

XÂY DỰNG MÔ HÌNH MẶT BIỂN TRUNG BÌNH VÀ MẶT BIỂN THẤP NHẤT KHU VỰC TRÊN VÙNG BIỂN VIỆT NAM

KHƯƠNG VĂN LONG⁽¹⁾, LƯƠNG THANH THẠCH⁽²⁾,
TRẦN VĂN HẢI⁽³⁾, ĐẶNG XUÂN THỦY⁽⁴⁾

⁽¹⁾Đoàn Đo đạc Biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển

⁽²⁾Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

⁽³⁾Xi nghiệp Trắc địa, Công ty TNHH MTV Trắc địa Bản đồ

⁽⁴⁾Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Tóm tắt

Biển Đông được xác định là khu vực biển có tính chất thủy triều rất phức tạp, do vậy việc tính toán xác định các mặt chuẩn để xử lý dữ liệu đo độ sâu gặp nhiều khó khăn. Hiện nay, độ cao mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất được tính toán dựa trên số liệu nghiệm triều với thời gian quan trắc tối thiểu 30 ngày và mỗi trạm cũng chỉ có hiệu lực trong phạm vi từ 30 đến 70 km tùy theo tính chất triều của từng khu vực biển. Bài báo trình bày kết quả xây dựng mô hình mặt biển trung bình khu vực và mặt biển thấp nhất khu vực trên vùng biển Việt Nam, làm cơ sở để quy chiếu các trị đo sâu địa hình đáy biển phục vụ xây dựng nền thông tin địa lý biển và sản xuất hải đồ bảo đảm an toàn hàng hải.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam có vùng biển rộng trên 1 triệu km² và chiều dài bờ biển hơn 3.260 km với đủ các chế độ thủy triều trên thế giới như nhật triều đều, nhật triều không đều, bán nhật triều đều và bán nhật triều không đều; phân bố rất không đồng đều từ Móng Cái đến Hà Tiên và ngoài khơi Biển Đông. Hiện tượng thủy triều ở Biển Đông được thừa nhận là có tính chất rất phức tạp và thay đổi theo từng vùng biển [6]. Với chế độ thủy triều như vậy, kết hợp với điều kiện khắc nghiệt của khí tượng, sự biến thiên phức tạp của trường sóng mặt, sóng nội và các dòng chảy trên Biển Đông... làm cho mặt biển luôn ở trạng thái động. Theo tài liệu [5], bề mặt tự nhiên biển là mặt biển trung bình có các “đồi - hills” và các “thung lũng - vales” với độ cao chuẩn của các điểm nằm trên đó được xác định từ mặt geoid toàn cầu trên các biển và đại dương. Việc thành lập mô hình bề mặt tự nhiên biển MDT (Mean Dynamic Topography) dựa trên Hệ độ cao quốc gia được sử dụng làm nền thông tin địa lý và quy chiếu các kết quả đo sâu (sau khi cải chỉnh thủy triều) về mặt geoid để xác định độ sâu phục vụ công tác thành lập bản đồ địa hình đáy biển.

Trong công tác tính toán mặt chuẩn độ sâu để thể hiện kết quả đo nổi độ sâu địa hình đáy biển, đối với bản đồ địa hình đáy biển sử dụng mặt biển trung bình, còn với hải đồ sử dụng mặt biển thấp nhất. Việc tính toán, xác định số “0” độ sâu cho các mặt chuẩn (mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất) đòi hỏi chuỗi số liệu quan trắc tương đối dài, tối thiểu từ 30 ngày [1, 2]. Tuy nhiên theo kết quả nghiên cứu trong tài liệu [5] “mặt biển trung bình cục bộ được xác định theo các số liệu đo mực nước tại các trạm nghiệm triều dọc bờ biển Việt Nam không cho phép xác định bề mặt tự nhiên biển (mặt biển trung bình) trên toàn bộ Biển Đông“. Vì lý do đó, trong công trình [5] đã sử dụng mô hình địa hình động lực trung bình DTU10MDT để xây dựng mô hình mặt biển trung bình (MDTVN2015). Dựa trên độ cao chuẩn của các mặt biển cao nhất và thấp nhất tại 14 trạm nghiệm triều cố định và 22 trạm nghiệm triều tạm thời dọc bờ biển Việt Nam, công trình [5] đã xây dựng

Ngày nhận bài: 03/9/2018, ngày chuyển phản biện: 05/9/2018, ngày chấp nhận phản biện: 11/9/2018, ngày chấp nhận đăng: 18/9/2018

được mô hình mặt biển cao nhất HSS2015 và mô hình mặt biển thấp nhất (LSS2015) trên vùng biển Việt Nam. Dựa trên độ cao chuẩn trong hệ triều 0 của 14 trạm nghiệm triều cố định dọc bờ biển và trên một số đảo của Việt Nam, công trình [5] đã đánh giá mô hình MDTVN2015 đạt độ chính xác $\pm 0,058m$. Sử dụng độ cao chuẩn trong hệ triều 0 của 22 trạm nghiệm triều tạm thời dọc bờ biển để đánh giá, mô hình MDTVN2015 đạt độ chính xác $\pm 0,142m$.

Theo nhận xét trong [5], các mô hình MDTVN2015, HSS2015 và LSS2015 sẽ phục vụ đắc lực cho nhiệm vụ xây dựng các công trình và quy hoạch đới bờ Việt Nam trong xu thế biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, mô hình MDTVN2015 và mô hình LSS2015 vẫn chưa đáp ứng được một số yêu cầu đối với công tác thành lập cơ sở dữ liệu (CSDL) chuyên đề biển và hải đồ. Cụ thể như sau:

- Mô hình MDTVN2015 và mô hình LSS2015 không tính đến mặt chuẩn “0” độ sâu theo từng khu vực trong hệ triều trung bình.

- Mô hình mặt biển thấp nhất LSS2015 được xây dựng chỉ dựa trên độ cao mặt biển thấp nhất tại 36 trạm nghiệm triều dọc bờ biển Việt Nam và trên một số đảo, nên chưa đáp ứng được yêu cầu về độ chính xác để thành lập CSDL chuyên đề biển và hải đồ cho toàn bộ vùng biển Việt Nam.

Mặc dù vậy, phương pháp luận thành lập các mô hình MDTVN2015 và LSS2015 đã cho chúng tôi ý tưởng để xây dựng các mô hình mặt biển trung bình khu vực và mô hình mặt biển thấp nhất khu vực phục vụ sản xuất tư liệu biển trên vùng biển Việt Nam.

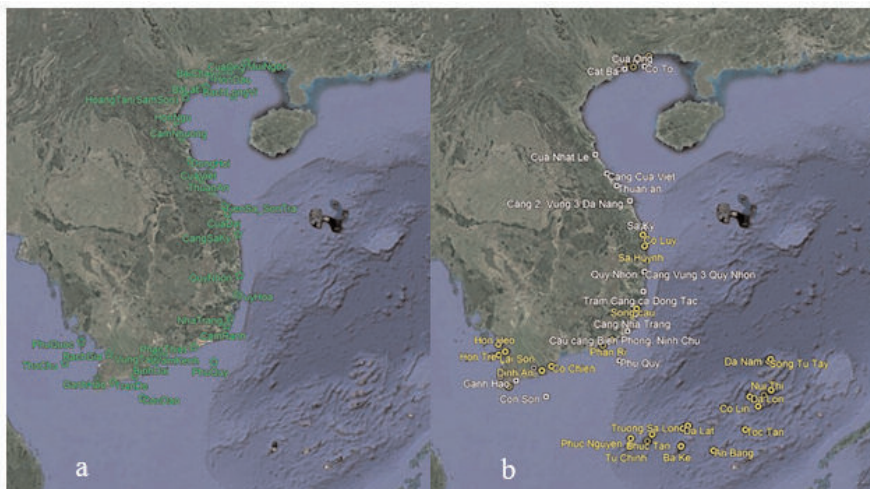
2. Giải quyết vấn đề

a. Số liệu phục vụ tính toán thực nghiệm

Các trạm nghiệm triều dọc bờ biển và trên một số đảo, quần đảo Việt Nam (xem hình 1) phục vụ xây dựng các mô hình mặt biển được lấy từ 2 nguồn:

- Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ đề tài cấp Nhà nước, Mã số KC.09.19/11-15 với sự cho phép của Chủ nhiệm đề tài PGS.TSKH Hà Minh Hòa, nguyên Viện trưởng Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ;

- Các trạm đo mực nước tạm thời của Đoàn Đo đạc Biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển (Đoàn 6).



Hình 1: Sơ đồ vị trí các trạm nghiệm triều trên vùng biển Việt Nam

a. Các trạm nghiệm triều thuộc công trình [5]; b. Các trạm nghiệm triều của Đoàn 6 [3]

Nghiên cứu

- Độ cao mặt biển trên các trạm nghiệm triều trong hệ triều 0 lấy từ [5], được tính chuyển về hệ triều trung bình và được thống kê trong bảng 1.

Bảng 1: Độ cao mặt biển trên các trạm nghiệm triều (Nguồn [5])

STT	Tên trạm	Độ cao của các mặt biển trung bình trong hệ độ cao Hp72 (m)	Độ cao của các mặt biển thấp nhất trong hệ độ cao Hp72 (m)	Độ chênh giữa mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất khu vực (m)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Cửa Ông	-0.005	-2.145	2.140
2	Bãi Cháy	-0.069	-2.409	2.340
3	Hòn Dấu	-0.062	-2.132	2.070
4	Tiên Sa - Sơn Trà	0.027	-0.623	0.650
5	Quy Nhơn	-0.006	-0.976	0.970
6	Nha Trang	-0.036	-1.016	0.980
7	Vũng Tàu	-0.119	-2.639	2.520
8	Cô Tô	0.113	-1.877	1.990
9	Bạch Long Vĩ	-0.060	-1.890	1.830
10	Hòn Ngự	0.017	-1.703	1.720
11	Cồn Cỏ	-0.001	-0.601	0.600
12	Phú Quý	0.012	-1.098	1.110
13	Côn Đảo	-0.048	-2.328	2.280
14	Phú Quốc	-0.188	-0.708	0.520
15	Thổ Chu	0.023	-0.257	0.280
16	Mũi Ngọc	0.056	-2.564	2.620
17	Ba Lạt	0.125	-2.065	2.190
18	Cửa Đáy (Nam Định)	0.226	-1.904	2.130
19	Hoàng Tân (Sầm Sơn)	-0.058	-1.878	1.820
20	Cắm Nhượng	0.109	-1.351	1.460
21	Đồng Hới	-0.073	-1.213	1.140
22	Cửa Việt	-0.290	-0.990	0.700
23	Thuận An	-0.218	-0.668	0.450
24	Cửa Đại	-0.028	-0.818	0.790
25	Cảng Sa Kỳ	0.092	-0.718	0.810
26	Tuy Hòa	-0.243	-1.273	1.030
27	Cam Ranh	0.076	-0.994	1.070
28	Phan Rang	-0.028	-1.168	1.140
29	Phan Thiết	0.143	-1.437	1.580
30	Vàm Kênh	0.259	-2.501	2.760
31	Bình Đại	0.013	-2.687	2.700
32	Trà Vinh	0.093	-2.777	2.870
33	Trần Đề	0.061	-2.859	2.920
34	Gành Hào	0.063	-2.747	2.810
35	Rạch Giá	0.063	-0.367	0.430
36	Hòn Đá Bạc	-0.027	-0.797	0.770

Nghiên cứu

- Độ chênh giữa A0 và π 0 tại các trạm quan trắc thủy triều tạm thời (thời gian đo 30 ngày đêm), được Đoàn 6 đo đạc từ năm 2001 đến năm 2011 cho các khu vực biển được thống kê trong bảng 2.

Bảng 2: Độ chênh A0 và π 0 tại các trạm nghiệm triều (Nguồn [3])

Stt	Tên trạm	Năm đo	Độ chênh đo A0- π 0 (m)
a. Trạm tham gia xây dựng mô hình			
1	Sông Cầu	2001	1.275
2	Phan Rí	2004	1.97
3	Định An	2006	2.66
4	Lại Sơn	2004	0.50
5	Cọc 5 Quảng Ninh	2007	2.17
6	Vạn Hoa, Quảng Ninh	2008	2.42
7	An Bang	2001	1.278
8	Phúc Nguyên	2007	1.13
9	Tư Chính	2007	1.13
10	Quế Đường	2006	1.13
11	Ba kè	2005	1.17
12	Sa Huỳnh	2004	1.18
13	Cổ Lũy	2004	1.12
14	Mũi né	2004	1.95
15	Cô Chiên	2006	2.50
16	Bồ Đề	2004	2.68
17	Nam Du	2004	0.50
18	Hòn Tre	2004	0.57
19	Hòn Hèo	2004	0.57
20	Ngọc Vũng	2007	2.28
21	Vĩnh Thực	2008	2.39
22	Đá Lát	2004	1.14
23	Đá Lớn	2004	0.98
24	Tốc Tan	2002	1.00
25	Núi Thị	2004	0.94
26	Cô Lin	2004	0.99
27	Trường Sa Lớn	2009	1.18
28	Song Tử Tây	2009	1.04
29	Nam Yết	2009	0.93
b. Trạm kiểm tra			
30	Cảng Vũng 3, Quy Nhơn	2008	1.23
31	Sa Kỳ	2004	1.12
32	Phú Quý	2004	1.55
33	Côn Sơn	2007	2.49
34	Gành Hào	2004	2.68
35	Cầu Cảng BP S.Ông Đốc	2001	0.695
36	Cửa Ông	2007	2.17
37	Cát Bà	2006	2.02
38	Cô Tô	2008	2.18
39	Trạm Cửa hội	2008	1.71
40	Quy Nhơn	2008	1.23
41	Cảng Nha Trang	2008	1.22

42	Cam Ranh	2008	1.29
43	Thuận An	2005	0.38
44	Cầu Cảng BP, Ninh Chữ	2010	1.358
45	Cầu Cảng Phan Rí Cửa	2010	1.772
46	Tân Cảng Quy Nhơn	2010	0.731
47	Cảng Cửa Việt	2011	0.522
48	Cửa Nhật Lệ	2011	0.774
49	Cảng 2, Vũng 3 Đà Nẵng	2011	0.766
50	Cảng Đông Tác, Đà Giang	2010	1.166
51	Đá Nam	2004	0.98
52	Phúc Tần	2006	1.13

b. Xây dựng mô hình mặt biển trung bình khu vực

Kết quả nghiên cứu của công trình [4] đã xác định được thể trọng trường của mặt geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình nhiều năm tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu $W_0 = 62636847.2911m^2 \cdot s^{-2}$ và khoảng cách không đổi giữa mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và mặt geoid toàn cầu $H_0 = \frac{\bar{W}_0 - W_0}{\bar{\gamma}_0} = 0.890m$, với \bar{W}_0 thể trọng trường của mặt geoid toàn cầu, $\bar{\gamma}_0$ là giá trị trung bình của gia tốc lực trọng trường chuẩn tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu. Sử dụng 02 giá trị này để tính chuyển các giá trị \overline{MDT} từ đỉnh các ô chuẩn CSDL của mô hình DTU10MDT quốc tế tương ứng với mặt geoid toàn cầu về các giá trị MDT cục bộ tương ứng với mặt geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức [5]:

$$MDTVN_m = \overline{MDT}_n - 0.890m + \delta MDT_{n-m} + \begin{cases} 0 & \text{ khi } B \geq 19^{\circ}57' \\ -0.318m & \text{ khi } B < 19^{\circ}57' \end{cases} \quad (1)$$

trong đó:

* δMDT_{n-m} là số cải chính chuyển giá trị \overline{MDT}_n từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều trung bình và được xác định theo công thức:

$$\delta MDT_{n-m} = 0.033 - 0.0998 \sin^2 B \quad (m) \quad (2)$$

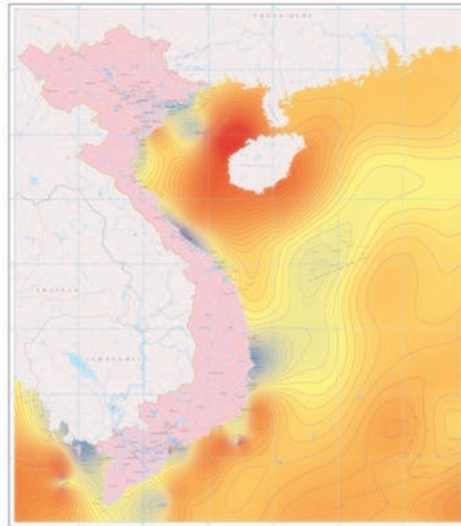
với B là vĩ độ trắc địa của đỉnh ô chuẩn tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế;

* $-0.318m$ là số hiệu chỉnh sai số hệ thống của các giá trị \overline{MDT}_n từ mô hình DTU10MDT quốc tế cho vùng biển có vĩ độ $B < 19^{\circ}57'$.

Bằng cách như vậy chúng ta đã chuyển được các giá trị \overline{MDT}_n từ đỉnh các ô chuẩn CSDL của mô hình DTU10MDT quốc tế tương ứng với mặt geoid toàn cầu về các giá trị $MDTVN$ cục bộ tương ứng với mặt geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều trung bình.

Theo đánh giá trong [5], mô hình $MDTVN$ có độ chính xác rất cao và không cần làm khớp với các độ cao chuẩn của mặt biển trung bình trên các trạm nghiệm triều. Tuy nhiên, độ cao chuẩn của mặt biển trung bình trên 36 trạm nghiệm triều (xem hình 1a) trong [5] được đo đạc, tính toán tuân thủ nghiêm ngặt theo các quy định kỹ thuật hiện hành, đặc biệt là số liệu nghiệm triều tại 22 trạm

tạm thời được đo nổi vào thời gian nước cường để đảm bảo tính chính xác của kết quả, còn trong thực tế các trạm nghiệm triều tạm thời được quan trắc vào thời điểm đang tiến hành thi công công trình nên trong kết quả vẫn chứa một nguồn sai số đáng kể. Để giảm bớt rủi ro, chúng tôi tiến hành làm khớp mô hình *MDTVN* với độ cao của các mặt biển trung bình trên 36 trạm nghiệm triều trong hệ triều trung bình (xem bảng 1) bằng Thuật toán loang (Spline with barriers) trong phần mềm ArcGIS. Kết quả chúng ta nhận được mô hình mặt biển trung bình khu vực (*MDTTBKV*) phù hợp với độ cao của các mặt biển trung bình trên 36 trạm nghiệm triều (xem hình 2).



Hình 2: Hình ảnh của mô hình *MDTTBKV* trên vùng biển Việt Nam

Cấu trúc thông tin của một đỉnh của mạng lưới (grid) các ô chuẩn hình vuông với độ phân giải $1' \times 1'$ của CSDL *MDTTBKV* bao gồm các giá trị L , B , *MDTTBKV* với kinh độ trắc địa L và vĩ độ trắc địa B được xác định trong hệ tọa độ WGS84 quốc tế. Mạng lưới (grid) các ô chuẩn hình vuông với độ phân giải $1' \times 1'$ có các đỉnh của các ô chuẩn hình vuông bắt đầu từ vĩ tuyến 24° thay đổi với bước nhảy $\Delta B = 1'$ cho đến vĩ tuyến 7° . Tại một vĩ tuyến xác định, các đỉnh lại được bố trí theo kinh tuyến bắt đầu từ kinh tuyến 100° thay đổi với bước nhảy $\Delta L = 1'$ cho đến kinh tuyến 116° . Các đỉnh nằm trong đất liền có giá trị *MDTVN* bằng 0. Trong phạm vi Biển Đông bao trùm vùng biển Việt Nam có tất cả 18.109 đỉnh của các ô chuẩn. Các dữ liệu trên một đỉnh của ô chuẩn hình vuông bao gồm: giá trị L , B , *MDTVNKV*, ở đây kinh độ trắc địa L và vĩ độ trắc địa B được xác định trong hệ tọa độ WGS84 quốc tế.

c. Xây dựng mô hình mặt biển thấp nhất khu vực

Theo khẳng định trong [5], phụ thuộc vào chế độ thủy triều, chế độ gió, độ dốc của địa hình,... mối quan hệ giữa mặt biển thấp nhất và mặt biển trung bình tại các trạm nghiệm triều khác nhau là khác nhau. Do đó, không thể thiết lập được các mối quan hệ toán học giữa các độ chênh của mặt biển thấp nhất so với mặt biển trung bình được xác định tại các trạm nghiệm triều trên toàn bộ vùng biển Việt Nam. Vì lý do này, chúng ta không thể dựa vào mô hình *MDTTBKV* để xây dựng mô hình mặt biển thấp nhất trên vùng biển Việt Nam. Như vậy, việc xây dựng các mô hình mặt biển thấp nhất trên vùng biển Việt Nam được thực hiện nhờ các điểm đặc trưng là các giá trị độ cao nhà nước của các mực nước thấp nhất được xác định trên các trạm nghiệm triều thuộc vùng biển Việt Nam. Việc thành lập mô hình mặt biển thấp nhất được thực hiện tương tự như việc xây dựng mô hình số địa

hình trên đất liền nhờ phần mềm ArcGIS.

Dựa trên độ cao trong hệ triều trung bình của mặt biển thấp nhất tại 36 trạm nghiệm triều trong bảng 1 và phần mềm ArcMap và ArcCatalog của hãng ESRI, chúng ta xây dựng được mô hình mặt biển thấp nhất khu vực (gọi là mô hình *MBTNKV36*) trên vùng biển Việt Nam.

d. Đánh giá độ chính xác độ chênh giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV36

Do mặt chuẩn độ sâu để quy chiếu các trị đo sâu địa hình đáy biển được xác định dựa vào số “0” hải đồ khu vực, nên trong công tác đo đạc thành lập hải đồ người ta chỉ tính toán xác định độ chênh giữa mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất tại khu vực thi công để quy chiếu độ sâu từ mặt biển trung bình về mặt biển thấp nhất (sau khi đã hiệu chỉnh ảnh hưởng của thủy triều). Phần lớn các trạm quan trắc thủy triều phục vụ xử lý số liệu đo sâu để thành lập hải đồ đều không được đo nối với hệ độ cao quốc gia. Vì vậy, mặt biển trung bình và mặt biển thấp tại các trạm nghiệm triều phục vụ công tác thành lập hải đồ không có giá trị độ cao trong hệ độ cao quốc gia HP72.

Dựa trên 02 mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV36* vừa xây dựng, chúng ta có thể xác định độ chênh giữa *MDTTBKV* và *MBTNKV36* (chênh cao giữa A_0 và π_0) cho mọi vị trí. Vì vậy, trong bài báo này đã sử dụng các độ chênh giữa A_0 và π_0 theo mô hình và độ chênh giữa A_0 và π_0 trên các trạm nghiệm triều do Đoàn 6 đo đạc từ năm 2000 đến năm 2011 (xem bảng 3) để đánh giá độ chính xác của 02 mô hình nêu trên. Kết quả đánh giá độ chính xác độ chênh giữa 02 mô hình được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3: Kết quả đánh giá độ chính xác độ chênh giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV36

STT	Tên trạm	Năm đo	$A_0 - \pi_0$ đo (m)	Độ cao <i>MDTTBKV</i> (m)	Độ cao <i>MBTNKV36</i> (m)	$A_0 - \pi_0$ tính (m)	$d_i = (7)-(4)$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	Cửa Ông	2001	1.23	-0.006	-0.970	0.964	-0.266
2	Cát Bà	2004	1.12	0.094	-0.809	0.903	-0.217
3	Cô Tô	2006	1.55	0.138	-1.099	1.237	-0.313
4	Trạm Cửa hội	2004	2.49	-0.048	-2.280	2.232	-0.258
5	Quy Nhơn	2007	2.68	0.064	-2.841	2.905	0.225
6	Cảng Nha Trang	2008	0.695	-0.026	-0.812	0.786	0.091
7	Cam Ranh	2001	2.17	-0.001	-2.124	2.122	-0.048
8	Thuận An	2007	2.02	-0.064	-2.138	2.074	0.054
9	Cầu Cảng BP, Ninh Chữ	2007	2.18	0.112	-1.980	2.092	-0.088
10	Cầu Cảng Phan Rí Cửa	2006	1.71	-0.063	-2.071	2.008	0.298
11	Tân Cảng Quy Nhơn	2005	1.23	-0.013	-0.974	0.961	-0.269
12	Cảng Cửa Việt	2008	1.22	-0.041	-0.978	0.937	-0.283
13	Cửa Nhật Lệ	2004	1.29	0.106	-1.063	1.170	-0.120
14	Cảng 2, Vùng 3 Đà Nẵng	2004	0.38	-0.174	-0.450	0.276	-0.104
15	Cảng Đông Tác, Đà Giang	2007	1.358	-0.004	-1.129	1.126	-0.232
16	Đá Nam	2004	1.7719	0.035	-1.281	1.316	-0.456
17	Phúc Tần	2001	0.7306	-0.024	-0.897	0.874	0.143
18	Sông Cầu	2007	0.522	-0.284	-0.690	0.407	-0.115
19	Phan Rí	2006	0.774	-0.068	-1.137	1.070	0.296
20	Định An	2008	0.766	0.030	-0.654	0.684	-0.082

21	Lại Sơn	2008	1.166	-0.240	-1.026	0.786	-0.380
22	Cọc 5 Quảng Ninh	2008	0.98	0.197	-0.781	0.978	-0.002
23	Vạn Hoa, Quảng Ninh	2008	1.13	0.210	-1.273	1.482	0.352
24	An Bang	2008	1.275	-0.098	-0.974	0.876	-0.399
25	Phúc Nguyên	2005	1.97	0.035	-1.281	1.316	-0.654
26	Tư Chính	2010	2.66	0.086	-2.873	2.959	0.299
27	Quế Đường	2010	0.50	-0.051	-0.219	0.167	-0.333
28	Ba kê	2010	2.17	-0.058	-2.283	2.225	0.055
29	Sa Huỳnh	2011	2.42	0.045	-2.222	2.267	-0.153
30	Cổ Lũy	2011	1.278	0.196	-1.202	1.398	0.120
31	Mũi né	2011	1.13	0.193	-1.390	1.583	0.453
32	Cổ Chiên	2010	1.13	0.190	-1.561	1.751	0.621
33	Bồ Đề	2004	1.13	0.210	-1.318	1.529	0.399
34	Nam Du	2004	1.17	0.214	-1.239	1.453	0.283
35	Hòn Tre	2004	1.18	0.074	-0.870	0.945	-0.235
36	Hòn Hèo	2006	1.12	0.088	-0.828	0.916	-0.204
37	Ngọc Vũng	2004	1.95	0.141	-1.467	1.607	-0.343
38	Vĩnh Thực	2004	2.50	0.091	-2.835	2.926	0.426
39	Đá Lát	2004	2.68	0.027	-2.190	2.217	-0.463
40	Đá Lớn	2004	0.5	-0.063	-0.193	0.130	-0.370
41	Tốc Tan	2006	0.57	-0.004	-0.263	0.259	-0.311
42	Núi Thị	2007	0.57	-0.132	-0.293	0.162	-0.408
43	Cô Lin	2008	2.28	-0.016	-2.085	2.070	-0.210
44	Trường Sa Lớn	2004	2.39	0.058	-2.490	2.548	0.158
45	Song Tử Tây	2004	1.14	0.215	-1.162	1.377	0.237
46	Nam Yết	2004	0.98	0.195	-0.946	1.141	0.161
47	Cửa Ông	2002	1.00	0.195	-1.075	1.270	0.270
48	Cát Bà	2004	0.94	0.182	-0.887	1.070	0.130
49	Cô Tô	2004	0.99	0.180	-0.969	1.149	0.159
50	Trạm Cửa hội	2009	1.18	0.212	-1.141	1.353	0.173
51	Quy Nhơn	2009	1.04	0.201	-0.791	0.992	-0.048
52	Cảng Nha Trang	2009	0.93	0.188	-0.919	1.107	0.177
						$\Sigma =$	-1.786

Kết quả kiểm tra sai số hệ thống

$$A = \sum_{i=1}^{52} d_i = -1.786 \text{ m}, \quad B = \sum_{i=1}^{52} |d_i| = 12.943 \text{ m}.$$

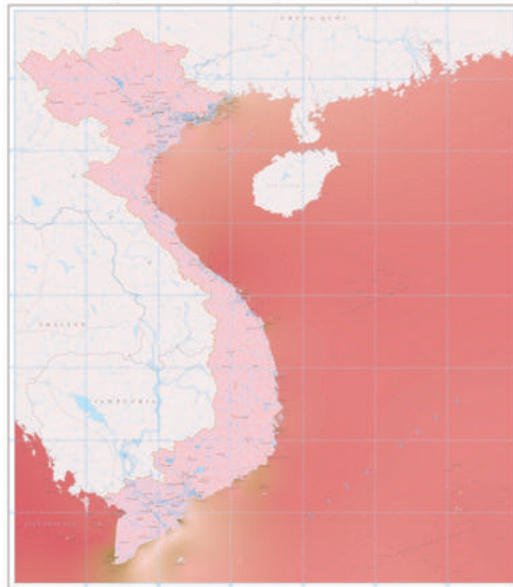
Do $|A| = 1.786 < 0.25.B = 3.236$ nên trong hai dãy các giá trị độ chênh ($A_0 - \pi_0$) không chứa sai số hệ thống. Khi coi các độ chênh ($A_0 - \pi_0$ tính theo mô hình) và ($A_0 - \pi_0$ đo) là hai dãy trị đo kép độc lập cùng độ chính xác, chúng ta đánh giá độ chính xác độ chênh giữa mô hình *MDTTBKV* và mô hình *MBTNKV36* theo công thức:

$$m_{(a_0 - \pi_0)} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{52} d_i^2}{2.52}} = \pm \sqrt{\frac{4.276}{104}} = \pm 0.203 \text{ m}.$$

Như vậy, với tiêu chí xác định mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều tạm thời theo số liệu đo mực nước biển liên tục trong 30 ngày đêm với sai số trung phương ở mức ± 0.3 m [1], chúng ta có thể kết luận rằng các mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV36* được xác định với độ chính xác khá cao.

e. Hoàn chỉnh mô hình mặt biển thấp nhất khu vực

Trên cơ sở kết quả đánh giá độ chính xác ở trên ta nhận thấy rằng, các mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV36* có thể đưa vào thử nghiệm để tính toán các trị đo sâu dựa trên mặt biển trung bình khu vực để thành lập bản đồ địa hình đáy biển hay tính toán các trị đo sâu dựa trên mặt biển thấp nhất khu vực để thành lập hải đồ. Nhằm tăng cường độ chính xác của mô hình *MBTNKV36*, chúng tôi lựa chọn thêm 29 điểm có độ chênh giữa mặt biển trung bình khu vực và mặt biển thấp nhất khu vực của Đoàn 6, đặc biệt là các điểm trên quần đảo Trường Sa (các điểm có số thứ tự từ 1 đến 29 trong bảng 2 và được thể hiện bằng màu vàng trên hình 1b), kết hợp với 36 điểm có độ cao mặt biển thấp nhất trong bảng 1 (cột 5) để xây dựng mô hình *MBTNKV65* (gọi là mô hình *MBTBKV65*). Do mô hình *MDTTBKV* được xây dựng từ CSDL của mô hình DTU10MDT có độ chính xác rất cao trên toàn Biển Đông và được làm khớp với các mặt biển trung bình khu vực tại 36 trạm nghiệm triều dọc bờ biển và trên một số đảo của Việt Nam, nên từ các độ chênh so với *MDTTBKV* chúng ta xác định được độ cao mặt biển thấp nhất khu vực tại 29 trạm nghiệm triều tạm thời này. Quy trình xây dựng mô hình *MBTNKV65* hoàn toàn tương tự như xây dựng mô hình *MBTNKV36* và kết quả được thể hiện trên hình 3.



Hình 3: Hình ảnh của mô hình *MBTNKV65* trên vùng biển Việt Nam

Cơ sở dữ liệu của mô hình *MBTNKV65* trên vùng biển Việt Nam là mạng lưới (grid) các ô chuẩn hình vuông với độ phân giải $1' \times 1'$ có các đỉnh của các ô chuẩn hình vuông bắt đầu từ vĩ tuyến 24° thay đổi với bước nhảy $\Delta B = 1'$ cho đến vĩ tuyến 7° . Tại một vĩ tuyến xác định, các đỉnh lại được bố trí theo kinh tuyến bắt đầu từ kinh tuyến 100° thay đổi với bước nhảy $\Delta L = 1'$ cho đến kinh tuyến 116° . Trong phạm vi Biển Đông bao trùm vùng biển Việt Nam có tất cả 18.109 đỉnh của các ô chuẩn. Các dữ liệu trên một đỉnh của ô chuẩn hình vuông bao gồm: giá trị L, B, *MBTNKV65* ở đây kinh độ trắc địa L và vĩ độ trắc địa B được xác định trong hệ tọa độ WGS84 quốc tế.

f. Đánh giá độ chính xác độ chênh giữa giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV65

Sử dụng 23 điểm có độ chênh đo giữa mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất khu vực của Đoàn 6 không tham gia xây dựng mô hình MBTNKV65 (các điểm có số thứ tự từ 30 đến 52 trong bảng 2 và được thể hiện bằng màu trắng trên hình 1b) để đánh giá độ chính xác của độ chênh giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV65. Kết quả tính toán để đánh giá độ chính xác độ chênh giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV65 thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4: Kết quả đánh giá độ chính xác độ chênh giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV65

STT	Tên trạm	Năm đo	A0 - π 0 đo (m)	MDTTBKV (m)	MBTNKV65 (m)	A0 - π 0 tính (m)	$d_i = (7)-(4)$
1	Cảng Vũng 3 - Quy Nhơn	2008	1.23	-0.006	-0.970	0.964	-0.266
2	Sa Kỳ	2004	1.12	0.094	-0.814	0.909	-0.211
3	Phú Quý	2004	1.55	0.138	-1.081	1.219	-0.331
4	Côn Sơn	2007	2.49	-0.048	-2.280	2.232	-0.258
5	Gành Hào	2004	2.68	0.064	-2.836	2.900	0.220
6	Cầu Cảng BP S. Ông Đốc	2001	0.695	-0.026	-0.817	0.791	0.096
7	Cửa Ông	2007	2.17	-0.001	-2.142	2.141	-0.029
8	Cát Bà	2006	2.02	-0.064	-2.187	2.123	0.103
9	Cô Tô	2008	2.18	0.112	-1.986	2.098	-0.082
10	Trạm Cửa hội	2008	1.71	-0.063	-2.074	2.011	0.301
11	Quy Nhơn	2008	1.23	-0.013	-0.971	0.958	-0.272
12	Cảng Nha Trang	2008	1.22	-0.041	-0.992	0.951	-0.269
13	Cam Ranh	2008	1.29	0.106	-1.038	1.144	-0.146
14	Thuận An	2005	0.38	-0.174	-0.450	0.276	-0.104
15	Cầu Cảng BP, Ninh Chữ	2010	1.358	-0.004	-1.104	1.100	-0.258
16	Cầu Cảng Phan Rí Cửa	2010	1.7719	0.035	-1.952	1.986	0.214
17	Tân Cảng Quy Nhơn	2010	0.7306	-0.024	-0.948	0.924	0.193
18	Cảng Cửa Việt	2011	0.522	-0.284	-0.690	0.407	-0.115
19	Cửa Nhật Lệ	2011	0.774	-0.068	-1.137	1.069	0.295
20	Cảng 2, Vũng 3 Đà Nẵng	2011	0.766	0.030	-0.653	0.683	-0.083
21	Cảng Đông Tác, Đà Giang	2010	1.166	-0.240	-1.031	0.791	-0.375
22	Đá Nam	2006	0.98	0.197	-1.042	1.238	0.258
23	Phúc Tần	2004	1.13	0.210	-1.113	1.322	0.192
						$\Sigma =$	-0.925

Kết quả kiểm tra sai số hệ thống

$$A = \sum_{i=1}^{23} d_i = -0.925 \text{ m}, \quad B = \sum_{i=1}^{23} |d_i| = 4.674 \text{ m}.$$

Do $|A| = 0.925 < 0.25.B = 1.168$ nên trong hai dãy giá trị độ chênh (A0 - π 0) không chứa sai số hệ thống. Khi coi các độ chênh (A0 - π 0 tính theo mô hình) và (A0 - π 0 đo) là hai dãy trị đo kép độc lập cùng độ chính xác, chúng ta đánh giá độ chính xác độ chênh giữa mô hình MDTTBKV và mô hình MBTNKV65 theo công thức:

$$m_{(A0-\pi0)} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{23} d_i^2}{2.23}} = \pm \sqrt{\frac{1.138}{46}} = \pm 0.157 \text{ m.}$$

Như vậy, với tiêu chí xác định mặt biên trung bình tại trạm nghiệm triều tạm thời theo số liệu đo mực nước biển liên tục trong 30 ngày đêm với sai số trung phương ở mức ± 0.3 m, chúng ta có thể kết luận rằng các mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV65* được xác định với độ chính xác rất cao.

g. Đánh giá kết quả quy chiếu độ sâu để thành lập hải đồ

Để khẳng định giá trị của hai mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKH65* mới được xây dựng, chúng tôi tính toán thử nghiệm độ sâu địa hình đáy biển để thành lập hải đồ bằng hai phương án: Tính toán độ sâu hải đồ sử dụng độ chênh giữa mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất theo số liệu quan trắc tại trạm nghiệm triều tạm thời ven bờ biển và tính toán dựa vào hai mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKH65*.

Mảnh hải đồ thử nghiệm là IA- IA-25-(20+21) do Đoàn 6 đo đạc năm 1994, tỷ lệ 1:100.000 bao phủ vùng biển từ cửa Lục đến cửa Ba Lạt với 3.687 điểm đo sâu. Số liệu đo sâu sau khi tính cải chính thủy triều sẽ quy chiếu về mặt chuẩn “0” độ sâu hải đồ bằng cách trừ đi độ chênh $\Delta h (= A0 - \pi 0)$ giữa mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất theo số liệu quan trắc tại trạm nghiệm triều của khu đo. Rắc rối lớn nhất khi tính Δh là cần phải có số liệu quan trắc thủy triều trong khoảng thời gian ít nhất 30 ngày tại trạm nghiệm triều tạm thời. Phương pháp thứ hai là căn cứ vào tọa độ vị trí điểm đo sâu sẽ tính được độ chênh $\Delta h_{\text{mô hình}}$ bằng hiệu độ cao mô hình *MDTTBKV* và độ cao mô hình *MBTBKV65*. Dựa vào giá trị $\Delta h_{\text{mô hình}}$ để quy chiếu số liệu đo độ sâu về mặt chuẩn “0” độ sâu hải đồ. Kết quả tính toán bằng hai phương pháp được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5: Đánh giá kết quả quy chiếu độ sâu để thành lập hải đồ

STT	Độ sâu đo (đã cải chính thủy triều) (m)	$h_{\text{hải đồ}} = h_{d0} - \Delta h (=2.07\text{m})$ (m)	A0 ($h_{MDTTBKV}$) (m)	$\pi 0$ ($h_{MBTNKV65}$) (m)	Độ chênh (A0 - $\pi 0$) (m)	$h_{\text{hải đồ}}$ tính (m)	Độ lệch $d_i=(7)-(2)$ (m)	$\epsilon = d_i - \delta_{tb}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	1.87	-0.2	0.05	-2.15	2.20	-0.33	0.13	0.07
2	1.97	-0.1	0.05	-2.15	2.20	-0.23	0.13	0.07
3	1.17	-0.9	0.05	-2.15	2.20	-1.03	0.13	0.07
4	1.17	-0.9	0.06	-2.15	2.21	-1.04	0.14	0.08
5	0.97	-1.1	0.05	-2.15	2.20	-1.23	0.13	0.07
6	0.77	-1.3	0.05	-2.15	2.20	-1.43	0.13	0.07
7	1.47	-0.6	0.05	-2.15	2.21	-0.74	0.14	0.08
8	1.37	-0.7	0.05	-2.16	2.22	-0.85	0.15	0.09
9	1.47	-0.6	0.05	-2.15	2.21	-0.74	0.14	0.08
...
1001	6.07	4.0	-0.06	-2.21	2.14	3.93	0.22	0.01
1002	6.17	4.1	-0.07	-2.16	2.09	4.08	0.23	-0.04
1003	6.17	4.1	-0.07	-2.18	2.11	4.06	0.24	-0.02
1004	6.17	4.1	0.08	-2.17	2.25	3.92	0.25	0.12
1005	6.17	4.1	-0.01	-2.09	2.08	4.09	0.23	-0.05
1006	6.17	4.1	-0.06	-2.07	2.01	4.16	0.24	-0.12

1007	6.17	4.1	-0.05	-2.16	2.11	4.06	0.24	-0.02
1008	6.27	4.2	-0.09	-2.25	2.16	4.11	0.24	0.03
1009	6.27	4.2	-0.07	-2.18	2.11	4.16	0.25	-0.02
...
3679	33.57	31.5	-0.04	-2.08	2.04	31.53	-0.03	-0.09
3680	33.57	31.5	-0.03	-2.08	2.04	31.53	-0.03	-0.09
3681	33.57	31.5	-0.04	-2.06	2.03	31.54	-0.04	-0.10
3682	33.57	31.5	-0.04	-2.07	2.03	31.54	-0.04	-0.10
3683	34.07	32	-0.01	-2.08	2.08	31.99	0.01	-0.05
3684	34.07	32	-0.01	-2.08	2.08	31.99	0.01	-0.05
3685	35.07	33	-0.01	-2.08	2.07	33.00	0.00	-0.06
3686	35.07	33	-0.02	-2.08	2.06	33.01	-0.01	-0.07
3687	35.07	33	-0.01	-2.09	2.08	32.99	0.01	-0.05
						$\Sigma =$	230.86	9.64

Xem độ sâu hải đồ đo và độ sâu hải đồ tính theo mô hình là hai dãy trị đo độc lập với nhau và tiến hành đánh giá độ chính xác. Kết quả kiểm tra sai số hệ thống $A = \sum_{i=1}^{3687} d_i = 230.86 \text{ m}$, $B = \sum_{i=1}^{3687} |d_i| = 262.49 \text{ m}$. Do $|A| = 230.86 > 0.25.B = 65.62$, nên trong hai dãy trị đo trên có chứa sai số hệ thống. Điều này là hiển nhiên vì với diện tích khu đo rộng hơn 6.000 km² (phần biển) và đường bờ biển dài hơn 100 km nhưng chỉ sử dụng 01 trạm nghiệm triều ven bờ để hiệu chỉnh trị đo sâu. Trong khi đó, mặt biển trung bình ở các khu vực khác nhau sẽ không giống nhau. Tiến hành khử sai số hệ thống theo phương pháp Besel:

- Tính số hiệu chỉnh δ_{tb} theo công thức: $\delta_{tb} = \frac{[d]}{n} = 0.06\text{m}$

- Khử sai số hệ thống khỏi hiệu d_i theo công thức: $\varepsilon_i = d_i - \delta_{tb}$

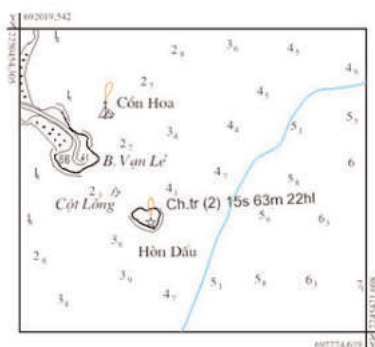
Kết quả kiểm tra sau khi khử sai số hệ thống, trong hiệu d_i không còn chứa sai số hệ thống.

- Tính sai số trung phương theo công thức: $m_{ds_dc} = \pm \sqrt{\frac{[ee]}{2(n-1)}} = \sqrt{\frac{223.134}{2.3686}} \pm 0.174\text{m}$

Trên cơ sở đánh giá độ chính xác kết quả tính độ sâu hải đồ theo phương pháp sử dụng độ chênh mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất theo số liệu quan trắc thủy triều tại một trạm ven bờ và sử dụng hai mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV65*, ta có thể kết luận rằng phương pháp sử dụng các mô hình hiệu quả hơn và cho kết quả tin cậy hơn. Trên hình 4 là kết quả trích một phần hải đồ được thành lập theo độ chênh mặt biển trung bình và mặt biển thấp nhất dựa trên số liệu quan trắc thủy triều của một trạm ven bờ (hình 4.a) và sử dụng hai mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV65* (hình 4.b).

3. Kết luận

Các mô hình *MDTTBKV* và *MBTNKV65* được thành lập theo phương pháp hiện đại dựa trên các số liệu hoàn toàn tin cậy. Kết quả đánh giá độ chính xác và thử nghiệm tính độ sâu hải đồ theo phương pháp sử dụng số liệu quan trắc thủy triều và sử dụng mô hình cho thấy, có thể sử dụng mô hình *MDTTBKV* để quy chiếu các trị đo sâu trong công tác thành lập bản đồ địa hình đáy biển và xây dựng nền thông tin địa lý biển, còn mô hình *MBTNKV65* hoàn toàn đảm bảo độ chính xác để quy chiếu các trị đo sâu trong công tác thành lập các loại hải đồ trên Biển Đông./○



Hình 4a: Hải đồ thành lập theo số liệu quan trắc thủy triều



Hình 4b: Hải đồ thành lập theo số liệu của mô hình MDTTBKV và MBTNKV65

Tài liệu tham khảo

- [1]. Bộ Tài nguyên Môi trường, (2006). Quy phạm quan trắc hải văn ven bờ. TCN số 21/2006/QĐ-BTNMT.
- [2]. Cục Bản đồ, (2011). Trắc địa biển. NXB QĐND. Hà Nội-2011.
- [3]. Đoàn Đo đạc Biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển, (2009). Thông tin về hệ thống bản đồ biển. Hải Phòng-2009.
- [4]. Hà Minh Hòa, (2012). Nghiên cứu cơ sở khoa học của việc hoàn thiện hệ độ cao gắn liền với việc xây dựng Hệ tọa độ động lực quốc gia. Báo cáo tổng hợp kết quả Đề tài NCKH cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường. Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ.
- [5]. 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 đê 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.
- [6]. Nguyễn Ngọc Thủy, (1984). Thủy triều vùng biển Việt Nam, NXB KHKT, Hà Nội-1984.○

Summary

Construction of middle East Sea models and the lowest sea area in the Vietnam sea area

Khuong Van Long, Department of Maritime Mapping and Maritime Studies

Luong Thanh Thach, Hanoi University of Natural Resources and Environment

Tran Van Hai, Survey Enterprise, Survey and Aerial mapping one member Ltd. Company

Dang Xuan Thuy, Vietnam Institute of Geodesy and Cartography

East Sea is a defined as a highly complex tidal area, thus it is difficult to calculate and determine the standard surfaces for processing depth measurement data. At present, the average elevation of sea surface and sea surface is calculated based on the tidal data with minimum monitoring time of 30 days and each station is only effective in the range of 35 to 70 km depending on the tidal features of each sea area. This article presents the results of the model of the average and the lowest sea levels in the sea area of Vietnam, as a basis for referring the depth measurements of the seafloor to serve the construction of marine geographic information and making of charters to ensure maritime safety.○