

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC CỦA MÔ HÌNH ĐỘ SÂU TOÀN CẦU GEBCO2022 VÀ TOPO-V25.1 TRÊN BIỂN ĐÔNG

NGUYỄN VĂN SÁNG<sup>(1)</sup>, ĐỖ VĂN MONG<sup>(2)</sup>

NGUYỄN THỊ THANH HƯƠNG<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Đại học Mỏ - Địa chất

<sup>(2)</sup>Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển

<sup>(3)</sup>Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ

## Tóm tắt:

Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá được độ chính xác của mô hình độ sâu đáy biển toàn cầu GEBCO2022 và TOPO-V25.1 trên Biển Đông. Để đánh giá độ chính xác, hai mô hình trên đã được so sánh với độ sâu đo trực tiếp để tính ra các yếu tố của độ lệch. Biểu đồ tần suất độ lệch được thiết lập. Tương quan giữa độ sâu đo trực tiếp và hai mô hình cũng được tính toán. Kết quả đánh giá cho thấy: Trên Biển Đông, mô hình độ sâu GEBCO2022 có độ chính xác là  $\pm 169,1$  m, tốt hơn mô hình TOPO-V25.1 có độ chính xác là  $\pm 172,4$  m. Độ lệch giữa các mô hình với độ sâu đo trực tiếp tuân theo quy luật ngẫu nhiên. Tương quan của hai mô hình này với độ sâu đo trực tiếp khá tốt. Các điểm có độ lệch lớn nằm ở những khu vực có địa hình đáy biển phức tạp, nhiều đảo ngầm, độ dốc lớn, địa hình đáy biển thay đổi đột ngột. Ở những khu vực địa hình đáy biển bằng phẳng, độ lệch nhỏ. Độ chính xác của mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1 tốt ở thềm lục địa, nơi có địa hình đáy biển bằng phẳng, độ sâu từ -10 m đến -200 m. Ở khu vực sườn lục địa, nơi có độ dốc lớn, độ sâu trong khoảng từ -200 m đến -2000 m thì độ lệch trung phương tăng lên, đạt cực đại ( $\pm 230$  m) trong khoảng độ sâu (-1000 m ÷ -2000 m). Độ lệch trung phương giảm xuống  $\pm 120$  m đối với vùng trũng sâu của Biển Đông.

Từ khóa: Độ chính xác; Mô hình GEBCO2022; Mô hình TOPO-V25.1; Biển Đông.

## 1. Giới thiệu

Việt Nam là một quốc gia có đường bờ biển dài. 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. 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...[1]. Độ sâu địa hình đáy biển là dữ liệu điều tra cơ bản quan trọng về biển, mang nhiều giá trị.

Theo Bộ Tài nguyên và Môi trường, trong Hội nghị tổng kết Đề án 47, chúng ta đã thành lập được hải đồ tỷ lệ 1:200.000 với khoảng 53%, 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 [6]. Để đo đạc thành lập bản đồ phủ trùm được toàn

Ngày nhận bài: 1/5/2023, ngày chuyển phản biện: 5/5/2023, ngày chấp nhận phản biện: 9/5/2023, ngày chấp nhận đăng: 28/5/2023

bộ vùng biển của Việt Nam bằng các phương pháp đo đạc trực tiếp là rất khó khăn và tốn kém. Đặc biệt, những vùng biển nhạy cảm, vùng bị chiếm đóng trái phép, vùng giáp với lãnh hải của các nước khác, chúng ta cũng không thể tiếp cận để đo đạc trực tiếp được.

Những năm gần đây, một số mô hình độ sâu toàn cầu đã được xây dựng, tiêu biểu như: DTU10BAT, DTU18BAT [9], GEBCO2020 [4], GEBCO2022 [5], TOPO các phiên bản khác nhau [12]. Trong đó, mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1 là hai trong số các mô hình mới nhất hiện nay. Khai thác, sử dụng dữ liệu độ sâu của các mô hình này trên những khu vực của Biển Đông mà chúng ta chưa đo đạc trực tiếp được là việc làm có ý nghĩa thiết thực. Trước khi sử dụng các mô hình này, chúng ta cần đánh giá xem độ chính xác của chúng đạt được là bao nhiêu.

## 2. Khu vực nghiên cứu và số liệu nghiên cứu

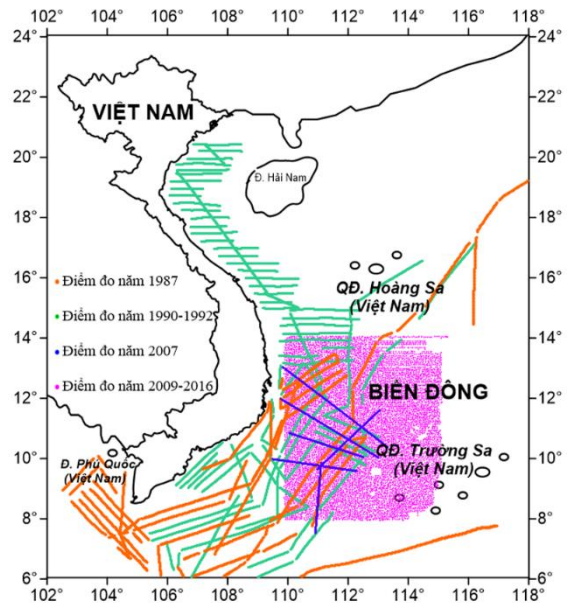
### 2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu là Biển Đông được giới hạn bởi: độ vĩ từ 6° đến 24°; độ kinh từ 102° đến 118° (hình 1). Địa hình đáy biển ở khu vực nghiên cứu có đặc điểm sau: phía Bắc từ Móng Cái đến Thanh Hoá có địa hình thoải, ít có đột biến về độ sâu. Cách bờ khoảng 10 km, độ sâu đáy biển trung bình là -30 m. Trên vùng đặc quyền kinh tế, độ sâu trung bình khoảng -50 đến -60 m. Nơi sâu nhất trong Vịnh Bắc Bộ cũng không lớn hơn 90 mét [11].

Vùng biển Miền Trung từ Thanh Hoá đến Phan Thiết có đặc điểm chung là độ sâu địa hình đáy biển lớn, có đột biến về độ sâu. Độ sâu trung bình cách bờ 10 km là -50 m đến -100 m. Độ sâu cách bờ 20 - 30 km đã tới -200 hoặc -300 m. Vùng trũng sâu giữa quần đảo Trường Sa và Hoàng Sa có độ sâu trung bình

từ -2000 m đến -3000 m, độ sâu lớn nhất khoảng -5000 m [11].

Vùng biển phía Nam từ Phan Thiết đến Cà Mau và vùng biển ven vịnh Thái Lan có địa hình đáy biển tương đối bằng phẳng, độ sâu ven bờ nhỏ. Quanh các đảo thuộc Quần đảo Trường Sa, phần lớn là thềm san hô, có độ sâu từ -1 đến -3 m. Thềm san hô này bao quanh các đảo rộng tới 1 hoặc 2 km. Phía ngoài thềm san hô là đáy biển, có độ sâu đột biến. Vùng biển ngoài khơi quanh Quần đảo có độ sâu từ -1500 m đến -2000 m [11].



Hình 1: Khu vực nghiên cứu và số liệu đo sâu trực tiếp

### 2.2. Số liệu nghiên cứu

#### a) Mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1

GEBCO2022 là mô hình độ sâu đáy biển toàn cầu với kích thước mắt lưới 15''x15''. GEBCO2022 được xây dựng từ các loại dữ liệu như: dữ liệu 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; độ sâu xác định từ trọng lực [5]. GEBCO2022 được xây dựng bởi GEBCO - tổ chức hoạt động dưới sự bảo trợ

chung của Ủy ban Hải dương học Liên chính phủ thuộc UNESCO và Tổ chức Thủy đặc Quốc tế. Trên khu vực nghiên cứu có 16588800 điểm mắt lưới của GEBCO2022.

TOPO-V25.1 là mô hình độ sâu đáy biển toàn cầu do Viện Hải dương học, Đại học California San Diego Mỹ xây dựng và công bố tháng 01 năm 2023. Mô hình có với kích thước mắt lưới 1'x1' [12]. Trên khu vực nghiên cứu có 1036800 điểm mắt lưới của mô hình TOPO-V25.1.

*b) Số liệu đo sâu trực tiếp bằng tàu*

Trong nghiên cứu này đã sử dụng các số liệu đo sâu trực tiếp những năm 1987, 1990-1992 và 2007, trong các dự án địa vật lý, hợp tác giữa Việt Nam với Nga và Việt Nam với Pháp (hình 1). Số liệu đo năm 1987 trên Biển Đông gồm 3100 điểm [2]; Số liệu đo đặc từ các chuyến khảo sát của tàu Gagarinsky năm 1990 – 1992 trên Biển Đông gồm 9607 điểm [13]; Số liệu đo đặc bằng tàu Professor Polshkov năm 2007 gồm 5553 điểm [7]. Các số liệu này có độ tin cậy cao, các thông số rất rõ ràng, tọa độ nằm trong hệ tọa độ quốc tế

WGS-84, độ sâu được quy chuyển về mực nước biển trung bình [2].

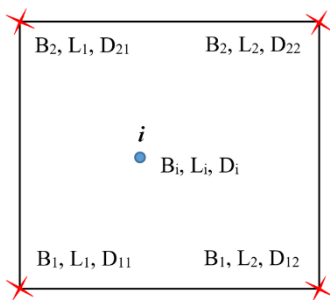
Nghiên cứu này cũng sử dụng 9403 điểm được trích từ số liệu đo sâu trực tiếp bằng máy đo sâu hồi âm đơn tia - Simrad EA 500 và máy đo sâu hồi âm đa tia - SeaBeam 3030 từ năm 2009 đến năm 2016, do Hải quân thực hiện. Số liệu này được đo đạc và xử lý theo các tiêu chuẩn khảo sát S44 của IHO. Tọa độ của các điểm trong hệ WGS84, độ sâu được quy chuyển về mực nước biển trung bình [8].

**3. Phương pháp đánh giá độ chính xác mô hình độ sâu**

**3.1. Tính độ sâu từ mô hình**

Để đánh giá độ chính xác của các mô hình độ sâu toàn cầu cần phải tính được độ sâu của các điểm đo trực tiếp từ mô hình độ sâu. Công việc này có thể được thực hiện bằng các phương pháp nội suy. Khi các mô hình độ sâu toàn cầu được xây dựng ở dạng lưới ô vuông thì sử dụng phương pháp nội suy song tuyến dựa vào bốn điểm mắt lưới (xem hình 2) để tính độ sâu là phương án tối ưu [14]. Theo phương pháp này, giá trị độ sâu  $D_i^{MH}$  của điểm  $i$  bất kỳ được xác định bởi công thức:

$$D_i^{MH} = \frac{(L_2 - L_i)(B_1 - B_i)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} D_{21} + \frac{(L_i - L_1)(B_1 - B_i)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} D_{22} + \frac{(L_2 - L_i)(B_i - B_2)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} D_{11} + \frac{(L_i - L_1)(B_i - B_2)}{(L_2 - L_1)(B_1 - B_2)} D_{12} \tag{1}$$



Hình 2: Tính độ sâu từ mô hình bằng phương pháp nội suy song tuyến

**3.2. Đánh giá độ chính xác của các mô hình độ sâu**

Độ sâu đáy biển tính từ mô hình  $D_i^{MH}$  được so sánh với độ sâu đo trực tiếp  $D_i^{đo}$  tại  $n$  điểm để đánh giá độ chính xác. Độ lệch độ sâu được tính theo công thức [3]:

$$\delta D_i = D_i^{MH} - D_i^{đo}, i = 1, 2, \dots, n, \tag{2}$$

Độ lệch trung bình ( $\delta D_{TB}$ ), độ lệch chuẩn ( $STD$ ) và độ lệch trung phương ( $RMS$ ) được tính:

$$\delta D_{TB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta D_i; \quad (3)$$

$$STD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta D_i - \delta D_{TB})^2};$$

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta D_i^2}$$

Hệ số tương quan giữa độ sâu mô hình và độ sâu đo trực tiếp [10]:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i^{do} - D_{TB}^{do}) \cdot (D_i^{MH} - D_{TB}^{MH})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i^{do} - D_{TB}^{do})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (D_i^{MH} - D_{TB}^{MH})^2}} \quad (4)$$

trong đó:  $D_{TB}^{do}$  là độ sâu đo trung bình;  $D_{TB}^{MH}$  là độ sâu mô hình trung bình.

Dựa vào độ lệch trung bình, độ lệch chuẩn, độ lệch trung phương và hệ số tương

quan giữa độ sâu mô hình và độ sâu đo trực tiếp sẽ đánh giá được độ chính xác của mô hình độ sâu.

#### 4. Kết quả và thảo luận

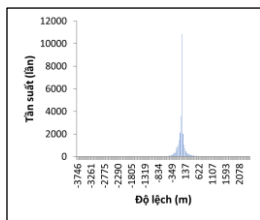
Trên cơ sở lý thuyết trình bày trong mục 3, mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1 được so sánh với số liệu đo sâu trực để đánh giá độ chính xác. Kết quả đánh giá độ chính xác được trình bày trong bảng 1. Biểu đồ tần suất độ lệch được thể hiện trên hình 3. Tương quan giữa mô hình GEBCO2022 và mô hình TOPO-V25.1 với độ sâu đo trực tiếp được biểu diễn trên hình 4.

Bảng 1: Kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1

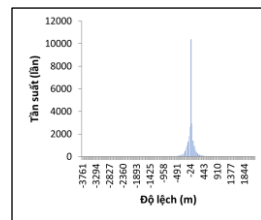
STT	Mô hình	Số điểm đánh giá	$\delta D_{max}$ (m)	$\delta D_{min}$ (m)	$\delta D_{TB}$ (m)	RMS (m)	STD (m)	R
1	GEBCO2022	27663	2451,4	-3746,0	-9,7	±169,1	±168,8	0,9935
2	TOPO-V25.1	27663	2203,6	-3761,0	-9,9	±172,4	±172,1	0,9832

Kết quả trên bảng 1 cho thấy: trên Biển Đông, độ chính xác của mô hình GEBCO2022 là  $RMS = \pm 169,1$  m, cao hơn mô hình TOPO-V25.1 ( $RMS = \pm 172,1$  m); cả 2 mô hình đều

có độ lệch hệ thống so với độ sâu đo trực tiếp, thể hiện ở độ lệch trung bình ( $\delta D_{TB}$ ) lần lượt là -9,7 m và -9,9 m.

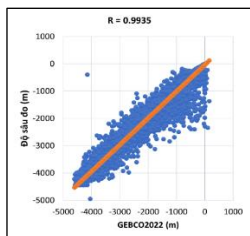


a) GEBCO2022

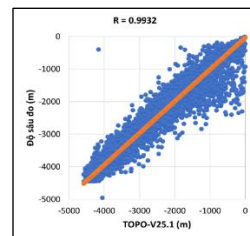


b) TOPO-V25.1

Hình 3: Biểu đồ tần suất độ lệch



a) GEBCO2022



b) TOPO-V25.1

Hình 4: Tương quan giữa mô hình GEBCO2022 và mô hình TOPO-V25.1 với độ sâu đo trực tiếp

Từ hình 3 cho thấy: tần suất độ lệch cơ bản tuân theo quy luật ngẫu nhiên, tuy nhiên, đồ thị tần suất lệch về phía Trái, tương ứng với độ lệch trung bình. Từ hình 4 cho thấy: tương quan của mô hình GEBCO2022 với độ sâu đo trực tiếp ( $R = 9,9935$ ) tốt hơn mô hình TOPO-V25.1 ( $R = 0,9832$ ).

Kết quả so sánh cũng cho thấy: giá trị tuyệt đối của độ lệch cực đại ( $\delta D_{max}$ ) và độ

lệch cực tiểu ( $\delta D_{min}$ ) rất lớn mặc dù tần suất xuất hiện của các độ lệch này là nhỏ. Để kiểm tra xem độ lệch giữa độ sâu tính từ mô hình và độ sâu đo trực tiếp có phải là ngẫu nhiên theo lý thuyết xác suất thống kê hay không, chúng tôi phân tích mối tương quan giữa độ lệch độ sâu ( $\delta D$ ) với độ lệch trung phương (RMS). Kết quả được thống kê trong Bảng 2.

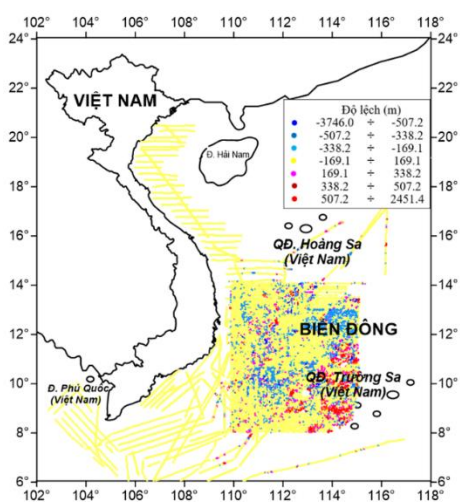
Bảng 2: Phân tích tương quan giữa độ lệch độ sâu với độ lệch trung phương

STT	Tương quan giữa $\delta D$ và RMS	GEBCO2022		TOPO-V25.1	
		Số điểm	%	Số điểm	%
1	$-RMS < \delta D < RMS$	23481	84,88%	23377	84,52%
2	$-2RMS < \delta D < 2RMS$	26373	95,34%	26339	95,23%
3	$-3RMS < \delta D < 3RMS$	27095	97,95%	27092	97,94%
4	$\delta D > 3RMS$ và $\delta D < -3RMS$	568	2,05%	571	2,06%

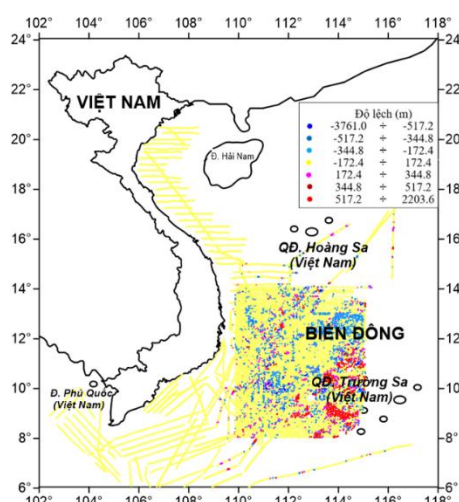
Kết quả trên bảng 2 cho thấy: đối với mô hình GEBCO2022, trong tổng số 27663 điểm được so sánh: 23481 điểm có độ lệch nhỏ hơn RMS chiếm 84,88%; 26373 điểm có độ lệch nhỏ hơn 2RMS chiếm 95,34%; và 27095 điểm có độ lệch nhỏ hơn 3RMS chiếm 97,95%; chỉ có 568 điểm có độ lệch lớn hơn 3RMS, chiếm 2,05%. Đối với mô hình TOPO-V25.1, các kết

quả tương ứng là: (23377 ~ 84,52%), (26339 ~ 95,23%), (27092 ~ 97,94%), (571 ~ 2,06%). Như vậy cơ bản độ lệch tuân theo quy luật ngẫu nhiên của lý thuyết xác suất thống kê.

Để biết được các điểm có độ lệch lớn nằm ở đâu, sơ đồ phân bố độ lệch giữa các mô hình và độ sâu đo trực tiếp được trình bày trên hình 5.



a) GEBCO2022



b) TOPO-V25.1

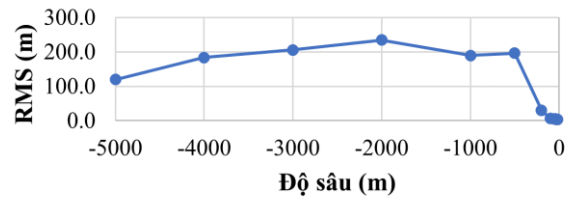
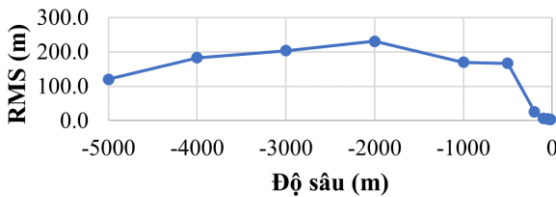
Hình 5: Sơ đồ phân bố độ lệch giữa mô hình và độ sâu đo trực tiếp

Từ hình 5 cho thấy: Các điểm có độ lệch lớn nằm ở khu vực Quần đảo Trường Sa (nơi có địa hình đáy biển phức tạp, nhiều đảo san hô ngầm) và khu vực sườn lục địa biển Miền Trung, nơi chuyển tiếp giữa thềm lục địa và trũng sâu Biển Đông, có độ dốc lớn, địa hình đáy biển thay đổi đột ngột. Khu vực thềm lục địa phía Bắc, phía Nam, Vịnh Thái Lan và trũng sâu Biển Đông có độ lệch nhỏ.

Để đánh giá độ chính xác của mô hình theo độ sâu, các thống kê đánh giá độ chính xác của mô hình theo độ sâu đã được thực hiện và trình bày trong bảng 3 và bảng 4. Đồ thị biểu diễn mối quan hệ giữa RMS và độ sâu được trình bày trên hình 6 và hình 7.

Bảng 3: Kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình GEBCO2022 theo độ sâu

STT	Độ sâu (m)	Số điểm	$\delta D_{max}$ (m)	$\delta D_{min}$ (m)	$\delta D_{TB}$ (m)	RMS (m)	STD (m)
1	-10 ÷ -20	57	4,7	-9,1	-2,3	±3,9	±3,1
2	-20 ÷ -30	879	15,8	-24,5	0,4	±3,9	±3,9
3	-30 ÷ -40	1282	20,3	-26,4	0,4	±5,0	±5,0
4	-40 ÷ -50	935	27,4	-15,9	0,0	±4,8	±4,8
5	-50 ÷ -100	2823	65,5	-67,4	1,0	±6,5	±6,5
6	-100 ÷ -200	1012	110,7	-621,1	0,6	±26,1	±26,1
7	-200 ÷ -500	860	474,7	-3746,0	-7,9	±166,8	±166,6
8	-500 ÷ -1000	953	967,0	-782,6	-0,1	±170,0	±170,0
9	-1000 ÷ -2000	5676	1975,4	-1320,9	11,7	±230,9	±230,6
10	-2000 ÷ -3000	6514	2451,4	-1195,4	-6,5	±203,2	±203,1
11	-3000 ÷ -4000	3388	1363,4	-886,8	-35,1	±183,1	±179,7
12	-4000 ÷ -5000	3754	902,7	-522,0	-45,3	±120,1	±111,3



Hình 6: Mối quan hệ giữa RMS của mô hình GEBCO2022 và độ sâu

Hình 7: Mối quan hệ giữa RMS của mô hình TOPO-V25.1 và độ sâu

Bảng 4: Kết quả đánh giá độ chính xác của mô hình TOPO-V25.1 theo độ sâu

STT	Độ sâu (m)	Số điểm	$\delta D_{max}$ (m)	$\delta D_{min}$ (m)	$\delta D_{TB}$ (m)	RMS (m)	STD (m)
1	-10 ÷ -20	57	8,1	-6,7	-2,4	±3,6	±2,7
2	-20 ÷ -30	879	9,9	-20,9	-0,2	±4,3	±4,3
3	-30 ÷ -40	1282	15,2	-26,7	-0,7	±5,3	±5,3
4	-40 ÷ -50	935	18,6	-16,7	-0,3	±4,8	±4,8
5	-50 ÷ -100	2823	54,4	-77,8	0,7	±6,5	±6,4
6	-100 ÷ -200	1012	103,5	-622,1	-0,6	±30,1	±30,1
7	-200 ÷ -500	860	428,0	-3761,0	-16,4	±196,1	±195,4
8	-500 ÷ -1000	953	926,4	-1134,3	-6,3	±189,8	±189,7

9	-1000 ÷ -2000	5676	1715,7	-1201,4	7,4	±234,0	±233,9
10	-2000 ÷ -3000	6514	2203,6	-1097,1	-4,1	±205,9	±205,8
11	-3000 ÷ -4000	3388	1201,0	-865,4	-29,0	±183,5	±181,2
12	-4000 ÷ -5000	3754	898,7	-486,8	-45,0	±119,2	±110,4

Từ bảng 3, bảng 4, hình 6 và hình 7 cho thấy: Độ chính xác của mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1 rất tốt ở độ sâu từ -10 m đến -100 m, độ lệch trung phương không vượt quá  $\pm 6,5$  m, độ lệch trung bình nhỏ. Khi độ sâu trong khoảng từ -100 m đến -200 m, độ lệch trung phương tăng lên là  $\pm 26,1$  m (đối với GEBCO2022) và  $\pm 30,1$  m (đối với mô hình TOPO-V25.1), độ lệch trung bình vẫn nhỏ. Những khu vực có độ sâu này tương ứng với thềm lục địa, có địa hình thoải, độ dốc nhỏ. Khi độ sâu tăng lên trong khoảng -200 m ÷ -500 m và -500 m ÷ -1000 m thì RMS cũng tăng lên, RMS đạt cực đại trong khoảng -1000 m ÷ -2000 m. Đây chính là những khu vực tương ứng với sườn lục địa, có địa hình thay đổi đột ngột, độ dốc lớn. Khi độ sâu tiếp tục tăng lên trong khoảng -2000 m ÷ -3000 m, -3000 m ÷ -4000 m, -4000 m ÷ -5000 m, RMS có xu hướng giảm. Ở độ sâu trên -4000 m (tương ứng là vùng trũng sâu, bằng phẳng), RMS của cả 2 mô hình là khoảng  $\pm 120$  m, tuy nhiên, độ lệch hệ thống lại tăng lên. Như vậy, ở những khu vực địa hình đáy biển bằng phẳng thì các mô hình chính xác, ngược lại, khu vực địa hình phức tạp, độ dốc lớn thì các mô hình kém chính xác.

### 5. Kết luận

Bài báo đã trình bày phương pháp đánh giá độ chính xác của mô hình độ sâu toàn cầu bằng cách so sánh với độ sâu đo trực tiếp. Thực nghiệm đã đánh giá mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1 bằng cách so sánh chúng với 27663 điểm đo sâu trực tiếp.

Trên Biển Đông, độ chính xác của mô hình GEBCO2022 là  $\pm 169,1$  m, tốt hơn mô hình TOPO-V25.1 có độ chính xác là  $\pm 172,4$  m. Tương quan của 2 mô hình này với độ sâu đo trực tiếp khá tốt, hệ số tương quan gần bằng 1. Độ lệch giữa các mô hình với độ sâu đo trực tiếp tuân theo quy luật ngẫu nhiên của lý thuyết xác suất thống kê. Các điểm có độ lệch lớn nằm ở những khu vực có địa hình đáy biển phức tạp, nhiều đảo ngầm, độ dốc lớn, địa hình đáy biển thay đổi đột ngột. Những khu vực địa hình đáy biển bằng phẳng, độ lệch nhỏ.

Độ chính xác của mô hình GEBCO2022 và TOPO-V25.1 tốt ở thềm lục địa, có địa hình bằng phẳng, độ sâu từ -10 m đến -200 m. Ở khu vực sườn lục địa, độ dốc lớn, độ sâu trong khoảng từ -200 m đến -2000 m thì độ lệch trung phương tăng lên, đạt cực đại là  $\pm 230$  m trong khoảng độ sâu (-1000 m ÷ -2000 m). Độ lệch trung phương giảm xuống còn  $\pm 120$  m đối với vùng trũng sâu của Biển Đông, tuy nhiên, độ lệch hệ thống lại tăng lên. ○

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ của Hợp đồng khoa học mã số: 07/2021/Đ6-DATS thuộc dự án: Điều tra tổng hợp khí tượng, các yếu tố hải dương, địa chất, môi trường vùng biển Trường Sa tỷ lệ 1:200.000. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Đoàn Đo đạc biên vẽ hải đồ và Nghiên cứu biển và Trường Đại học Mở - Địa chất đã giúp đỡ chúng tôi trong nghiên cứu này.

### Tài liệu tham khảo

[1]. Ban Chấp hành Trung ương Đảng Khóa XII (2018). Nghị quyết Hội nghị lần thứ VIII, số

36-NQ/TW, ngày 22/10/2018, về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045.

[2]. Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng, Lê Trâm (2008). Thành lập bản đồ địa thường trọng lực thống nhất trên vùng biển Việt Nam và kế cận. Tạp chí khoa học công nghệ biển. Số 2, trang 29-41.

[3]. 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.

[4]. GEBCO Bathymetric Compilation Group (2020). The GEBCO\_2020 Grid - a continuous terrain model of the global oceans and land. British Oceanographic Data Centre, National Oceanography Centre, NERC, UK.

[5]. GEBCO Bathymetric Compilation Group (2022). The GEBCO\_2022 Grid - a continuous terrain model of the global oceans and land. NERC EDS British Oceanographic Data Centre NOC.

[6].

<https://baotainguyenmoitruong.vn/tong-ket-de-an-tong-the-ve-dieu-tra-co-ban-va-quan-ly-tnmt-bien-den-nam-2010-tam-nhin-den-2020-223820.html>

[7]. Institute of Marine Geology and Geophysics (2007). Gravity, magnetic and seismic data of RV Professor Polshkov (Russian).

[8]. 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, ISBN: 978-604-952-272-7.

[9]. Knudsen, P., Andersen, O.B., Forsberg, R., Roberto, S., Henning, S. (2012). Satellite bathymetry and other satellite derived data. National Space Institute, DTU-SPACE.

[10]. 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.

[11]. Nguyễn Văn Âu. Địa lý tự nhiên Biển Đông (2020). Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.

[12]. Nguyen Van Sang, Khuong Van Long, Tran Tuan Dung, Lam Van Nguyen, Bui Cong Que, Do Van Mong, Bui Dang Quang, Ole Baltazar Andersen, Rene Forsberg, Dieu Tien Bui (2023). Seafloor Depth Mapping of Central Vietnam's Sea area and its surrounding using gravity anomaly data and Gravity Geological Method. Advances in Space Research.

[13]. POI FEB-RAS (1992). Gravity and magnetic data of RV Professor Gagarinski, 1990-1992 (Russia).

[14]. William H Press and et al. (1986). Numerical recipes, Cambridge university press, Cambridge The Art of Scientific Computing. ○

*(Xem tiếp trang 50)*