

NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH BIÊN NGANG TRONG PHÂN TÍCH SỐ LIỆU TỪ HÀNG KHÔNG VÙNG PHAN RANG

TESTING SOME EDGE DETECTION METHODS IN INTERPRETING AEROMAGNETIC DATA OF THE PHAN RANG AREA

Nguyễn Việt Đạt^{1,*}, Võ Thanh Quỳnh¹,
Trần Văn Bấy², Ngô Thị Tố Như¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.103>

TÓM TẮT

Xác định ranh giới ngang của các cấu trúc địa chất là một nhiệm vụ quan trọng trong phân tích tài liệu từ. Nhiều phương pháp khác nhau đã được đề xuất để xác định các ranh giới địa chất. Các phương pháp này thường được xây dựng dựa trên các đạo hàm của dị thường từ. Trong nghiên cứu này, chúng tôi so sánh hiệu quả của một số phương pháp như gradient ngang toàn phần, biên độ tín hiệu phân tích, góc nghiêng ngang và biên độ gradient ngang toàn phần được tăng cường. Khả năng áp dụng các phương pháp được đánh giá trên mô hình từ giả định và dị thường từ hàng không khu vực Phan Rang. Kết quả thu được chỉ ra rằng sử dụng biên độ gradient ngang toàn phần được tăng cường có thể hiển thị các ranh giới rõ ràng và chính xác hơn so với các phương pháp khác. Ngoài ra, các kết quả thu được cũng cung cấp những hiểu biết tốt hơn về các đặc điểm cấu trúc vùi lấp của khu vực Phan Rang.

Từ khóa: Phân tích số liệu từ, ranh giới ngang, biên ngang, dị thường từ, Phan Rang.

ABSTRACT

Determining the horizontal boundaries of geological structures is an important task in magnetic data interpretation. Various methods for detecting the geological boundaries have been proposed. These methods are generally constructed based on derivatives of the magnetic anomaly. This study presents a comparative study of the effectiveness of several methods such as the total horizontal gradient, analytic signal amplitude, horizontal tilt angle, and enhanced horizontal gradient amplitude. The applicability of each method was tested on synthetic magnetic data and real magnetic data collected at Phan Rang area. The result shows that the use of the enhanced horizontal gradient amplitude can display the boundaries more clearly and precisely compared to other methods. In addition, the result also provides a better understanding of the subsurface structural features of the Phan Rang area

Keywords: Magnetic interpretation, horizontal boundary, magnetic anomaly, Phan Rang.

¹Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

*Email: nguyenvietdat@gmail.com

Ngày nhận bài: 25/9/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/12/2022

Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2022

1. GIỚI THIỆU

Phân tích số liệu trường thế nói chung, và số liệu thăm dò từ nói riêng thường khó xác định được trực tiếp biên ngang của nguồn gây dị thường từ bản đồ trường [1-3]. Đã có nhiều phương pháp được giới thiệu để xác định biên của các nguồn trong phân tích số liệu trường thế. Trong đó, các phương pháp sử dụng biên độ đạo hàm của dị thường trường thế đã và đang được sử dụng rộng rãi [4-6]. Tuy nhiên, sử dụng các phương pháp này không thể xác định đồng thời các đối tượng có độ sâu khác nhau [7]. Một nhóm các phương pháp khác được phát triển dựa trên tỷ số của các đạo hàm [8-16]. Mặc dù các phương pháp này có thể cân bằng các dị thường có biên độ khác nhau, nhưng một số phương pháp sinh ra các cấu trúc ảo trong các bản đồ phân tích [17].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đánh giá hiệu quả của bốn phương pháp xác định biên trong phân tích số liệu từ. Các phương pháp đó gồm: gradient ngang toàn phần (THG) [4], biên độ tín hiệu giải tích (AS) [5], góc nghiêng ngang (TDX) [10] và phương pháp gradient ngang toàn phần được tăng cường (EHGA) [12]. Số liệu từ được sử dụng gồm có số liệu tính toán từ mô hình và số liệu dị thường từ hàng không vùng Phan Rang, phía Nam tỉnh Ninh Thuận.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Trong phần này, chúng tôi sẽ trình bày ngắn gọn cơ sở lý thuyết của một số phương pháp xác định biên trong phân tích số liệu trường thế nói chung và tài liệu từ nói riêng.

Phương pháp gradient ngang toàn phần [4] được coi như là một cách tiếp cận đơn giản và hiệu quả nhất. Phương pháp được cho bởi biểu thức:

$$THG = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

Trong đó: $(\partial F / \partial x)$ và $(\partial F / \partial y)$ là các đạo hàm của dị thường trường thế F theo các hướng x, y.

Phương pháp biên độ tín hiệu giải tích cũng là một phương pháp xác định biên được sử dụng phổ biến và được cho bởi phương trình [5]:

$$AS = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial z}\right)^2} \quad (2)$$

Trong đó: $(\partial F / \partial z)$ là đạo hàm thẳng đứng của dị thường trường thế F.

Phương pháp góc nghiêng ngang là một trong những phương pháp hiệu quả trong việc cân bằng các dị thường có biên độ khác nhau. Phương pháp được bởi phương trình [10]:

$$TDX = \text{atan} \frac{\sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}}{\left|\frac{\partial F}{\partial z}\right|} \quad (3)$$

Một phương pháp khác được giới thiệu, gọi là phương pháp gradient ngang toàn phần được tăng cường [12]. Đây là phương pháp dựa trên các đạo hàm riêng của gradient ngang toàn phần và được định nghĩa bởi biểu thức 4. Trong đó: \mathcal{R} là kí hiệu của phần thực, k là tham số lớn hơn hoặc bằng 2 [12].

$$EHGA = \mathcal{R} \left(\text{asin}^{-1} \left(k \left(\frac{THG_z}{\sqrt{THG_x^2 + THG_y^2 + THG_z^2}} - 1 \right) + 1 \right) \right) \quad (4)$$

3. TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH

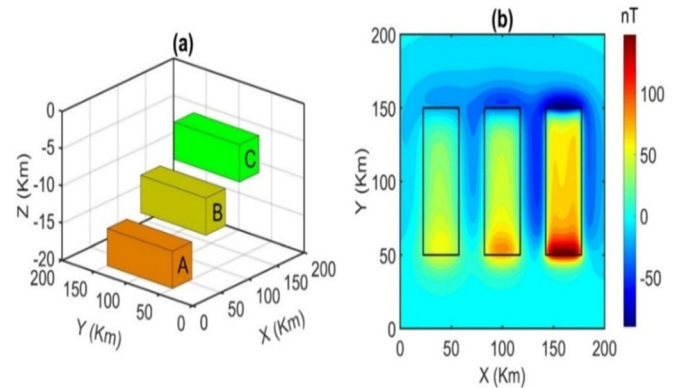
Mỗi phương pháp xác định biên có những ưu, nhược điểm riêng. Để làm rõ các ưu, nhược điểm đó, chúng tôi tiến hành thử nghiệm các phương pháp này trên một mô hình từ. Mô hình gồm ba lăng trụ A, B, C bị từ hóa. Các lăng trụ này được đặt cạnh nhau và ở các độ sâu khác nhau với các thông số cụ thể được trình bày trong bảng 1. Sự thay đổi về độ sâu của các nguồn trong mô hình giúp đánh giá sự phụ thuộc của các phương pháp xác định biên vào độ sâu của các nguồn gây dị thường.

Bảng 1. Thông số hình học, từ hóa của mô hình

Các thông số / ID	A	B	C
Tọa độ tâm theo trục x (km)	40	100	160
Tọa độ tâm theo trục y (km)	100	100	100
Độ rộng (km)	35	35	35
Độ dài (km)	100	100	100
Độ sâu tới đỉnh (km)	15	10	5
Độ sâu tới đáy (km)	20	15	10
Độ từ khuynh (°)	0	0	0
Độ từ thiên (°)	90	90	90
Độ từ hóa (A/m)	1	-1	1

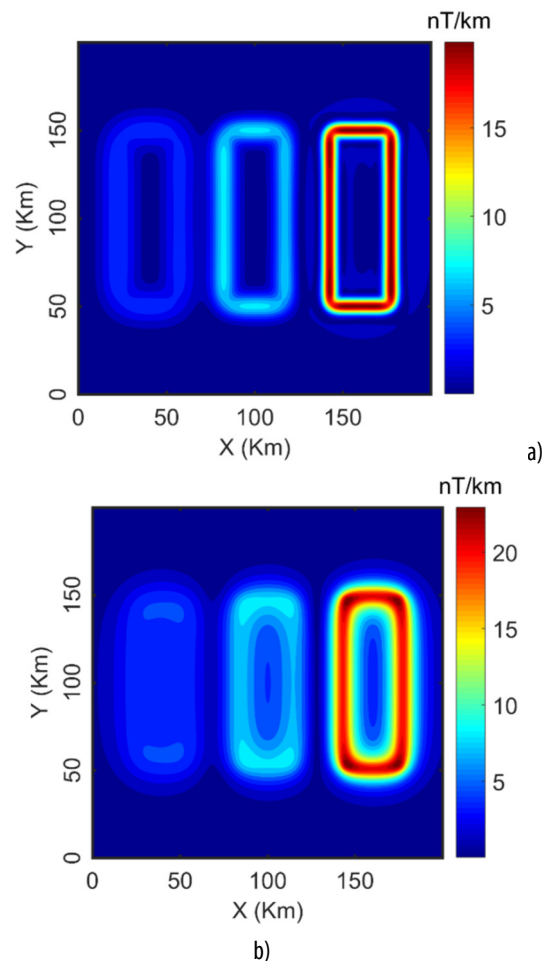
Hình 1a là hình ảnh 3D của mô hình. Sử dụng các thông số trong bảng 1, dị thường từ của mô hình được tính toán với lưới đều 201x201 điểm quan sát với khoảng cách các điểm quan sát là 1km. Kết quả tính dị thường từ theo mô hình được biểu diễn trên hình 1b. Đường biên ngang của đối tượng được biểu diễn lên trên kết quả bằng các đường

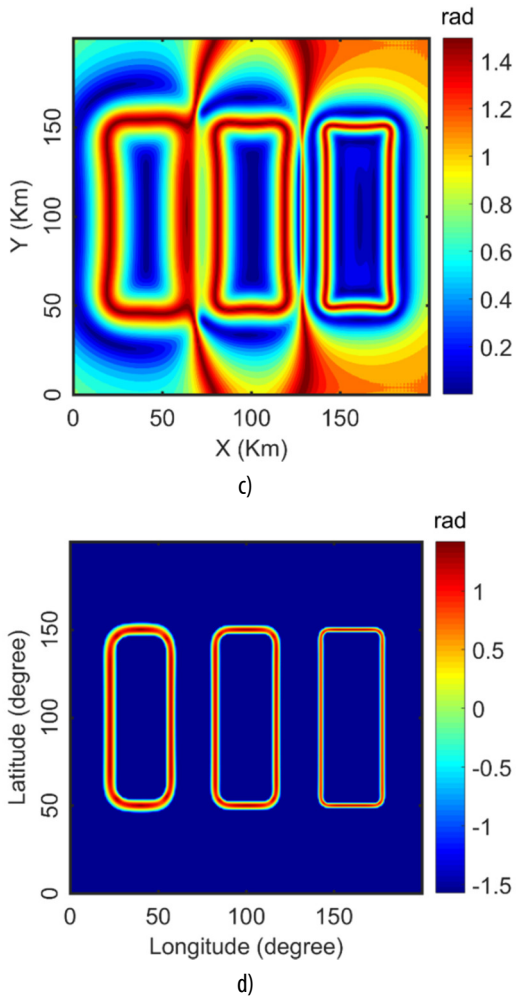
nét liền màu đen. Các phương pháp xác định biên của nguồn được áp dụng với số liệu từ trong hình 1b và kết quả xác định biên được trình bày trong hình 2.



Hình 1. (a) Hình ảnh 3D của mô hình hóa, (b) Kết quả tính dị thường từ gây bởi mô hình

Hình 2a biểu diễn kết quả xác định biên theo phương pháp THG. Mặc dù phương pháp THG rất hiệu quả đối với nguồn nông C nhưng nó tạo ra các tín hiệu mờ nhạt trên biên của hai nguồn sâu hơn A và B. Hình 2b biểu diễn kết quả xác định biên theo phương pháp AS. Tương tự phương pháp THG, các tín hiệu của AS bị chi phối bởi dị thường gây bởi nguồn nông C.





Hình 2. Kết quả xác định biên theo các phương pháp: (a) THG; (b) AS; (c) TDX; (d) EHGA

Đối với hai nguồn sâu A và B, các biên thu được từ phương pháp AS xuất hiện không rõ ràng. Hơn nữa, các biên này bị trượt vào phía trung tâm của các vật thể, làm các vật thể này trông nhỏ hơn so với kích thước thật. Hình 2c biểu diễn các biên thu được từ phương pháp TDX. Có thể thấy rằng phương pháp TDX rất hiệu quả trong việc cân bằng các dị thường gây bởi các nguồn nằm ở những độ sâu khác nhau. Tuy nhiên, phương pháp này sinh ra các biên ảo ở giữa các nguồn. Đối với vật thể nằm sâu A, các đỉnh của TDX bị trượt ra khỏi biên thực, làm vật thể này trông lớn hơn so với kích thước thật. Hình 2d biểu diễn kết quả xác định biên theo phương pháp EHGA.

Quan sát hình 2, có thể thấy rằng phương pháp EHGA không chỉ hiệu quả trong việc xác định đồng thời các cấu trúc nằm ở những độ sâu khác nhau mà còn tránh sinh ra các biên ảo. Phương pháp này cũng cung cấp các kết quả với độ phân giải cao hơn các phương pháp khác.

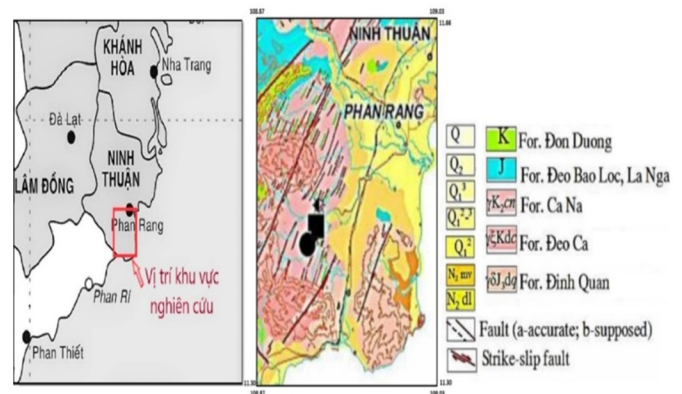
4. ỨNG DỤNG VỚI SỐ LIỆU THỰC TẾ VỚI TÀI LIỆU BAY ĐO VÙNG PHAN RANG

Khu vực nghiên cứu được giới hạn từ 108°45' đến 109°1'48 vĩ độ Bắc, từ 11°21' đến 11°37'48 kinh độ Đông, thuộc phía nam tỉnh Ninh Thuận bao gồm một phần của

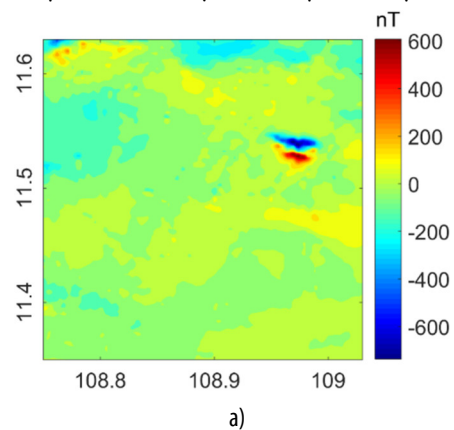
thành phố Phan Rang, phần lớn huyện Ninh Phước và huyện Thuận Nam. Vị trí của khu vực được thể hiện trên hình 3.

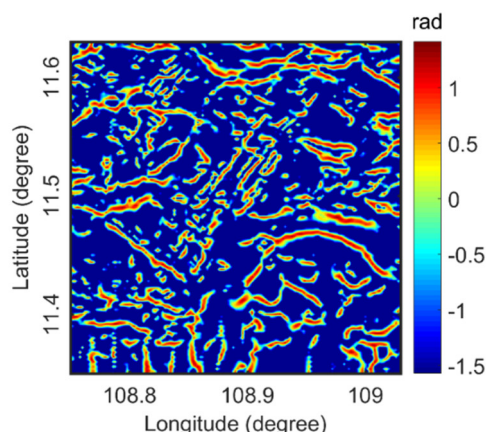
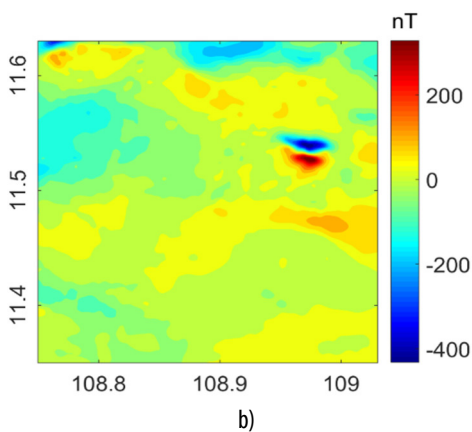
Khu vực có những đứt gãy lớn chạy theo phương Đông Bắc - Tây Nam và các hệ thống đứt nhỏ cùng theo phương này. Các đai mạch xâm nhập tập trung ở phía tây của khu vực nghiên cứu có phương trùng với phương của đứt gãy. Phía Đông, chủ yếu là các trầm tích đệ tứ [18]. Phía Nam chủ yếu là đá granit thuộc hệ tầng Định Quán. Phía Tây chủ yếu tập trung granit, granitplit, pecmatit thuộc hệ tầng Cà Ná và các đá điorit, grabrodiorit, granit, specsartit thuộc hệ tầng Đèo Cả [18].

Các phương pháp xác định biên được trình bày ở trên được sử dụng để phân tích số liệu từ của khu vực này. Số liệu từ được dùng để tính toán cho khu vực này là số liệu từ hàng không được trích một phần bản đồ từ hàng không tỷ lệ 1:50.000 vùng Phan Rang Nha Trang [19]. Số liệu dị thường từ (ΔT) được đưa về lưới đều với kích thước 141x141 điểm quan sát. Hình 4a Biểu diễn giá trị dị thường từ của khu vực. Hình 4b kết quả ΔT sau khi tính chuyển trường về xích đạo và nâng trường lên độ cao 200 m. Các phương pháp THG, AS, TDX và EHGA cũng được áp dụng tới dị thường từ trong Hình 4b. Kết quả xác định biên theo phương pháp THG được biểu diễn trên hình 5a. Như có thể quan sát từ hình vẽ, phương pháp THG rất kém hiệu quả trong việc xác định các ranh giới địa chất trong khu vực.

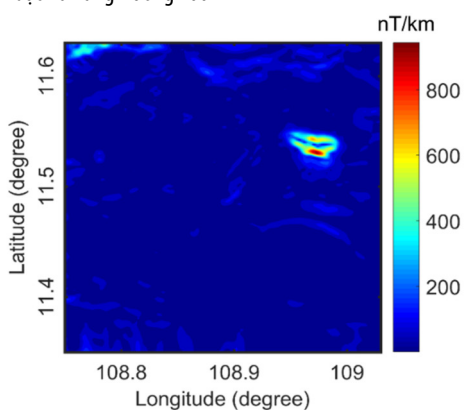


Hình 3. Vị trí khu vực nghiên cứu và đặc điểm địa chất khu vực nghiên cứu. Sơ đồ địa chất được trích từ bản đồ địa chất khu vực Ninh Thuận Bình Thuận [18]

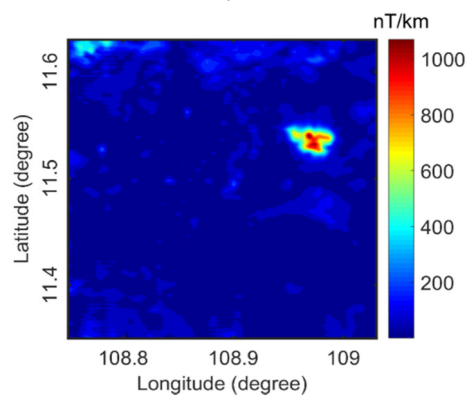




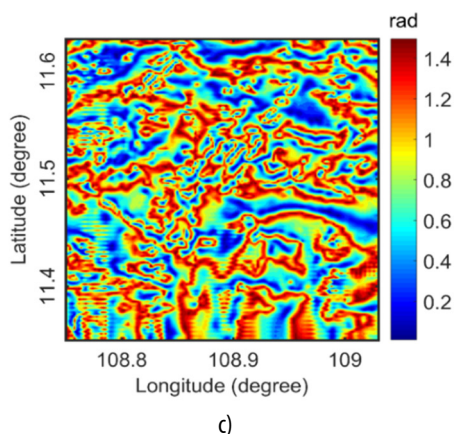
Hình 4. Đặc điểm dị thường từ khu vực nghiên cứu: (a) ΔT , (b) ΔT chuyển trường về xích đạo và nâng trường 200m



Hình 5. Kết quả phân tích số liệu dị thường từ vùng Phan Rang: (a) THG, (b) AS, (c) TDX, (d) EHGA



Phương pháp bị chi phối mạnh bởi các dị thường có biên độ lớn tại gần rìa phía Đông của khu vực. Hình 5b biểu diễn kết quả áp dụng của phương pháp AS lên dị thường từ trong hình 4b. Giống như phương pháp THG, phương pháp AS cũng không xác định rõ ràng các ranh giới từ tính trong khu vực. Phương pháp này cũng bị ảnh hưởng mạnh bởi các dị thường từ có biên độ lớn.



Hình 5c biểu diễn kết quả áp dụng của phương pháp TDX lên dị thường từ trong hình 4b. Khác với hai phương pháp THG và AS, phương pháp TDX có thể vạch ra một loạt các ranh giới từ tính trong khu vực. Tuy nhiên, các ranh giới thu được từ phương pháp TDX có xu hướng kết nối lại với nhau, gây phức tạp cho việc xác định các cấu trúc thực. Hơn nữa, như chỉ ra trong phần mô hình, phương pháp này có thể tạo ra các cạnh thứ cấp không phản ánh bất cứ cấu trúc nào trong khu vực. Hình 5d biểu diễn kết quả xác định biên theo phương pháp EHGA.

Do dựa trên tỉ lệ các đạo hàm, phương pháp EHGA có thể cân bằng các dị thường có biên độ khác nhau, do đó có thể xác định đồng thời các cấu trúc địa chất nằm ở những độ sâu khác nhau trong khu vực nghiên cứu. Bản đồ EHGA cũng chỉ ra một loạt các ranh giới từ tính với độ phân giải cao, cho phép xác định chính xác các ranh giới địa chất của khu vực nghiên cứu. Kết quả này không chỉ giúp chúng ta hiểu rõ hơn về đặc điểm cấu trúc của khu vực nghiên cứu mà còn cung cấp một tài liệu tham khảo quan trọng cho những nghiên cứu kế tiếp hoặc những khảo sát thăm dò chi tiết hơn trong khu vực.

5. KẾT LUẬN

Từ các kết quả phân tích mô hình và số liệu thực tế vùng Phan Rang, chúng tôi có một số kết luận như sau:

Phương pháp THG và AS bị chi phối bởi dị thường gây bởi nguồn nông, do đó khó xác định rõ ràng các đối tượng nằm sâu. Điều này cũng được phản ánh rõ trong các kết quả phân tích tài liệu thực tế. Phương pháp TDX ít bị ảnh hưởng bởi độ sâu. Tuy nhiên, phương pháp sinh ra các biên ảo, dẫn tới khó khăn khi áp dụng phương pháp để phân tích tài liệu dị thường từ thực tế. Phương pháp EHGA cho

phép xác định chính xác hơn ranh giới của các đối tượng gây dị thường so với các phương pháp trước đây. Kết quả áp dụng trên tài liệu thực tế đã khẳng định và làm rõ hơn đặc điểm địa chất của khu vực nghiên cứu.

Việc khoanh định các ranh giới ngang theo kết quả của phương pháp là dễ dàng hơn và ít gặp phải những nhận định sai lầm, không đầy đủ về các đối tượng. Có thể nói phương pháp EHGA là một công cụ hiệu quả trong phân tích số liệu từ hàng không nói riêng và số liệu trường thế nói chung

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội trong đề tài mã số TN.21.07.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S.K. Hsu, D. Coppense, C.T. Shyu, 1996. *High- resolution detection of geologic boundaries from potential field anomalies: An enhanced analytic signal technique*. *Geophysics* 61,1947-1957.
- [2]. F.J.F. Ferreira, J. de Souza, A.B.E.S de Bongiolo, L.G. de Castro, 2013. *Enhancement of the total horizontal gradient of magnetic anomalies using the tilt angle*. *Geophysics* 78, J33-J41.
- [3]. L.T. Pham, E. Oksum, T.D. Do, M.D. Vu, 2021. *Comparison of different approaches of computing the tilt angle of the total horizontal gradient and tilt angle of the analytic signal amplitude for detecting source edges*. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 165, 53-62.
- [4]. L. Cordell, V.J.S. Grauch, 1985. *Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan basin, New Mexico*. In: *Hinze WJ (ed) The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps*. Society of Exploration Geophysics, Tulsa, 181-197.
- [5]. W.R.J Roest, J. Verhoef, M. Pilkington, 1992. *Magnetic interpretation using the 3-D analytic signal*. *Geophysics* 57, 116-125.
- [6]. M. Beiki, 2010. *Analytic signals of gravity gradient tensor and their application to estimate source location*. *Geophysics* 75, 159-174.
- [7]. E. Oksum, M.N. Dolmaz, L.T. Pham, 2019. *Inverting gravity anomalies over the Burdur sedimentary basin, SW Turkey*. *Acta Geodaetica et Geophysica* 54, 445-460.
- [8]. H.G. Miller, V. Singh, 1994. *Potential field tilt a new concept for location of potential field sources*. *Journal of Applied Geophysics* 32, 213-217.
- [9]. C. Wijns, C. Perez, P. Kowalczyk, 2005. *Theta map: Edge detection in magnetic data*. *Geophysics* 70, 39-43.
- [10]. G.R.J. Cooper, D.R. Cowan, 2006. *Enhancing potential field data using filters based on the local phase*. *Computers & Geosciences* 32, 1585-1591.
- [11]. Y. Nasuti, A. Nasuti, D. Moghadas, 2018. *STDR: A novel approach for enhancing and edge detection of potential field data*. *Pure and Applied Geophysics* 176, 827-841.
- [12]. L.T. Pham, A.M. Eldosouky, E. Oksum, S.A. Saada, 2022. *A new high resolution filter for source edge detection of potential field data*. *Geocarto International*, 37:11, 3051-3068

[13]. L.T. Pham, E. Oksum, T.D. Do, 2019. *Edge enhancement of potential field data using the logistic function and the total horizontal gradient*. *Acta Geodaetica et Geophysica* 54, 143-155.

[14]. L.T. Pham, E. Oksum, T.D. Do, M. Le-Huy, M.D. Vu, V.D. Nguyen, 2019. *LAS: A combination of the analytic signal amplitude and the generalised logistic function as a novel edge enhancement of magnetic data*. *Contributions to Geophysics and Geodesy* 49, 425-440.

[15]. L.T. Pham, T.V. Vu, S. Le-Thi, P.T. Trinh, 2020. *Enhancement of potential field source boundaries using an improved logistic filter*. *Pure Appl. Geophys.*

[16]. G. Ma, C. Liu, L. Li, 2014. *Balanced horizontal derivative of potential field data to recognize the edges and estimate location parameters of the source*. *Journal of Applied Geophysics* 108, 12-18.

[17]. L.T. Pham, 2020. *A comparative study on different filters for enhancing potential field source boundaries: synthetic examples and a case study from the Song Hong Trough (Vietnam)*. *Arabian Journal of Geosciences* 13, 723.

[18]. Pham TX, Nguyen TL, Pham TD, Nguyen VP, Doan TT, Hoang TN, Bui VQ, 2016 *The nature of the phenomenon of "mud eruption" in Ninh Thuan*. *Vietnam J of Earth Sci* 38(1):90-97.

[19]. Quach Van Thu, et al., 2003. *Bao cao ket qua do bay - tu pho gamma ty le 1/50.000 va do ve trong luc vung Phan Rang - Nha Trang*. Stored in General Department of Geology and Minerals of Vietnam.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Viet Dat¹, Vo Thanh Quynh¹, Tran Van Bay², Ngo Thi To Nhu¹

¹Faculty of Physics, VNU University of Science

²Faculty of Mechanical Engineering, University of Transport and Communications, Hanoi