

NGHIÊN CỨU ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP MỚI PHÂN VÙNG CÁC CẤU TRÚC CHÍNH MÓNG TRƯỚC KAINOZOI KHU VỰC VỊNH BẮC BỘ VÀ LÂN CẬN

Nguyễn Kim Dũng

Viện Địa chất và Địa vật lý biển-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
E-mail: kimdunggeo@yahoo.com

Ngày nhận bài: 4-1-2016

TÓM TẮT: Trong bài báo này, tác giả nghiên cứu áp dụng phương pháp đường cong tensor gradient trọng lực CGGT (the curvature gravity gradient tensor) của Oruç, B., và nnk., (2013) kết hợp với phương pháp biến đổi trường để phân tích các phân vùng cấu trúc chính trong móng trước Kainozoi trên khu vực vịnh Bắc Bộ và lân cận. Phương pháp được tính toán thử nghiệm trên mô hình số sau đó vận dụng vào số liệu thực tế trên khu vực nghiên cứu. Phương pháp được áp dụng ở đây cho kết quả định tính nhanh và tương đối chính xác. Đường đồng mức 0 của giá trị riêng lớn λ_1 (giá trị riêng của ma trận gồm 4 phần tử là các thành phần gradient ngang của tensor) đã phân chia được biên của nguồn có mật độ dư dương, đường đồng mức 0 của giá trị riêng nhỏ λ_2 đã phân chia được biên của nguồn có mật độ dư âm. Quỹ tích các đường đồng mức 0 của tích số hai giá trị riêng $\det(\Gamma) = \lambda_1 \lambda_2$ tại nhiều mức nâng trường đã phân chia được hình thái biên của các khối cấu trúc chính nằm ở các độ sâu khác nhau. Đặc biệt các giá trị dương thể hiện các khối nâng như thềm Thanh Nghệ, thềm Hạ Long, ... các giá trị âm thể hiện các trũng, địa hào như trũng Đông Quan, địa hào Quảng Ngãi, ... Kết quả đạt được cho thấy có nhiều sự trùng hợp so với một số kết quả nghiên cứu đã công bố.

Từ khóa: Xác định biên vật thể, phương pháp mới, CGGT, khối cấu trúc, móng trước Kainozoi.

MỞ ĐẦU

Hiện nay, có nhiều phương pháp, thuật toán mà chúng ta có thể vận dụng vào để xác định biên của vật thể và nghiên cứu hình thái cấu trúc địa chất bằng tài liệu trọng lực như: Phương pháp gradient ngang Cordell, (1979) [1], gradient ngang cực đại của Blakely, R. J., Simpson, R. W., (1986) [2] và Cordell, L., Grauch, V. J. S., (1985) [3], phương pháp gradient chuẩn hóa toàn phần (NFG) của Berezkin, W. M., (1967) [4], Cianciara, B., (1977) xác định vị trí không gian của các ranh giới địa chất, phương pháp đạo hàm thẳng đứng bậc hai (SVD), phân tích và xử lý số liệu GGT (gravity gradient tensor) của Pedersen, L. B., và

Rasmussen, T. M., (1990) [5], Beiki, M., (2010) [6], phân tích vector riêng của tensor trọng lực của Beiki, M., và Pedersen, L. B., (2010) [7], phương pháp đường cong tensor trọng lực Oruç, B., Sertçelik, I., (2013) [8]. Tập thể tác giả trong nước cũng đã nghiên cứu và áp dụng nhiều phương pháp khác nhau, và mỗi phương pháp đều cho thấy được hiệu quả của nó: Hoàng Văn Vượng [9] sử dụng phương pháp gradient chuẩn hóa toàn phần, Trần Tuấn Dũng [10] sử dụng phương pháp gradient ngang và gradient ngang cực đại, Võ Thanh Sơn [11] sử dụng phương pháp đạo hàm thẳng đứng bậc cao ... Phương pháp đường cong tensor gradient trọng lực (CGGT) của Oruç, B., và nnk., (2013) là phương pháp dựa trên đặc

điểm đường cong giá trị riêng của ma trận 4 thành phần ngang của tensor gradient trọng lực để chỉ ra các đặc trưng cấu trúc địa chất bên dưới và phác họa biên của các đối tượng địa chất. Trên cơ sở lý thuyết của phương pháp CGGT kết hợp với phương pháp biên đối trường, tác giả tiến hành lập chương trình tính, mô hình hóa và thử nghiệm trên số liệu thực để phân vùng cấu trúc chính móng trước Kainozoi trên khu vực vịnh Bắc Bộ và lân cận.

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP ĐƯỜNG CONG TENSOR TRỌNG LỰC

Tensor gradient trọng lực (GGT) là tensor hạng hai chứa đạo hàm bậc hai trong miền không gian của thế hấp dẫn của Trái đất theo các hướng x, y và z trong hệ tọa độ Cartesian. nó có thể được viết dưới dạng:

$$\Gamma = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial x} & \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} & \frac{\partial^2 U}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial x} & \frac{\partial^2 U}{\partial z \partial y} & \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{xx} & g_{xy} & g_{xz} \\ g_{yx} & g_{yy} & g_{yz} \\ g_{zx} & g_{zy} & g_{zz} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó: U là thế hấp dẫn. Ngoài nguồn U thỏa mãn phương trình Laplace $\nabla^2 U(r) = 0$.

Oruç, B., và nnk., (2013) (xét các thành phần gradient ngang của tensor) đã giới thiệu đường cong ma trận gradient của trường trọng lực được mô tả:

$$\Gamma = CGGT = \begin{pmatrix} g_{xx} & g_{yy} \\ g_{yx} & g_{yy} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Từ phương trình (2), do tensor CGGT có tính đối xứng nên những thành phần đối xứng với nhau qua đường chéo chính là bằng nhau:

$$\frac{\partial g_x}{\partial y} = \frac{\partial g_y}{\partial x} \quad (3)$$

$$\Gamma x = \Lambda x \quad (4)$$

Giải Λ từ phương trình (4) là giá trị riêng của Γ . Các cột của x là vectơ riêng của Γ và giá trị riêng được sắp xếp:

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Nó rõ ràng là dạng đường chéo của tensor Γ dạng đơn giản. Vectơ x nhân với mỗi giá trị riêng là vectơ riêng Γ . Phương trình (4) được viết lại như:

$$(\Gamma - \Lambda)x = 0 \quad (6)$$

Bỏ qua vectơ không ($x = 0$). Phương trình (6) có nghĩa là ma trận $\Gamma - \Lambda I$ là đơn và yếu tố quyết định của nó là không. Từ định thức $\Gamma - \Lambda I$ nó có thể được xây dựng lại phương trình điều hòa đặc trưng cho tensor Γ :

$$\det(\Gamma - \Lambda I) = \begin{vmatrix} \frac{\partial g_x}{\partial x} - \lambda & \frac{\partial g_x}{\partial y} \\ \frac{\partial g_y}{\partial x} & \frac{\partial g_y}{\partial y} - \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (7)$$

Giải phương trình đặc trưng này ta được giá trị riêng của Γ :

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left(g_{xx} + g_{yy} + \sqrt{(g_{xx} - g_{yy})^2 + 4g_{xy}^2} \right) \quad (8)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} \left(g_{xx} + g_{yy} - \sqrt{(g_{xx} - g_{yy})^2 + 4g_{xy}^2} \right) \quad (9)$$

$$\det(\Gamma) = \lambda_1 \lambda_2 \quad (10)$$

Tại các vị trí $\det(\Gamma) = 0$ là biên của vật thể, hay nói cách khác đường đồng mức $\det(\Gamma) = 0$ phác họa biên của nguồn, là các ranh giới cấu trúc địa chất.

Theo Zhou, W., và nnk., (2013) [12]: Thì λ_1 là giá trị riêng lớn và đường đồng mức $\lambda_1 = 0$ phác họa biên của nguồn khi nguồn có

mật độ dư là dương. λ_2 là giá trị riêng nhỏ và đường đồng mức $\lambda_2 = 0$ phác họa biên của nguồn khi nguồn có mật độ dư là âm. Do đó

xuất phát từ giá trị riêng lớn Zhou, W., và nnk., (2013) đã đưa ra công thức:

$$IE = \frac{1}{2} \left(g_{xx} * g + g_{yy} * g + \sqrt{(g_{xx} * g - g_{yy} * g)^2 + 4(g_{xy} * g)^2} \right) \quad (11)$$

Trong đó: g là dị thường trọng lực, và 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 $\det(\Gamma)$.

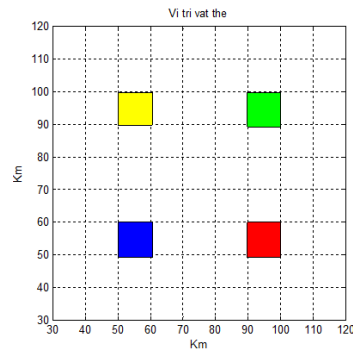
MÔ HÌNH HÓA

Trên cơ sở lý thuyết trình bày ở trên, để kiểm tra tính đúng đắn của thuật toán này, tác giả tiến hành xây dựng chương trình máy tính xác định giá trị các hàm $\lambda_1, \lambda_2, \det \Gamma, IE$ từ giá

trị trường dị thường trọng lực quan sát, chương trình máy tính được xây dựng trên ngôn ngữ lập trình Matlab. Chương trình được thử nghiệm trên mô hình số trước khi áp dụng với số liệu thực tế. Mô hình thử nghiệm gồm 4 đối tượng có độ sâu và mật độ khác nhau, có kích thước 150×150 km. Khoảng cách giữa các điểm quan sát theo cả 2 chiều x và y là $dx = dy = 1$ km. Các tham số và vị trí được chỉ ra trong bảng và hình vẽ bên dưới.

Các tham số mô hình:

	X1/X2	Y1/Y2	Z1/Z2	Mật độ
Vật 1	50/60	50/60	1/5	-0,4
Vật 2	90/100	50/60	6/10	0,4
Vật 3	90/100	90/100	1/5	-0,5
Vật 4	50/60	90/100	6/10	0,5

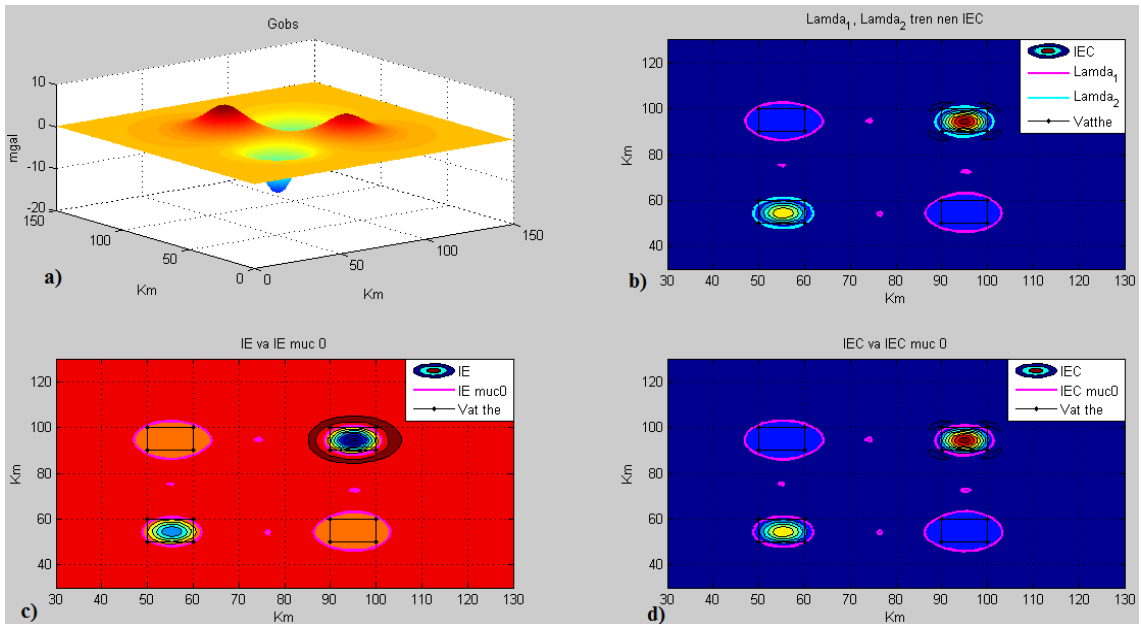


Kết quả tính toán:

Trên cơ sở các tham số mô hình trên, tác giả tiến hành tính toán trường do các vật này gây ra. Trường quan sát thu được, được tác giả sử dụng để tính toán giá trị của các hàm $\lambda_1, \lambda_2, \det \Gamma, IE$ theo công thức (8, 9, 10 và 11) tương ứng (hàm $\det \Gamma$ ký hiệu là IEC trong hình vẽ).

Như đã trình bày trong phần lý thuyết, thì đường đồng mức 0 của hàm $\det \Gamma, IE$ sẽ phác họa biên của vật thể không phân biệt vật thể có mật độ dư là âm hay dương. Đối với biên của vật thể có mật độ dư dương có thể được xác định riêng bằng đường đồng mức 0 của hàm

λ_1 (Lamda_1), biên của vật thể có mật độ dư âm được xác định riêng bằng đường đồng mức 0 của hàm λ_2 (Lamda_2). Toàn bộ kết quả tính toán được thể hiện trên hình 1 bao gồm: Trường quan sát (hình 1a), đường đồng mức 0 của giá trị riêng lớn Lamda_1 và đường đồng mức 0 của giá trị riêng nhỏ Lamda_2 trên nền giá trị hàm $\det \Gamma$ (hình 1b), giá trị hàm IE và đường đồng mức 0 của hàm IE (hình 1c), giá trị hàm $\det \Gamma$ và đường đồng mức 0 của hàm $\det \Gamma$ (hình 1d). Để so sánh vị trí biên được xác bằng đường đồng mức 0 của từng hàm, trên mỗi hình chúng tôi cũng biểu diễn vị trí của vật thể mô hình bằng đường màu đen.



Hình 1. Kết quả mô hình

Nhận xét:

Trên cơ sở kết quả thu được từ việc xây dựng chương trình và thử nghiệm mô hình tính toán, tác giả có một số nhận xét sau:

Kết quả cho thấy các đường đồng mức 0 của các hàm $\det(\Gamma)$ và IE đều phức tạp biên của các vật thể rất tốt. Đặc biệt đường đồng mức 0 của hàm $Lamda_1$ đã tách được vị trí biên của vật có mật độ dư dương và đường đồng mức 0 của hàm $Lamda_2$ đã tách được vị trí biên của vật thể có mật độ dư âm.

Các kết quả thu được này không chỉ cho thấy được hiệu quả của phương pháp mà còn khẳng định được chương trình xây dựng là đúng đắn và mang lại kết quả tính toán nhanh, có độ chính xác khá cao.

ÁP DỤNG CHO SỐ LIỆU THỰC TẾ

Trên cơ sở chương trình máy tính đã được kiểm nghiệm trên mô hình số, bước đầu tiến hành áp dụng trên số liệu thực tế khu vực vịnh Bắc Bộ và lân cận. Nguồn số liệu được sử dụng ở đây là dữ liệu trọng lực trọng lực Bouguer với tỷ lệ từ 1:200.000 đến 1:1.000.000 được lưu trữ tại Viện Địa chất và Địa vật lý biển. Các mặt cắt địa chấn, sơ đồ đứt gãy, cấu trúc móng,

... được tham khảo từ các đề tài: KC.09.18/06-10, KC.09.20/06-10 [13], KC.09.25/06-10.

Để xác định sự phát triển các khối cấu trúc từ nông đến sâu, nói cách khác là sự thay đổi về hình thái cấu trúc móng trước Kainozoi theo chiều sâu, phép nâng trường được thực hiện ở các mức $h = [10, 20, 30, 40, 50, 60]$ km. Tại mỗi mức h , giá trị $\lambda_1, \lambda_2, \det \Gamma$ được xác định theo công thức (8, 9, 10) ở trên. Trên hình 2b biểu diễn các đường đồng mức 0 của hàm $\det \Gamma$ tại các mức nâng trường khác nhau, 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 phức tạp được sơ bộ hình thái cấu trúc qui mô nhỏ (mức 10, đường màu xanh) đến hình thái cấu trúc lớn và ổn định hơn (mức 60, đường màu đỏ) khá rõ nét. Nếu biểu diễn riêng các giá trị dương và giá trị âm của hàm $\det(\Gamma)$ thấy rằng, giá trị dương của hàm $\det(\Gamma)$ phản ánh các đới nâng, giá trị âm phản ánh các đới sụt. Từ kết quả thu được trên hình 2b, với các đới sụt (đánh số màu đỏ), và các đới nâng (đánh số màu đen), có thể phân vùng một cách định tính cấu trúc móng trước Kainozoi, cụ thể như sau:

Đới phân dị Tây Bắc Sông Lô (11), thềm Thanh Nghệ (12).

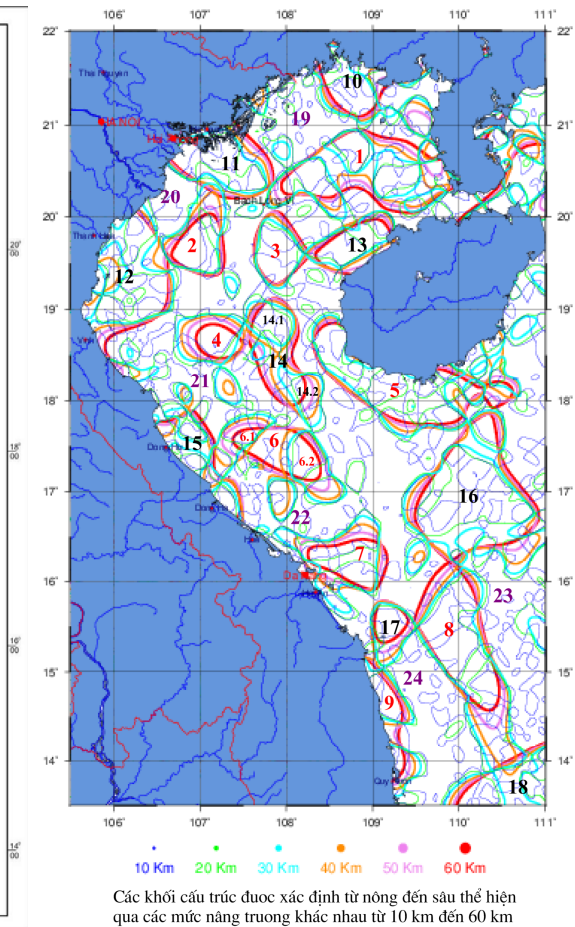
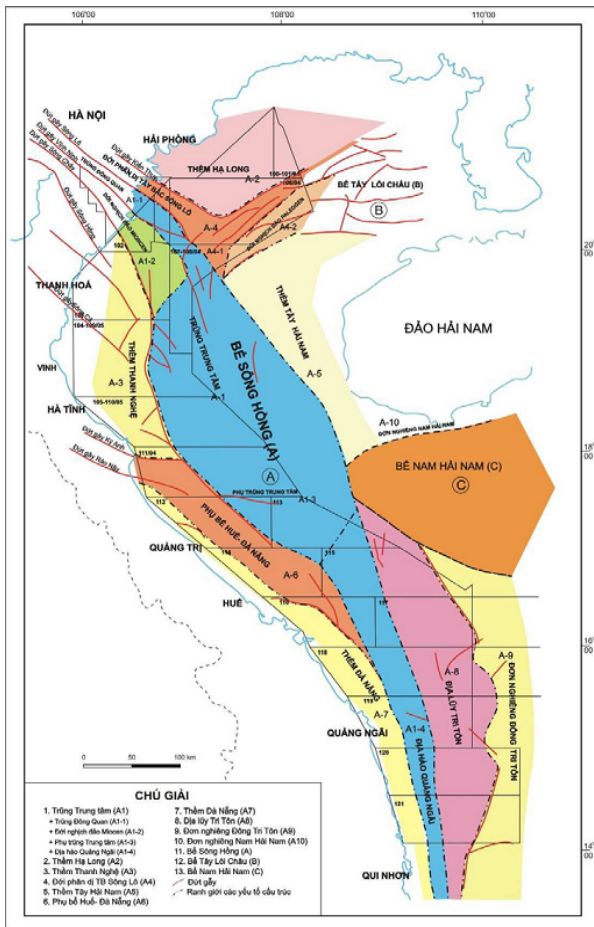
Bể Tây Lôi Châu (1), Đới nghịch đảo Bạch Long Vĩ (3), Đới nghịch đảo Miocen (2), Phụ trũng Trung tâm (6), thềm Đà Nẵng (7), Địa Lũy Tri Tôn (8).

Đơn nghiêng Đông Tri Tôn (23).

Đơn nghiêng Nam Hải Nam (5), Nhóm bệ Hoàng Sa (Bể Nam Hải Nam) (16).

Phụ bệ Huế - Đà Nẵng (15), Địa Hào Lý Sơn (8).

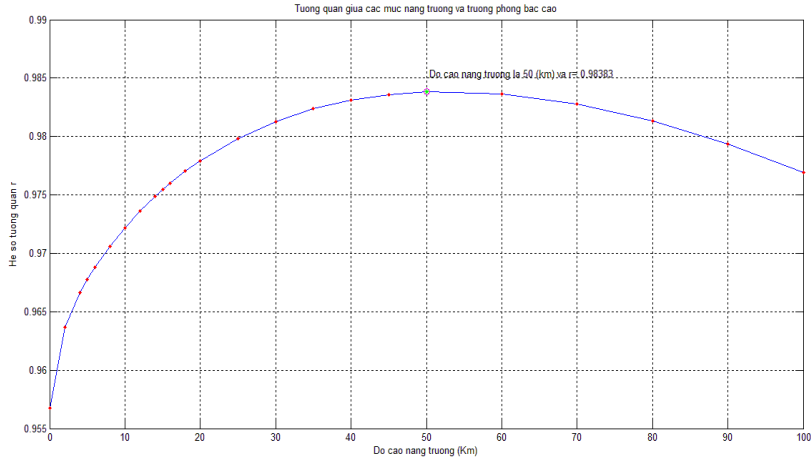
Miền Vông Hà Nội (20) và Thềm Hạ Long (19).



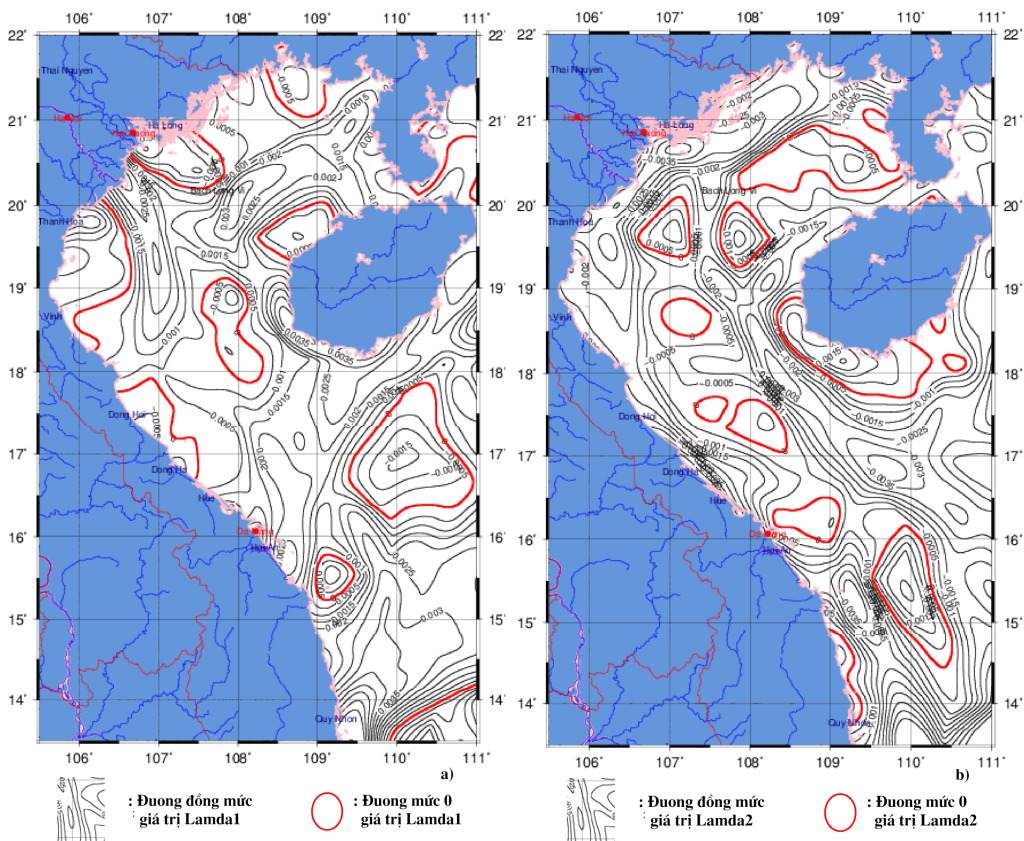
Hình 2. Bản đồ phân vùng cấu trúc bể Sông Hồng [14] và Các khối cấu trúc tại các độ sâu khác nhau được xác định bằng hàm det Γ

Để thấy được bình đồ cấu trúc móng trước Kainozoi một cách rõ nét hơn, tác giả giả định rằng hình thái cấu trúc chính của móng trước Kainozoi có hình dáng của một đa thức bậc cao. Do vậy, ở đây đã tính toán thử nghiệm xấp xỉ trường quan sát bằng một đa thức bậc 7. Sau đó, trường đa thức xấp xỉ này được tính tương quan so với trường trọng lực ở các mức nâng

trường khác nhau từ 0 đến 100 km, mức nâng trường có hệ số tương quan cao nhất được lựa chọn làm kết quả [14]. Hình 3 là đồ thị tương quan giữa các mức nâng trường so với đa thức bậc 7, kết quả đã cho thấy, tại mức nâng trường 50 km có hệ số tương quan cao nhất $R = 0,98383$.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn sự tương quan giữa các mức nâng trường với đa thức bậc 7



Hình 4. Kết quả biểu diễn giá trị hàm Lamda_1 (4a) và Lamda_2 (4b) cùng với đường đồng mức 0 (đường màu đỏ)

Như vậy, bằng cách xấp xỉ và tính tương quan này, nghiên cứu thấy rằng với mức nâng trường 50 km thể hiện cấu trúc chính của móng trước Kainozoi tốt hơn cả. Hình 4a, 4b là kết

quả giá trị hàm Lamda_1 và Lamda_2 cùng với đường đồng mức 0 (đường màu đỏ) của nó tại mức nâng trường 50 km. Từ kết quả này, một lần nữa thấy rõ là đường đồng mức 0 của hàm

Lambda_1 đã phác họa được biên của các đới nâng, còn đường đồng mức 0 của hàm Lambda_2 phác họa biên của các đới sụt. Hay nói một cách khác, sự nâng hạ cấu trúc móng phản ánh qua sự đảo pha của đường cong hàm $\det(\Gamma)$, tại điểm có giá trị bằng 0 là nơi đảo chiều của cấu trúc móng, ở đây có thể xuất hiện đứt gãy.

KẾT LUẬN

Từ các kết quả đã trình bày ở trên, có thể đưa ra một số kết luận như sau:

Phương pháp CGGT là một phương pháp mới trong việc xác định vị trí biên của nguồn. Thuật toán không quá phức tạp nhưng mang lại kết quả định tính nhanh và khá chính xác khi phác họa biên của nguồn.

Phương pháp CGGT kết hợp với phương pháp chuyên trường lên nửa không gian bên trên cho phép xác định được các khối cấu trúc địa chất, hình thái cấu trúc theo chiều sâu.

Giá trị riêng lớn và giá trị riêng nhỏ (giá trị riêng của ma trận gồm 4 phần tử là các thành phần gradient ngang của tensor) có thể giúp khoanh vùng được khu vực mật độ dư âm và mật độ dư dương. Đây có thể là cơ sở để nghiên cứu khoanh vùng cấu trúc có tiềm năng dầu khí, khoáng sản rắn.

Sự đảo pha của hàm $\det(\Gamma) = \lambda_1 \lambda_2$ thể hiện sự thăng giáng về cấu trúc: Giá trị dương thể hiện các khối nâng, giá trị âm thể hiện khối sụt khá rõ nét. Kết quả cho thấy, trong móng trước Kainozoi, hình thái thềm Đà Nẵng là một cấu trúc lõm, nó ngược với hình thái của thềm Thanh Nghệ và có hình thái giống như hình thái của bể Tây Lôi Châu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cordell, L., 1979. Gravimetric expression of graben faulting in Santa Fe country and the Espanola basin, New Mexico. In New Mexico Geol. Soc. Guidebook, 30th Field Conf. Pp. 59-64.
2. Blakely, R. J., and Simpson, R. W., 1986. Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies. Geophysics, **51**(7): 1494-1498.
3. Cordell, L., and Grauch, V. J. S., 1985. Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the. The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps, 181.
4. Berezkin, W. M., 1967. Application of the full vertical gravity gradient to determination to sources causing gravity anomalies. Expl. Geophys, **18**, 69-76.
5. 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.
6. Beiki, M., 2010. Analytic signals of gravity gradient tensor and their application to estimate source location. Geophysics, **75**(6): I59-I74.
7. Beiki, M., and Pedersen, L. B., 2010. Eigenvector analysis of gravity gradient tensor to locate geologic bodies. Geophysics, **75**(6): I37-I49.
8. 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.
9. Hoàng Văn Vương, 2005. Biểu hiện của các ranh giới mật độ theo tín hiệu cực trị GH. Các công trình nghiên cứu địa chất và địa vật lý biển, Tập VI. Nxb. Khoa học tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội. Tr. 59-63.
10. 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.
11. 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, loạt A, số 287. Tr. 39-52.

12. 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.
13. Xu, Y., Hao, T., Li, Z., Duan, Q., and Zhang, L., 2009. Regional gravity anomaly separation using wavelet transform and spectrum analysis. *Journal of Geophysics and Engineering*, **6**(3): 279-287.
14. Trần Nghi. Báo cáo tổng hợp kết quả khoa học công nghệ đề tài: Nghiên cứu địa tầng phân tập (sequence stratigraphy) các bề trầm tích Sông Hồng, Cửu Long, Nam Côn Sơn nhằm đánh giá tiềm năng khoáng sản. Chương trình KHCN cấp nhà nước KC.09-20/06-10.

APPLICATION OF THE NEW METHOD TO DETERMINE THE MAIN STRUCTURE OF THE PRE-CENOZOIC BASEMENT IN THE GULF OF TONKIN AND ADJACENT AREA

Nguyen Kim Dung

Institute of Marine Geology and Geophysics-VAST

ABSTRACT: *In this paper, the author applies the method of Oruç, B., et al., (2013), which uses the curvature gravity gradient tensor, in combination with the field transform method to outline the main structural partitions of the Pre-Cenozoic basement rock in the Gulf of Tonkin and adjacent area. The method was tested on the digital model and applied to factual data. The applied method gave the qualitative results quickly and fairly accurately. The contour 0 of big eigenvalue λ_1 delineated the spatial location of the edges of the anomalous sources with positive residual density, the contour 0 of small eigenvalue λ_2 delineated the spatial location of the edges of the anomalous sources with negative residual density. The locus of the contours 0 of the product of the eigenvalues $\det(\Gamma) = \lambda_1 \lambda_2$ at the upward continuation levels of the potential field expressed fluctuations on the main structure at the different depths. The positive values represented the anticline, for example Thanh Nghe anticline, Ha Long anticline ... The negative values expressed the syncline quite clearly, for example Dong Quan syncline, Quang Ngai syncline ... The qualitative results are relatively consistent with some research results which have been previously published.*

Keywords: *Determination of the edges of object, the new method, CGGT, the block structural, the Pre-Cenozoic basement rock.*