

A detailed research on the structural characteristics of Hoang Sa and Truong Sa archipelagos - East Vietnam Sea based on gravity data analysis

**Nguyen Kim Dung^{1,*}, Do Duc Thanh², Hoang Van Vuong¹, Do Huy Cuong¹,
Tran Tuan Dung¹, Nguyen Ba Dai¹, Tran Tuan Duong¹**

¹*Institute of Marine Geology and Geophysics, VAST, Vietnam*

²*VNU University of Science, Hanoi, Vietnam*

*E-mail: kimdunggeo@yahoo.com

Received: 25 July 2019; Accepted: 6 October 2019

©2019 Vietnam Academy of Science and Technology (VAST)

ABSTRACT

The Hoang Sa and Truong Sa archipelagos are the two archipelagos located in the East Vietnam Sea. In the geographic coordinate frame, the Hoang Sa archipelago is located more northward than the Truong Sa. Up to now many publications have discussed in detail structures of these archipelagos in terms of international and domestic scientific journals, the scientific workshop reports, as well as the outcome reports obtained from the research projects of different levels, such as state and ministry level projects. However the block characteristics of the two archipelago regions are still in controversy. By application of the new technique (Curvature Gravity Gradient Tensor - CGGT) for analysis and collection of the related available data, some new information about structural characteristics of the two blocks, such as their spatial distribution, the penetration of their boundaries and fault systems was obtained. According to the results, block characteristic is clearly reflected as a unique structural unit for Hoang Sa archipelago, which occupies a large area restricted mostly by the geographic coordinate frame: 111.2°E–113.2°E and 15.75°N–17.25°N. Here a large negative Hoang Sa structural block with the density less than 2.67 g/cm³ develops directly on a more negative regional structure. Unlike Hoang Sa block, the Truong Sa archipelago is not presented as a unique block. Its structure is divided into 3 main smaller blocks distributed along different directions. The first north - south structural block consists of a number of islands and sandbars: Dinh Ba, Song Tu Dong island, Song Tu Tay island, Thi Tu island, Ba Binh island, Ca Nham sandbar, Loai Ta island and Son Ca island, Nam Yet island, Truong Sa Lon island, Sinh Ton island, Ba Bau and Binh Nguyen island. The second structural block along the northeast - southwest direction includes the following islands and sandbars: Da Lat, Truong Sa island, Da Tay, Da Dong, Chau Vinh. The remaining Phan Vinh island, Toc Tan sandbar, Nui Le, Ky Van, Tham Hiem sandbar and Kieu Nguia sandbar are distributed in the third structural block. In addition, all the 3 blocks are the negative structures. In terms of geological structural boundaries: The estimated depth of the boundaries (uplifts, subduction zones, or faults,...) on Hoang Sa archipelago only reaches a maximum of 20 km. Meanwhile, that on Truong Sa archipelago is possibly over 20 km.

Keywords: Gravity data analysis, block structures, Truong Sa, Hoang Sa, East Vietnam Sea.

Citation: Nguyen Kim Dung, Do Duc Thanh, Hoang Van Vuong, Do Huy Cuong, Tran Tuan Dung, Nguyen Ba Dai, Tran Tuan Duong, 2019. A detailed research on the structural characteristics of Hoang Sa and Truong Sa archipelagos - East Vietnam Sea based on gravity data analysis. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 19(3B), 163–175.

Nghiên cứu chi tiết cấu trúc khu vực quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa - Biển Đông Việt Nam trên cơ sở phân tích tài liệu trọng lực

Nguyễn Kim Dũng^{1,*}, Đỗ Đức Thanh², Hoàng Văn Vượng¹, Đỗ Huy Cường¹,
Trần Tuấn Dũng¹, Nguyễn Bá Đại¹, Trần Tuấn Dương¹

¹Viện Địa chất và Địa vật lý biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Việt Nam

²Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam

*E-mail: kimdunggeo@yahoo.com

Nhận bài: 25-7-2019; Chấp nhận đăng: 6-10-2019

Tóm tắt

Hoàng Sa và Trường Sa là hai quần đảo nằm trên Biển Đông thuộc chủ quyền của Việt Nam. Hoàng Sa nằm ở phía bắc Biển Đông trong khi đó Trường Sa nằm ở phía nam Biển Đông. Về mặt cấu trúc địa chất, tại hai quần đảo này đã được nghiên cứu rất chi tiết bởi một số lượng lớn các công trình nghiên cứu của nhiều tác giả trong nước và quốc tế, được thể hiện trong các báo cáo tổng kết của đề tài các cấp, trong các hội nghị quốc gia và quốc tế về địa chất Biển Đông hay trên các tạp chí chuyên ngành. Mặc dù vậy, cho đến nay đặc điểm cấu trúc của hai khối cấu trúc Hoàng Sa và Trường Sa vẫn chưa được các nhà khoa học quan tâm hết mức. Bài báo này giới thiệu một số kết quả mới về đặc điểm cấu trúc của hai khối cấu trúc Hoàng Sa, Trường Sa dựa trên cơ sở áp dụng các phương pháp mới xử lý tài liệu trọng lực, góp phần làm sáng tỏ thêm về đặc điểm của hai khối cấu trúc trên hai quần đảo này. Kết quả thu được bao gồm: Các cấu trúc dạng khối, vị trí và độ sâu tồn tại ước tính các ranh giới phân dị ngang trên hai khối cấu trúc này. Kết quả cho thấy: Khối cấu trúc Hoàng Sa: Có hình dạng khá rõ nét, là một khối cấu trúc lớn, có dạng cấu trúc âm (có mật độ nhỏ hơn $2,67 \text{ (g/cm}^3\text{)})$ và không bị chia cắt. Hệ thống các đảo trên quần đảo Hoàng Sa cùng nằm tập chung trên nền của một khối, gần như trọn vẹn trong khung tọa độ: Kinh độ: $111,2^\circ\text{E} - 113,2^\circ\text{E}$; vĩ độ: $15,75^\circ\text{N} - 17,25^\circ\text{N}$. Khối cấu trúc Trường Sa: Có hình dạng kém rõ nét bởi nó bị phân mảnh, tồn tại ở dạng các khối nhỏ hơn. Cụ thể nó nằm trên ba khối cấu trúc chính: Dãy đảo chạy theo hướng bắc nam bao gồm từ đảo Đinh Ba, Song Tử Đông, Song Tử Tây, đảo Thị Tứ, đảo Ba Bình, Đá Cá nhám, đảo Loai Ta, đảo Sơn Ca, đảo Nam Yết, Trường Sa Lớn, đảo Sinh Tồn, Đá Ba Bàu, đảo Bình Nguyên cùng nằm trên một khối, có cấu trúc âm. Dãy đảo và bãi chạy theo hướng tây nam - đông bắc bao gồm: Đá Lát, đảo Trường Sa, Đá Tây, Đá Đông, Bãi Châu Vinh nằm trên một khối và còn lại đảo Phan Vinh, bãi Tóc Tan, đá Núi Le, đá Kỳ Vân, bãi Thám Hiểm và bãi Kiêu Ngựa nằm trên một khối. Ba khối cấu trúc này đều là cấu trúc âm. Về các ranh giới cấu trúc địa chất: Vị trí và độ sâu tồn tại ước tính của các ranh giới (các đới sụt, đới nâng, địa hào, các đứt gãy,...) trên khu vực quần đảo Hoàng Sa chỉ đạt cực đại 20 km. Trong khi đó, trên quần đảo Trường Sa có độ sâu tồn tại lớn hơn, có thể trên 20 km.

Từ khóa: Phân tích trọng lực, cấu trúc khối, Hoàng Sa, Trường Sa, Biển Đông Việt Nam.

MỞ ĐẦU

Hoàng Sa và Trường Sa là hai quần đảo nằm trên Biển Đông thuộc chủ quyền của Việt Nam. Hoàng Sa nằm ở phía bắc Biển Đông,

trong khi đó Trường Sa nằm ở phía nam Biển Đông. Về mặt cấu trúc địa chất, tại hai quần đảo này đã được nghiên cứu rất chi tiết bởi một số lượng lớn các công trình nghiên cứu của

nhiều tác giả trong nước và quốc tế được thể hiện trong các báo cáo tổng kết của đề tài các cấp, trong các hội nghị, trên các tạp chí chuyên ngành,... Trong đó, trước tiên phải kể đến các công trình nghiên cứu trọng điểm cấp nhà nước của các tác giả như: Bùi Công Quế (1995), Nguyễn Thế Tiệp (2006, 2010), Nguyễn Trọng Tín (2010), Đỗ Chiến Thắng (2009), Cao Đình Triều (2005),... Trong các báo cáo này, các đặc điểm về cấu trúc địa chất Biển Đông nói chung và trên hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa nói riêng đã dần dần từng bước được xác định và làm sáng tỏ từ đặc điểm địa hình, địa mạo, đến hình dạng các bề mặt ranh giới cơ bản như: Mặt móng trầm tích Kainozoi, mặt Moho,... cho đến các ranh giới phân dị ngang như: Ranh giới các khối cấu trúc, vị trí của hệ thống đứt gãy,... hay sự phân bố mật độ trong tầng trầm tích Kainozoi. Các đặc điểm này cũng được thể hiện trên các tạp chí, sách chuyên khảo: Bùi Công Quế [1, 2], Mai Thanh Tân [3], Cao Đình Triều [4], Phùng Văn Phách (2005), Phan Trọng Trịnh [5], Nguyễn Hiệp [6], Nguyễn Thu Huyền [7], Trần Tuấn Dũng [8, 9], Hoàng Đình Tiến [10], Hoàng Văn Vương [11], Nguyễn Như Trung [12, 13]... Về các phương pháp xác định biên của nguồn dị thường cũng được nhiều tác giả trong và ngoài nước tập trung nghiên cứu và áp dụng vào thực tế. Trong đó, phải kể đến một số tác giả như: Lê Huy Minh [14], Võ Thanh Sơn [15, 16], Blackely, R. J. [17], Beiki, M. [18], Reynolds, J. M. [19], Pedersen, L. B. [20], Zhang, C. [21], Zhou, W. [22], Oruc, B. [23]. Mặc dù vậy, cho đến nay đặc điểm khối cấu trúc trên hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa vẫn chưa được làm sáng tỏ. Bài báo này giới thiệu một số kết quả mới về đặc điểm cấu trúc

của hai khối cấu trúc Hoàng Sa và Trường Sa dựa trên cơ sở của việc xử lý tài liệu trọng lực vệ tinh bằng các phương pháp xử lý mới. Các kết quả này góp phần làm sáng tỏ thêm về đặc điểm của hai khối cấu trúc này.

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP

Ngoài các phương pháp biến đổi trường trọng lực được áp dụng ở đây. Bài báo đã sử dụng phương pháp phân tích, xử lý mới, phương pháp này cũng đã được thử nghiệm tính toán trên mô hình và áp dụng thành công trong một số công trình như [24–26]. Phương pháp này không chỉ cho phép chúng ta phác họa được biên của nguồn rất nhanh mà còn cho phép chúng ta xác định được biên của các nguồn gây dị thường có mật độ trung bình nhỏ hơn $2,67 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ hoặc lớn hơn $2,67 \text{ (g/cm}^3\text{)}$. Dưới đây chúng tôi chỉ trình bày sơ lược về cơ sở lý thuyết của phương pháp.

Phương pháp đường cong tensor gradient trọng lực

Cơ sở lý thuyết của phương pháp đường cong tensor gradient trọng lực (được dịch từ cụm từ: “the Curvature Gravity Gradient Tensor” viết tắt là CGGT) được Oruc B. et al., 2013 [23] giới thiệu. Phương pháp này xác định biên của nguồn gây dị thường trên cơ sở tìm giá trị riêng của ma trận gồm 4 thành phần ngang của tensor trọng lực:

$$\Gamma = CGGT = \begin{pmatrix} g_{xx} & g_{xy} \\ g_{yx} & g_{yy} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Và giải ra ta được giá trị riêng của Γ :

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left(g_{xx} + g_{yy} + \sqrt{(g_{xx} - g_{yy})^2 + 4g_{xy}^2} \right) \quad (2)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} \left(g_{xx} + g_{yy} - \sqrt{(g_{xx} - g_{yy})^2 + 4g_{xy}^2} \right) \quad (3)$$

$$\det(\Gamma) = \lambda_1 \lambda_2 \quad (4)$$

Tại các vị trí $\det(\Gamma) = 0$ là biên của vật thể, hay nói cách khác đường đồng mức $\det(\Gamma) = 0$ sẽ phác họa biên của nguồn, là các

ranh giới phân dị ngang cấu trúc địa chất. Tại các vị trí $\lambda_1 = 0$ là biên của vật thể có mật độ dư là dương (mật độ lớn hơn $2,67 \text{ g/cm}^3$) và tại các vị trí $\lambda_2 = 0$ là biên của vật thể có mật độ dư là âm (mật độ nhỏ hơn $2,67 \text{ g/cm}^3$).

Phương pháp đã được chúng tôi mô hình hóa và áp dụng thực tế trên bề trầm tích sông Hồng [26].

Ngoài ra, xuất phát từ giá trị riêng lớn (Zhou W. Et al., (2013)), cũng đã đưa ra công thức:

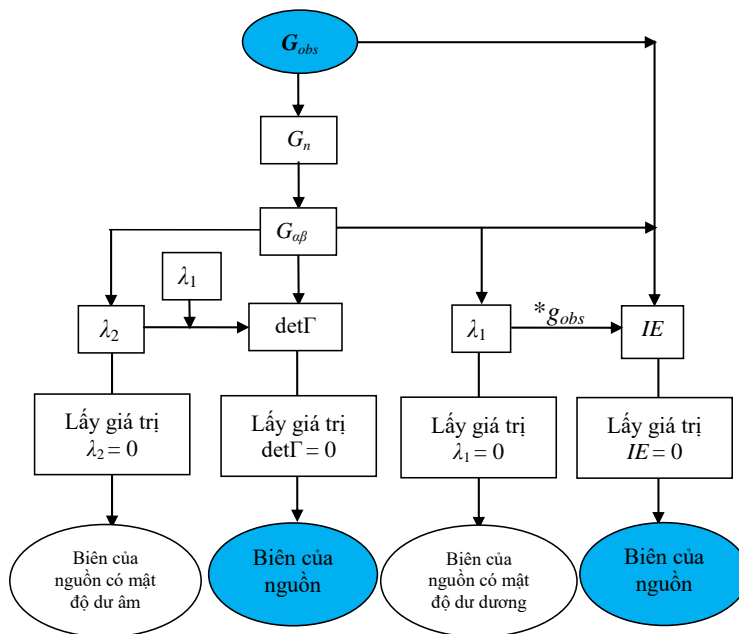
$$IE = \frac{1}{2} \left(g_{xx} * g + g_{yy} * g + \sqrt{(g_{xx} * g - g_{yy} * g)^2 + 4(g_{xy} * g)^2} \right) \quad (5)$$

Trong đó: g là dị thường trọng lực; g_{xx} , g_{yy} , g_{xy} là thành phần gradient trọng lực. Đường đồng mức 0 của hàm IE không thay đổi khi ta thay đổi mật độ dư là âm hay dương và hàm IE cũng là một công cụ hiệu quả để phác họa biên của vật thể như hàm $\det(\Gamma)$.

Chúng tôi đã tiến hành xây dựng chương trình máy tính xác định vị trí biên của nguồn gây dị thường trên mô hình theo tài liệu dị thường trọng lực. Chương trình được viết bằng ngôn ngữ lập trình *Matlab*, ngôn ngữ này đảm bảo được tính tiện ích thông qua các hàm có sẵn và chế độ đồ họa của nó. Chương trình được xây dựng theo sơ đồ khối bên dưới:

Xây dựng chương trình tính toán

Trên cơ sở thuật toán đã trình bày ở trên,



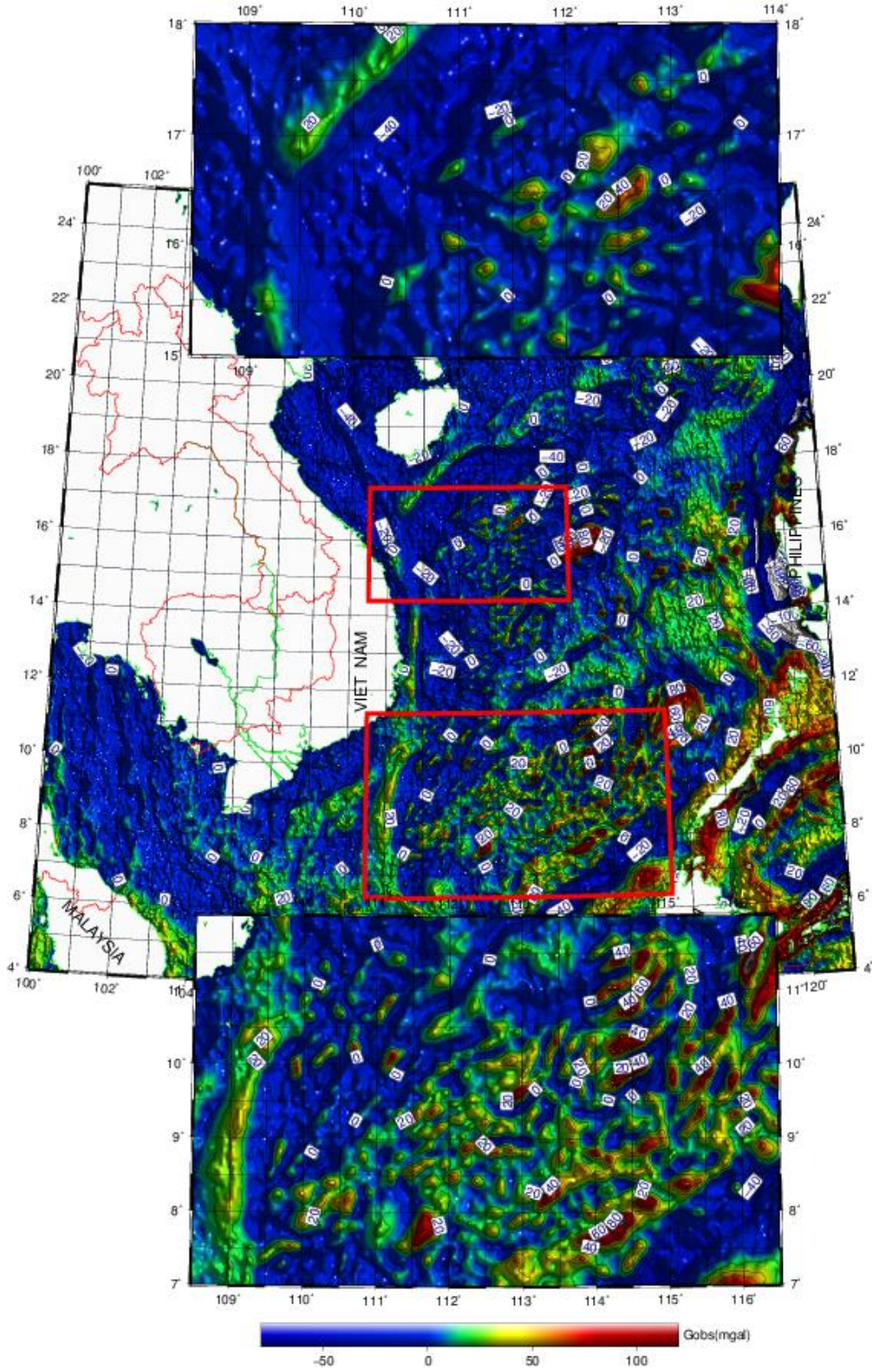
Hình 1. Sơ đồ khối xác định biên của nguồn

Trong đó: G_{obs} , G_n , $G_{\alpha\beta}$ lần lượt là trường quan sát, trường biên đôi (nâng trường, lọc tần số,...) và các thành phần tensor gradient trọng lực ($\alpha = x, y$ hoặc z ; $\beta = x, y$ hoặc z) và λ_1 , λ_2 , $\det\Gamma$, IE lần lượt là hàm λ_1 (được xác định bởi công thức 2), hàm λ_2 (được xác định bởi công thức 3), hàm $\det\Gamma$ được xác định bởi công thức 4, hàm IE được xác định bởi công thức 5.

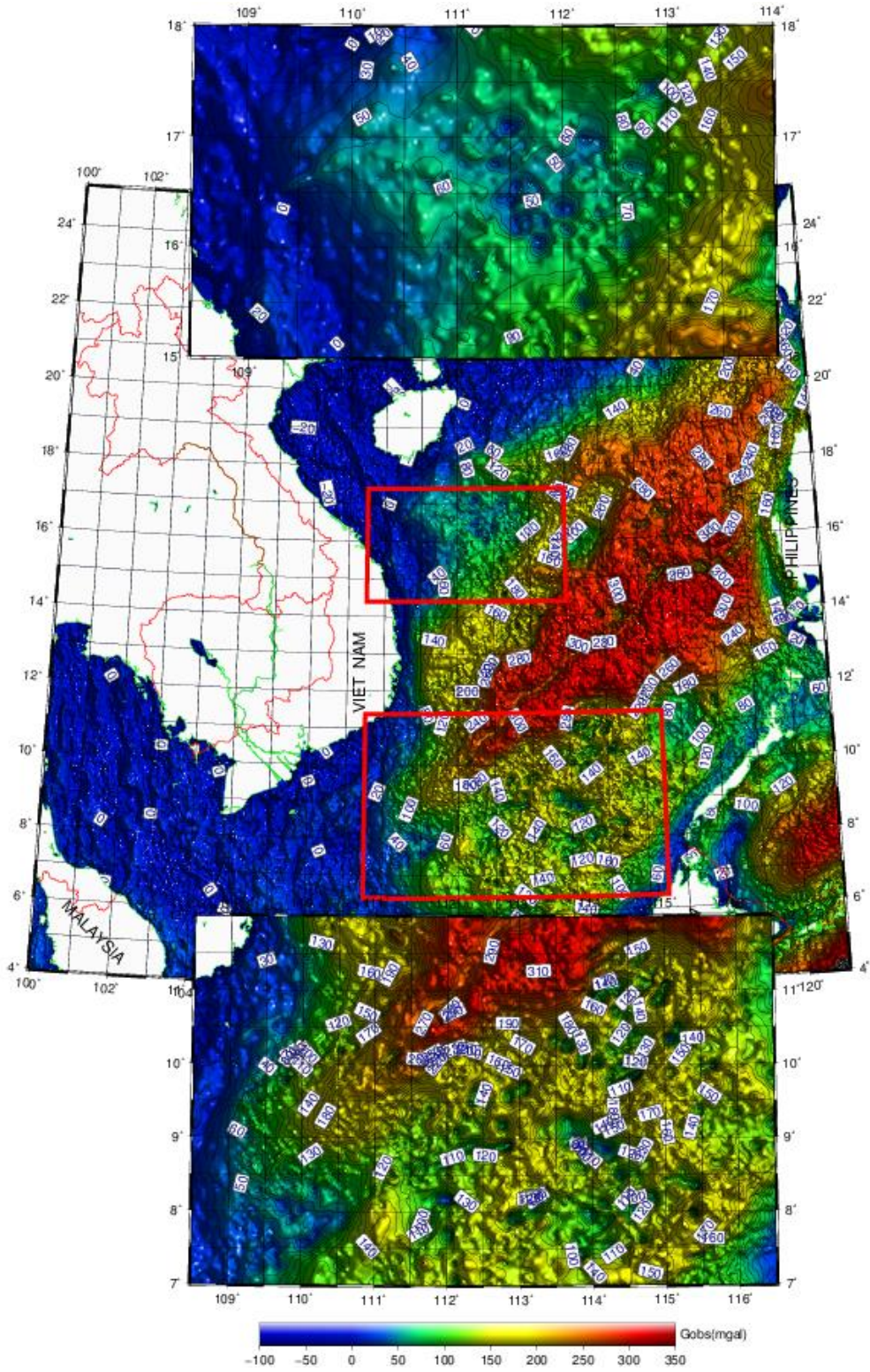
Nguồn số liệu sử dụng

Nguồn số liệu được sử dụng trong bài báo này là số liệu trọng lực vệ tinh của D. T. sandwell với khoảng cách lưới số liệu là $1' \times 1'$ (hình 2) cùng với nguồn số liệu địa hình đáy biển [27] để xác định trường trọng lực Bouguer (hình 3). Ngoài ra, chúng tôi còn tham khảo và sử dụng một số các kết quả nghiên cứu về địa chất, kiến tạo, mặt cắt địa chấn có trên khu vực được thu thập từ các đề tài và bài báo từ nhiều tác giả để phục vụ công tác minh giải.

ÁP DỤNG TRÊN HAI QUẦN ĐẢO HOÀNG SA VÀ TRƯỜNG SA



Hình 2. Dị thường trọng lực Fai trên 2 khu vực quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa (khung màu đỏ)

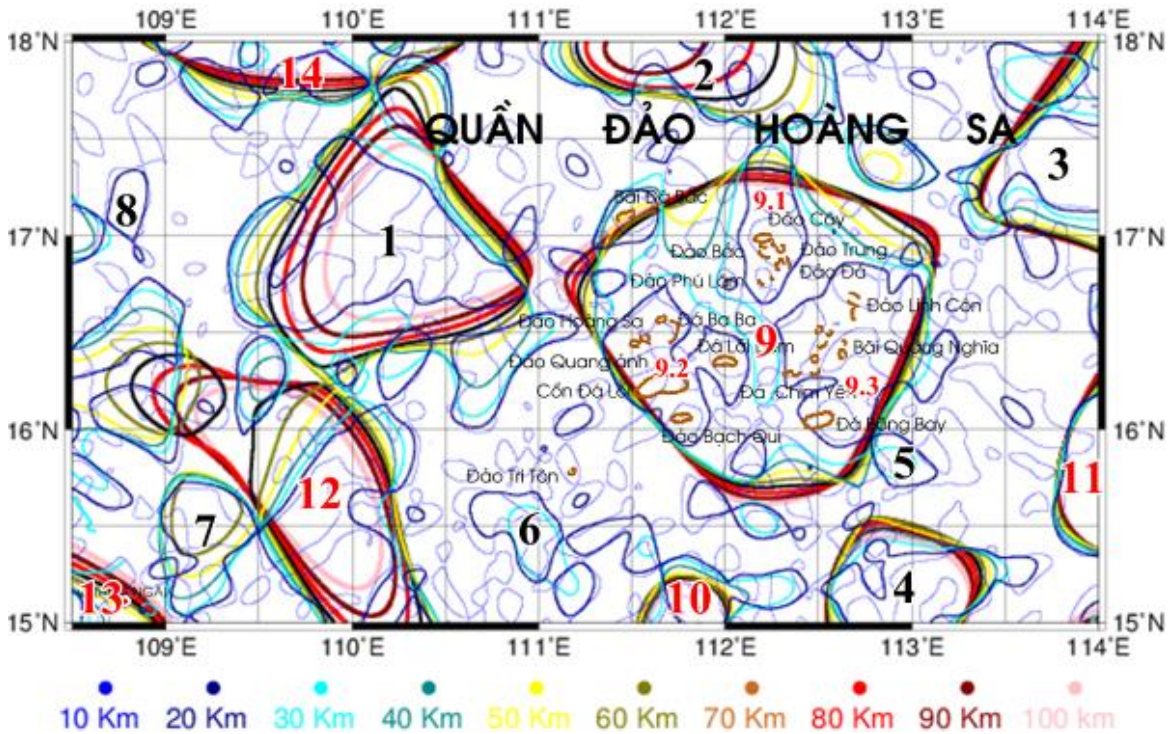


Hình 3. Dị thường trọng lực Bouguer trên 2 khu vực quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa (khung màu đỏ)

Về cấu trúc khối

Chúng tôi đã sử dụng phương pháp đường cong tensor gradient trọng lực trình bày ở trên kết hợp với phương pháp biến đổi trường để xác định biên các khối cấu trúc chính trên hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa thuộc thềm lục địa Việt Nam. Ở đây, để nghiên cứu sự thay đổi về hình thái cấu trúc của các khối theo chiều sâu, chúng tôi đã thực hiện nhiều mức nâng trường khác nhau $h = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100$ km. Tại mỗi mức h , giá trị λ_1, λ_2 , hàm $\det\Gamma$ được xác định. Và đường đồng mức 0 của hàm $\det\Gamma$ tại mức nâng h nào đó sẽ phác họa được biên của nguồn dị thường tại một độ sâu tương ứng nào đó. Đặc biệt, đường đồng mức 0 của hàm λ_1 đã phác họa được biên của các khối (có mật độ dư dương, được đánh

số màu đen) và đường đồng mức 0 của hàm λ_2 phác họa được biên của các khối (có mật độ dư âm, được đánh số màu đỏ). Vì vậy, với nhiều mức nâng khác nhau chúng ta sẽ có được tập hợp các đường đồng mức 0. Kết quả thu được trên hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa được biểu diễn tương ứng trên hình 4, hình 5. Trên mỗi hình biểu diễn các đường đồng mức 0 của hàm $\det\Gamma$ tại nhiều mức nâng và mỗi mức được biểu thị bằng một màu khác nhau. Quan sát kết quả thu được dễ dàng nhận thấy: Đường đồng mức 0 của $\det\Gamma = \lambda_1\lambda_2$ từ mức thấp đến cao đã phác họa được hình thái cấu trúc có qui mô từ nhỏ (mức nâng trường 10 km, đường màu xanh) đến hình thái cấu trúc lớn và ổn định hơn (mức nâng trường 100 km, đường màu đỏ nhạt) khá rõ nét.



Hình 4. Các khối cấu trúc chính trên khu vực quần đảo Hoàng Sa

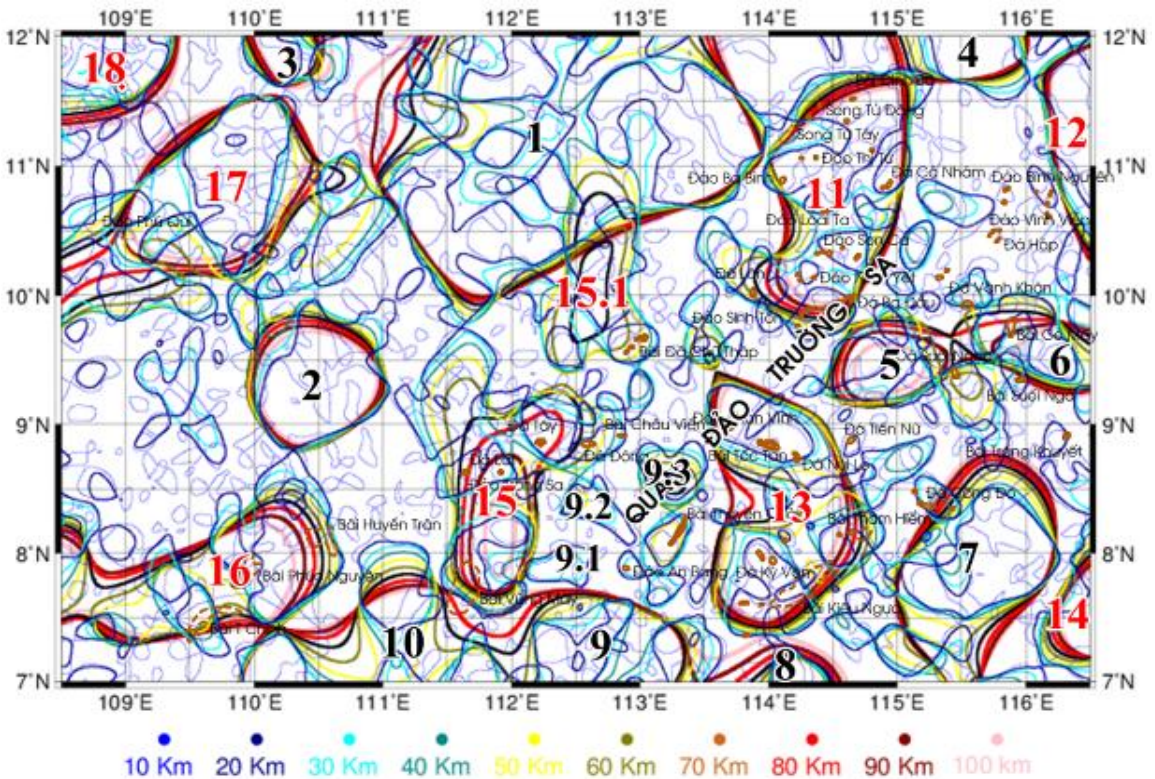
Đôi sánh kết quả thu được với các sơ đồ cấu trúc chính, cùng với các địa danh trên khu vực quần đảo Hoàng Sa (hình 4) chúng ta có thể thấy rõ được toàn bộ các đảo (ngoại trừ đảo Tri Tôn) nằm trọn vẹn trên một khối cấu trúc (khối 9, màu đỏ), đây là một khối có cấu trúc âm. Nghĩa là, các đảo này nằm trên một nền có

mật độ trung bình thấp, nhỏ hơn $2,67 \text{ g/cm}^3$. Khối cấu trúc 9 là một khối lớn, nằm gần như trọn vẹn trong khung tọa độ: Kinh độ: $111,2^\circ\text{E} - 113,2^\circ\text{E}$; vĩ độ: $15,75^\circ\text{N} - 17,25^\circ\text{N}$, có mức độ ổn định cao (từ mức nâng 50 đến 100 đường đồng mức 0 hàm $\det\Gamma$ gần như không thay đổi). Nếu như chúng ta xem xét cấu trúc ở tầng nông

hơn (có thể xem như xấp xỉ trong tầng trầm tích và móng trước Kainozoi) thì khối cấu trúc 9 này sẽ gồm 03 khối cấu trúc âm nhỏ hơn (khối 9.1, 9.2 và 9.3 được bao bởi đường màu xanh ở mức nâng 20). Trong đó: Khối 9.1 sẽ gồm các đảo: Đảo Cây, đảo Trung, đảo Đa, đảo Bắc và đảo Phú Lâm. Khối 9.2 gồm: Đảo Hoàng Sa, đảo Quang Ảnh, đảo Bạch Quy, đá Chim Yến, đá Lưỡi Liềm và cồn Đá Lồi. Khối 9.3 gồm các đảo: Đảo Linh Côn, bãi Quảng Nghĩa và Đá Bông Bay.

Đối với quần đảo Trường Sa (hình 5): Quan sát hình 5 có thể nhận thấy sự phân bố các đảo không tập trung trên một khối như quần đảo Hoàng Sa mà nó phân bố khá rải rác trên các khối cấu trúc khác nhau. Cụ thể: Các đảo được phân bố chủ yếu trên 3 khối chính gồm: Khối 11, khối 13 và khối 15. Trong đó, khối 11 bao gồm hệ thống đảo chạy dọc theo hướng bắc nam như: Bãi Đình ba, đảo Song Tử Đông, đảo Song Tử Tây, đảo Thị Tứ, đảo Ba Bình, đảo Loại Ta, đảo Sơn Ca, đảo Nam Yết, đảo Sinh Tôn, đá Lớn, đá Ba Đầu, đá Cá Nhám. Khối 13

gồm các đảo, bãi: Đảo Phan Vinh, bãi Tóc Tan, đá Núi Ne, đá Kỳ Vân, bãi Kiêu Ngựa, bãi Thám Hiềm. Nhìn chung, các đảo và bãi trong khối này cũng có sự phân bố theo hướng bắc nam. Khối 15, đây cũng là khối có cấu trúc âm tương tự như khối 11 và 13. Tuy nhiên, nếu chúng ta xem xét kỹ các đường đồng mức tại các mức nâng trường từ 50 đến 100 có thể nhận thấy các đường đồng mức này được thu vào trong khi các mức nâng tăng dần. Điều này cho thấy đây là một cấu trúc âm có dạng bồn, bể. Trên phạm vi khối này (khối 15) chỉ bao gồm đá Tây, đá Lát, đá Đông, bãi Châu Viên và một phần bãi Vũng Mây. Các đảo này có sự phân bố theo hướng tây nam - đông bắc. Ngoài ra, trên khu vực còn tồn tại một số đảo nằm ngoài các khối cấu trúc này như: Đảo Bình Nguyên, đá Vành Khăn,... Tuy vậy, có thể thấy được một xu thế chung trên khu vực quần đảo Trường Sa là hệ thống đảo trên khu vực được phân bố tập trung trên nền 3 khối cấu trúc âm (mật độ nhỏ hơn $2,67 \text{ g/cm}^3$) gồm khối 11, 13 và 15.



Hình 5. Các khối cấu trúc chính trên khu vực quần đảo Trường Sa

Bàn luận:

Điểm chung: Hệ thống đảo trên hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa đều nằm trên nền các khối cấu trúc âm lớn và độc lập (có mật độ nhỏ hơn $2,67 \text{ g/cm}^3$).

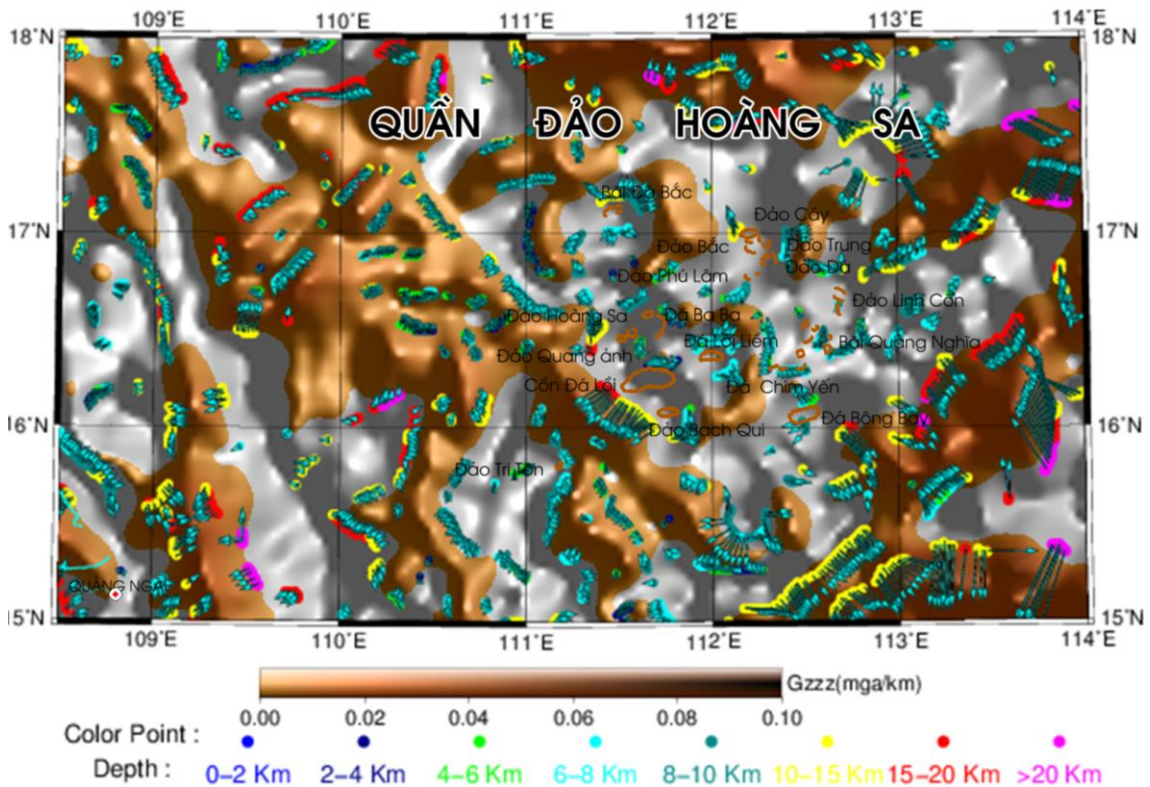
Điểm riêng: Hệ thống đảo trên quần đảo Hoàng Sa nằm tập trung trên một khối cấu trúc âm, lớn và thống nhất. Trong khi đó, hệ thống đảo trên quần đảo Trường Sa lại phân bố rải rác, tuy nhiên nhìn chung chúng vẫn phân bố chủ yếu trên 3 khối chính.

Ngoài các khối cấu trúc chính, lớn được xác định bởi các mức nâng trường cao, còn nhiều biên của các nguồn dị thường địa phương được xác định bởi mức nâng trường thấp.

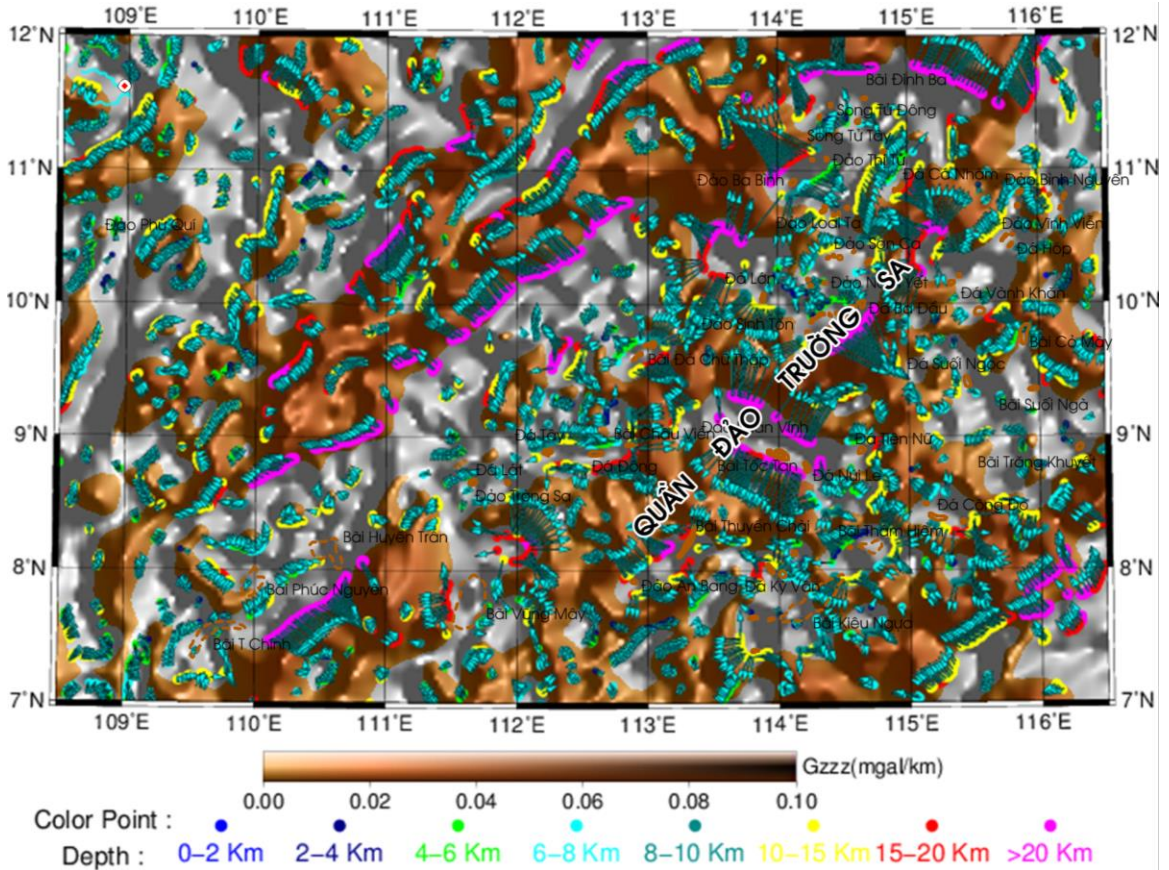
Về vị trí và độ sâu ước tính các điểm biên của nguồn gây dị thường

Vị trí và độ sâu ước tính của các điểm biên của nguồn gây dị thường (các ranh giới phân dị ngang của cấu trúc địa chất) trên cả hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa được xác định bởi

sự kết hợp giữa phương pháp đạo hàm tín hiệu giải tích theo hướng với phương pháp giải chập Euler. Sự kết hợp hai phương pháp này cho phép chúng ta xác định đồng thời cả vị trí và ước tính được độ sâu của các điểm biên của các ranh giới nguồn gây dị thường. Cơ sở lý thuyết của phương pháp cũng như tính toán thử nghiệm trên mô hình số đã được chúng tôi trình bày khá chi tiết trong [25]. Trong phạm vi bài báo này, nhằm nghiên cứu sự tồn tại theo chiều sâu của các ranh giới phân dị ngang cũng như các khối chính trên phạm vi hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa, chúng tôi đã thực hiện nâng trường lên độ cao 20 km, với mức nâng trường này đã loại bỏ gần như hoàn toàn phần dị thường trọng lực của các cấu trúc địa phương. Do đó, trường nâng ở mức 20 km này được chúng tôi sử dụng để xác định vị trí và ước tính độ sâu tồn tại của các điểm biên của nguồn gây dị thường trên cả hai quần đảo.



Hình 6. Vị trí và độ sâu ước tính các điểm biên của nguồn gây dị thường trên khu vực quần đảo Hoàng Sa



Hình 7. Vị trí và độ sâu ước tính các điểm biên của nguồn gây dị thường trên khu vực quần đảo Trường Sa

Một số dạng ranh giới phân dị ngang: Các đứt gãy là một dạng đặc biệt của ranh giới cấu trúc địa chất, nó được xấp xỉ khi tại các vị trí biên có thêm hướng của các vector gradient ngang của hàm G_{zz} ở dạng dải (G_{zz} là đạo hàm thẳng đứng bậc 1 của trường trọng lực sau khi được nâng trường và G_{zzz} là đạo hàm thẳng đứng bậc 2). Nếu như có hai dải chạy song song với nhau và có hướng ra ngoài thì đó có thể là một địa hào và ngược lại nó có thể là một dải nâng. Khi các vector này không tồn tại ở dạng dải mà tồn tại ở dạng vòng khép kín hay gần như khép kín và có hướng vào tâm thì đây có thể là một dạng cấu trúc nâng. Ngược lại, khi các vector này có hướng từ tâm ra ngoài thì đây là một dạng cấu trúc của đới sụt. Để quan sát hướng và độ lớn các vector gradient ngang của hàm G_{zz} được rõ hơn, trong cả hai kết quả (hình 6-7), độ lớn của các vector này đã được nhân lên 5 lần (cho khu vực Hoàng Sa) và 3 lần

(cho khu vực Trường Sa) so với độ lớn thực của chúng.

Quan sát kết quả thu được trên hình 6 cho quần đảo Hoàng Sa có thể nhận thấy một vài đặc điểm sau: Bãi Đá Bắc nằm trên một đới sụt có độ sâu từ 10-15 km. Các đảo: Đảo Cây, đảo Trung, đảo Bắc, đảo Phú Lâm nằm trên một địa hào có độ sâu 10-20 km và các đảo: Đảo Linh Côn, bãi Quang Nghĩa, đá Chim Yến cũng nằm trên một địa hào có độ sâu từ 10-15 km. Các đảo như: Đảo Bạch Qui, cồn Đá Lồi, đảo Quang Ảnh, đảo Hoàng Sa nằm trên sườn một đứt gãy có độ sâu từ 15-20 km (đây là cũng chính là biên của khối cấu trúc 9.2, nằm trên khối cấu trúc 9 lớn hơn). Nhìn chung, độ sâu của các ranh giới địa chất (có thể là các đứt gãy, địa hào, đới sụt,...) trên khu vực các đảo thuộc quần đảo Hoàng Sa có độ sâu đạt cực đại 20 km.

Trên quần đảo Trường Sa (hình 7): Các đảo phần lớn nằm trên các đới sụt, địa hào ở độ sâu hơn trên quần đảo Hoàng Sa, cụ thể: Đá Đông, đá Tây, bãi Châu Viên nằm trên dải sụt có độ sâu từ 10–15 km. Đảo An Bang, bãi Thuyền Chài, bãi Phúc Nguyên, Huyền Chân, bãi Tóc Tan, đảo Phan Vinh, đảo Sinh Tồn, đá Ba Đầu nằm trên các đới sụt có độ sâu trên 20 km. Đảo Ba Bình, đá Cá Nhám nằm trên đới có độ sâu từ 15–20 km. Đặc biệt, các đảo: Đinh Ba, Song Tử Tây, Song Tử Đông được quan sát thấy nằm trên vùng bị cà nát ở độ sâu nhỏ 8–15 km và phía bắc các đảo này là một đứt gãy lớn có độ sâu trên 20 km. Nhìn chung, các đảo trên quần đảo Trường Sa nằm trên các ranh giới địa chất (có thể là các đứt gãy, địa hào, đới sụt,...) có độ sâu đạt trên 20 km.

Bàn luận:

Điểm chung: Hệ thống các đảo trên cả hai quần đảo Hoàng Sa và Trường Sa đều nằm trên các đới sụt, địa hào hay rìa của đứt gãy (không có đảo nào được quan sát thấy nằm trên đới nâng). Các đảo đứng đơn lẻ, từng đôi một, hoặc vài ba đảo nằm trên một đới cấu trúc rất riêng rẽ và rõ nét.

Điểm riêng: Các ranh giới cấu trúc địa chất (các đới sụt, đới nâng, địa hào, hay đứt gãy,...) trên quần đảo Trường Sa tồn tại ở độ sâu trên 20 km, trong khi đó trên quần đảo Hoàng Sa chỉ đạt cực đại 20 km.

KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết quả thu được chúng tôi có một số kết luận như sau:

Khối cấu trúc Hoàng Sa: Có hình dạng khá rõ nét, là một khối cấu trúc lớn, có dạng cấu trúc âm (có mật độ nhỏ hơn $2,67 \text{ (g/cm}^3\text{)})$ và không bị chia cắt. Hệ thống các đảo trên quần đảo Hoàng Sa cùng nằm tập chung trên nền của một khối, gần như trọn vẹn trong khung tọa độ: Kinh độ: $111,2^\circ\text{E}$ – $113,2^\circ\text{E}$; vĩ độ: $15,75^\circ\text{N}$ – $17,25^\circ\text{N}$.

Khối cấu trúc Trường Sa: Có hình dạng kém rõ nét bởi nó bị phân mảnh, tồn tại ở dạng các khối nhỏ hơn. Cụ thể nó nằm trên ba khối cấu trúc chính: Dãy đảo chạy theo hướng bắc nam bao gồm từ đảo Đinh Ba, Song Tử Đông, Song Tử Tây, đảo Thị Tứ, đảo Ba Bình, đá Cá nhám, đảo Loại Ta, đảo Sơn Ca, đảo Nam Yết, Trường Sa Lớn, đảo Sinh Tồn, đá Ba Bàu, đảo

Bình Nguyên cùng nằm trên một khối, có cấu trúc âm. Dãy đảo và bãi chạy theo hướng tây nam - đông bắc bao gồm: Đá Lát, đảo Trường Sa, đá Tây, đá Đông, bãi Châu Viên nằm trên một khối và còn lại đảo Phan Vinh, Bãi Tóc Tan, đá Núi Le, đá Kỳ Vân, bãi Thám Hiêm và bãi Kiêu Ngựa nằm trên một khối. Ba khối cấu trúc này đều là cấu trúc âm.

Về các ranh giới cấu trúc địa chất: Vị trí và độ sâu tồn tại ước tính của các ranh giới (các đới sụt, đới nâng, địa hào, các đứt gãy,...) trên khu vực quần đảo Hoàng Sa chỉ đạt cực đại 20 km. Trong khi đó, trên quần đảo Trường Sa có độ sâu tồn tại lớn hơn, có thể trên 20 km.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả chân thành cảm ơn các đề tài mã số: ĐLTE00.09/18–19; QTRU02.01/19–20; KHCBTĐ.02/18–20; VT-UD.03/17–20; VT-UD.04/17–20; VAST 06.01/18–19 đã hỗ trợ điều kiện cần thiết để hoàn thiện bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng, 2008. Nghiên cứu đặc điểm cấu trúc sâu và địa động lực vùng biển Việt Nam và kế cận. *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, 30(4), 481–490.
- [2] Bùi Công Quế, Trần Tuấn Dũng, Nguyễn Hồng Phương, 2016. *Nghiên cứu đặc điểm các trường địa vật lý và cấu trúc sâu vùng biển Việt Nam*. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- [3] Mai Thanh Tân, 2003. Chương trình điều tra nghiên cứu biển cấp nhà nước KH-CN-06 (1996–2000), Biển Đông III, Địa chất - Địa vật lý. Nxb. Đại học quốc gia Hà Nội.
- [4] Cao Đình Triều, Phạm Huy Long, 2002. Kiến tạo đứt gãy Việt Nam. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5] Phan Trọng Trịnh, 2012. Kiến tạo trẻ và địa động lực hiện đại vùng biển Việt Nam và kế cận. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
- [6] Nguyễn Hiệp, 2005. Địa chất và tài nguyên dầu khí Việt Nam. *Tổng công ty dầu khí Việt Nam, Hà Nội*.
- [7] Nguyễn Thu Huyền, Trịnh Xuân Cường và nnk., 2016. Cập nhật bản đồ cấu trúc

- nóc móng trước Đệ tam trên cơ sở minh giải tài liệu địa chấn 2D-PVN12. *Tạp chí Dầu khí*, (11), 16–20.
- [8] Tran Tuan Dung, 2012. Pre-Cenozoic basement structure in the Truong Sa archipelago and sea deep basins. *Tạp chí Dầu khí*, (10), 17–23.
- [9] Dung, T. T., Que, B. C., and Phuong, N. H., 2013. Cenozoic basement structure of the South China Sea and adjacent areas by modeling and interpreting gravity data. *Russian journal of pacific geology*, 7(4), 227–236.
- [10] Hoàng Đình Tiến, Hoàng Thi Xuân Hương, 2012. Bể Nam Côn Sơn dưới góc độ địa động lực. *Tạp chí Dầu khí*, (8), 15–23.
- [11] Hoàng Văn Vượng, 2009. Nghiên cứu cấu trúc sâu và bề dày tầng trầm tích khu vực trung sâu Biển Đông và kế cận theo tài liệu trọng lực. *Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý Biển*, Tập X. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. Tr. 63–70.
- [12] Nguyễn Như Trung, Nguyễn Thị Thu Hương, 2011. Cấu trúc vỏ Trái đất khu vực Biển Đông Việt Nam. *Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học và công nghệ biển toàn quốc lần thứ V, Quyển 3, Địa lý, địa chất và địa vật lý biển*. *Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội*. Tr. 43–58.
- [13] Nguyen, N. T., and Nguyen, T. T. H., 2013. Topography of the crust-mantle boundary beneath the east sea from 3D gravity inversed interpretation. *Acta Geophysica*, 61, 357–384.
- [14] Lê Huy Minh, Lưu Việt Hùng, Cao Đình Triều, 2002. Sử dụng trường véctơ gradient ngang cực đại trong việc minh giải tài liệu từ và trọng lực ở Việt nam. *Tạp chí Các Khoa học về Trái đất*, 24(1), 67–80.
- [15] Võ Thanh Sơn, Lê Huy Minh, Lưu Việt Hùng, 2005. Xác định vị trí theo phương ngang và chiều sâu đến mặt trên của các ranh giới mật độ vùng châu thổ sông Hồng bằng các phương pháp đạo hàm thẳng đứng và giải chập Euler đối với tài liệu dị thường trọng lực. *Tạp chí Địa chất*, A(287), 39–52.
- [16] Võ Thanh Sơn, Lê Huy Minh và nnk., 2007. Xác định vị trí và độ sâu của các ranh giới tương phản từ tính bằng phương pháp tín hiệu giải tích 3D sử dụng đạo hàm bậc cao. *Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học kỹ thuật địa vật lý Việt Nam lần thứ 5*. *Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội*. Tr. 136–147.
- [17] Blakely, R. J., and Simpson, R. W., 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. *Geophysics*, 51(7), 1494–1498.
- [18] Beiki, M., 2010. Analytic signals of gravity gradient tensor and their application to estimate source location. *Geophysics*, 75(6), I59–I74.
- [19] Reynolds, J. M., 2011. An introduction to applied and environmental geophysics. *John Wiley & Sons*.
- [20] Pedersen, L. B., and Rasmussen, T. M., 1990. The gradient tensor of potential field anomalies: Some implications on data collection and data processing of maps. *Geophysics*, 55(12), 1558–1566. doi: 10.1190/1.1442807.
- [21] Zhang, C., Mushayandebvu, M. F., Reid, A. B., Fairhead, J. D., and Odegard, M. E., 2000. Euler deconvolution of gravity tensor gradient data. *Geophysics*, 65(2), 512–520.
- [22] Zhou, W., Du, X., and Li, J., 2013. The limitation of curvature gravity gradient tensor for edge detection and a method for overcoming it. *Journal of Applied Geophysics*, 98, 237–242.
- [23] Oruç, B., Sertçelik, I., Kafadar, Ö., and Selim, H. H., 2013. Structural interpretation of the Erzurum Basin, eastern Turkey, using curvature gravity gradient tensor and gravity inversion of basement relief. *Journal of Applied Geophysics*, 88, 105–113.
- [24] Nguyễn Kim Dũng, 2016. Nghiên cứu áp dụng phương pháp mới phân vùng cấu trúc chính móng trước Kainozoi khu vực vịnh Bắc bộ và lân cận. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, 16(4), 356–363.

- [25] Dung, N. K., Thanh, D. D., 2016. Using the analytic signal method of gravity gradient tensor (GGT) to determine the location and depth of the faults in the Pre-Cenozoic basement rocks of the Red River trough. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 38(2), 143–152.
- [26] Nguyễn Kim Dũng, Đỗ Đức Thanh, Hoàng Văn Vượng, 2016. Nghiên cứu áp dụng tổ hợp các phương pháp phân tích, xử lý hiện đại xác định cấu trúc móng trước Kainozoi theo tài liệu trọng lực. *Tạp chí Địa chất*, A(361–362), 103–113
- [27] http://topex.ucsd.edu/cgi-bin/get_data.cgi.