeta} \frac{\partial v}{\partial \sigma} + \frac{uv}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} \frac{\partial \sqrt{G_{\xi\xi}}}{\partial \eta} - \frac{u^2}{\sqrt{G_{\xi\xi}}\sqrt{G_{\eta\eta}}} + fu \\ &= -\frac{1}{\rho_0 \sqrt{G_{\eta\eta}}} P_\eta + F_\eta + \frac{1}{(d+\zeta)^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} (v_v \frac{\partial v}{\partial \sigma}) + M_\eta \end{aligned} \quad (4)$$

Trong đó ω là vận tốc theo hướng σ trong hệ tọa độ σ (m/s); f là tham số Coriolis (1/s); M_ξ, M_η : lần lượt là các ngoại lực theo các hướng ξ, η . Các giá trị P_ξ, P_η là gradient áp suất; F_ξ, F_η : là ứng suất Reynol; ρ_0 : là tỷ trọng của nước; u, v lần lượt là vận tốc dòng chảy theo hướng ξ, η (hay x, y); F là thông lượng rối (m/s²); uv là thành phần nhớt theo phương thẳng đứng; M là mô men động lượng thêm vào hay mất đi.

2.2.2. Công thức tính giá trị A_0

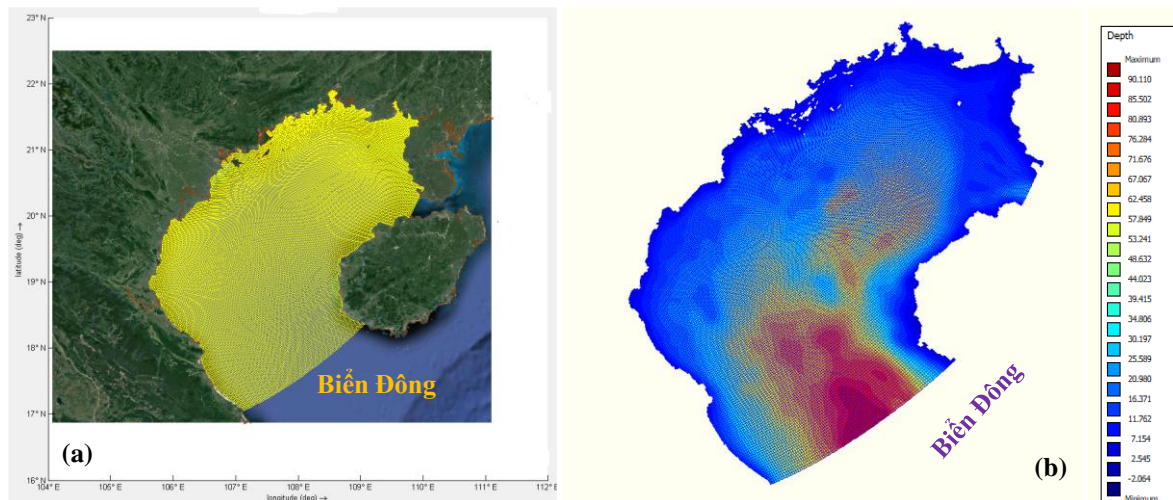
- Sau khi hiệu chỉnh mô hình đưa về giá trị thủy triều có độ chính xác cao thông qua các tham số hiệu chỉnh. Giá trị A_0 được xác định như sau:

$$A_0(i, j) = \frac{\sum_{t=0}^{t=n} \zeta(i, j)}{n} \quad (5)$$

Trong đó $A_0(i, j)$ là giá trị mực nước biển trung bình nhiều năm tại các điểm có tọa độ (i, j) theo mô hình toán tương ứng; $\zeta(i, j)$ là giá trị mực nước biển tức thời so với “0” hải đồ tại các điểm có tọa độ (i, j) theo mô hình toán tương ứng với thời gian $t = 1, n$; t là thời gian tương ứng; n là số lần ứng với thời gian 1 lần/ giờ.

2.3. Thiết lập mô hình tính toán thủy triều cho vùng biển Vịnh Bắc Bộ bằng mô hình Delft 3D

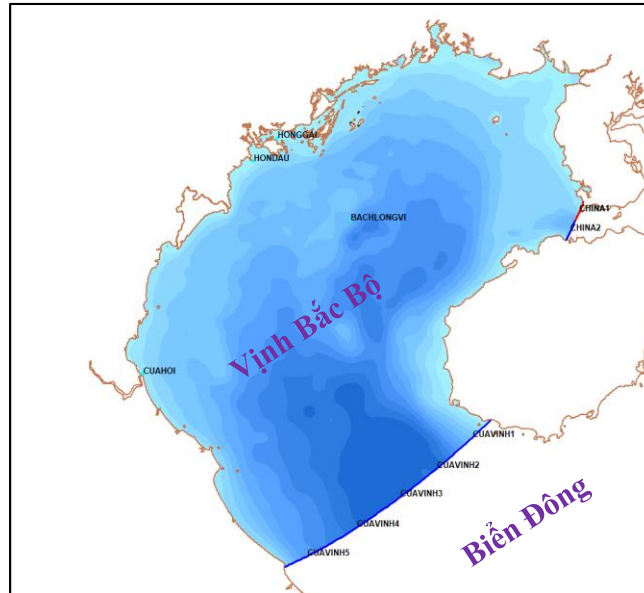
Mô hình toán học cho các loại dữ liệu được thiết lập trên hệ tọa độ WGS 84. Giới hạn về đường bờ được trích xuất từ hải đồ, miền tính được chia thành 443×536 điểm tính, kích thước các ô lưới biến đổi từ 120 m đến 500 m. Lưới độ sâu được thiết lập theo nội suy



Hình 3. (a) Lưới tính; (b) Lưới độ sâu.

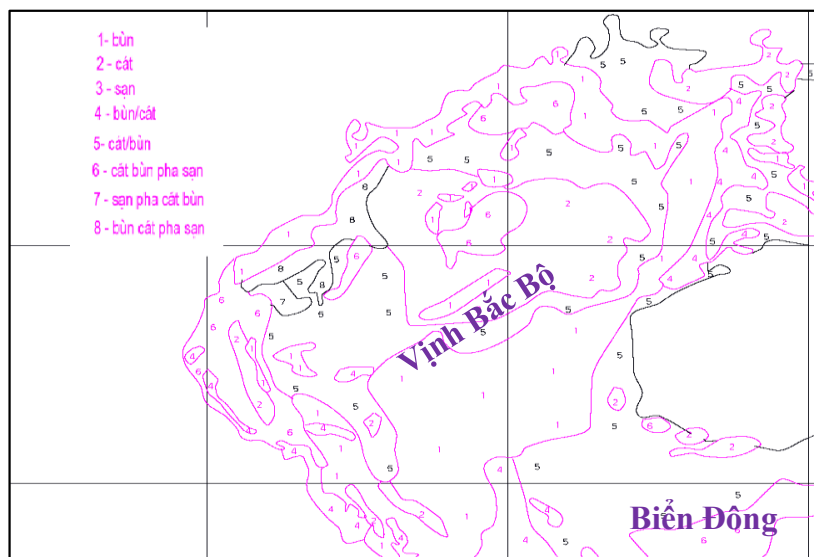
(Kriging) để đảm bảo mật độ điểm trong từng ô lưới (Hình 3a). Theo chiều thẳng đứng, toàn bộ cột nước được chia làm 5 lớp độ sâu theo hệ tọa độ σ (Hình 3b).

Mô hình thiết lập với 7 biên lõng (tại eo Quỳnh Châu 2 biên, cửa vịnh 5 biên). Dữ liệu đầu vào các biên bao gồm: mực nước biển trung bình và 8 bộ hằng số điều hòa thủy triều đại diện cho các 8 sóng chính (K_1 , O_1 , M_2 , S_1 , S_2 , P_1 , Q_1 , N_2). Quá trình truyền triều từ các biên vào trong đất liền dưới dạng độ cao mực nước được tính toán thời gian từ tháng 1/2000 đến 12/2022.



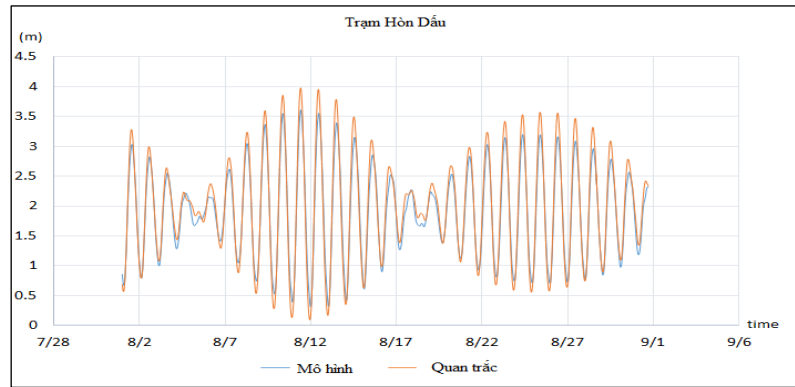
Hình 4. Vị các biên trên mô hình.

Do quá trình ảnh hưởng của địa hình nên trong bài báo này tác giả có sử dụng số liệu trầm tích đáy thu thập nhiều năm của Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển làm cơ sở tính toán hệ số nhám đáy Manning biến đổi từng miền theo tiêu chuẩn TCVN 10716:2015.



Hình 5. Phân vùng trầm tích khu vực Vịnh Bắc Bộ.

Các kết quả tính toán của mô hình như mực nước đã được hiệu chỉnh và kiểm định thông qua việc so sánh với số liệu quan trắc trong thời gian tương ứng. Kết quả tính toán dao động mực nước của mô hình, sau lần hiệu chỉnh cuối kết quả so sánh cho thấy đã có sự phù hợp cả về pha và biên độ giữa số liệu quan trắc và tính toán (Hình 4).



Hình 6. So sánh mực nước quan trắc và tính theo mô hình tại trạm Hòn Dấu tháng 8/2022.

Kết quả tính toán hệ số tương quan giữa mực nước quan trắc và tính toán dao động xác định được lần lượt là 0.93 đến 0.98, Sai số bình phương trung bình tương ứng lần lượt là 0,22 m và 0,20 m như thống kê trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng đánh giá theo chỉ số R và RMS.

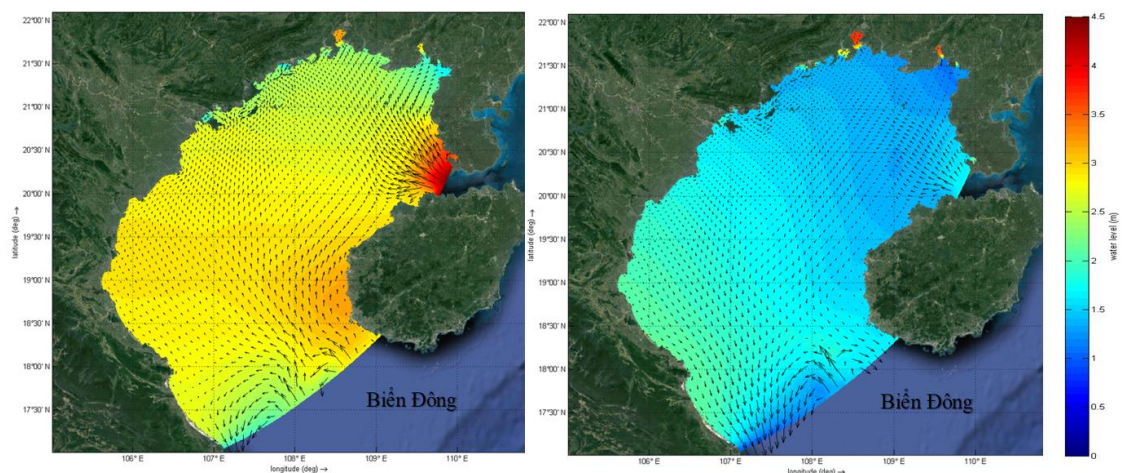
STT	Tên trạm	Chỉ số đánh giá	
		R	RMS
1	Hòn Dấu	0,98	0,2
2	Bạch Long Vĩ	0,95	0,22
3	Hồng Gai	0,96	0,22
4	Cửa Hội	0,93	0,26

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính toán thủy triều và giá trị A_0

3.1.1. Kết quả tính toán thủy triều khu vực Vịnh Bắc Bộ

Thủy triều khu vực Vịnh Bắc Bộ dao động với biên độ lớn ở khu vực phía Bắc với biên độ khoảng 3,8 m đến 4,2 m. Khu vực cửa vịnh thì biên độ nhỏ hơn dao động từ 1 m đến 1,5 m (Hình 7a, 7b). Kết quả tính toán thủy triều khu vực Vịnh Bắc Bộ có thể giúp ích cho các hoạt động quân sự, dân sự và đánh bắt cá ngư dân. Ngoài ra kết quả này cũng mang ý nghĩa quan trọng trong việc cải chính số đo sâu khi không có điều kiện nghiệm triều thực tế tại những khu vực khó khăn về khảo sát.



Hình 7. (a) Pha triều lên; (b) Pha triều xuống.

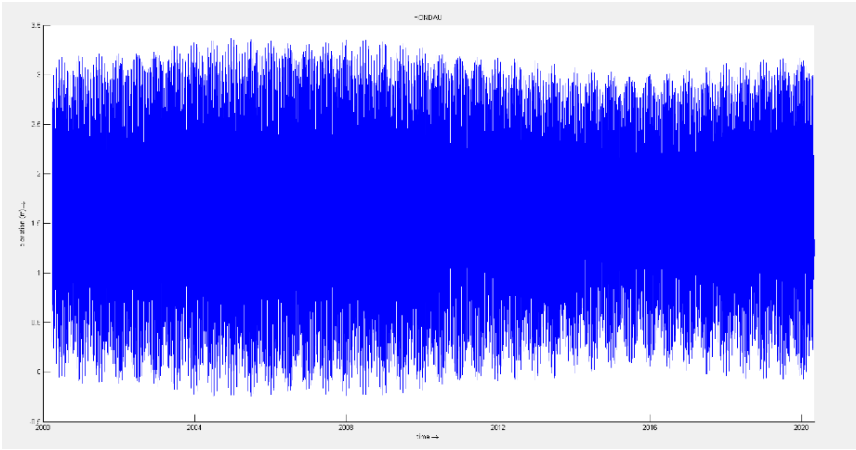
3.1.2. Kết quả tính giá trị A_0 phân bố theo không gian

Từ công thức xác định A_0 đã biết, xác định được giá trị A_0 tại các trạm nghiệm triều là Hòn Dấu, Hồng Gai, Cửa Hội với các giá trị được cho trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả so sánh giá trị A_0 tính toán và trong bản thủy triều của Hải quân nhân Việt Nam xuất bản năm 2022.

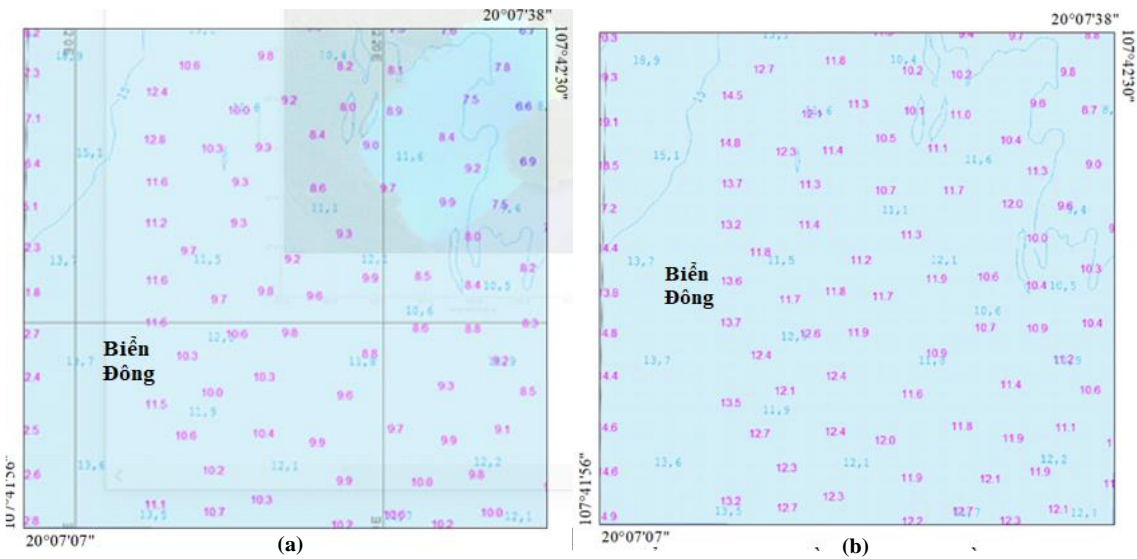
STT	Tên trạm	Mực nước trung bình A_0		Độ lệch (m)
		Tính toán (m)	Bảng thủy triều (m)	
1	Hòn Dấu	1,97	1,93	0,04
2	Hồng Gai	2,04	2,06	0,02
3	Cửa Hội	1,77	1,71	0,06

Từ kết quả cho trong bảng 2 có thể thấy, kết quả xác định mực nước trung bình với độ lệch 6 cm giữa giá trị của mô hình với giá trị cho trong bảng thủy triều là khá tốt. Tuy nhiên, do số trạm nghiệm triều còn ít nên chưa đánh giá được hết độ chính xác xác định mực nước trung bình của phương pháp này.



Hình 8. Kết quả dự báo thủy triều tại trạm Hồng Gai từ năm 2000 đến năm 2022.

Trên cơ sở hàm đã xác định được, tiến hành lập bản đồ giá trị A_0 cho toàn bộ Vịnh Bắc Bộ.



Hình 9. (a) Sự chênh lệch độ cao hải đồ (màu xanh) với độ cao lục địa (màu hồng); (b) Quy chuẩn độ cao hải đồ (màu xanh) về độ cao lục địa (màu hồng).

3.2. Kết quả quy chuyển độ cao giữa độ cao lục địa và độ cao hải đồ

Từ bản đồ A_0 đã thành lập được, tiến hành quy chuyển (làm khôp) giữa độ cao lục địa và độ cao hải đồ cho mảnh bản đồ có danh pháp I-25-055 tại khu vực đảo Bạch Long Vĩ với kết quả quy chuyển như trong hình 9a, 9b.

Kết quả so sánh giá trị độ cao cho các điểm trên bản đồ cho thấy, giá trị độ cao xác định được sau khi quy chuyển có độ lệch dao động từ 0,05 m đến 0,50 m. Đối chiếu với độ chính xác xác định độ sâu của bản đồ địa hình đáy biển cho thấy giá trị độ cao sau quy chuyển có độ chính xác nằm trong giới hạn cho phép.

4. Kết luận

Qua kết quả nghiên cứu và tính toán thực nghiệm, bài báo này đã xác lập được phương pháp quy chuyển độ cao giữa độ cao trên bản đồ địa hình và độ cao hải đồ bằng phương pháp dự báo thủy triều nhiều năm.

Kết quả dự báo thủy triều như bài báo đề xuất có thể sử dụng trong các công tác đo đạc ngoại nghiệp tại Đoàn Đo đạc, biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển nói riêng, Quân chủng Hải quân và các đơn vị liên quan nói chung. Ngoài ra việc xác định giá trị A_0 được tính toán chi tiết rõ ràng cho từng phạm vi nhỏ trên khu vực. Kết quả quy chuyển độ cao cho thấy, độ chính xác xác định độ cao sau quy chuyển hoàn toàn đáp ứng yêu cầu xác định độ sâu trong thành lập địa hình đáy biển.

Hạn chế của nghiên cứu là chưa có nhiều số liệu kiểm chứng với các điểm thực đo khác, chỉ dừng lại ở hiệu chỉnh, kiểm định với 03 trạm hải văn: Hòn Dấu, Hồng Gai, Cửa Hội và số liệu thực đo tại trạm Bạch Long Vĩ.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục đánh giá độ chính xác xác định độ sâu sử dụng phương pháp mà các tác giả đã đề xuất tại các vùng biển khác nhau tại Việt Nam.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.D.H., N.G.T., P.V.T., D.V.T., N.T.T.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.D.H., N.G.T., D.V.T.; Xử lý số liệu: N.D.H., P.V.T., D.V.T., N.T.T.; Viết bản thảo bài báo: N.G.T., D.V.T.; Chỉnh sửa bài báo: N.D.H., N.G.T., D.V.T., N.V.T.; N.T.T.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Long, K.V.; Thạch, L.T.; Hiếu, T.V.; Thủy, Đ.X. Xây dựng mô hình mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất khu vực trên vùng biển Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2018**, 37, 20–32.
2. Tổ, L.Đ. Hải dương học biển Đông. Nhà xuất bản đại học Quốc gia Hà Nội, 1999.
3. Phong, D.V.; Long, K.V.; Mong, Đ.V. Nghiên cứu xây dựng mô hình số mặt chuẩn độ sâu cho Biển Đông. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất* **2019**, 60(1), 79–86.
4. Long, B.T.; Diệp, L.T.M. Mô phỏng sự phụ thuộc xâm nhập mặn và các yếu tố thủy văn bằng MIKE3 – Trường hợp cửa sông Vệ, Quảng Ngãi. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 728, 1–16. doi:10.36335/VNJHM.2021(725).1-16.
5. Hồng, N.V.; Đông, N.P. Mô phỏng xâm nhập mặn các sông chính trên địa bàn tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu trong bối cảnh biến đổi khí hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 728, 67–79. doi:10.36335/VNJHM.2021(728).67-79.
6. Tuệ, N.N.; Hà, N.T.; Phương, N.T.; Tiến, P.V.; Lộc, H.H.; Đại, H.V. Nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE để đánh giá ảnh hưởng của sự biến đổi khí hậu và nước biển dâng đến quá trình xâm nhập mặn ở các cửa sông lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và công nghệ* **2018**, 124, 106–113.

7. Lam, Đ.H.; Phương, N.H.; Đạt, N.Đ.; Giang, N.T. Xây dựng mô hình MIKE 11 phục vụ công tác dự báo thủy văn và xâm nhập mặn tỉnh Bến Tre. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 740(1), 38–49. doi:10.36335/VNJHM.2022 (740(1)).38-49.
8. Đại, H.V.; Hiền, N.T.; Hiền, T.D.; Khánh, N.Q. Đánh giá độ nhạy một số tham số trong mô hình mô phỏng xâm nhập mặn hệ thống sông Mã. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2014**, 643, 24–28.
9. Hạnh, N.Đ.; Hải, O.T.; Hạ, L.A.; Anh, T.N.; Dư, N.H. Nghiên cứu xây dựng chương trình mô phỏng quá trình xâm nhập mặn hai chiều (2D). *Tạp chí Khoa học biến đổi khí hậu* **2014**, 17, 30–39.
10. Hương, P.T.; Quỳ, N.B.; Long, N.L. Ứng dụng mô hình MIKE 21 FM nghiên cứu ảnh hưởng của sóng và dòng chảy đến cửa sông Đà Rằng tỉnh Phú Yên. *Tạp chí Khoa học công nghệ hàng hải* **2011**, 27, 42–46.
11. Hồng, N.V.; Hoàng, T.T.; Vi, V.T.T.; Linh, H.T.M. Nghiên cứu tính toán dòng chảy khu vực cửa sông Cổ Chiên bằng mô hình MIKE 21 FM. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 666, 21–25.
12. Khoa, L.V.; Tiến, P.V. Nghiên cứu dòng RIP ven biển Đà Nẵng bằng mô hình MIKE COUPLE. *Tạp chí Khoa học và công nghệ Đại học Đà Nẵng* **2017**, 5(1), 52–55.
13. Hà, N.N.; Trình, N.M.; Minh, H.T.N. Ứng dụng mô hình MIKE NAM, MIKE 11 HD tính toán tài nguyên nước mặt lưu vực sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 731, 54–68. doi:10.36335/VNJHM.2021(731).54-68.
14. Tiến, N.X.; Huân, H.L.; Toàn, P.T.; Linh, N.V. Xây dựng mô hình mô phỏng lũ và tính toán tối ưu xả lũ cho hệ thống hồ chứa ở vùng sông không ảnh hưởng triều. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 687, 23–31.
15. Tiến, N.X.; Sơn, N.T.; Linh, N.V. Áp dụng mô hình thủy văn, thủy lực mô phỏng ngập lụt hạ du sông Cả. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2020**, 710, 1–13. doi: 10.36335/VNJHM.2020(710).1-13.
16. Long, K.V. Nghiên cứu xác định các yêu cầu kỹ thuật đối với dữ liệu trắc địa, hải văn đảm bảo định vị dẫn đường cho tàu ngầm trong vùng biển Việt Nam. Luận án tiến sĩ kỹ thuật trắc địa - bản đồ, Trường Đại học Mở - Địa chất, 2019.
17. Hòa, H.M. Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ Đề tài cấp Nhà nước “Nghiên cứu đánh giá các mặt chuẩn mực nước biển (mặt “0” độ sâu, trung bình và cao nhất) theo các phương pháp trắc địa, hải văn và kiến tạo hiện đại phục vụ xây dựng các công trình và quy hoạch đới bờ Việt Nam trong xu thế biến đổi khí hậu”, mã số KC.09.19/11–15. 2015.
18. Thạch, L.T.; Định, N.A.; Hồng, N.T.; Hải, T.V. Quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên các mô hình mặt biển. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2020**, 43, 18–23.
19. Hồng, N.T.; Trang, N.T.; Thạch, L.T.; Định, N.A.; Hải, T.V.; Mong, Đ.V. Quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình tính toán thủy triều và các mô hình mặt biển. *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ* **2020**, 44, 16–24.
20. Hải quân nhân dân Việt Nam. Bảng thủy triều, 2022.
21. IHO. S44-IHO Standards for hydrographic surveys 2008.
22. Lyard, F.; Lefevre, F.; Letellier, T.; Francis, O. Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. *Ocean Dyn.* **2006**, 56, 394–415. <https://doi.org/10.1007/s10236-006-0086-x>.
23. Delft Hydraulics. Delft3D-FLOW User Manual, 2009.

Method for vertical datum conversion between nautical charts and topographic maps based on tidal data in the Gulf of Tonkin

Nguyen Dinh Hai¹, Nguyen Gia Trong^{2,3}, Pham Van Tuan¹, Bui Van Tong^{1*}, Nguyen Tien Thanh¹

¹ Viet Nam's people naval hydrographic and oceanographic department;
hthhaithem@gmail.com; tuandvlk53@gmail.com; tongd6@gmail.com;
nguyen.tien.thanh.navy@gmail.com

² Faculty of Geomatics and Land administration, Hanoi University of Mining and Geology; nguyengiatrong@humg.edu.vn

³ Geodesy and environment research group, Hanoi University of Mining and Geology;
nguyengiatrong@humg.edu.vn

Abstract: Topographic maps and charts are extremely important in protecting national security, sovereignty over sea and islands as well as socio-economic development. The difference in elevation values on topographic maps and charts is a problem that many scientists are interested. The problem of synchronizing these two values to the same standard on a large scale is very difficult and extremely complex. In order to convert the altitude between topographic maps and charts, researchers in the past often determined the difference between the altitude of the chart and the topographic map at tidal stations and then interpolated the increase in thickness for other points. This paper proposes a method to convert the altitude of the chart and topographic map to a standard plane by multi-year tidal forecasting method, specifically in the Gulf of Tonkin using Delft 3D model. Tide results have high accuracy and A_0 distribution map is established. The author has carried out the elevation conversion of two map pieces in the study area and got good results from comparing the integrated values and actual measurements with a deviation of no more than 0.5 m. The altitude conversion deviation between the chart and topographic map at the test points is 6 cm.

Keywords: Topographic maps; Chart; Vertical datum transformation; Delft 3D.