

QUY CHIỀU TRỊ ĐO SÂU ĐỊA HÌNH ĐÁY BIỂN DỰA TRÊN MÔ HÌNH TÍNH TOÁN THỦY TRIỀU VÀ CÁC MÔ HÌNH MẶT BIỂN

NGUYỄN THỊ HỒNG⁽¹⁾, NGUYỄN THANH TRANG⁽²⁾, LƯƠNG THANH THẠCH⁽³⁾,
NGUYỄN AN ĐỊNH⁽⁴⁾, TRẦN VĂN HẢI⁽⁵⁾, ĐỖ VĂN MONG⁽⁶⁾

⁽¹⁾Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

⁽²⁾Trung tâm Hải văn, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam

⁽³⁾Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

⁽⁴⁾Công ty TNHH MTV Trắc địa Bản đồ

⁽⁵⁾Xí nghiệp Trắc địa, Công ty TNHH MTV Trắc địa Bản đồ

⁽⁶⁾Đoàn Đo đạc Biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển

Tóm tắt:

Bài báo khoa học này trình bày phương pháp sử dụng mô hình tính toán thủy triều MIKE21 FD để hiệu chỉnh thủy triều trong quy chiều trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình mặt biển trung bình khu vực (MBTBKV98) và mô hình mặt biển thấp nhất khu vực (MBTNKV170) được công bố trong tài liệu [6]. Kết quả đánh giá độ chính xác hiệu độ sâu quy chiều dựa trên mực nước quan trắc tại trạm nghiệm triều tạm thời ven bờ và mô hình tính toán thủy triều khu vực biển Hải Phòng đạt 0.034m; hiệu độ sâu quy chiều dựa trên mực nước quan trắc tại trạm nghiệm triều và dựa trên mô hình MBTBKV98 kết hợp số liệu triều mô hình đạt 0.041 m, còn hiệu độ sâu quy chiều dựa trên mặt biển thấp nhất tại trạm nghiệm triều và dựa trên mô hình MBTNKV170 kết hợp số liệu triều mô hình đạt 0.047m. Điều này cho thấy sử dụng mô hình tính toán thủy triều MIKE21 FD để hiệu chỉnh thủy triều trong quy chiều các trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên các mô hình mặt biển hoàn toàn đáp ứng yêu cầu thành lập bản đồ địa hình đáy biển và hải đồ ở các dãy tỷ lệ trung bình và nhỏ hơn trên vùng biển Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Trong công tác thành lập bản đồ địa hình đáy biển, độ sâu đo địa hình đáy biển (ĐHĐB) được quy chiều dựa trên độ cao của mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu, trên cơ sở xác định độ cao quốc gia Hải Phòng 1972 (HP72) cho trạm quan trắc thủy triều (QTTT) tạm thời ven bờ của khu đo bằng phương pháp thủy chuẩn hình học hay GNSS. Trong phạm vi khu đo nhỏ với tính chất thủy triều đồng nhất, sẽ chỉ sử dụng 01 trạm QTTT. Số trạm QTTT tăng lên tùy thuộc vào tính chất triều trong toàn bộ phạm vi khu đo [5]. Quy định này nhằm hai mục đích:

- Hiệu chỉnh độ sâu đo từ mặt nước đến đáy biển do ảnh hưởng của thủy triều về mặt biển

trung bình (MBTB) nhờ số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ;

- Quy chiều độ sâu địa hình đáy biển về mặt biển trung bình Hòn Dấu.

Tuy nhiên, “do MBTB ở các khu vực khác nhau trên vùng biển quốc gia không phải là mặt phẳng, tức không cùng nằm trên một mặt xác định, nên khi coi MBTB tại trạm QTTT tạm thời ven bờ trùng với MBTB tại vị trí đo sâu địa hình đáy biển ở ngoài khơi để quy chiều kết quả đo sâu về MBTB Hòn Dấu là không có cơ sở khoa học” [3]. Mặt khác, dựa vào tính chất lan truyền thủy triều, độ cao triều tại các vị trí trong phạm vi khu đo cũng khác với độ cao triều tại trạm QTTT trong cùng một thời điểm [6, 7], nên hiệu chỉnh thủy triều cho các trị đo sâu dựa trên độ

cao triều tại trạm QTTT tạm thời ven bờ cũng không có cơ sở khoa học chắc chắn (đặc biệt đối với các trị đo sâu ở cách xa trạm QTTT).

Việc quy chiếu độ sâu ĐHĐB dựa trên mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170 đã giải quyết được vấn đề kết nối trực tiếp độ sâu ĐHĐB tại mọi vị trí đo độ sâu vào hệ độ cao quốc gia HP72 (không dựa vào độ cao của trạm QTTT), nhưng hiệu chỉnh thủy triều trong trị đo sâu vẫn phải dựa vào số liệu đo mực nước của trạm QTTT tạm thời ven bờ [5]. Kết quả đánh giá độ chính xác hiệu trị đo giữa độ sâu quy chiếu dựa trên độ cao MBTB tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và độ sâu quy chiếu dựa trên mô hình MDTTBKV98 đạt 0.018m, còn độ chính xác hiệu trị đo giữa độ sâu quy chiếu dựa trên độ cao MBTN tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và độ sâu quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170 đạt 0.038m.

Bài báo khoa học này giới thiệu phương pháp hiệu chỉnh thủy triều trong trị đo sâu ĐHĐB dựa vào mô hình tính toán thủy triều và quy chiếu các trị đo sâu ĐHĐB dựa trên các mô hình mặt biển theo số liệu mô hình triều.

2. Giải quyết vấn đề

2.1. Giới thiệu mô hình tính toán thủy triều MIKE 21 Flow Model FM [9]

MIKE là một bộ phần mềm bao gồm các modul: Tính toán thủy lực (MIKE 21/3 HD); tính sóng (MIKE 21 SW, NSW, PMS, EMS, BW); tính biến đổi đường bờ (LITPACK); tính biến đổi bùn cát (MIKE 21/3 ST, MT); tính tràn dàu, mô hình sinh thái (MIKE 3 OS, EcoLab) và tính lan truyền vật chất, truyền nhiệt (MIKE 3 AD),... Phương trình cơ bản trong MIKE 21/3 là phương trình 2/3 chiều áp dụng cho chất lỏng không nén được, trung bình theo Reynolds của phương trình Navier-Stokes cùng với các giả thiết Boussinesq và áp lực thủy tĩnh.

- Phương trình cơ bản:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial h \bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{u} \bar{v}}{\partial y} = f \bar{v} h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hu_s S \quad (2)$$

$$\frac{\partial h \bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h \bar{u} \bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h \bar{v}^2}{\partial y} = -f \bar{u} h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho} - \frac{\tau_{by}}{\rho} - \frac{1}{\rho_0} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hv_s S \quad (3)$$

Trong đó các ký hiệu có gạch ngang trên đầu biểu thị các thành phần được lấy trung bình theo độ sâu cột nước ($h = \eta + d$) với các ký hiệu: t là thời gian; h là độ sâu; g là gia tốc trọng trường; f là tham số lực coriolit; s là lưu lượng; ρ_0 là mật độ nước tham chiếu; ρ là mật độ nước; η là giao động mực nước; p_a là áp suất không khí; x, y là tọa độ vuông góc Descartes; u, v là vận tốc theo các hướng trục tọa độ; $S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$ là các thành phần ứng suất; τ_{xx}, τ_{yy} là các thành phần ứng suất đáy; u_s, v_s là vận tốc tại các nhập lưu; $T_{xx}, T_{xy}, T_{yx}, T_{yy}$ là các thành phần ứng lực nhập lưu theo phương ngang.

MIKE 21 Flow Model FM là mô hình để tính toán các bài toán thủy lực áp dụng cho khu vực cửa sông, vịnh và biển. Mô hình bao gồm các modul: Modul thủy lực (tính toán mực nước và dòng chảy 2 chiều); modul vận chuyển bùn cát; modul lan truyền dầu/sinh thái; modul vận chuyển bùn cát và modul theo dõi đường đi hạt. Trong các modul của MIKE 21 Flow Model FM thì MIKE 21 EM là modul tính toán thủy lực cơ bản của toàn bộ hệ thống MIKE, cung cấp các tính toán thủy lực cho các modul khác.

Mô hình Mike 21 FM tính toán các quá trình thủy lực 2D. Modul dòng chảy được phát triển bởi phương pháp lưới phân tử hữu hạn dựa trên nghiệm số của hệ các phương trình Navier-Stokes cho chất lỏng không nén được 2 hoặc 3 chiều, kết hợp với giả thiết Boussinesq và giả thiết về áp suất thủy tĩnh. Do đó, modul bao gồm các phương trình: phương trình liên tục, động

lượng, nhiệt độ, độ muối, mật độ và được khép kín bởi sơ đồ khép kín rồi.

Việc rời rạc hoá không gian của các phương trình cơ bản được thực hiện bằng việc sử dụng phương pháp thể tích hữu hạn trung tâm. Miền không gian được rời rạc hoá bằng việc chia nhỏ miền liên tục thành các ô lưới/phần tử không trùng nhau. Theo phương ngang thì lưới phi cấu trúc được sử dụng còn theo phương thẳng đứng trong trường hợp 3 chiều thì sử dụng lưới có cấu trúc. Trong trường hợp hai chiều các phần tử có thể là phần tử tam giác hoặc tứ giác. Đối với trường hợp ba chiều các phần tử có thể là hình lăng trụ tam giác hoặc lăng trụ tứ giác với các phần tử trên mặt có dạng tam giác hoặc tứ giác.

2.2. Quy chiếu trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên mô hình tính toán thủy triều MIKE21 FM

a. Quy chiếu trị đo sâu ĐHĐB dựa trên MBTB và mô hình MBTBKH98 theo số liệu mô hình triều

- Độ cao mực nước tính từ mô hình triều MIKE21 FM tại vị trí đo điểm độ sâu được quy chiếu về MBTB dựa trên lưới tính phủ trùm phạm vi khu vực đo độ sâu ĐHĐB (xem mục 3 ở dưới đây). Độ sâu ĐHĐB dựa trên MBTB theo số liệu mực nước tính từ mô hình triều được quy chiếu theo công thức (hình 1):

$$h_{0_qg}^{do_mht} = h_{0_qg}^{qt_mht} - h^{do} \quad (4)$$

trong đó:

+ $h_{0_qg}^{do_mht}$ là độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTB theo số liệu mực nước của mô hình triều MIKE21;

+ $h_{0_qg}^{qt_mht}$ là độ cao mực nước tính theo mô hình triều MIKE21 FM và được quy chiếu dựa trên MBTB;

+ h^{do} là độ sâu đo từ mặt nước đến đáy biển.

(Xem hình 1)

- Độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình MBTBKV98 theo số liệu mực nước của mô hình triều MIKE21 được tính bởi công thức (xem

hình 2):

$$h_{MBTBKV98}^{do_mht} = h_{MBTBKV98}^{qt_mht} - h^{do} \quad (5)$$

trong đó:

+ $h_{MBTBKV98}^{do_mht}$ là độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình MDTTBKV98 theo số liệu mực nước của mô hình triều MIKE21;

+ $h_{MBTBKV98}^{qt_mht}$ là độ cao mực nước tính theo mô hình triều MIKE21 FM và được quy chiếu dựa trên mô hình MBTBKV98;

+ h^{do} là độ sâu đo từ mặt nước đến đáy biển.

(Xem hình 2)

b. Quy chiếu trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên MBTN và mô hình MBTNKH170 theo số liệu mực nước của mô hình triều

- Độ cao mực nước dựa trên MBTN tính từ mô hình triều MIKE21 FM tại vị trí đo điểm độ sâu được quy chiếu theo độ cao mực nước tính từ mô hình triều MIKE21 FM được quy chiếu về MBTB và độ chênh giữa MBTB và MBTN ($A0-\pi0$) Độ sâu ĐHĐB dựa trên MBTN theo số liệu mực nước tính từ mô hình triều được quy chiếu theo công thức (hình 1):

$$h_{0_hd}^{do_mht} = h_{0_hd}^{qt_mht} - h^{do} \quad (6)$$

trong đó:

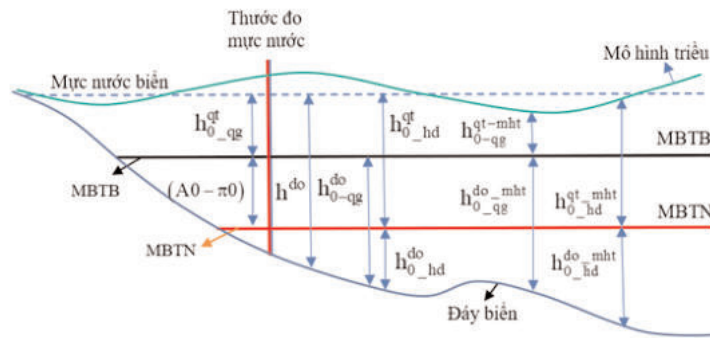
+ $h_{0_hd}^{do_mht}$ là độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu mực nước của mô hình triều MIKE21;

+ $h_{0_hd}^{qt_mht}$ là độ cao mực nước tính theo mô hình triều MIKE21 FM tại vị trí đo điểm độ sâu được quy chiếu theo độ cao mực nước tính từ mô hình triều MIKE21 FM được quy chiếu về MBTB và độ chênh giữa MBTB và MBTN ($A0-\pi0$) được tính theo công thức

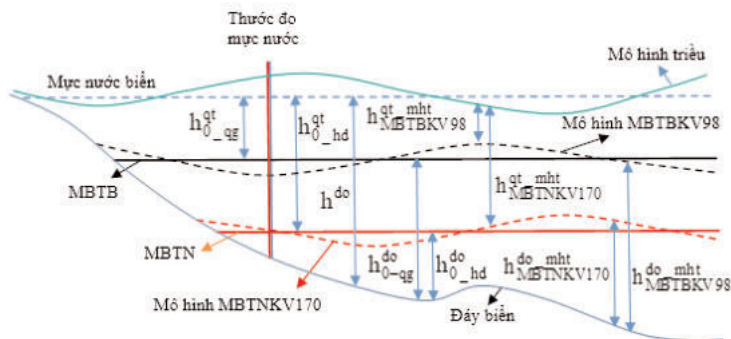
$$h_{0_hd}^{qt_mht} = h_{0_qg}^{qt_mht} - (A0 - \pi0)$$

+ h^{do} là độ sâu đo từ mặt nước đến đáy biển.

- Độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình



Hình 1: Quy chiếu trị đo mực nước và trị đo sâu ĐHĐB dựa trên độ cao MBTB tại trạm QTTT và độ cao MBTB tại vị trí các điểm đo độ sâu theo số liệu mực nước của mô hình MIKE 21 FM



Hình 2: Quy chiếu trị đo mực nước và trị đo sâu ĐHĐB dựa trên các mô hình MBTBKV98, MBTNKV170 theo số liệu của mô hình MIKE 21 FM

MBTNKV170 theo số liệu mực nước của mô hình triều MIKE21 được tính bởi công thức (xem hình 2):

$$h_{MBTNKV170}^{do_mht} = h_{MBTNKV170}^{qt_mht} - h^{do}, \quad (7)$$

trong đó:

+ $h_{MBTNKV170}^{do_mht}$ là độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên mô hình MDTTNKV170 theo số liệu mực nước của mô hình triều MIKE21;

+ $h_{MBTNKV170}^{qt_mht}$ là độ cao mực nước tính theo mô hình triều MIKE21 FM và được quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV170;

+ h^{do} là độ sâu đo từ mặt nước đến đáy biển.

Độ chính xác hiệu độ sâu quy chiếu dựa trên MBTB tại trạm nghiệm triều và dựa trên các mô hình mặt biển được đánh giá theo phương pháp hiệu chỉnh toán học các trị đo kép độc lập cùng độ chính xác.

3. Tính toán thực nghiệm

a. Số liệu phục vụ tính toán thực nghiệm

Để đánh giá chất lượng của mô hình tính toán thủy triều phục vụ hiệu chỉnh mực nước thủy triều trong đo sâu ĐHĐB, chúng tôi tiếp tục sử dụng số liệu đo luồng hàng hải Lạch Huyện khu vực biển Hải Phòng của Bộ môn An toàn đường thủy, Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đo trong các ngày 21, 22/12/2019 [5].

b. Xây dựng bài toán tính thủy triều tại khu vực biển Hải Phòng (theo phương pháp của Trung tâm Hải văn, Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam)

- Xây dựng lưới tính và các điều kiện biên

Lưới tính được xây dựng cho khu vực luồng Hải Phòng là lưới tam giác có độ phân giải cao nhất là 20 mét và thừa dãn ra ngoài khơi khoảng 300 mét. Lưới tính bao gồm 4 biên lỏng, trong

đó có 2 biên biển (biên khu vực cửa biển từ đảo Cát Bà sang), hai biên sông tại Trạm thủy văn Cửa Cấm (trên Sông Cấm) và trạm thủy văn Do Nghi (trên sông Đá Bạch).

+ Mục nước tại biên biển là số liệu dự tính thủy triều được quy về độ cao quốc gia theo số liệu tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu;

+ Mục nước tại trạm Do Nghi và Cửa Cấm là số liệu mực nước đã quy về độ cao nhà nước tại 2 trạm thủy văn Do Nghi và Cửa Cấm;

+ Trước khi mô hình đưa vào dự tính thủy triều tại các thời điểm đo sâu, mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định kỹ lưỡng dựa trên số liệu quan trắc mực nước thực tế tại khu vực Hải Phòng. Kết quả kiểm định và hiệu chỉnh mô hình đều cho độ chính xác của mô hình đạt loại tốt theo chỉ tiêu Nash – Sutcliffe [8].

- Tính toán mực nước trung bình nhiều năm, mực nước thấp nhất nhiều năm

Để tính toán mực nước trung bình nhiều năm và mực nước thấp nhất nhiều năm, chúng tôi đã tính toán mực nước trên toàn bộ lưới tính với thời gian 20 năm từ năm 1999 đến 2018 với biên sông là số liệu mực nước thực đo tại trạm Do Nghi và Cửa Cấm, biên biển là mực nước thủy triều được phân tích từ bộ hằng số điều hòa được tích hợp trong bộ phần mềm Mike đã quy về cao độ nhà nước theo số liệu của trạm nghiệm triều Hòn Dấu.

c. Tính toán thực nghiệm

Tiến hành tính toán thực nghiệm theo phương pháp đã được triển khai trong mục 2.3 để quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo sâu ĐHĐB cho các trường hợp sau:

- Quy chiếu dựa trên độ cao MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên MBTB tại vị trí các điểm đo độ sâu ĐHĐB theo số liệu của mô hình triều. Kết quả quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo sâu ĐHĐB trong trường hợp này được trình bày trong bảng 1.

- Quy chiếu dựa trên MBTB theo số liệu quan

trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên mô hình MBTBKV98, mô hình MBTNKV170 theo số liệu của mô hình triều. Kết quả quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo sâu ĐHĐB trong trường hợp này được trình bày trong bảng 2.

d. Đánh giá độ chính xác

- Đánh giá độ chính xác giữa hai dãy độ sâu quy chiếu dựa trên độ cao MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên MBTB tại vị trí các điểm đo độ sâu ĐHĐB theo số liệu của mô hình triều

Xem độ sâu quy chiếu dựa trên độ cao MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên MBTB tại vị trí các điểm đo độ sâu ĐHĐB theo số liệu của mô hình triều là hai dãy trị đo độc lập cùng độ chính xác và đánh giá độ chính xác.

Kết quả kiểm tra sai số hệ thống

$$A = \sum_{i=1}^{11140} d_i^{tb} = 1022.44 \text{ m}, \quad B = \sum_{i=1}^{11140} |d_i^{tb}| = 1022.44 \text{ m}.$$

Do $|A| = 1022.44 > 0.25 \cdot B = 255.61$, nên trong hai dãy trị đo trên có chứa sai số hệ thống. Tiến hành khử sai số hệ thống theo phương pháp Besel:

+ Tính số hiệu chỉnh δ^{tb} theo công thức:

$$\delta^{tb} = \frac{\left[d^{tb} \right]}{n} = 0.09 \text{ m}$$

+ Khử sai số hệ thống khỏi hiệu d_i theo công thức:

$$\varepsilon_i^{tb} = d_i^{tb} - \delta^{tb}$$

Kết quả kiểm tra sau khi khử sai số hệ thống, trong hiệu ε_i^{tb} không còn chứa sai số hệ thống.

+ Tính sai số trung phương theo công thức:

$$m^{tb} = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon\varepsilon]}{2(n-1)}} = \pm \sqrt{\frac{25.913}{2.11139}} = \pm 0.034 \text{ m}$$

- Đánh giá độ chính xác giữa các dãy độ sâu quy chiếu dựa trên độ cao MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên MBTB tại vị trí các điểm đo độ sâu ĐHĐB theo số liệu của mô hình triều.

Nghiên cứu

Bảng 1: Quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo sâu ĐHĐB dựa trên MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên MBTB tại vị trí các điểm đo độ sâu theo số liệu của mô hình tính toán thủy triều MIKE 21 FM

Stt	X (m)	Y (m)	Time	Độ sâu đo (m)	Mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTB tại TNT (m)	Mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTN tại TNT (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTB tại TNT (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN tại TNT (m)	Mực nước quy chiếu dựa trên MBTB theo số liệu mô hình triều (m)	Mực nước quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu mô hình triều (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTB theo số liệu mô hình triều (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu mô hình triều (m)	Độ chênh $d^{TN} = (8)-(14)$	Độ chênh $\delta^{TN} = (9)-(15)$	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	
1	2293621	626316	7:33:42	11.34	0.71	2.84	-10.63	-8.50	0.61	2.74	-10.73	-8.60	0.10	0.10	
2	2293615	626309	7:33:47	11.74	0.71	2.84	-11.03	-8.90	0.61	2.74	-11.13	-9.00	0.10	0.10	
3	2293609	626301	7:33:48	12.04	0.71	2.84	-11.33	-9.20	0.61	2.74	-11.43	-9.30	0.10	0.10	
4	2293602	626293	7:33:51	12.04	0.71	2.84	-11.33	-9.20	0.61	2.74	-11.43	-9.30	0.10	0.10	
5	2293596	626285	7:33:54	12.04	0.71	2.84	-11.33	-9.20	0.61	2.74	-11.43	-9.30	0.10	0.10	
6	2293590	626277	7:33:57	12.94	0.71	2.84	-12.23	-10.10	0.61	2.74	-12.33	-10.20	0.10	0.10	
7	2293585	626269	7:34:00	14.54	0.71	2.84	-13.83	-11.70	0.61	2.74	-13.93	-11.80	0.10	0.10	
8	2293579	626260	7:34:03	14.14	0.71	2.84	-13.43	-11.30	0.61	2.74	-13.53	-11.40	0.10	0.10	
9	2293574	626252	7:34:06	14.84	0.71	2.84	-14.13	-12.00	0.61	2.74	-14.23	-12.10	0.10	0.10	
...	
3401	2288963	629601	10:23:42	17.43	0.94	3.07	-16.49	-14.36	0.90	3.03	-16.63	-14.50	0.04	0.04	
3402	2288969	629609	10:23:45	17.33	0.94	3.07	-16.39	-14.26	0.90	3.03	-16.73	-14.60	0.04	0.04	
3403	2288975	629617	10:23:48	17.43	0.94	3.07	-16.49	-14.36	0.90	3.03	-16.43	-14.30	0.04	0.04	
3404	2288980	629625	10:23:51	17.43	0.94	3.07	-16.49	-14.36	0.90	3.03	-16.63	-14.50	0.04	0.04	
3405	2288986	629634	10:23:54	17.53	0.94	3.07	-16.59	-14.46	0.90	3.03	-16.53	-14.40	0.04	0.04	
...	
6872	2296967	623854	13:30:23	7.68	0.67	2.80	-7.01	-4.88	0.56	2.69	-10.15	-8.02	0.11	0.11	
6873	2296973	623863	13:30:26	7.49	0.67	2.80	-6.82	-4.69	0.56	2.69	-9.66	-7.53	0.11	0.11	
6874	2296978	623871	13:30:29	6.90	0.67	2.80	-6.23	-4.10	0.56	2.69	-8.91	-6.78	0.11	0.11	
6875	2296984	623879	13:30:32	6.03	0.67	2.80	-5.36	-3.23	0.56	2.69	-8.07	-5.94	0.11	0.11	
6876	2296989	623888	13:30:35	5.67	0.67	2.80	-5.00	-2.87	0.56	2.69	-7.12	-4.99	0.11	0.11	
6877	2296995	623896	13:30:38	5.58	0.67	2.80	-4.91	-2.78	0.56	2.69	-6.93	-4.80	0.11	0.11	
6878	2297000	623907	13:30:41	5.39	0.67	2.80	-4.72	-2.59	0.56	2.69	-6.34	-4.21	0.11	0.11	
...	
Ngày 22/12/2019	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
6879	2303182	619275	8:06:35	9.45	0.55	2.68	-8.90	-6.77	0.56	2.69	-5.47	-3.34	0.11	0.11	
6880	2303345	619080	8:06:53	7.02	0.55	2.68	-6.47	-4.34	0.56	2.69	-5.11	-2.98	0.11	0.11	
6881	2303336	619076	8:07:12	7.51	0.55	2.68	-6.96	-4.83	0.56	2.69	-5.02	-2.89	0.11	0.11	
6882	2303326	619072	8:07:30	7.44	0.55	2.68	-6.89	-4.76	0.56	2.69	-4.83	-2.70	0.11	0.11	
6883	2303317	619068	8:07:48	7.86	0.55	2.68	-7.31	-5.18	0.47	2.60	-8.98	-6.85	0.08	0.08	
6884	2303308	619064	8:07:54	8.75	0.55	2.68	-8.20	-6.07	0.47	2.60	-6.55	-4.42	0.08	0.08	
6885	2303299	619060	8:08:17	9.93	0.55	2.68	-9.38	-7.25	0.48	2.61	-7.03	-4.90	0.07	0.07	
6886	2303290	619055	8:08:21	10.36	0.55	2.68	-9.81	-7.68	0.48	2.61	-6.96	-4.83	0.07	0.07	
6887	2303281	619051	8:08:42	10.70	0.55	2.68	-10.15	-8.02	0.48	2.61	-7.38	-5.25	0.07	0.07	
...	
9001	2300848	620948	15:31:03	16.02	0.25	2.38	-15.77	-13.64	0.10	2.23	-16.23	-14.10	0.15	0.15	
9002	2300842	620940	15:31:06	15.82	0.25	2.38	-15.57	-13.44	0.10	2.23	-16.23	-14.10	0.15	0.15	
9003	2300837	620932	15:31:09	15.72	0.25	2.38	-15.47	-13.34	0.10	2.23	-16.03	-13.90	0.15	0.15	
9004	2300831	620924	15:31:11	14.42	0.25	2.38	-14.17	-12.04	0.10	2.23	-15.53	-13.40	0.15	0.15	
9005	2300825	620915	15:31:15	15.52	0.25	2.38	-15.27	-13.14	0.09	2.22	-15.93	-13.80	0.16	0.16	
...	
11133	2293643	626250	17:17:39	12.11	0.08	2.21	-12.03	-9.90	-0.12	2.01	-12.23	-10.10	0.20	0.20	
11134	2293649	626258	17:17:41	11.41	0.08	2.21	-11.33	-9.20	-0.12	2.01	-11.53	-9.40	0.20	0.20	
11135	2293655	626266	17:17:45	11.11	0.08	2.21	-11.03	-8.90	-0.12	2.01	-11.23	-9.10	0.20	0.20	
11136	2293662	626274	17:17:48	11.01	0.08	2.21	-10.93	-8.80	-0.12	2.01	-11.13	-9.00	0.20	0.20	
11137	2293668	626281	17:17:51	11.01	0.08	2.21	-10.93	-8.80	-0.12	2.01	-11.13	-9.00	0.20	0.20	
11138	2293675	626289	17:17:53	10.51	0.08	2.21	-10.43	-8.30	-0.12	2.01	-10.63	-8.50	0.20	0.20	
11139	2293680	626298	17:17:57	9.71	0.08	2.21	-9.63	-7.50	-0.12	2.01	-9.83	-7.70	0.20	0.20	
11140	2293685	626306	17:18:00	6.81	0.08	2.21	-6.73	-4.60	-0.12	2.01	-6.93	-4.80	0.20	0.20	
...	
													$\Sigma =$	1022.44	1022.44
													$m =$	0.034	0.034

Nghiên cứu

Bảng 2: Quy chiếu trị quan trắc mực nước và trị đo sâu ĐHĐB dựa trên MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và các mô hình MBTBKV98, MBTNKV170 theo số liệu của mô hình tính toán thủy triều MIKE 21 FM

Stt	X (m)	Y (m)	Time	Độ sâu đo (m)	Mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTB tại trạm QTTT (m)	Mực nước quan trắc quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTTT (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTB tại trạm QTTT (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN tại trạm QTTT (m)	Độ cao mô hình MBTBK V 98 (m)	Độ cao mô hình MBTNK V170 (m)	Mực nước mô hình triều quy chiếu dựa trên mô hình MBTBKV 98 (m)	Mực nước mô hình triều quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV 170 (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên mô hình MBTBKV theo số liệu mô hình triều (m)	Độ sâu quy chiếu dựa trên mô hình MBTNKV 170 theo số liệu mô hình triều (m)	Độ chênh $d^{13} = (8)-(14)$	Độ chênh $\delta^{14} = (9)-(15)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
Ngày 21/12/2019																
1	2293621	626316	7:33:42	11.34	0.71	2.84	-10.63	-8.50	-0.04	-2.16	0.65	2.77	-10.69	-8.57	0.06	0.07
2	2293615	626309	7:33:47	11.74	0.71	2.84	-11.03	-8.90	-0.04	-2.16	0.65	2.77	-11.09	-8.97	0.06	0.07
3	2293609	626301	7:33:48	12.04	0.71	2.84	-11.33	-9.20	-0.04	-2.16	0.65	2.77	-11.39	-9.27	0.06	0.07
4	2293602	626293	7:33:51	12.04	0.71	2.84	-11.33	-9.20	-0.04	-2.16	0.65	2.77	-11.39	-9.27	0.06	0.07
5	2293596	626285	7:33:54	12.04	0.71	2.84	-11.33	-9.20	-0.04	-2.16	0.65	2.77	-11.39	-9.27	0.06	0.07
6	2293590	626277	7:33:57	12.94	0.71	2.84	-12.23	-10.10	-0.04	-2.16	0.65	2.77	-12.29	-10.17	0.06	0.07
7	2293585	626269	7:34:00	14.54	0.71	2.84	-13.83	-11.70	-0.04	-2.16	0.65	2.78	-13.89	-11.77	0.06	0.06
8	2293579	626260	7:34:03	14.14	0.71	2.84	-13.43	-11.30	-0.04	-2.16	0.65	2.78	-13.49	-11.37	0.06	0.06
9	2293574	626252	7:34:06	14.84	0.71	2.84	-14.13	-12.00	-0.04	-2.16	0.65	2.78	-14.19	-12.07	0.06	0.06
...
3401	2288963	629601	10:23:42	17.43	0.94	3.07	-16.49	-14.36	-0.06	-2.12	0.96	3.02	-16.47	-14.41	-0.02	0.05
3402	2288969	629609	10:23:45	17.33	0.94	3.07	-16.39	-14.26	-0.06	-2.12	0.96	3.02	-16.37	-14.31	-0.02	0.05
3403	2288975	629617	10:23:48	17.43	0.94	3.07	-16.49	-14.36	-0.06	-2.12	0.96	3.02	-16.47	-14.41	-0.02	0.05
3404	2288980	629625	10:23:51	17.43	0.94	3.07	-16.49	-14.36	-0.06	-2.12	0.96	3.02	-16.47	-14.41	-0.02	0.05
3405	2288986	629634	10:23:54	17.53	0.94	3.07	-16.59	-14.46	-0.06	-2.12	0.96	3.02	-16.57	-14.51	-0.02	0.05
...
6872	2296967	623854	13:30:23	7.68	0.6	2.80	-7.01	-4.88	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-7.10	-4.91	0.10	0.03
6873	2296973	623863	13:30:26	7.49	0.6	2.80	-6.82	-4.69	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-6.91	-4.72	0.10	0.03
6874	2296978	623871	13:30:29	6.90	0.6	2.80	-6.23	-4.10	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-6.32	-4.13	0.10	0.03
6875	2296984	623879	13:30:32	6.03	0.6	2.80	-5.36	-3.23	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-5.45	-3.26	0.10	0.03
6876	2296989	623888	13:30:35	5.67	0.6	2.80	-5.00	-2.87	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-5.09	-2.90	0.10	0.03
6877	2296995	623896	13:30:38	5.58	0.6	2.80	-4.91	-2.78	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-5.00	-2.81	0.10	0.03
6878	2297000	623907	13:30:41	5.39	0.6	2.80	-4.72	-2.59	-0.02	-2.21	0.57	2.77	-4.81	-2.62	0.10	0.03
Ngày 22/12/2019																
6879	2303182	619275	8:06:55	9.45	0.51	2.68	-8.90	-6.77	0.02	-2.29	0.46	2.77	-9.00	-6.69	0.09	-0.09
6880	2303345	619080	8:06:53	7.02	0.51	2.68	-6.47	-4.34	0.02	-2.30	0.45	2.77	-6.57	-4.25	0.10	-0.09
6881	2303336	619076	8:07:12	7.51	0.51	2.68	-6.96	-4.83	0.02	-2.30	0.45	2.77	-7.05	-4.73	0.10	-0.09
6882	2303326	619072	8:07:30	7.44	0.51	2.68	-6.89	-4.76	0.02	-2.30	0.45	2.77	-6.98	-4.66	0.10	-0.09
6883	2303317	619068	8:07:48	7.86	0.51	2.68	-7.31	-5.18	0.02	-2.30	0.45	2.77	-7.40	-5.08	0.10	-0.09
6884	2303308	619064	8:07:54	8.75	0.51	2.68	-8.20	-6.07	0.02	-2.30	0.45	2.77	-8.29	-5.97	0.10	-0.09
6885	2303299	619060	8:08:17	9.93	0.51	2.68	-9.38	-7.25	0.02	-2.30	0.45	2.78	-9.47	-7.15	0.10	-0.10
6886	2303290	619055	8:08:21	10.36	0.51	2.68	-9.81	-7.68	0.02	-2.30	0.45	2.78	-9.90	-7.58	0.10	-0.10
6887	2303281	619051	8:08:42	10.70	0.51	2.68	-10.15	-8.02	0.02	-2.30	0.45	2.78	-10.24	-7.92	0.10	-0.10
...
9001	2300848	620948	15:31:03	16.02	0.25	2.38	-15.77	-13.64	0.00	-2.27	0.09	2.36	-15.93	-13.66	0.16	0.02
9002	2300842	620940	15:31:06	15.82	0.25	2.38	-15.57	-13.44	0.00	-2.27	0.09	2.36	-15.73	-13.46	0.16	0.02
9003	2300837	620932	15:31:09	15.72	0.25	2.38	-15.47	-13.34	0.00	-2.27	0.09	2.36	-15.63	-13.36	0.16	0.02
9004	2300831	620924	15:31:11	14.42	0.25	2.38	-14.17	-12.04	0.00	-2.27	0.09	2.36	-14.33	-12.06	0.16	0.02
9005	2300825	620915	15:31:15	15.52	0.25	2.38	-15.27	-13.14	0.00	-2.27	0.09	2.36	-15.43	-13.16	0.16	0.02
...
11133	2293643	626250	17:17:39	12.11	0.08	2.21	-12.03	-9.90	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-12.19	-10.07	0.15	0.16
11134	2293649	626258	17:17:41	11.41	0.08	2.21	-11.33	-9.20	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-11.49	-9.37	0.15	0.16
11135	2293655	626266	17:17:45	11.11	0.08	2.21	-11.03	-8.90	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-11.19	-9.07	0.15	0.16
11136	2293662	626274	17:17:48	11.01	0.08	2.21	-10.93	-8.80	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-11.09	-8.97	0.15	0.16
11137	2293668	626281	17:17:51	11.01	0.08	2.21	-10.93	-8.80	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-11.09	-8.97	0.15	0.16
11138	2293675	626289	17:17:53	10.51	0.08	2.21	-10.43	-8.30	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-10.59	-8.47	0.15	0.16
11139	2293680	626298	17:17:57	9.71	0.08	2.21	-9.63	-7.50	-0.04	-2.16	-0.07	2.05	-9.79	-7.67	0.15	0.16
11140	2293685	626306	17:18:00	6.81	0.08	2.21	-6.73	-4.60	-0.04	-2.16	-0.08	2.05	-6.89	-4.77	0.16	0.16
...
														$\Sigma =$	770.55	220.28
														$m =$	± 0.041	± 0.047

Do MBTN sử dụng để quy chiếu các điểm đo độ sâu ĐHĐB theo số liệu của mô hình triều chênh so với MBTB là một hằng số (lấy theo số liệu trạm nghiệm triều Hòn Dấu, độ chênh $A_0 - \pi_0 = 2.13\text{m}$), nên độ chính xác giữa hai dãy độ sâu quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên MBTN tại vị trí các điểm đo độ sâu ĐHĐB theo số liệu của mô hình triều cũng bằng $\pm 0.034\text{m}$.

Bằng phương pháp tương tự, độ chính xác giữa độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên mô hình MBT-BKV98 theo số liệu của mô hình triều đạt $\pm 0.041\text{m}$, còn độ chính xác giữa độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTN theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và dựa trên mô hình MBTNKV170 theo số liệu của mô hình triều đạt $\pm 0.047\text{m}$.

Trên cơ sở kết quả đánh giá độ chính xác độ sâu ĐHĐB quy chiếu dựa trên MBTB theo số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và quy chiếu dựa trên các mô hình mặt biển (mô hình tính toán thủy triều, mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170) ta thấy rằng hoàn toàn có thể sử dụng mô hình tính toán thủy triều MIKE21 FM để hiệu chỉnh thủy triều trong các trị đo độ sâu ĐHĐB phục vụ công tác thành lập bản đồ biển ở các dãy tỷ lệ trung bình và nhỏ.

4. Kết luận

Độ cao mực nước xác định từ mô hình tính toán thủy triều MIKE21 FM hoàn toàn có thể thay thế số liệu quan trắc mực nước tại trạm QTTT tạm thời ven bờ để quy chiếu các trị đo độ sâu ĐHĐB.

Từ kết quả tính toán thực nghiệm và đánh giá độ chính xác độ sâu quy chiếu dựa trên MBTB tại trạm QTTT tạm thời ven bờ và quy chiếu dựa trên các mô hình mặt biển (mô hình tính toán thủy triều MIKE21 FM, mô hình MBTBKV98 và mô hình MBTNKV170), ta thấy rằng hoàn toàn có thể sử dụng các mô hình mặt biển để quy

chiếu các trị đo độ sâu ĐHĐB phục vụ công tác thành lập bản đồ ĐHĐB và hải đồ ở các dãy tỷ lệ trung bình và nhỏ.

Phương pháp xây dựng MBTB dựa trên độ cao tại các biên lồng để nội suy độ cao triều mô hình của Trung tâm Hải văn tuy đáp ứng được các nhiệm vụ của Tổng cục Biển và Hải đảo Việt Nam liên quan đến động lực biển, nhưng đối với công tác trắc địa, bản đồ vẫn còn nhiều hạn chế. Chúng tôi đã có kế hoạch phối hợp với Trung tâm Hải văn để giải quyết trọn vẹn bài toán quy chiếu các trị đo độ sâu ĐHĐB dựa trên các mô hình mặt biển phục vụ công tác đo đạc, thành lập bản đồ biển ở mọi dãy tỷ lệ. Các kết quả này sẽ được công bố trong các công trình tiếp theo. ○

Tài liệu tham khảo

[1]. Bộ Khoa học Công nghệ, (2015). TCVN 10337:2015. Tiêu chuẩn kỹ thuật Quốc gia về “Hải đồ vùng nước cảng biển và luồng hàng hải - Yêu cầu kỹ thuật cho hải đồ giấy - Ký hiệu”. Hà Nội.

[2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2007). Quyết định Ban hành quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1: 50 000. Số 03/2007/QĐ-BTNMT ngày 12 tháng 02 năm 2007.

[3]. Hà Minh Hòa, (2015). 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. Báo cáo tổng hợp kết quả Đề tài NCKH cấp Nhà nước. Mã số KC.09.19/11-15. Bộ Khoa học và Công nghệ.

[4]. Lương Thanh Thạch, Nguyễn An Định, Trần Văn Hải, (2020). Hoàn thiện mô hình mặt biển trung bình khu vực và mô hình mặt biển thấp nhất khu vực trên vùng biển Việt Nam. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, số 29, tháng 3/2020.

[5]. Lương Thanh Thạch, Nguyễn An Định, Nguyễn Thị Hồng, Trần Văn Hải, (2020). Quy

chiều trị đo sâu địa hình đáy biển dựa trên các mô hình mặt biển. Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 43, tháng 3/2020.

[6]. Phạm Văn Huấn, (2002). Động lực học biển, Phần 3- Thủy triều. NXB Đại học Quốc gia, Hà Nội.

[7]. De Jong C.D., Lachapelle G., Skone S., Elema I.A., (2003). Hydrography (Second edition 2003). UP Blue Print is an imprint of: Delft University Press. P.O. Box 98, 2600 MG Delft, The Netherlands.

[8]. Wouter J. M. K., Jim E. F., and Ross A. W., (2019). Technical note: Inherent benchmark or not? Comparing Nash–Sutcliffe and Kling–Gupta efficiency scores. Hydrology Earth System Sciences, 23, 4323–4331, 2019. <https://doi.org/10.5194/hess-23-4323-2019>.

[9]. https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/MIKE_21.htm.○

Summary

Referring seabed topographic depths based on tidal calculation model and sea surface models

Hong Thi Nguyen, Vietnam Maritime University

Trang Thanh Nguyen, Centre for oceanography

Thach Thanh Luong, Hanoi University of Natural Resources and Environment

Dinh An Nguyen, Survey and Aerial mapping onemember Co., Ltd.

Hai Van Tran, Survey Enterprise, Survey and Aerial mapping onemember Co., Ltd.

Mong Van Do, Vietnam's Naval Hydrographic and Oceanographic Department

This article presents the method of using tidal calculation model MIKE21 FD to adjust tides in referring seabed topographic depth based on regional mean sea surface model (MBTBKV98) and regional lowest sea surface model (MBTNKV170), which is published in document [4]. The accuracy assessing results of the difference between referred depths based on the water level observations at temporary coastal tidal gauge station and tidal calculation model in Hai Phong sea reached 0.034m; difference between referred depths based on water level observations at tide gauge station and MBTBKV98 model, combined with model tide data reached 0.041m, while the difference between referred depth based on lowest sea surface at tide gauge station and model MBTNKV170 combined with model tide data reached 0.047m. This shows that using the MIKE21 FD tidal calculation model to adjust the tide in referring seabed topographic depth measurements based on the sea surface models fully meets the requirements of creating seabed topographic maps and sea charts at medium and smaller scale ranges in Vietnamese waters.○