



Phương pháp tính chuyển dữ liệu độ sâu đáy biển từ hệ quy chiếu quốc tế sang hệ quy chiếu tọa độ, độ cao quốc gia

Nguyễn Văn Sáng

Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam
Email tác giả liên hệ: nguyenvansang@humg.edu.vn

DOI: 10.5281/zenodo.15205483

Tóm tắt:

Mục đích của nghiên cứu này là đưa ra phương pháp tính chuyển dữ liệu độ sâu đáy biển từ hệ quy chiếu quốc tế sang hệ quy chiếu tọa độ, độ cao quốc gia Việt Nam. Các mô hình độ sâu đáy biển toàn cầu có độ vĩ (B), độ kinh (L) của điểm trong hệ WGS-84 và độ sâu so với mặt biển trung bình quốc tế (D_{QT}). Để tính chuyển sang hệ tọa độ VN2000 và độ sâu quốc gia thì cần phải xác định được độ cao trắc địa (H) của điểm trong WGS-84 và chênh lệch giữa mặt biển trung bình của Việt Nam và mặt biển trung bình quốc tế. Độ cao trắc địa này được xác định dựa vào độ cao geoid quốc tế từ mô hình EIGEN6C4; độ cao mặt biển trung bình quốc tế DTU15MDT và độ sâu quốc tế của điểm. Chênh lệch giữa hai mặt biển trung bình quốc gia và quốc tế được xác định dựa vào số liệu tại 31 trạm nghiệm triều của Việt Nam. Sau khi có được đầy đủ các thành phần tọa độ trong WGS84, tọa độ được tính chuyển bằng công thức Bursa-Wolf với 7 tham số chuyển đổi tọa độ giữa WGS-84 và VN2000. Thử nghiệm được tính toán đối với mô hình độ sâu GEBCO2022 trên khu vực giữa Biển Đông.

Từ khóa: Mô hình GEBCO2022, Độ sâu đáy biển, Mặt biển trung bình, Chuyển dữ liệu độ sâu đáy biển.
Ngày nhận bài: 16/03/2025 Ngày sửa lại: 01/04/2025 Ngày chấp nhận đăng: 02/04/2025 Ngày xuất bản: 14/04/2025

The method of tranfomation of seabed depth data from the international reference system to the national reference system

Nguyen Van Sang

¹Hanoi University of Mining and Geology, Ha Noi, Viet Nam
Corresponding Author Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

Abstract:

The purpose of this study is to propose a method for transformation of seabed depth data from the international reference system to the Vietnamese national reference system. Global seafloor bathymetric models have the latitude (B), longitude (L) of the points in the WGS-84 and the depth to the international mean dynamic topography (D_{QT}). For transformation of these coordinates and depths to the VN2000 and the national vertical system, it is necessary to determine the ellipsoid height (H) of the points in the WGS-84 and the difference between the mean dynamic topography of Vietnam and the international mean dynamic topography. These ellipsoid heights are determined based on geoid height from the global Earth Gravity Model (EIGEN6C4); the international mean dynamic topography (DTU15MDT) and the international depth of the points. The difference between the national and international mean dynamic topography is determined based on data at 31 tidal gauge stations in Vietnam. After obtaining all coordinate components in the WGS84, the coordinates are transformed using the Bursa-Wolf formula with 7 coordinate transformation parameters between WGS-84 and VN2000. The experiments were calculated for the GEBCO2020 bathymetric model over the central East Sea.

Keywords: GEBCO2020 model, Seabed depth, Mean dynamic topography, Transformation of the seabed depth data.

Submission received: 16/03/2025

Revised: 01/04/2025

Accepted: 02/04/2025

Published: 14/04/2025

1. Giới thiệu

Việt Nam là một quốc gia có đường bờ biển dài. Diện tích vùng lãnh hải nước ta rộng lớn, vùng đặc quyền kinh tế rộng gần 1 triệu km². Biển - đảo đóng một vai trò quan trọng trong sự phát triển kinh tế đất nước, trong công tác an ninh quốc phòng và giao lưu quốc tế. Bản đồ địa hình đáy biển là dữ liệu điều tra cơ bản quan trọng về biển, mang



hiều giá trị khác nhau như: sử dụng cho mục đích hàng hải; hoạt động bảo vệ chủ quyền an ninh trên biển; các lĩnh vực quản lý, khai thác tài nguyên biển và các hoạt động nghiên cứu khoa học khác về biển... Trên các vùng biển, yếu tố chính của địa hình chính là độ sâu đáy biển. Độ sâu đáy biển càng được khảo sát và thể hiện một cách chính xác, chi tiết thì ý nghĩa phục vụ cho các hoạt động nghiên cứu, khảo sát, thể hiện các thông tin nghiên cứu khoa học khác càng có tính đặc dụng và hiệu quả cao. Nghiên cứu Biển Đông, khai thác tiềm năng biển để phục vụ phát triển kinh tế, bảo đảm an ninh quốc phòng, gìn giữ chủ quyền biển, đảo là chủ trương lớn của Đảng và Nhà Nước ta đã được khẳng định trong các nghị quyết của Ban Chấp hành Trung ương Đảng như: Nghị quyết 09-NQ/TW khóa X, Nghị quyết số 36-NQ/TW khóa XII vv...

Ở Việt Nam, công tác trắc địa biển được quan tâm phát triển từ những năm 1976, sau khi đất nước thống nhất. Chúng ta cũng đã thành lập được một số bản đồ đáy biển tỷ lệ lớn nhưng chủ yếu là ở các vùng ven bờ để phục vụ các công trình xây dựng [1]. Còn khu vực ngoài khơi chỉ có một vài đơn vị đo bản đồ địa hình đáy biển để phục vụ chủ yếu nhu cầu xây dựng công trình biển, hải quân nhưng còn chưa phủ trùm được tất cả khu vực lãnh hải của Việt Nam và Biển Đông [2]. Theo Bộ Tài nguyên và Môi trường trong Hội nghị tổng kết bước đầu “Đề án tổng thể về điều tra cơ bản và quản lý tài nguyên, môi trường biển đến năm 2010, tầm nhìn đến 2020” (Đề án 47), đến hết năm 2018, Việt Nam đã thành lập hải đồ tỷ lệ 1:200.000 với khoảng 53% diện tích các vùng biển Việt Nam; hoàn thành điều tra địa hình đáy biển khoảng 24,5% diện tích vùng biển Việt Nam ở các tỷ lệ từ 1:500.000 đến 1:50.000. Như vậy, còn rất nhiều diện tích biển Việt Nam chưa được đo độ sâu đáy biển, đặc biệt là những vùng biển xa, biển sâu.

Trên thế giới những năm gần đây đã công bố một số mô hình độ sâu toàn cầu như: Mô hình độ sâu toàn cầu GEBCO2020 [3]; Mô hình độ sâu toàn cầu DTU18BAT [4]... Các mô hình này có tọa độ trắc địa B, L trong hệ tọa độ quốc tế WGS-84, độ sâu so với mặt biển trung bình quốc tế. Như vậy, có thể sử dụng các số liệu độ sâu từ các mô hình trên cho những vùng biển chưa có số liệu đo sâu trực tiếp. Tuy nhiên, cần phải chuyển đổi tọa độ sang VN2000 và độ sâu so với mặt biển trung bình của Việt Nam.

Bài báo này tập trung nghiên cứu phương pháp xác định độ cao trắc địa của điểm độ sâu trong WGS-84 để phục vụ tính chuyển bộ dữ liệu độ sâu đáy biển từ hệ tọa độ quốc tế WGS-84 sang hệ tọa độ VN2000; và xác định chênh lệch giữa mặt biển trung bình của Việt Nam và quốc tế, từ đó tính chuyển độ sâu sang hệ quy chiếu độ cao của Việt Nam.

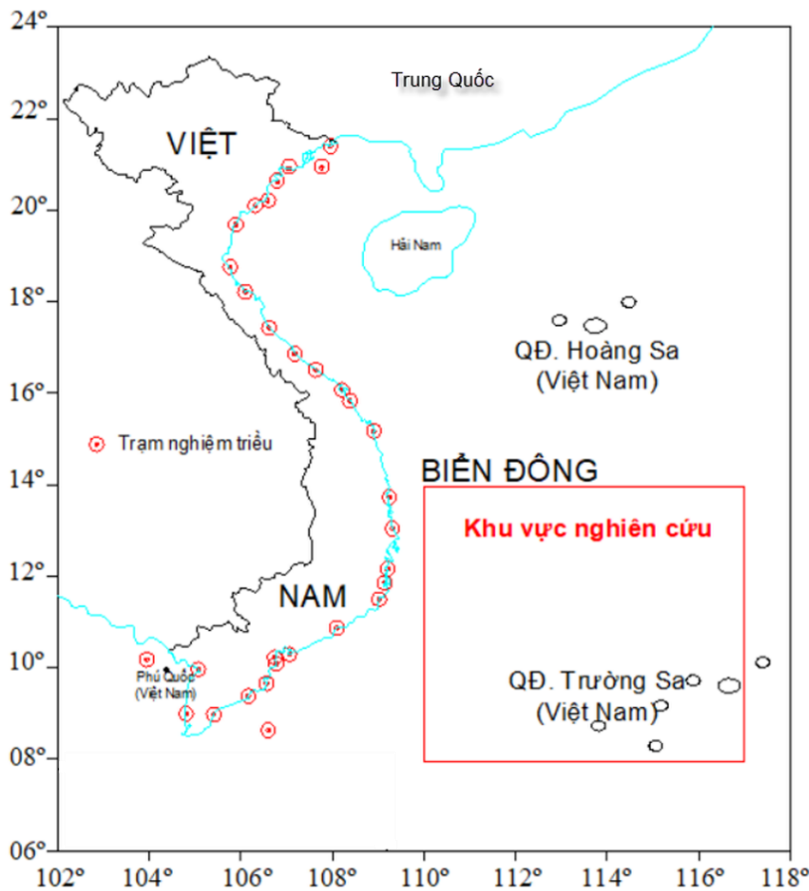
2. Khu vực và số liệu nghiên cứu

2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là khu vực giữa Biển Đông, có diện tích khoảng 363,000 km², giới hạn độ vĩ B: 8°N - 14°N; độ kinh: 110°E - 115°E (xem Hình 1). Đây là khu vực nằm trong phạm vi biển rìa có cấu trúc kiến trúc đa dạng và phức tạp, đã trải qua một quá trình phát

triển địa chất đặc biệt, thu hút sự quan tâm của nhiều nhà khoa học địa chất-địa vật lý trong và ngoài nước [5, 6].

Địa hình đáy biển khu vực nghiên cứu rất đa dạng và phức tạp, mang tính đặc trưng của một biển rìa. Địa hình đáy biển với đặc thù là có trung tâm sụt sâu hơn 4000m được bao quanh bởi các đồng bằng bình nguyên biển thẳm xen lẫn các khối sót lục địa cổ (quần đảo Trường Sa), các máng trũng nước sâu - dấu vết của đới hút chìm cổ. Đặc điểm địa hình được chia thành các yếu tố như sau: thềm lục địa, sườn lục địa bao quanh thềm lục địa (sâu đến 2500 - 3000m) và trũng sâu (đáy biển thẳm - sâu trên 4000m) [5, 6].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu

2.2. Số liệu nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, số liệu của mô hình độ sâu quốc tế GEBCO2020 được sử dụng. Lưới GEBCO_2020 cung cấp trên phạm vi toàn cầu về dữ liệu độ sâu với kích thước mắt lưới 15"x15". Nó bao gồm 43200 hàng x 86400 cột, tương ứng 3.732.480.000 điểm dữ liệu. GEBCO2020 có tọa độ trong hệ tọa độ WGS84. Độ sâu so với mặt biển trung bình quốc tế [3]. Ở đây, chúng tôi sử dụng số liệu đã làm thưa với kích thước mắt lưới là 1'x1'. Vì bộ dữ liệu độ sâu đáy biển của GEBCO2020 trên khu vực giữa Biển Đông rất lớn (202501 điểm). Do đó, trong Bảng 1 dưới đây, chúng tôi trích giới thiệu một số điểm trong bộ dữ liệu.



Bảng 1. Trích giới thiệu một số điểm trong bộ dữ liệu độ sâu trên khu vực giữa Biển Đông [3]

STT	B (°)	L (°)	D_{QT} (m)
1	7.500000000	109.500000000	-464.588
2	7.500000000	109.516666667	-409.366
3	7.500000000	109.533333333	-354.077
4	7.500000000	109.550000000	-299.537
5	7.500000000	109.566666667	-247.740
6	7.500000000	109.583333333	-201.580
7	7.500000000	109.600000000	-163.835
8	7.500000000	109.616666667	-137.178
9	7.500000000	109.633333333	-124.999
...
202491	14.500000000	117.333333333	-4296.296
202492	14.500000000	117.350000000	-4267.101
202493	14.500000000	117.366666667	-4238.025
202494	14.500000000	117.383333333	-4209.257
202495	14.500000000	117.400000000	-4185.070
202496	14.500000000	117.416666667	-4170.353
202497	14.500000000	117.433333333	-4164.357
202498	14.500000000	117.450000000	-4161.513
202499	14.500000000	117.466666667	-4158.890
202500	14.500000000	117.483333333	-4158.992
202501	14.500000000	117.500000000	-4166.061

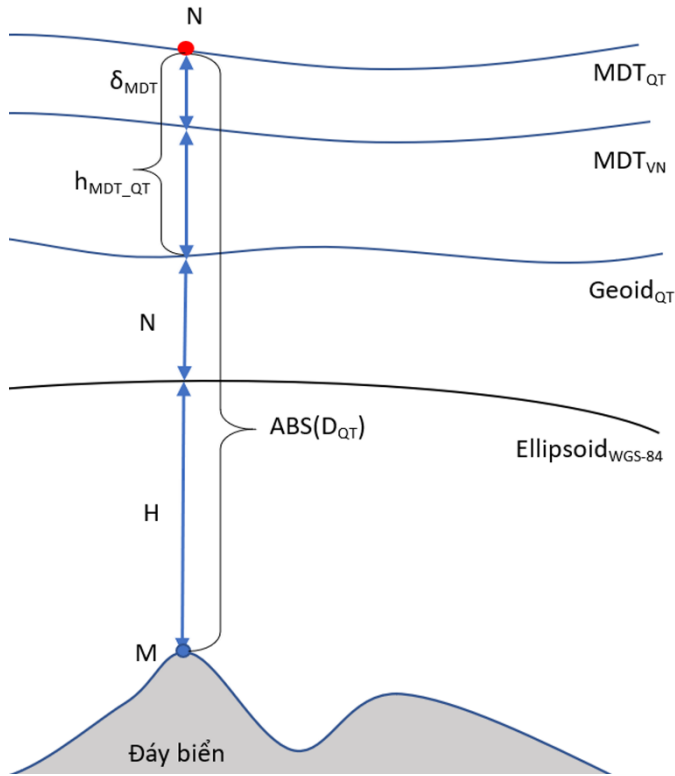
Để xác định chênh lệch giữa mặt biển trung bình quốc gia và quốc tế, số liệu 31 trạm nghiệm triều đã được sử dụng. Số liệu các trạm nghiệm triều được tham khảo trong tài liệu [7]. Vị trí các trạm nghiệm triều được thể hiện trên Hình 1.

Ngoài ra, nghiên cứu này cũng sử dụng số liệu mô hình mặt biển trung bình quốc tế DTU15MDT, là mô hình được xây dựng từ số liệu đo cao vệ tinh bởi các nhà khoa học thuộc Trung tâm vũ trụ Đan Mạch thuộc Trường Đại học tổng hợp Kỹ thuật Đan Mạch [8] và mô hình thể trọng trường Trái đất EIGEN6C4 [9, 10].

3. Phương pháp nghiên cứu

3.1. Xác định độ cao trắc địa của điểm trong WGS-84 phục vụ công tác tính chuyển tọa độ

Mô hình độ sâu quốc tế chỉ có độ sâu (D_{QT}) so với mặt biển trung bình quốc tế (MDT_{QT}), và tọa độ B, L trong hệ tọa độ quốc tế WGS-84. Để có thể chuyển tọa độ về hệ VN2000 thì cần biết độ cao trắc địa (H) của các điểm so với mặt Ellipsoid WGS-84. Mối quan hệ giữa độ sâu và độ cao trắc địa được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Mối quan hệ giữa độ sâu và độ cao trắc địa

Trong đó: D_{QT} là độ sâu (có giá trị âm), tính từ mặt biển trung bình quốc tế xuống đáy biển; $ABS(D_{QT})$ là giá trị tuyệt đối của độ sâu; δ_{MDT} là chênh lệch giữa mặt biển trung bình Việt Nam và mặt biển trung bình quốc tế, trong nghiên cứu này, là mặt DTU15MDT; h_{MDT_QT} là độ cao mặt biển trung bình quốc tế (tính từ geoid quốc tế, tương ứng với DTU15MDT là geoid EIGEN6C4); N là độ cao geoid so với WGS-84; H là độ cao trắc địa trong hệ WGS-84 của điểm ở đáy biển.

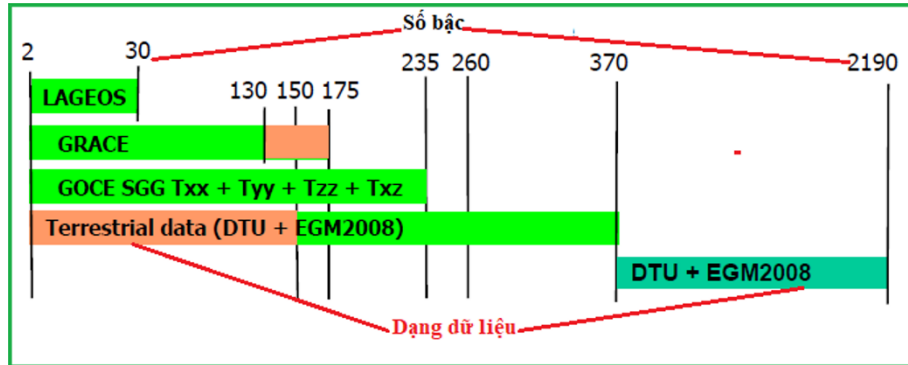
Từ Hình 2, độ cao trắc địa được tính từ độ sâu theo công thức sau (lưu ý: độ sâu có giá trị âm):

$$H = D_{QT} + N_{EIGEN6C4} + h_{MDT_QT} \quad (1)$$

Như vậy, để tính được độ cao trắc địa của các điểm đáy biển cần phải xác định độ cao geoid quốc tế, độ cao mặt biển trung bình quốc tế. Để chuyển độ sâu về hệ quy chiếu độ cao của Việt Nam thì cần biết chênh lệch giữa mặt biển trung bình toàn cầu và mặt biển trung bình của Việt Nam. Những vấn đề này sẽ được giải quyết trong những nội dung tiếp theo.

3.2. Xác định độ cao geoid quốc tế

Mô hình EIGEN-6C4 có bán kính bán trục lớn $a = 6378136.46$ m, hằng số trọng trường địa tâm: $GM = 3986004.415 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{s}^2$ được xây dựng bởi cơ tổ chức GFZ Potsdam và GRGS Toulouse vào năm 2014 [9]. Các nguồn dữ liệu để xây dựng mô hình EIGEN-6C4 bao gồm: Số liệu đo cao vệ tinh; số liệu đo trọng lực; số liệu trọng lực vệ tinh: Goce, Grace và Lageos [11] (xem Hình 3).



Hình 3. Các nguồn dữ liệu phục vụ xây dựng mô hình EIGEN-6C4 [11]

Độ cao geoid quốc tế EIGEN6C4 của các điểm được tính toán theo công thức [12]:

$$N_{EIGEN} = \frac{GM}{\gamma r} \left[\sum_{n=2}^{N_{max}} \left(\frac{a}{r} \right)^n \sum_{m=0}^n (\bar{C}_{n,m} \cos(m\lambda) + \bar{S}_{n,m} \sin(m\lambda)) \bar{P}_{n,m}(\sin \varphi) \right] \quad (2)$$

trong đó: GM là hằng số hấp dẫn của Trái đất; r là khoảng cách từ điểm xét tới tâm Trái Đất; a là bán trục lớn của ellipsoid tham chiếu; n, m là cấp và bậc tương ứng của hàm điều hòa cầu; N_{max} là bậc cực đại của hàm điều hòa cầu ($N_{max} = 2190$ đối với mô hình EIGEN6C4); φ là vĩ độ địa tâm; λ là kinh độ địa tâm; $\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$ là hệ số hàm điều hòa cầu chuẩn hóa; $\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)$ là hàm Legendre đã được chuẩn hóa. Các hệ số hàm điều hòa cầu $\bar{C}_{n,m}, \bar{S}_{n,m}$ của mô hình trường trọng lực trái đất quốc tế (EIGEN6C4) có tại Trung tâm quốc tế về mô hình trái đất toàn cầu [10].

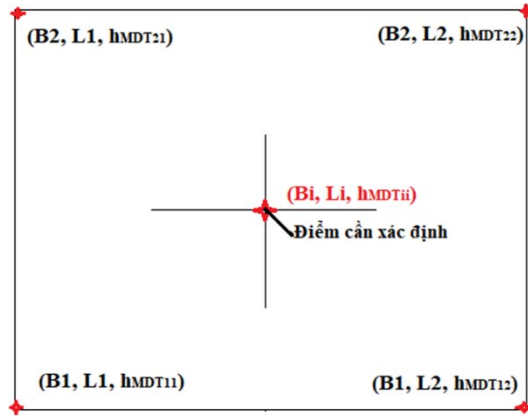
3.3. Xác định độ cao mặt biển trung bình quốc tế từ mô hình DTU15MDT

DTU15MDT là mô hình mặt biển trung bình quốc tế có dạng lưới ô vuông với kích thước mắt lưới $1' \times 1'$, được Trung tâm Vũ trụ quốc gia Đan Mạch thuộc Trường Đại học tổng hợp Kỹ thuật Đan Mạch xây dựng từ số liệu đo cao vệ tinh [8].

Để nội suy được các giá trị h_{MDT} từ mô hình DTU15MDT quốc tế, chúng ta có thể sử dụng các phương pháp nội suy như: Kriging, Collocation, trọng số nghịch đảo khoảng cách, Spline, bi-linear v.v... Khi mô hình MDT được xây dựng ở dạng mắt lưới thì sử dụng phương pháp nội suy song tuyến (bi-linear) dựa vào bốn điểm mắt lưới để nội suy độ cao địa hình mặt biển trung bình sẽ là phương án tối ưu nhất (xem Hình 4).

Theo phương pháp này, giá trị h_{MDT} của điểm i bất kỳ được biểu diễn bởi công thức [13]:

$$h_{MDT_i} = \frac{(L_2 - L_i)(B_1 - B_i)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} h_{MDT_{21}} + \frac{(L_i - L_1)(B_1 - B_i)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} h_{MDT_{22}} + \frac{(L_2 - L_i)(B_i - B_2)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} h_{MDT_{11}} + \frac{(L_i - L_1)(B_i - B_2)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} h_{MDT_{12}} \quad (3)$$



Hình 4. Nội suy h_{MDT} từ các điểm mắt lưới ô vuông

3.4. Xác định chênh lệch độ cao giữa mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình Việt Nam

Việc xác định chênh lệch độ cao giữa độ cao mặt biển trung bình toàn cầu và mặt biển trung bình của Việt Nam được thực hiện dựa vào số liệu của 31 trạm nghiệm triều (nằm trong phạm vi có tọa độ địa lý: $8.5^{\circ} < B < 21.5^{\circ}N$; $103.5^{\circ} < L < 109.5^{\circ}E$). Số liệu các trạm nghiệm triều được tham khảo trong tài liệu [7]. Vị trí các trạm nghiệm triều được thể hiện trên Hình 1. Tại các trạm nghiệm triều, từ giá trị độ cao mặt biển trung bình Việt Nam (h_{MDT_VN}) và độ cao mặt biển trung bình quốc tế (MDT_{QT}) sẽ tính được chênh lệch giữa mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình của Việt Nam theo công thức:

$$\delta_{MDT} = h_{MDT_VN} - h_{MDT_QT} \quad (4)$$

Lấy trung bình các giá trị δ_{MDT} tại 31 điểm nghiệm triều sẽ xác định được chênh lệch độ cao giữa mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình của Việt Nam.

3.5. Tính chuyển tọa độ và độ sâu từ hệ quy chiếu quốc tế sang hệ quy chiếu của Việt Nam

Sau khi có độ cao trắc địa H của các điểm độ sâu, tọa độ vuông góc không gian trong WGS-84 (X, Y, Z) được tính từ tọa độ trắc địa (B, L, H) theo công thức sau [14]:

$$\begin{cases} X = (N + H)\cos B\cos L \\ Y = (N + H)\cos B\sin L \\ Z = (N + H - Ne^2)\sin B \end{cases} \quad (5)$$

trong đó: a là bán trục lớn của Ellipsoid; e là tâm sai thứ nhất của Ellipsoid; N là bán kính vòng thẳng đứng thứ nhất, tính theo công thức [14]:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}} \quad (6)$$

Tọa độ vuông góc không gian trong hệ tọa độ VN2000 được tính từ hệ tọa độ quốc tế WGS-84 theo công thức Bursa-Wolf [15]:



$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{VN2000} = \begin{bmatrix} dX_0 \\ dY_0 \\ dZ_0 \end{bmatrix} + m \begin{bmatrix} 1 & e_z & -e_y \\ -e_z & 1 & e_x \\ e_y & -e_x & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{WGS-84} \quad (7)$$

trong đó: dX_0, dY_0, dZ_0 là lệch góc giữa hai hệ tọa độ; e_x, e_y, e_z là các góc xoay Ole; m là tỷ lệ chiều dài giữa hai hệ tọa độ. 7 tham số này lấy theo tài liệu [16].

Tọa độ trắc địa trong hệ tọa độ VN2000 được tính từ tọa độ vuông góc không gian theo công thức [14]:

$$\begin{cases} TgB = \frac{Z + e^2 N \sin B}{\sqrt{X^2 + Y^2}} \\ TgL = \frac{Y}{X} \\ H = \frac{Z}{\sin B} - N(1 - e^2) \end{cases} \quad (8)$$

Độ sâu của điểm đáy biển trong hệ quy chiếu độ cao Việt Nam (D_{VN}) được tính từ hệ quy chiếu độ cao quốc tế (D_{QT}) theo công thức:

$$D_{VN} = D_{QT} - \delta_{MDT} \quad (9)$$

4. Kết quả tính toán và thảo luận

4.1. Kết quả tính độ cao geoid quốc tế EIGEN6C4 cho các điểm độ sâu

Do số lượng các điểm tính toán rất nhiều (202501 điểm) nên kết quả tính độ cao geoid quốc tế EIGEN6C4 của các điểm của mô hình độ sâu được trích trình bày một số điểm minh họa trong Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả tính độ cao geoid quốc tế EIGEN6C4

STT	B(°)	L(°)	NEIGEN6C4(m)
1	7.50000000	109.50000000	15.721
2	7.50000000	109.51666667	15.790
3	7.50000000	109.53333333	15.860
4	7.50000000	109.55000000	15.930
5	7.50000000	109.56666667	15.999
6	7.50000000	109.58333333	16.067
7	7.50000000	109.60000000	16.133
8	7.50000000	109.61666667	16.196
9	7.50000000	109.63333333	16.258
...
202491	117.33333333	14.50000000	30.239
202492	117.35000000	14.50000000	30.311
202493	117.36666667	14.50000000	30.384
202494	117.38333333	14.50000000	30.455



STT	B(°)	L(°)	N _{EIGEN6C4} (m)
202495	117.40000000	14.50000000	30.524
202496	117.41666667	14.50000000	30.592
202497	117.43333333	14.50000000	30.657
202498	117.45000000	14.50000000	30.719
202499	117.46666667	14.50000000	30.778
202500	117.48333333	14.50000000	30.835
202501	117.50000000	14.50000000	30.889

Nhận xét: Trên khu vực nghiên cứu, độ cao geoid của mô hình EIGEN6C4 có giá trị dương, biến thiên từ 15,721 m đến 30,889 m.

4.2. Kết quả tính MDT cho các điểm của mô hình độ sâu

Kết quả nội suy h_{MDT} quốc tế cho các điểm của mô hình độ sâu được trích trình bày trong Bảng 3. Từ kết quả này, kết hợp với kết quả tính độ cao geoid (Bảng 2) và độ sâu của điểm (Bảng 1), độ cao trắc địa của điểm trong hệ WGS-84 được tính toán và trình bày trên cột 5, Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả tính h_{MDT} và độ cao trắc địa cho các điểm của mô hình độ sâu

STT	B (°)	L (°)	h_{MDT} (m)	H (m)
1	7.50000000	109.50000000	1.171	-447.696
2	7.50000000	109.51666667	1.171	-392.405
3	7.50000000	109.53333333	1.171	-337.046
4	7.50000000	109.55000000	1.171	-282.436
5	7.50000000	109.56666667	1.171	-230.570
6	7.50000000	109.58333333	1.171	-184.342
7	7.50000000	109.60000000	1.171	-146.531
8	7.50000000	109.61666667	1.171	-119.811
9	7.50000000	109.63333333	1.171	-107.570
...
202491	117.33333333	14.50000000	1.168	-4264.889
202492	117.35000000	14.50000000	1.168	-4235.622
202493	117.36666667	14.50000000	1.169	-4206.472
202494	117.38333333	14.50000000	1.169	-4177.633
202495	117.40000000	14.50000000	1.169	-4153.377
202496	117.41666667	14.50000000	1.170	-4138.591
202497	117.43333333	14.50000000	1.170	-4132.530
202498	117.45000000	14.50000000	1.170	-4129.624
202499	117.46666667	14.50000000	1.170	-4126.942
202500	117.48333333	14.50000000	1.171	-4126.986



STT	B (°)	L (°)	h_{MDT} (m)	H (m)
202501	117.50000000	14.50000000	1.171	-4134.001

Nhận xét: Giá trị độ cao mặt biển trung bình h_{MDT} quốc tế trên khu vực nghiên cứu khoảng 1,17 m, ít biến đổi, chứng tỏ mặt biển trung bình ở đây tương đối bằng phẳng.

4.3. Kết quả xác định chênh lệch độ cao giữa độ cao mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình của Việt Nam

Kết quả tính chênh lệch giữa mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình của Việt Nam dựa vào số liệu các trạm nghiệm triều được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Chênh lệch giữa mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình của Việt Nam [7]

STT	Tên trạm	δ_{MDT}	STT	Tên trạm	δ_{MDT}
1	Cô tô	-0.968	18	Thuận an	-1.283
2	Hòn dẫu	-1.148	19	Cửa Đại	-1.053
3	Hòn nư	-1.083	20	Cảng Sa kỳ	-0.885
4	Tiên Sa- Sơn Trà	-1.017	21	Tuy Hòa	-1.208
5	Quy nhơn	-0.963	22	Cam Ranh	-0.915
6	Nha Trang	-1.016	23	Phan Rang	-1.041
7	Vũng Tàu	-1.175	24	Phan Thiết	-0.912
8	Phú Quốc	-1.293	25	Vàm Kênh	-0.794
9	Côn đảo	-1.120	26	Bình Đại	-1.040
10	Mũi ngọc	-1.046	27	Trà Vinh	-0.994
11	Bãi cháy	-1.165	28	Trần Đề	-0.969
12	Ba lạt	-0.946	29	Gành Hào	-1.017
13	Cửa đáy	-0.834	30	Rạch Giá	-1.090
14	Hoàng Tân	-1.100	31	Hòn Đá Bạc	-1.028
15	Cầm nhượng	-1.001		Min	-1.361
16	Đồng hới	-1.153		Max	-0.794
17	Cửa việt	-1.361		Trung bình	-1.052

Nhận xét: Từ kết quả ở Bảng 4 cho thấy mặt biển trung bình của Việt Nam thấp hơn mặt biển trung bình toàn cầu 1,052 m. Nghĩa là $\delta_{MDT} = -1,052$ m.

4.4. Kết quả tính đổi tọa độ trắc địa sang tọa độ vuông góc không gian trong hệ tọa độ WGS-84

Kết quả tính đổi sang tọa độ vuông góc không gian trong hệ tọa độ WGS-84 được trích trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Kết quả tính đổi sang tọa độ vuông góc không gian trong hệ tọa độ WGS-84

STT	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	-2110823.6450	5960782.0903	826929.4964
2	-2112575.7906	5960219.4928	826936.7133



STT	X(m)	Y(m)	Z(m)
3	-2114327.8099	5959656.4439	826943.9391
4	-2116079.4320	5959092.1802	826951.0672
5	-2117829.9936	5958524.8383	826957.8370
6	-2119578.5306	5957951.7158	826963.8710
7	-2121324.1141	5957370.2187	826968.8063
8	-2123065.8469	5956777.8523	826972.2940
9	-2124802.5912	5956171.4562	826973.8918
...
202491	-2834042.1058	5483026.8999	1585532.4412
202492	-2835649.9515	5482227.4459	1585539.7691
202493	-2837257.5198	5481427.4199	1585547.0677
202494	-2838864.7240	5480626.6552	1585554.2884
202495	-2840469.6606	5479821.4799	1585560.3616
202496	-2842070.1474	5479007.6961	1585564.0637
202497	-2843666.5093	5478185.9478	1585565.5813
202498	-2845261.2256	5477361.0236	1585566.3089
202499	-2846855.6026	5476535.4428	1585566.9804
202500	-2848448.5220	5475707.0567	1585566.9694
202501	-2850038.0841	5474872.2207	1585565.2130

4.5. Kết quả tính chuyển tọa độ vuông góc không gian từ hệ tọa độ WGS-84 sang hệ tọa độ VN-2000

Kết quả tính chuyển tọa độ vuông góc không gian từ hệ tọa độ WGS-84 sang hệ tọa độ VN-2000 được trích trình bày trong Bảng 6. Để kiểm tra kết quả tính toán, chênh lệch tọa độ trước và sau tính chuyển được tính và trình bày ở 3 cột cuối của Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả tính chuyển tọa độ vuông góc không gian từ hệ WGS-84 sang hệ VN-2000

STT	X(m)	Y(m)	Z(m)	dX(m)	dY(m)	dZ(m)
1	-2110632.072	5960822.982	827041.090	-191.573	-40.892	-111.594
2	-2112384.218	5960260.384	827048.307	-191.573	-40.891	-111.594
3	-2114136.238	5959697.335	827055.533	-191.572	-40.891	-111.594
4	-2115887.860	5959133.072	827062.661	-191.572	-40.892	-111.594
5	-2117638.422	5958565.730	827069.431	-191.572	-40.892	-111.594
6	-2119386.960	5957992.607	827075.465	-191.571	-40.891	-111.594
7	-2121132.544	5957411.110	827080.401	-191.570	-40.891	-111.595
8	-2122874.277	5956818.743	827083.889	-191.570	-40.891	-111.595
9	-2124611.022	5956212.347	827085.487	-191.569	-40.891	-111.595
...
202491	-2833850.653	5483067.720	1585644.317	-191.453	-40.820	-111.876



STT	X(m)	Y(m)	Z(m)	dX(m)	dY(m)	dZ(m)
202492	-2835458.499	5482268.266	1585651.645	-191.453	-40.820	-111.876
202493	-2837066.068	5481468.240	1585658.944	-191.452	-40.820	-111.876
202494	-2838673.272	5480667.475	1585666.165	-191.452	-40.820	-111.877
202495	-2840278.209	5479862.299	1585672.238	-191.452	-40.819	-111.876
202496	-2841878.696	5479048.515	1585675.941	-191.451	-40.819	-111.877
202497	-2843475.059	5478226.767	1585677.458	-191.450	-40.819	-111.877
202498	-2845069.775	5477401.842	1585678.186	-191.451	-40.818	-111.877
202499	-2846664.153	5476576.261	1585678.858	-191.450	-40.818	-111.878
202500	-2848257.073	5475747.875	1585678.847	-191.449	-40.818	-111.878
202501	-2849846.635	5474913.039	1585677.091	-191.449	-40.818	-111.878
Trung bình				-191.505	-40.852	-111.750

Nhận xét: Từ Bảng 6 ta thấy: kết quả tính chênh lệch tọa độ phù hợp với các tham số dịch chuyển gốc tọa độ, sự sai khác là do các góc xoay Ole và tỷ lệ chiều dài. Điều này chứng tỏ việc tính toán là chính xác.

4.6. Kết quả tính tọa độ trắc địa, độ sâu trong hệ quy chiếu tọa độ, độ sâu của Việt Nam

Kết quả tính tọa độ trắc địa trong hệ tọa độ VN2000 và độ sâu trong hệ quy chiếu độ sâu Việt Nam được trích trình bày trong Bảng 7.

Bảng 7. Kết quả tính tọa độ, độ sâu của các điểm đáy biển trong hệ quy chiếu tọa độ, độ cao của Việt Nam

STT	B(°)	L(°)	H(m)	D _{VN} (m)
1	7.501030461	109.498240072	-458.311	-463.536
2	7.501030520	109.514906826	-403.076	-408.314
3	7.501030580	109.531573578	-347.773	-353.025
4	7.501030640	109.548240332	-293.219	-298.485
5	7.501030699	109.564907084	-241.409	-246.688
6	7.501030761	109.581573836	-195.237	-200.528
7	7.501030823	109.598240585	-157.482	-162.783
8	7.501030887	109.614907331	-130.818	-136.126
9	7.501030954	109.631574072	-118.633	-123.947
...
202491	14.501096534	117.331580505	-4286.875	-4295.244
202492	14.501096655	117.348247324	-4257.661	-4266.049
202493	14.501096776	117.364914142	-4228.564	-4236.973
202494	14.501096897	117.381580959	-4199.778	-4208.205
202495	14.501097019	117.398247778	-4175.575	-4184.018
202496	14.501097142	117.414914594	-4160.842	-4169.301



202497	14.501097267	117.431581405	-4154.834	-4163.305
202498	14.501097393	117.448248218	-4151.981	-4160.461
202499	14.501097518	117.464915030	-4149.353	-4157.838
202500	14.501097644	117.481581842	-4149.449	-4157.940
202501	14.501097771	117.498248651	-4156.518	-4165.009

Nhận xét: Độ sâu trong hệ độ cao Việt Nam nhỏ hơn trong hệ độ cao quốc tế.

5. Kết luận

Bài báo đề xuất phương pháp tính chuyển tọa độ, độ sâu cho các điểm độ sâu đáy biển của mô hình độ sâu đáy biển quốc tế từ hệ quy chiếu quốc tế sang hệ quy chiếu tọa độ, độ cao Việt Nam. Theo đó, độ cao trắc địa trong hệ WGS-84 của các điểm được xác định thông qua độ sâu của điểm, độ cao mặt biển trung bình quốc tế và độ cao geoid toàn cầu.

Chênh lệch độ cao giữa mặt biển trung bình quốc tế và mặt biển trung bình Việt Nam được xác định dựa vào số liệu quan trắc tại 31 trạm nghiệm triều. Kết quả cho thấy mặt biển trung bình của Việt Nam thấp hơn của quốc tế 1,052 m, tương ứng với mô hình EIGEN6C4.

Lời cảm ơn:

Tác giả xin chân thành cảm ơn Đề tài cấp bộ mã số: TNMT.ĐL.2025.06.01 đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

Cam kết của các tác giả

Các tác giả có tên trong bài báo cam kết đồng thuận và không có xung đột lợi ích trong công bố khoa học tại bài báo này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Dương Quốc Lương, “Quá trình hình thành và phát triển của công tác đo đạc và bản đồ biển”, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học, công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ. Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam*, ISBN: 978-604-952-272-7, 2018.
- [2] Khương Văn Long, “Ứng dụng công nghệ khảo sát biển và định hướng phát triển ngành đo đạc hải quân sau năm 2020”, *Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học, công nghệ toàn quốc ngành Đo đạc và Bản đồ. Nhà xuất bản Tài nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam*, ISBN: 978-604-952-272-7, 2018.
- [3] GEBCO Compilation Group, “GEBCO 2020 Grid” (doi: 10.5285 / a29c5465-b138-234de053-6c86abc040b9), 2020.
- [4] DTU Space, “DTU18BAT”, *DTU Space*, 2018.
- [5] Bui, C.Q. and T.D. Tran, “Building an atlas of basic characteristics of natural and environmental conditions in Vietnam and adjacent waters”, *State-level project KC-09-02, Marine Research Program*, Hanoi, Vietnam, 2005.
- [6] Nguyen, T.T., “Study of geological structure in deep sea (over 200m water) South Vietnam as a scientific basis for searching related mineral resources”, *Final report on topic KC09.18/06-10*, 2010.
- [7] Hà Minh Hòa, “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 nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ của dự án KC.09.19/11-15*, 2015.
- [8] Knudsen P., “The updated geodetic mean dynamic topography model – DTU15MDT”, *Technical University of Denmark - Space*, Kongens Lyngby, Denmark, 2016.



- [9] Förste Ch., Bruinsma S., Abrykosov O., Lemoine J-M. et al., “The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 2190 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse (EIGEN 6C4)”, *5th GOCE user workshop*, Paris 25–28, Nov., 2014.
- [10] E. Sinem Ince, Franz Barthelmes, Sven Reißland, Kirsten Elger, Christoph Förste, Frank Flechtner and Harald Schuh, “ICGEM - 15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans”, *Earth Syst. Sci. Data*, p. 647-674, vol. 11, 2019. doi: <https://doi.org/10.5194/essd-11-647-2019>.
- [11] Phạm Văn Tuyên, “Nghiên cứu giải pháp nâng cao độ chính xác xác định dị thường trọng lực bằng số liệu đo cao vệ tinh trên vùng biển Vịnh Bắc Bộ - Việt Nam”, *Luận án tiến sĩ*, Trường đại học Mở - Địa chất, 2023.
- [12] Bernhard Hofmann-Wellenhof, Helmut Moritz, “Physical Geodesy”, *ISBN-10 3-211-23548-1 Springer Wien New York, ISBN-13 978-3-211-23584-3 Springer Wien New York*, 2005.
- [13] William H Press và nnk., “Numerical recipes, Cambridge university press”, *Cambridge The Art of Scientific Computing*, 1986.
- [14] Đặng Nam Chinh, “Hệ quy chiếu trắc địa”, *Bài giảng cao học*, Trường Đại học Mở - Địa chất, 2013.
- [15] Bursa M., "The theory for the determination of the non-parallelism of the minor axis of the reference ellipsoid and the inertial polar axis of the Earth, and the planes of the initial astronomic and geodetic meridians from the observation of artificial Earth satellites", *Stud. Geophys. Geod.* 6, pp. 209-214, 1962.
- [16] Bộ Tài nguyên và Môi trường, “Quyết định số 05/2007/QĐ-BTNMT, ngày 27 tháng 02 năm 2007, về sử dụng hệ thống tham số tính chuyển giữa Hệ tọa độ quốc tế WGS-84 và Hệ tọa độ quốc gia VN-2000”, 2007.

