

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC MÔ HÌNH HẢI ĐỒ ĐỘ SÂU TỔNG QUÁT CÁC ĐẠI DƯƠNG TRÊN KHU VỰC GIỮA BIỂN ĐÔNG

Nguyễn Văn Sáng

Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Đỗ Văn Mong

Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển

Nguyễn Thành Lê

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Đình Xuân Mạnh

Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

Email: nguyenvansang@humg.edu.vn

## TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp đánh giá độ chính xác mô hình Hải đồ độ sâu tổng quát các đại dương (General Bathymetric Chart of the Oceans - GEBCO). Độ sâu từ mô hình GEBCO được nội suy cho các điểm đo sâu trực tiếp. So sánh độ sâu nội suy với độ sâu đo trực tiếp sẽ tính được độ lệch độ sâu. Độ chính xác được đánh giá theo công thức Gauss nếu không có độ lệch hệ thống, hoặc đánh giá theo công thức Betxen nếu có độ lệch hệ thống. Thực nghiệm được thực hiện trên khu vực giữa Biển Đông với 3134 điểm đo độ sâu trực tiếp. Kết quả thực nghiệm cho thấy: Độ chính xác của mô hình độ sâu GEBCO đạt là  $\pm 266,2$  m, độ lệch hệ thống là  $-39,6$  m. Các điểm có độ lệch dưới 266 m chiếm tỷ lệ 83,2 %; độ lệch dưới 532 m chiếm 94,8 %; độ lệch dưới 798 m chiếm 97,6 %. Đặc biệt 52 điểm có độ lệch trên 1000 m, chiếm tỷ lệ 1,7%. Các điểm có độ lệch lớn tập trung ở khu vực Quần đảo Trường Sa, nơi có địa hình đáy biển biến đổi phức tạp, có nhiều đảo và không có số liệu đo trực tiếp khi xây dựng mô hình độ sâu GEBCO.

**Từ khóa:** mô hình độ sâu đáy biển GEBCO, độ chính xác, biển Đông.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đại dương chiếm 71% diện tích toàn cầu và đóng vai trò vô cùng quan trọng đối với sự sống trên Trái đất. Độ sâu đáy biển là một trong những số liệu điều tra cơ bản quan trọng về đại dương. Do đó, các tổ chức, các nước trên toàn cầu luôn nỗ lực để xác định độ sâu đáy biển với độ chính xác, độ phân giải và phạm vi tốt nhất.

Cũng như các nước trên thế giới, ở Việt Nam, bản đồ địa hình đáy biển là dữ liệu điều tra cơ bản quan trọng và được chú ý phát triển. Chúng ta cũng đã thành lập được bản đồ đáy biển tỷ lệ 1:10000, 1:50000 ở các vùng ven bờ [4]. Ở khu vực ngoài khơi, Hải quân đã đo hải đồ phục vụ an ninh quốc phòng và tìm kiếm cứu nạn [3]. Tuy nhiên, số liệu đo đạc chưa phủ trùm được tất cả khu vực Biển Đông.

Dự án xây dựng GEBCO (DA GEBCO), được sự bảo trợ chung của Ủy ban Hải dương học Liên chính phủ (Intergovernmental Oceanographic

Commission - IOC) thuộc UNESCO và Tổ chức Thủy đạc Quốc tế (International Hydrographic Organization - IHO). DA GEBCO hoạt động nhằm mục đích cung cấp các bộ dữ liệu đo độ sâu cho các đại dương trên thế giới. GEBCO\_2020 Grid là sản phẩm đo độ sâu toàn cầu mới nhất được phát hành bởi DA GEBCO và được phát triển thông qua dự án hợp tác giữa Quỹ Nippon của Nhật Bản và DA GEBCO (Dự án Seabed 2030). GEBCO\_2020 Grid cung cấp dữ liệu độ sâu đáy biển trên toàn cầu với kích thước mắt lưới 15 giây. Nó bao gồm 43200 hàng x 86400 cột, tổng cộng có 3.732.480.000 điểm dữ liệu. GEBCO\_2020 Grid được xây dựng trên cơ sở các loại dữ liệu như: dữ liệu đo trực tiếp bao gồm: đo sâu hồi âm đơn tia; đo sâu hồi âm đa tia; đo sâu bằng phương pháp địa chấn; đo sâu bằng cảm biến Lidar; đo sâu bằng cảm biến ánh sáng ...; và dữ liệu gián tiếp bao gồm: dự đoán độ sâu dựa vào trọng lực vệ tinh; dự đoán độ sâu dựa vào trọng lực hàng không... GEBCO\_2020 Grid được cung

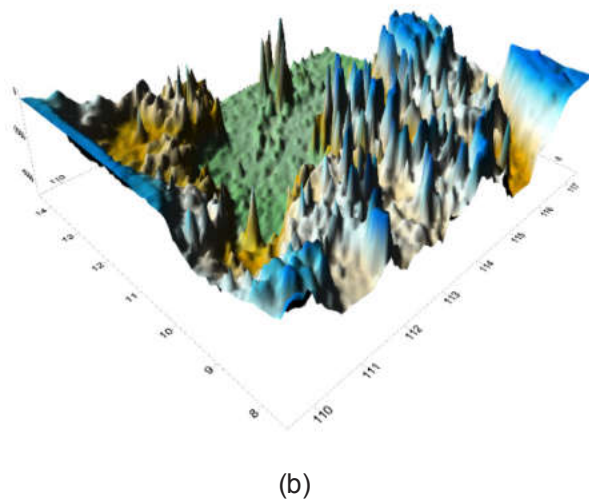
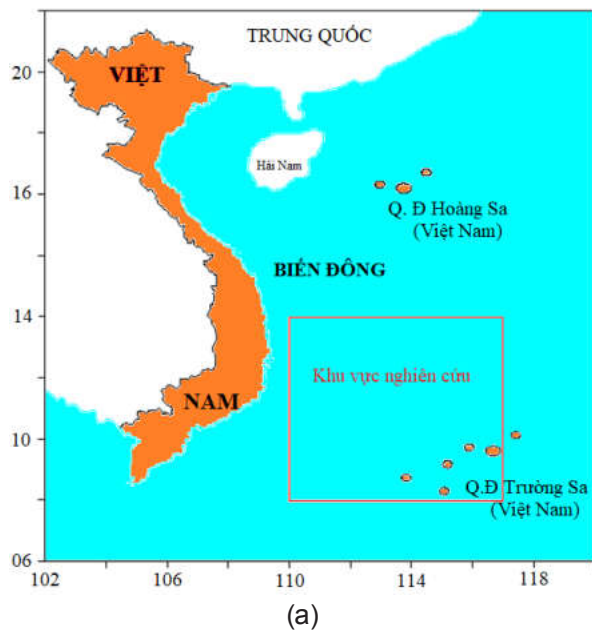
cấp miễn phí cho người dùng [8].

Việc sử dụng dữ liệu độ sâu của GEBCO trên những vùng của Biển Đông mà chúng ta chưa đo được là việc làm có ý nghĩa thiết thực. Để sử dụng hiệu quả dữ liệu này, chúng ta cần đánh giá xem độ chính xác của dữ liệu này đạt được là bao nhiêu trên khu vực nghiên cứu.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

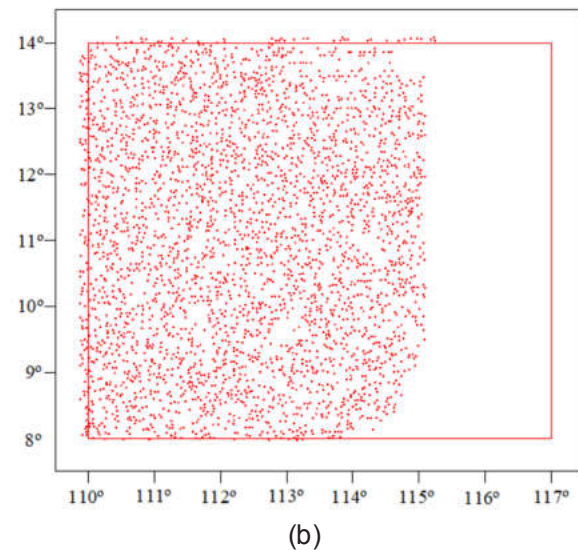
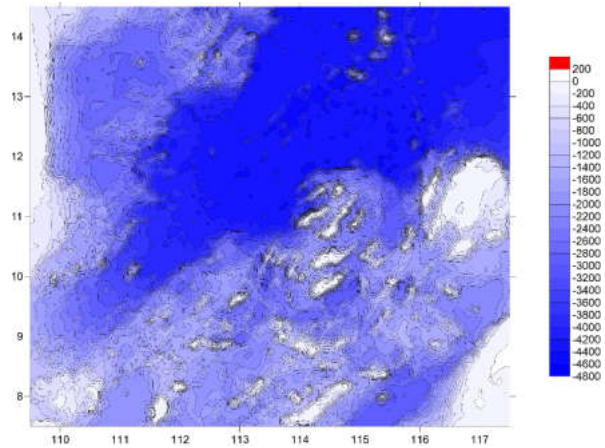
### 2.1. KHU VỰC VÀ SỐ LIỆU NGHIÊN CỨU

Khu vực nghiên cứu nằm giữa Biển Đông có độ vĩ B từ 8° đến 14°, độ kinh từ 110° đến 117° (xem hình H.1a).



H.1. Khu vực nghiên cứu

Phía Nam của khu vực nghiên cứu là vùng biển thuộc Quần đảo Trường Sa, có nhiều đảo chìm và đảo nổi, có độ sâu nhỏ. Phía Bắc của khu vực nghiên cứu là vùng trũng sâu của Biển Đông, có độ sâu lên đến hơn 4000 m. Phía Tây Bắc là các đảo chìm, có độ sâu khoảng 1000m (xem hình H.1b).



H.2. Số liệu nghiên cứu

Số liệu nghiên cứu lấy từ mô hình độ sâu đáy biển của GEBCO và số liệu đo sâu của Hải Quân. Số liệu từ mô hình GEBCO có dạng lưới ô vuông với kích thước mắt lưới là 15" x 15" (tương ứng 458 m x 458 m). Số liệu này được lấy rộng hơn khu vực nghiên cứu mỗi bên 0,5°. Tổng cộng có 3 222 001 điểm mắt lưới [7]. Từ số liệu này vẽ được bản đồ đường đẳng sâu như hình H.2a. Tọa độ các điểm nằm trong hệ WGS-84. Độ sâu theo mặt biển trung bình.

Số liệu đo sâu trực tiếp của Hải Quân gồm có 3 134 điểm (các điểm màu đỏ trên hình H.2b) [3, 5]. Các điểm đo được phân bố tương đối đồng đều trên khu vực độ vĩ B từ 8° đến 14°, độ kinh từ 110° đến 115°. Khu vực có độ kinh từ 115° đến 117° chưa có số liệu đo (xem hình H.2b). Đây là các điểm do Hải Quân Việt Nam đo trực tiếp bằng máy đo sâu hồi âm. Tọa độ các điểm nằm trong hệ WGS-84.

**2.2. Nội suy độ sâu cho các điểm từ mô hình độ sâu GEBCO**

Độ chính xác mô hình độ sâu của GEBCO được đánh giá thông qua việc so sánh với số liệu đo sâu trực tiếp, theo đó, cần phải nội suy độ sâu cho các điểm đo từ mô hình GEBCO. Mô hình độ sâu này ở dạng grid, do đó, chỉ cần nội suy tuyến tính.

Độ sâu của điểm *i* được tính theo công thức:

$$h_i = a + b \cdot B_i + c \cdot L_i, \tag{1}$$

trong đó:  $B_i, L_i$  là tọa độ trắc địa của điểm *i*; *a, b, c* là các tham số cần xác định.

Để xác định các tham số *a, b, c* cần có ít nhất 3 điểm đã biết độ sâu gọi là điểm nút (chính là các điểm mắt lưới). Nếu số điểm nút là *n* nhiều hơn 3 điểm, các tham số này sẽ được xác định theo nguyên lý số bình phương nhỏ nhất. Khi đó, hệ phương trình số hiệu chỉnh có dạng:

$$v_j = a + b \cdot B_j + c \cdot L_j - h_j. \quad (j = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

Viết dưới dạng ma trận:

$$V = A \cdot X + L, \tag{3}$$

Chuẩn hóa hệ phương trình (3) và giải ra được các tham số *a, b, c*. Thay các tham số này vào công thức (1) ta sẽ xác định độ sâu cần tìm của điểm.

**2.3. So sánh độ sâu của mô hình GEBCO với độ sâu đo trực tiếp**

Sau khi đã nội suy từ mô hình độ sâu của GEBCO, tại *m* điểm đo, ta có giá trị độ sâu nội suy  $h_i$  và độ sâu đo. Độ lệch giữa 2 độ sâu này là:

$$\delta h_i = h_i - h_i^d. \tag{4}$$

Độ lệch trung bình được tính theo công thức:

$$\delta h_{TB} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \delta h_i. \tag{5}$$

Nếu xấp xỉ bằng 0, chứng tỏ giữa 2 bộ số liệu độ sâu không có độ lệch hệ thống. Khi đó, độ chính xác của mô hình độ sâu GEBCO được đánh giá theo công thức Gauss [2]:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{[\delta h \cdot \delta h]}{m}}. \tag{6}$$

Nếu khác 0, chứng tỏ giữa 2 bộ số liệu độ sâu có độ lệch hệ thống. Khi đó, độ chính xác của mô hình độ sâu GEBCO được đánh giá theo công thức Betxen [1]:

$$m_h = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (\delta h_i - \delta h_{TB})^2}{m-1}}. \tag{7}$$

Độ sâu tính từ mô hình GEBCO cũng có thể được đánh giá theo hệ số tương quan *R* so với độ sâu đo trực tiếp và phương trình hồi quy. Hệ số tương quan *R* là thước đo mối tương quan giữa 2 bộ số liệu. *R* có thể biến đổi từ -1 đến +1. Nếu *R* = 1, hai bộ số liệu có mối tương quan tuyến tính hoàn toàn. Nếu *R* = -1, hai bộ số liệu có tương quan phủ định nhau. Nếu *R* = 0, hai bộ số liệu không có mối tương quan tuyến tính. Như vậy, nếu mô hình GEBCO phù hợp với số liệu đo trực tiếp thì hệ số tương quan giữa chúng sẽ xấp xỉ bằng 1.  $R^2$  đặc trưng cho thành phần độ lệch ngẫu nhiên của hai bộ số liệu. Hệ số tương quan *R* được tính bằng công thức [6]:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^m (h_i^d - h_{TB}^d) \cdot (h_i - h_{TB})}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (h_i^d - h_{TB}^d)^2 \cdot \sum_{i=1}^m (h_i - h_{TB})^2}}. \tag{8}$$

Phương trình hồi quy là phương trình phù hợp nhất với số liệu khảo sát. Đối với số liệu độ sâu từ mô hình GEBCO và độ sâu đo trực tiếp của cùng điểm đo thì quan hệ này là tuyến tính. Phương trình hồi quy sẽ có dạng:

$$h_i = a \cdot h_i^d + b. \tag{9}$$

Nếu mô hình GEBCO hoàn toàn phù hợp với độ sâu đo trực tiếp thì phương trình hồi quy sẽ có dạng:

$$h_i = h_i^d. \tag{10}$$

Nghĩa là *a* = 1 và *b* = 0. Thực tế thì *a* ≠ 1 và *b* ≠ 0. Sự khác nhau này càng nhiều chứng tỏ giữa mô hình GEBCO và số liệu đo trực tiếp tồn tại độ lệch hệ thống [6].

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

Theo cơ sở lý thuyết ở trên, mô hình độ sâu của GEBCO được so sánh với độ sâu đo trực tiếp tại 3134 điểm đo. Các kết quả so sánh như sau: Độ lệch lớn nhất là 2208,1 m; độ lệch nhỏ nhất là -1490,7 m; độ lệch trung bình là -39,6 m; độ lệch

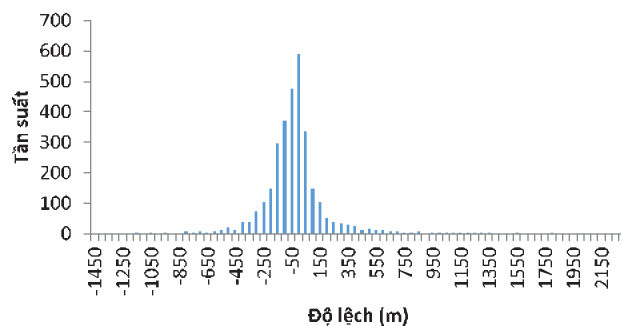
chuẩn là ±266,2 m. Thống kê số lượng điểm và phần trăm theo các khoảng độ lệch được trình bày trong Bảng 1.

**Bảng 1. Thống kê theo các khoảng độ lệch**

Đặc điểm thống kê	Số điểm	%
Độ lệch > 1000 m và < -1000 m	52	1,7 %
-798 m < độ lệch < 798 m	3058	97,6 %
-532 m < độ lệch < 532 m	2971	94,8 %
-266 m < độ lệch < 266 m	2606	83,2 %
Tổng số điểm	3134	100%

Từ Bảng 1 ta thấy: trong tổng số 3134 điểm được so sánh, các điểm có độ lệch dưới 266 m (một lần độ lệch chuẩn) là 2606 điểm, chiếm tỷ lệ 83,2 %; các điểm có độ lệch dưới 532 m (hai lần độ lệch chuẩn) là 2971 điểm, chiếm 94,8 %; các điểm có độ lệch dưới 798 m (ba lần độ lệch chuẩn) là 3058 điểm, chiếm 97,6 %. Đặc biệt 52 điểm có độ lệch trên 1000 m, chiếm tỷ lệ 1,7%.

Biểu đồ tần suất độ lệch được trình bày trong hình H.3. Biểu đồ này cho thấy: độ lệch tuân theo luật phân bố chuẩn, tuy nhiên, đỉnh đồ thị lệch khỏi trục "0" về phía trái, tương ứng với độ lệch trung bình -39,6 m, chứng tỏ giữa 2 bộ số liệu tồn tại độ lệch hệ thống.



**H.3. Biểu đồ tần suất độ lệch**

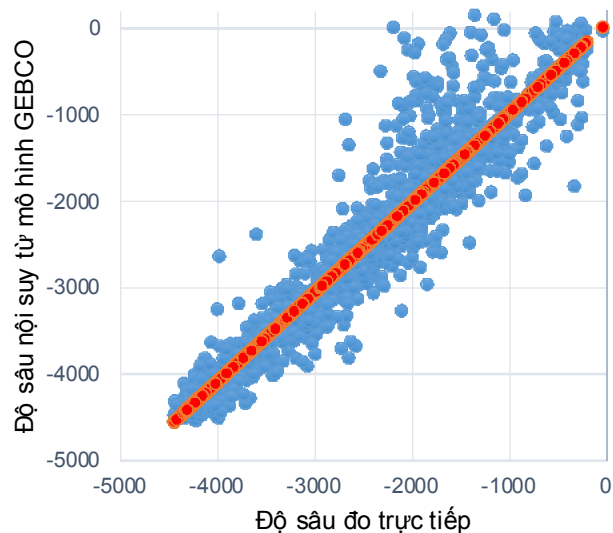
Hệ số tương quan R giữa mô hình GEBCO và độ sâu đo trực tiếp tính được là  $R = 0,974$ ;  $R^2 = 0,948$ . Giá trị này cho thấy giữa hai bộ số liệu có tương quan ngẫu nhiên khá tốt.

Phương trình hồi quy thực nghiệm xác định được là:

$$h_i = 1,036 \cdot h_i^l + 56,626. \quad (11)$$

Nghĩa là  $a = 1,036$ ;  $b = 56,626$ . Điều này chứng tỏ có tồn tại độ lệch hệ thống giữa mô hình GEBCO và độ sâu đo trực tiếp.

Trên hình H.4 thể hiện mối tương quan giữa 2 loại độ sâu. Từ hình này cho thấy: 2 loại độ sâu có tương quan kém ở độ sâu dưới 1500 m, có nhiều điểm có độ sâu đo trực tiếp khác nhiều độ sâu tính từ mô hình của GEBCO (các điểm nằm xa đường hồi quy màu đỏ).

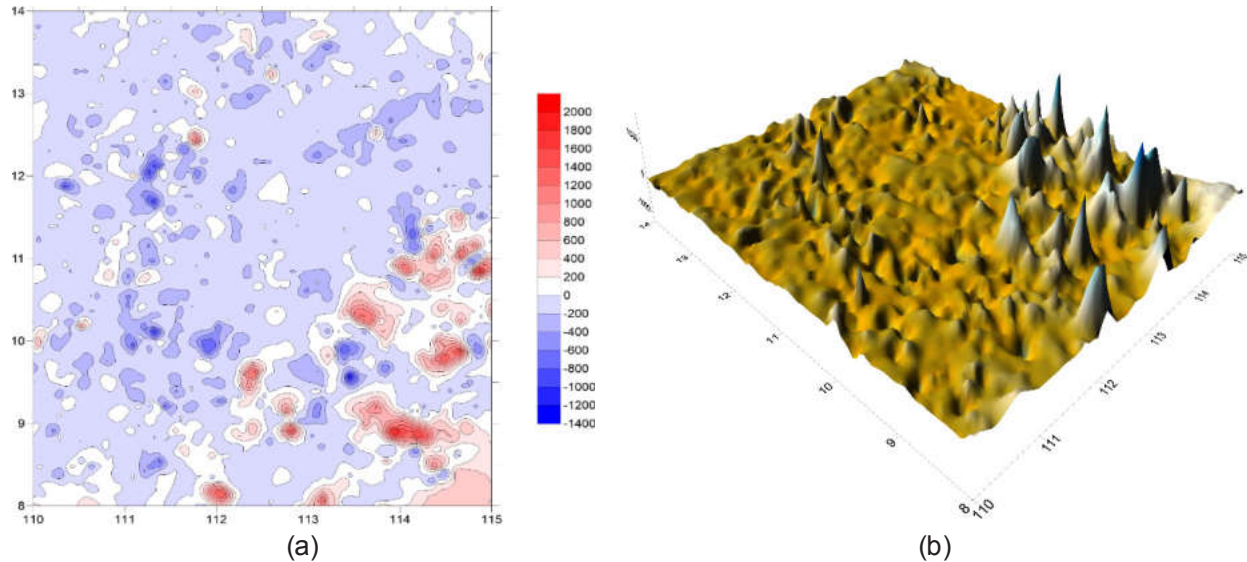


**H.4. Tương quan giữa 2 loại độ sâu**

Để biết các điểm có độ lệch lớn phân bố thế nào trên khu vực nghiên cứu, bình đồ độ lệch được trình bày theo dạng đường đẳng lệch trên hình H.5a và mô hình độ lệch trên hình H.5b.

Từ hình vẽ cho thấy: Độ lệch lớn chủ yếu nằm ở góc Đông – Nam. Đây là khu vực thuộc Quần đảo Trường Sa. Độ lệch ở khu vực này lớn có thể được giải thích là do đây là khu vực có địa hình đáy biển biến đổi phức tạp, nhiều đảo (xem hình H.1b); khi xây dựng mô hình độ sâu, GEBCO không có số liệu đo trực tiếp ở khu vực này, do đó, độ sâu được ngoại suy từ khu vực khác hoặc xác định gián tiếp từ số liệu dị thường trọng lực vệ tinh.

Từ kết quả so sánh cho thấy: mô hình GEBCO có độ chính xác không cao trên khu vực nghiên cứu. Đặc biệt ở những vùng có địa hình biến đổi phức tạp và không có số liệu đo sâu trực tiếp. Như vậy số liệu đo trực tiếp vẫn là nguồn số liệu quan trọng đảm bảo cho độ chính xác của mô hình độ sâu đáy biển.



H.5. Độ lệch giữa 2 loại độ sâu

#### 4. KẾT LUẬN

- Mô hình độ sâu của GEBCO được đánh giá bằng cách so sánh với độ sâu đo trực tiếp trên khu vực nghiên cứu đạt độ chính xác là  $\pm 266,2$  m, độ lệch hệ thống là  $-39,6$  m. Các điểm có độ lệch dưới 266 m là 2606 điểm, chiếm tỷ lệ 83,2 %; các điểm có độ lệch dưới 532 m là 2971 điểm, chiếm 94,8

%; các điểm có độ lệch dưới 798 m là 3058 điểm, chiếm 97,6 %. Đặc biệt 52 điểm có độ lệch trên 1000 m, chiếm tỷ lệ 1,7%.

- Các điểm có độ lệch lớn tập trung ở khu vực Quần đảo Trường Sa. Nguyên nhân là do địa hình đáy biển khu vực này biến đổi phức tạp, có nhiều đảo; khi xây dựng mô hình độ sâu, GEBCO không có số liệu đo trực tiếp ở khu vực này □

#### LỜI CẢM ƠN

Các kết quả nghiên cứu của bài báo này là sản phẩm của đề tài cấp Bộ “Nghiên cứu đề xuất phương pháp xác định độ sâu đáy biển từ số liệu dị thường trọng lực trên khu vực Biển Đông” mã số: B2021-MDA-06. Các tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Bộ Giáo dục và Đào tạo, Trường Đại học Mở - Địa chất đã hỗ trợ chúng tôi trong các nghiên cứu này. Chúng tôi cũng xin gửi lời cảm ơn đến GEBCO đã cung cấp số liệu cho chúng tôi thực hiện nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Nam Chinh, Nguyễn Xuân Bắc, Bùi Thị Hồng Thắm, Trần Thị Thu Trang, Ninh Thị Kim Anh (2015), Giáo trình lý thuyết sai số, Trường Đại học Tài nguyên và môi trường, Hà nội.
2. Hoàng Ngọc Hà, Trương Quang Hiếu (2003), Cơ sở toán học xử lý số liệu trắc địa, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.
3. Khương Văn Long (2018). Ứng dụng công nghệ khảo sát biển và định hướng phát triển ngành đo đạc biển 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.
4. Dương Quốc Lương (2018). 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
5. Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và nghiên cứu biển (2013). Báo cáo kết quả thực hiện dự án: Đo đạc thành lập bản đồ biển khu vực Quần đảo Trường Sa, DK1 tỷ lệ 1:200 000; 1:50 000.



6. McKean J. W. and Sheather S. J., (2003). Statistic, Nonparametric. in R. A. Meyers Editor, Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition) (pp. 891-914). New York: Academic Press.
7. GEBCO Compilation Group (2020). GEBCO 2020 Grid (doi: 10.5285 / a29c5465-b138-234de053-6c86abc040b9).
8. <https://www.gebco.net/>

## ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF THE GEBCO SEABED DEPTH MODEL IN THE MIDDLE AREA OF THE EAST SEA

Nguyen Van Sang, Do Van Mong, Nguyen Thanh Le, Dinh Xuan Manh

### ABSTRACT

*The paper presents the method to assess the depth model accuracy of GEBCO. Depths from the GEBCO model is interpolated to direct depth measurement points. Comparing the interpolated depth with the direct measured depth, the depth deviations are calculated. Accuracy is assessed according to Gaussian formula if there is no systematic deviation, or is assessed by Betxen's formula if there is systematic deviation. The experiment was performed in the middle area of the East Sea with 3134 direct depth measuring points. The experimental results show that: The accuracy of the GEBCO depth model is  $\pm 266.2$  m, the systematic deviation is  $-39.6$  m. The number of points with deviation less than 266 m accounts for 83.2 %; with deviation less than 532 m accounts for 94.8 %; with deviation less than 798 m accounts for 97.6 %;. In particular, 52 points have deviation over 1000 m, accounting for 1.7%. The points with large deviations are concentrated in the Spratly Islands area, where the topography of the seabed changes complicatedly, there are many islands and there is no direct measurement data when constructing the GEBCO depth model.*

**Key words:** GEBCO Seabed Depth Model, accuracy, East Sea.

**Ngày nhận bài:** 21/4/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 25/4/2021;

**Ngày nhận phản biện:** 14/5/2021;

**Ngày chấp nhận đăng:** 01/8/2021.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.