

Các kết quả xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam

Hà Minh Hòa*

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Ngày nhận bài 15.5.2015, ngày chuyển phản biện 20.5.2015, ngày nhận phản biện 18.6.2015, ngày chấp nhận đăng 24.6.2015

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu của 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 đê bờ Việt Nam trong xu thế biến đổi khí hậu” (mã số KC09.19/11-15) liên quan đến việc xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ (local Mean Dynamic Topography of Vietnam - MDTVN) phù hợp nhất với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam. Mô hình MDTVN sẽ được sử dụng làm nền thông tin địa lý trên Biển Đông phục vụ việc thành lập các bản đồ chuyên đề biển khác nhau và công tác đo đạc - thành lập bản đồ địa hình đáy biển. Mô hình MDTVN được xây dựng dựa trên mặt geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu với mục đích đảm bảo xác định độ cao của mọi điểm trên mặt biển trung bình trong hệ độ cao quốc gia HP72. Các dữ liệu được sử dụng để xây dựng mô hình MDTVN bao gồm mô hình DTU10 MDT của Đại học Kỹ thuật Đan Mạch, thế trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và các mặt biển trung bình cục bộ được xác định từ các số liệu đo mực nước (đến tháng 6.2014) và được quy chiếu về hệ độ cao HP72 tại các trạm nghiệm triều Cô Tô, Hòn Dấu, Hòn Ngự, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc. Mô hình DTU10 MDT được sử dụng do độ bao phủ toàn bộ các đại dương thế giới của nó, trong đó có lãnh hải Việt Nam.

Quá trình phân tích mặt biển trung bình toàn cầu của mô hình DTU10 MDT cho thấy từ vĩ tuyến $19^{\circ}57'$ trở xuống phía nam Việt Nam, mặt biển trung bình toàn cầu sai lệch hệ thống so với các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều. Việc hiệu chỉnh sai số hệ thống nêu trên cho phép nhận được mô hình MDTVN với độ chính xác cao ở mức $\pm 6,1 \text{ cm}$.

Từ khóa: GPS, mặt biển trung bình, mặt geoid cục bộ, mô hình địa hình động lực trung bình, trạm nghiệm triều.

Chỉ số phân loại I.5

Đặt vấn đề

Mặt biển trung bình nhiều năm là thành phần của mặt vật lý trái đất và là đối tượng xác định của trắc địa vật lý. Mô hình mặt biển trung bình được sử dụng làm nền thông tin địa lý trên biển phục vụ việc thành lập các bản đồ chuyên đề biển khác và công tác đo đạc - thành lập bản đồ địa hình đáy biển. Các mặt biển trung bình cục bộ được ngành khí tượng - hải văn xác định nhờ các số liệu đo mực nước biển trong thời gian ít nhất 18,6 năm trên các trạm nghiệm triều chỉ phản ánh các mặt biển trung bình tại các khu vực cục bộ trong phạm vi lãnh hải quốc gia. Tuy nhiên, các mặt biển trung bình cục bộ nêu trên là cơ sở quan trọng để kết hợp với mô hình địa hình động lực trung bình (Mean

Dynamic Topography - MDT) DTU10 MDT khi tính đến sự bao trùm lãnh hải quốc gia của mô hình này để xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ (được ký hiệu là mô hình MDTVN) trên toàn bộ lãnh hải Việt Nam. Mô hình địa hình động lực trung bình DTU10 MDT thực chất là mô hình mặt biển trung bình toàn cầu được xác định tương ứng với mặt geoid toàn cầu.

Trung tâm Vũ trụ quốc gia Đan Mạch (DNSC) thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch (DTU) đã thành lập mô hình Địa hình động lực trung bình DNSC08 MDT có quy mô toàn cầu dựa trên mô hình DNSC08 MSS và mô hình trọng trường trái đất EGM2008 [1-4]. Mặt geoid toàn cầu có thể trọng trường

*Email: minhhoavigac@gmail.com

THE RESULTS OF CONSTRUCTING A LOCAL MEAN DYNAMIC TOPOGRAPHY BEST FIT TO MEAN SEA SURFACE ON THE TERRITORIAL WATERS OF VIETNAM

Summary

This scientific article describes the research results of a state - level project “Estimative research of standard surfaces of the sea level (“zero” depth surface, mean and highest sea surfaces) by the methods of geodesy, oceanography and modern tectonics serving the work construction and planning the coast of Vietnam in trend of climate changes” with code KC09.19/11-15 related to the construction of local mean dynamic topography (local Mean Dynamic Topography of Vietnam - MDTVN) best fit to mean sea surface on the territorial waters of Vietnam. MDTVN model will be used as geographical base map on the East sea for making thematic maps of different types and measuring - making topographical maps of the sea bottom. MDTVN model is constructed based on local geoid best fit to the mean sea surface at the tide gauge station Hon Dau to determine the height of any points on the mean sea surface in the state height system HP72. Data used for the construction of the MDTVN consist of the DTU10 MDT model of the Technical University of Denmark, geopotential $W_0 = 62636847.2911 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ of the Hon Dau local geoid and local mean sea surfaces determined from sea level measurement data (till June 2014) at the tide gauge stations Co To, Hon Dau, Hon Ngu, Tien Sa (Da Nang), Quy Nhon, Vung Tau, Con Dao and Phu Quoc. The DTU10 MDT model has been used due to its coverage on the world oceans in general and on the territorial waters of Vietnam in particular.

An analytic process of the global mean sea surface from the DTU10 MDT model has shown that from the parallel of $19^{\circ}57'$ to the south of Vietnam, the global mean sea surface has been systematically inaccurate as compared to the local mean sea surfaces at the tide gauge stations. A correction of the global mean sea surface's systematic error allows to get the MDTVN model with high accuracy at the level of $\pm 6.1 \text{ cm}$.

Keywords: GPS, local geoid, MDT (Mean Dynamic Topography), mean sea surface, tide gauge station.

Classification numbers 1.5

$\bar{W}_0 = 62636856,0 \text{ m}^2.\text{s}^{-2}$ đã được sử dụng để xây dựng mô hình EGM2008 [5]. Các ô chuẩn kích thước $1' \times 1'$ của mô hình DNSC08 MDT bao phủ toàn cầu, riêng ở xích đạo kích thước các ô chuẩn là $2' \times 2'$. Mô hình DNSC08 MSS (Mean Sea Surface - MSS) thực chất là mô hình mặt biển trung bình toàn cầu được xác định tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế và được xây dựng dựa trên các dữ liệu altimetry từ các dự án vệ tinh TOPEX/POSEIDON, JASON-1, GEOSAT, GFO, ERS-1, ERS-2, ICESAT trong giai đoạn 1993-2004. Độ chênh giữa mặt biển trung bình toàn cầu từ DNSC08 MSS và mặt geoid EGM2008 là 23 cm trên phạm vi toàn cầu. Độ chênh này không được tính đến khi xây dựng DNSC08 MDT. Các giá trị MDT cực đại và cực tiểu của DNSC08 MDT là +1,35 m và -1,86 m. Giá trị trung bình bằng 0,23 m. Theo đánh giá trong tài liệu [6], việc xác định độ chênh của MDT theo mô hình DNSC08 MDT và kết quả đo GPS trên 320 trạm nghiệm triều ở nước Anh cho thấy sai số trung phương của các độ chênh ở mức $\pm 6,8 \text{ cm}$, còn độ chênh của MDT theo mô hình DNSC08 MDT và kết quả đo GPS trên 4 trạm nghiệm triều ở Na Uy cho thấy sai số trung phương của các độ chênh ở mức $\pm 4,1 \text{ cm}$. Mô hình địa hình động lực trung bình DTU10 MDT với độ phân giải $1' \times 1'$ được phát triển từ mô hình DNSC08 MDT do Viện Vũ trụ quốc gia (trước đây là Trung tâm Vũ trụ quốc gia) thuộc Đại học Kỹ thuật Đan Mạch thực hiện. Mô hình này được tăng cường bởi các dữ liệu đo cao vệ tinh ở vùng Bắc cực nhờ dự án vệ tinh ENVISAT.

Xét cả về độ bao trùm các biển và các đại dương thế giới, cả về độ chính xác, mô hình DTU10 MDT được đánh giá là mô hình mặt biển trung bình toàn cầu tốt nhất hiện nay. Vì lý do này, mô hình DTU10 MDT kết hợp với các mặt biển trung bình được xác định (đến tháng 6.2014) trên các trạm nghiệm triều có thời gian đo mực nước biển lớn hơn 18,6 năm trên lãnh hải Việt Nam như các trạm nghiệm triều Cô

Tô, Hòn Dấu, Hòn Ngự, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc sẽ là một trong những tiền đề quan trọng để xây dựng mô hình MDTVN.

Để xây dựng mô hình MDTVN, chúng ta cần phải thực hiện các nhiệm vụ khoa học - kỹ thuật sau: 1) Xác định các độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều trong hệ độ cao quốc gia HP72; 2) Đánh giá sự tồn tại của sai số hệ thống giữa mặt biển trung bình toàn cầu được xác định từ mô hình DTU10 MDT và các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều; 3) Xây dựng quy trình xây dựng mô hình MDTVN từ mô hình DTU10 MDT.

Các kết quả thực hiện các nhiệm vụ khoa học - kỹ thuật nêu trên được trình bày chi tiết trong bài báo này.

Đối tượng và phương pháp

Đối tượng cần xác định là mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ (MDTVN) trên lãnh hải Việt Nam với độ chính xác ở mức ± 6 cm. Các nguồn dữ liệu quan trọng để xây dựng mô hình MDTVN bao gồm:

- Mô hình DTU10 MDT phủ trùm lãnh hải Việt Nam được xác định trong hệ WGS84 quốc tế trong hệ không phụ thuộc triều.

- Các mặt biển trung bình cục bộ được xác định theo các số liệu đo mực nước biển (đến tháng 6.2014) tại các trạm nghiệm triều Cô Tô, Hòn Dấu, Hòn Ngự, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc.

- Các độ cao chuẩn trong hệ độ cao quốc gia HP72 của các “0” trạm của các trạm nghiệm triều Hòn Dấu, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu được xác định từ đề tài cấp nhà nước [7], thêm vào đó cần lưu ý rằng độ cao chuẩn trong hệ độ cao HP72 được xác định trong hệ triều trung bình.

- Thế trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ sát nhất với mặt biển trung bình tại trạm nghiệm triều Hòn Dấu và độ cao 0,890 m của mặt geoid Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu, thêm vào đó độ cao này là không đổi trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam. Các dữ liệu này đã được xác định và công bố trong các tài liệu [8-10];

- Mô hình quasigeoid quốc gia khởi đầu VIGAC2014 dựa trên mặt geoid cục bộ Hòn Dấu và được xây dựng từ mô hình trọng trường trái đất EGM2008 - sản phẩm của đề tài cấp nhà nước này đã được công bố trong các

tài liệu [10, 11].

Các phương pháp xử lý dữ liệu đóng vai trò then chốt trong việc xây dựng mô hình MDTVN. Như đã chứng minh trong tài liệu [10], hệ độ cao HP72 được xác định trong hệ triều trung bình và dưới tác động của sóng triều thường trực (sóng vùng) do sức hút của mặt trăng và mặt trời, độ cao chuẩn bị sai lệch hệ thống từ +5 cm ở cực Bắc đến +9,3 cm ở cực Nam Việt Nam. Chính vì lý do này, theo Nghị quyết số 16 của Đại hội đồng Liên đoàn trắc địa và địa vật lý quốc tế (IUGG) tại Hamburg (CHLB Đức) vào tháng 8.1983, tất cả các dữ liệu trắc địa phải chuyển về hệ triều 0 [12]. Như vậy, các độ cao chuẩn của các “0” trạm của các trạm nghiệm triều Hòn Dấu, Tiên Sa (Đà Nẵng), Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu phải được chuyển từ hệ triều trung bình (mean tide system) về hệ triều 0 (zero tide system) theo công thức sau [10]:

$$H_z^\gamma = H_m^\gamma + 0,099 - 0,296 \cdot \sin^2 B < m > \quad (1)$$

Trong đó, B - vĩ độ trắc địa của trạm, các ký hiệu “m” và “z” là viết tắt của các chữ tiếng Anh mean (trung bình) và zero (0).

Các giá trị \overline{MDT}_n được xác định từ mô hình DTU10 MDT là các độ cao của các mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt geoid toàn cầu tại các trạm nghiệm triều và được tính chuyển từ hệ không phụ thuộc triều (non - tide system) về hệ triều 0 theo công thức [10]:

$$\overline{MDT}_z = \overline{MDT}_n + 0,033 - 0,0998 \cdot \sin^2 B < m > \quad (2)$$

Ở đây ký hiệu “n” viết tắt từ chữ tiếng Anh “non - tide”.

Với mục đích xây dựng mô hình MDTVN từ mô hình DTU10 MDT sao cho sát nhất với mặt biển trung bình cục bộ trên lãnh hải Việt Nam, đầu tiên chúng ta phải chuyển các giá trị \overline{MDT}_z được xác định trên các trạm nghiệm triều từ mặt geoid toàn cầu về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức [10]:

$$\overline{MDTVN}_z = \overline{MDT}_z - 0,890 \text{ m} \quad (3)$$

Tiếp theo, xác định các độ chênh giữa các giá trị \overline{MDTVN}_z và các độ cao chuẩn nhà nước trong hệ triều 0 của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều và kiểm tra sự có mặt của sai số hệ

thống trong dãy các giá trị $\overline{MDTVN_z}$. Nếu phát hiện thấy sự có mặt của sai số hệ thống nêu trên, chúng ta sẽ xác định số hiệu chỉnh vào các giá trị $\overline{MDTVN_z}$ để loại bỏ sai số hệ thống. Cuối cùng, các giá trị $\overline{MDTVN_z}$ lại được so sánh với các độ cao chuẩn nhà nước trong hệ triều 0 của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều để đánh giá độ chính xác của mô hình MDTVN được xây dựng.

Kết quả

Với các độ cao chuẩn của “0” trạm trong hệ triều 0 được xác định theo công thức (1) và các mặt biển trung bình so với các “0” trạm tại các trạm nghiệm triều được xác định theo số liệu đo mực nước đến tháng 6.2014, chúng ta tính toán độ cao nhà nước của các mặt biển trung bình cục bộ trong hệ triều 0 tại các trạm nghiệm triều. Các kết quả tính toán được trình bày trong bảng 1. Các độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều Cô Tô, Hòn Ngự, Côn Đảo, Phú Quốc được xác định dựa trên công nghệ GPS, mô hình quasigeoid khởi đầu VIGAC2014 và theo phương pháp được trình bày trong tài liệu [10].

Bảng 1

STT	Tên trạm nghiệm triều	Độ cao chuẩn của “0” trạm trong hệ triều 0 (m)	Các mặt biển trung bình so với “0” trạm (m)	Độ cao chuẩn trong hệ triều 0 của các mặt biển trung bình tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu (m)
1	Cô Tô			0,192
2	Hòn Dấu	-1,878	1,878	0,000
3	Hòn Ngự			0,085
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	-0,877	0,980	0,103
5	Quy Nhơn	-1,464	1,540	0,076
6	Nha Trang	-1,220	1,270	0,050
7	Vũng Tàu	-2,700	2,670	-0,030
8	Côn Đảo			0,044
9	Phú Quốc			-0,098

Các kết quả tính chuyển các giá trị \overline{MDT}_n được xác định từ mô hình DTU10 MDT từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 theo công thức (2) và được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2

STT	Tên trạm	Độ cao của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt geoid toàn cầu MDTz (m)	Số hiệu chỉnh chuyển từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 (m)	Các giá trị \overline{MDT}_z tương ứng với geoid toàn cầu trong hệ triều 0 (m)
1	Cô Tô	1,075	0,020	1,095
2	Hòn Dấu	0,874	0,021	0,895
3	Hòn Ngự	1,287	0,023	1,310
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	1,131	0,025	1,156
5	Quy Nhơn	1,211	0,027	1,238
6	Nha Trang	1,230	0,028	1,258
7	Vũng Tàu	1,297	0,029	1,326
8	Côn Đảo	1,148	0,031	1,179
9	Phú Quốc	1,191	0,030	1,221

Các kết quả chuyển các giá trị \overline{MDT}_z trong bảng 2 từ mặt geoid toàn cầu về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức (3) được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3

STT	Tên trạm	Các giá trị \overline{MDT}_z tương ứng với geoid toàn cầu trong hệ triều 0 (m)	Số hiệu chỉnh về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu MDTVN _r (m)	Các giá trị \overline{MDTVN}_r tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều 0 (m)
1	Cô Tô	1,095	-0,890	0,205
2	Hòn Dấu	0,895	-0,890	0,005
3	Hòn Ngự	1,310	-0,890	0,420
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	1,156	-0,890	0,266
5	Quy Nhơn	1,238	-0,890	0,348
6	Nha Trang	1,258	-0,890	0,368
7	Vũng Tàu	1,326	-0,890	0,436
8	Côn Đảo	1,179	-0,890	0,289
9	Phú Quốc	1,221	-0,890	0,331

Các kết quả tính các hiệu C giữa độ cao chuẩn trong hệ triều 0 của mặt biển trung bình cục bộ trong bảng 1 và giá trị \overline{MDTVN}_z trong bảng 3 trên trạm nghiệm triều tương ứng được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4

STT	Tên trạm	Độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu (m)	Các giá trị MDTVN _z tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều 0 (m)	Độ chênh C _i (m)
1	Cô Tô	0,192	0,205	-0,013
2	Hòn Dấu	0,0	0,005	-0,005
3	Hòn Ngur	0,085	0,420	-0,335
4	Tiên Sa (Đà Nẵng)	0,103	0,266	-0,163
5	Quy Nhơn	0,076	0,348	-0,272
6	Nha Trang	0,050	0,368	-0,318
7	Vũng Tàu	-0,030	0,436	-0,466
8	Côn Đảo	0,044	0,289	-0,245
9	Phú Quốc	-0,098	0,331	-0,429
Tổng				-2,228

Theo tài liệu [13], khi đánh giá so sánh mặt biển trung bình từ các mô hình khác nhau, nếu độ chênh nhỏ hơn ±0,1 m thì có thể xem là nhỏ và bỏ qua. Do đó, chúng ta coi các hiệu C trên các trạm nghiệm triều Cô Tô và Hòn Dấu không có sai số hệ thống. Điều này cũng có nghĩa rằng tại khu vực biển của các trạm nghiệm triều Cô Tô và Hòn Dấu, mặt biển trung bình toàn cầu được coi là trùng với mặt biển trung bình cục bộ.

Tại 7 trạm nghiệm triều còn lại, các giá trị C_i khá lớn. Để kiểm tra sự tồn tại của sai số hệ thống của mô hình DTU10 MDT, theo các giá trị C_i của 7 trạm nghiệm triều còn lại, chúng ta xác định 2 đại lượng

$$A = \sum_{i=1}^7 C_i = -2,228 \text{ m và } B = \sum_{i=1}^7 |C_i| = 2,228 \text{ m.}$$

Do $|A| = 2,228 \text{ m} > 0,25 \times 2,228 \text{ m} = 0,557 \text{ m}$, nên theo lý thuyết hiệu chỉnh các trị đo kép, trong dãy các giá trị MDTVN_z có chứa sai số hệ thống. Số hiệu chỉnh do sai số hệ thống bằng $-\frac{2,228}{7} = -0,318 \text{ m}$.

Khi nghiên cứu mô hình DTU10 MDT trên lãnh hải Việt Nam, chúng ta thấy rằng:

- Vùng biển 1 nằm giữa các vĩ tuyến 19°57' và 21°32' và giữa các kinh tuyến 106° và 108°, mặt biển trung bình toàn cầu tương đối bằng phẳng, sự thay đổi bề mặt nhỏ. Giá trị \overline{MDT}_n trung bình ở mức 0,890 m.

- Vùng biển 2 nằm giữa các kinh tuyến 106° và 108° và từ vĩ tuyến 19°57' trở xuống phía Nam, mặt biển trung bình toàn cầu thay đổi đột ngột với giá trị \overline{MDT}_n trung bình ở mức 1,3 m.

- Vùng biển 3 nằm giữa các kinh tuyến 108° và 110° và từ vĩ tuyến 21° trở xuống phía Nam, mặt biển trung bình toàn cầu thay đổi đột ngột với giá trị \overline{MDT}_n trung bình ở mức 1,2÷1,4 m.

Sự nâng cao đột ngột của mặt biển trung bình toàn cầu tại các vùng 2, 3 so với vùng 1 là nguyên nhân gây ra sai số hệ thống trong các giá trị \overline{MDT}_n so với các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều Hòn Ngur, Tiên Sa, Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo và Phú Quốc.

Với mục đích xây dựng mô hình MDTVN_z phù hợp nhất với mặt biển trung bình cục bộ trên lãnh hải Việt Nam dựa trên mô hình DTU10 MDT, chúng ta sẽ hiệu chỉnh sai số hệ thống trong các giá trị MDTVN_z trong bảng 4 trên các trạm nghiệm triều Hòn Ngur, Tiên Sa, Quy Nhơn, Nha Trang, Vũng Tàu, Côn Đảo, Phú Quốc và so sánh các giá trị MDTVN_z với các giá trị độ cao chuẩn nhà nước của các mặt biển trung bình trên tất cả 9 trạm nghiệm triều được nghiên cứu. Các kết quả tính toán được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5

STT	Tên các trạm nghiệm triều	Các giá trị MDTVN _z tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu trong hệ triều 0 (m)	Số hiệu chỉnh do sai số hệ thống (m)	Các giá trị MDTVN _z được hiệu chỉnh (m)	Độ cao chuẩn của các mặt biển trung bình tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu (m)	Độ chênh d _i (m)
1	Cô Tô			0,205	0,192	0,013
2	Hòn Dấu			0,005	0,000	0,005
3	Hòn Ngur	0,420	-0,318	0,102	0,085	0,017
4	Tiên Sa	0,266	-0,318	-0,052	0,103	-0,155
5	Quy Nhơn	0,348	-0,318	0,030	0,076	-0,046
6	Nha Trang	0,368	-0,318	0,050	0,050	0,000
7	Vũng Tàu	0,436	-0,318	0,118	-0,030	0,148
8	Côn Đảo	0,289	-0,318	-0,029	0,044	-0,071
9	Phú Quốc	0,331	-0,318	0,013	-0,098	0,111

Để kiểm tra trong dãy các giá trị $MDTVN_z$ được hiệu chỉnh có còn chứa sai số hệ thống hay không, chúng ta tính $A = \sum_{i=1}^9 d_i = 0,022 \text{ m}$, $B = \sum_{i=1}^9 |d_i| = 0,566 \text{ m}$.

Do $|A| = 0,022 \text{ m} < 0,25 \cdot B = 0,1415 \text{ m}$, nên trong dãy các giá trị $MDTVN_z$ được hiệu chỉnh không chứa sai số hệ thống.

Độ chính xác của mô hình MDTVN được đánh giá theo công thức:

$$m_{MDTVN} = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 d_i^2}{2.9}} = \pm \sqrt{\frac{0,06589}{18}} = \pm 0,061 \text{ m}$$

Chúng ta thấy rằng mô hình $MDTVN_z$ được xây dựng bằng cách nêu trên có độ chính xác rất cao, tương đương với yêu cầu độ chính xác độ cao quốc gia hạng I.

Với các kết quả nghiên cứu được trình bày ở trên, chúng ta có quy trình thành lập mô hình MDTVN phù hợp với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam dựa trên mô hình DTU10 MDT được thực hiện theo các bước sau:

Bước 1: Chuyển tất cả các giá trị \overline{MDT}_n tại các đỉnh của các ô chuẩn $1' \times 1'$ trong mô hình DTU10 MDT, thêm vào đó các ô chuẩn thuộc lãnh hải Việt Nam, từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 và chuyển về tương ứng với geoid cục bộ Hòn Dấu theo công thức:

$$\overline{MDT}_z = \overline{MDT}_n - 0,890 \text{ m} + \delta MDT_{n-z}$$

Trong đó: δMDT_{n-z} - số cải chính chuyển giá trị \overline{MDT} từ hệ không phụ thuộc triều về hệ triều 0 và được xác định theo công thức:

$$\delta MDT_{n-z} = 0,033 - 0,0998 \cdot \sin^2 B$$

Ở đây B - vĩ độ trắc địa của đỉnh ô chuẩn tương ứng với ellipsoid WGS84 quốc tế.

Bước 2: Khi đỉnh của ô chuẩn $1' \times 1'$ nằm ở vĩ tuyến với vĩ độ nhỏ hơn $19^{\circ}57'$, chúng ta hiệu chỉnh các giá trị \overline{MDT}_z do sai số hệ thống của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt biển trung bình cục bộ trong lãnh hải Việt Nam theo công thức:

$$\overline{MDT}_z = \overline{MDT}_z - 0,318 \text{ m}$$

Bàn luận

Cách tiếp cận phương pháp xây dựng mô hình địa hình động lực trung bình cục bộ phù hợp với mặt biển trung bình trên lãnh hải quốc gia dựa trên mô hình MDT quốc tế được trình bày trong bài báo này là cách tiếp cận mới, chưa được công bố trên thế giới. Khi đánh giá mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt biển trung bình cục bộ trên các trạm nghiệm triều trong lãnh hải quốc gia, một số nước như Anh, Na Uy thường sử dụng mô hình mặt biển trung bình (Mean Sea Surface - MSS) xác định độ cao của mặt biển trung bình toàn cầu so với mặt ellipsoid quốc tế WGS84.

Vấn đề mấu chốt của việc đề xuất phương pháp xây dựng mô hình MDTVN được trình bày ở trên là xác định được thế trọng trường $W_0 = 62636847,2911 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu, độ cao 0,890 m của mặt geoid cục bộ Hòn Dấu so với mặt geoid toàn cầu và sự không đổi của độ cao này trên toàn bộ lãnh thổ Việt Nam [8-10]. Do đó, phương pháp xây dựng mô hình MDTVN được trình bày ở trên là phương pháp hoàn toàn mới.

Trong khuôn khổ thực hiện đề tài cấp nhà nước KC09.19/11-15, mô hình MDTVN trên toàn bộ lãnh hải Việt Nam là sản phẩm quan trọng của đề tài sẽ tạo ra nền thông tin địa lý trên Biển Đông, phục vụ đắc lực cho việc thành lập các bản đồ chuyên đề về biển và công tác đo đạc - thành lập bản đồ địa hình đáy biển.

Kết luận

Các phương pháp được sử dụng để xây dựng mô hình MDTVN phù hợp nhất với mặt biển trung bình trên lãnh hải Việt Nam dựa trên mô hình DTU10 MDT có cơ sở khoa học chặt chẽ và đáp ứng đầy đủ các yêu cầu hiện đại của công tác xử lý các dữ liệu trắc địa trên cơ sở quy chiếu các dữ liệu về hệ triều 0, quy chiếu các giá trị \overline{MDT}_z được xác định từ mô hình DTU10 MDT về mặt geoid cục bộ Hòn Dấu, đánh giá so sánh các giá trị \overline{MDTVN}_z với các độ cao nhà nước của các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều để phát hiện sai số hệ thống của mặt biển trung bình toàn cầu của mô hình DTU10 MDT và hiệu chỉnh tương ứng để loại bỏ sai số hệ thống trong các giá trị \overline{MDTVN}_z . Các kết quả thực nghiệm cho thấy, mô hình MDTVN có độ chính xác rất cao (ở mức $\pm 6,1 \text{ cm}$). Việc sử dụng tiếp theo các mặt biển trung bình cục bộ tại các trạm nghiệm triều Bạch Long Vĩ, Cửa Ông, Bãi Cháy, Sầm Sơn, Cồn Cỏ, Phú Quý, Thổ Chu

sẽ nâng cao độ chính xác của mô hình MDTVN trên toàn bộ lãnh hải Việt Nam.

Lời cảm ơn

Tác giả cảm ơn Chương trình KH&CN trọng điểm cấp nhà nước KC09/11-15 “Nghiên cứu KH&CN phục vụ quản lý biển, hải đảo và phát triển kinh tế biển” đã hỗ trợ thực hiện bài báo này.

Tài liệu tham khảo

[1] Andersen O.B, Knudsen P (2008), “The DNSC08 MDT Mean Dynamic Topography”, *EGU 2008 Meeting*, Vienna, Austria, April, pp.14-18.

[2] Andersen O.B, et al (2008), “The DTU10 global Mean sea surface and Bathymetry”, *Presented EGU-2008*, Vienna, Austria, April, oa@space.dtu.dk.

[3] Andersen O.B, Knudsen P, Berry P, Kenyon S (2008), “The DNSC08 ocean-wide altimetry derived gravity anomaly field”, *EGU 2008 Meeting*, Vienna, Austria, pp.14-18.

[4] Andersen O.B, Knudsen P (2009), “DNSC08 mean sea surface and mean dynamic topography models”, *Journal of Geophysical Research*, **Vol.114**.

[5] Tenzer R, Vatrt V, Amos M (2009), “Realization of the World Height System in New Zealand: Preliminary Study”, *Geodesy for Planet Earth*, pp.343-349, Proceedings of the 2009 IAG Symposium, Buenos Aires, Argentina, *International Association of Geodesy Symposia*, **Vol.136**, 2012, Steve Kenyon, Maria Christina Pacino, Urs Marti, ISBN: 278-3-642-20337-4.

[6] Andersen O.B, Knudsen P (2010), “The DTU10 mean sea surface and mean dynamic topography - improvements in the Arctic and coastal zone”, *DTU Space*, Technical University of Denmark,

OSTST, Lissabon, Portugal.

[7] Đào Chí Cường, Phạm Hoàng Lân, Nguyễn Nguyên Cường, Bùi Xuân Thông và nnk (2001), “Nghiên cứu xác lập chuẩn “0” độ sâu quốc gia phần lãnh hải Việt Nam”, *Báo các khoa học và kỹ thuật của đề tài cấp nhà nước mã số 06-06 thuộc Chương trình điều tra nghiên cứu biển mã số KHCN06*, Bộ KH&CN.

[8] Hà Minh Hòa và nnk (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”, *Đề tài KH&CN cấp Bộ Tài nguyên và Môi trường giai đoạn 2010-2012*.

[9] Hà Minh Hòa (2013), “Estimating the geopotential value W_0 of the local geoid based on data from local and global normal heights of GPS/Leveling points in Vietnam”, *Geodesy and Cartography*, **39(3)**, pp.99-105, Taylor & Francis, UDK 528.21, doi:10.3846/20296991.2013.823705.

[10] Hà Minh Hòa (2014), “Lý thuyết và thực tiễn của Trọng lực trắc địa”, *NXB Khoa học và Kỹ thuật*, 592 tr.

[11] Hà Minh Hòa (2014), “Phương pháp chuyển độ cao chuẩn nhà nước lên các mặt biển trung bình tại các trạm nghiệm triều trên các đảo xa”, *Báo cáo khoa học, Kỳ yếu Hội nghị khoa học trắc địa và bản đồ vì hội nhập quốc tế*, Viện Khoa học đo đạc và bản đồ, Hội Trắc địa, Bản đồ và Viễn thám Việt Nam, tr.2-15.

[12] International Association of Geodesy (IAG) (1984), “IAG Resolutions adopted at the XVIII General Assembly of the IUGG in Hamburg, August 1983”, *Bulletin Geodetique*, **58(3)**, The Geodesist’s handbook, p.321.

[13] Turner J.H, Iliffe J.C, Ziebart M.K, Jones C (2013), “Global Ocean tide Models: Assessment and Use within a Surface Model of Lowest Astronomical Tide”, In: *Marine Geodesy*, **36**, pp.123-137, Taylor & Francis Group, LLC. ISSN: 0149-0419 print/1521-060X online, DOI: 10.1080/01490419.2013.771717.