



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Studying the theoretical basis and advantages and disadvantages of Logistic methods of the total horizontal Gradient



Dat Viet Nguyen ¹, Thong Duy Kieu ², Long Ngoc Nguyen ^{1,3}, Quynh Thanh Vo ¹,
Toan Quoc Nguyen ¹, Hang Thu Thi Nguyen ², Xuan Thanh Thi Pham ^{4,*}

¹ University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

² Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

³ Union of Geophysics, Hanoi, Vietnam

⁴ VNU School of Interdisciplinary Studies, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19th Oct. 2023

Revised 04th Jan. 2024

Accepted 13th Jan. 2024

Keywords:

Edge detection,
Gravity data,
Logistic,
Magnetic data,
Total horizontal gradient.

ABSTRACT

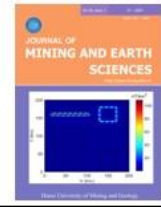
Edge detection is one of the most important steps in interpretation of magnetic and gravity data. In magnetic and gravity maps, it is difficult to distinguish adjacent sources due to their field superposition. Many different techniques have been used to determine the edges of sources. These techniques are based on vertical or horizontal gradients of magnetic and gravity data or combinations of them, and the edges of the geological structures are determined by maximum, minimum, or zero values in the output maps. One of the most popular techniques is the total horizontal gradient which is based on horizontal gradients of magnetic and gravity data. The capability of the total horizontal gradient technique in mapping the boundaries of deep bodies is very limited when competing with large-amplitude shallow bodies. Some enhanced modifications of the total horizontal gradient technique have been introduced to improve the boundary estimation results. These techniques are based on logistic functions and derivatives of the total horizontal gradient. In this study, we aim to estimate the effectiveness of the logistic filters of the total horizontal gradient. To obtain optimum results, these filters were tested on synthetic gravity and magnetic data and real magnetic data from the Zhurihe region (China). The findings show that the logistic filters can provide more accurate and sharper boundaries without false source edges than the total horizontal gradient. These techniques can determine the edges of shallow and deep structures at the same time. These results demonstrate that the logistic filters are useful tools for the qualitative interpretation of potential field data.

Copyright © 2024 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: phamxuan179893@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(1).02



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>

Nghiên cứu cơ sở lý thuyết và ưu nhược điểm của các phương pháp Logistic của Gradient ngang toàn phần

Nguyễn Viết Đạt ¹, Kiều Duy Thông ², Nguyễn Ngọc Long ^{1,3}, Võ Thanh Quỳnh ¹, Nguyễn Quốc Toàn ¹, Nguyễn Thị Thu Hằng ², Phạm Thị Thanh Xuân ^{4,*}

¹ Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam

² Đại học Mỏ - Địa chất Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

³ Liên đoàn Vật lý Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

⁴ Khoa Các khoa học liên ngành, Đại học Quốc gia Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

TÓM TẮT

Quá trình:

Nhận bài 19/10/2023

Sửa xong 04/01/2024

Chấp nhận đăng 13/01/2024

Từ khóa:

Đị thường trọng lực,
Đị thường từ,
Gradient ngang toàn phần,
Logistic,
Xác định biên.

Việc sử dụng các phương pháp xác định biên ngang của các đối tượng địa chất là một nội dung chính và quan trọng để minh giải tài liệu từ và trọng lực. Trong bản đồ từ và trọng lực, rất khó để phân biệt các nguồn gần nhau do sự chồng chất trường của chúng. Đã có nhiều nghiên cứu để xác định biên của các nguồn gây dị thường. Các kỹ thuật này chủ yếu dựa trên đạo hàm thẳng đứng hoặc đạo hàm ngang của tài liệu từ và trọng lực hoặc sự kết hợp của cả hai. Biên của các cấu trúc địa chất được xác định bởi các giá trị cực đại, cực tiểu hoặc "không" trong bản đồ trường được biến đổi. Phương pháp gradient ngang toàn phần đang được áp dụng phổ biến nhưng khả năng xác định ranh giới ngang của các vật thể nằm sâu còn hạn chế. Một số kỹ thuật sửa đổi của gradient ngang toàn phần được ứng dụng gần đây để cải thiện kết quả xác định ranh giới. Những kỹ thuật này dựa trên hàm logistic và đạo hàm của gradient ngang toàn phần. Bài báo này tập trung đánh giá hiệu quả của các phương pháp logistic của gradient ngang toàn phần. Các phương pháp này được tính toán thử nghiệm trên mô hình từ và trọng lực giả định và được áp dụng để phân tích số liệu từ hàng không tại khu vực Zhurihe (Trung Quốc). Các kết quả thu được cho thấy các bộ lọc logistic có thể cung cấp các ranh giới chính xác và sắc nét hơn so với phương pháp gradient ngang toàn phần và tránh tạo ra các cạnh thứ cấp. Những kết quả này chứng minh rằng các bộ lọc logistic là công cụ hữu ích trong phân tích tài liệu trường thế.

© 2024 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: phamxuan179893@gmail.com

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(1).02

1. Mở đầu

Xác định biên ngang và độ sâu của các cấu trúc theo các tài liệu từ và trọng lực có vai trò quan trọng trong giải đoán địa chất, khoáng sản, môi trường và các lĩnh vực khác (Ekka và nnk., 2022; Pham và nnk., 2018a; Wijns và nnk., 2005). Trong đó, biên ngang của các cấu trúc này có thể được xác định từ dị thường trường thế (Ekinci và nnk., 2013; Zareie và Moghadam, 2019). Trong những năm gần đây, có nhiều nghiên cứu mới đánh giá biên của các cấu trúc mật độ hoặc từ tính, hầu hết được dựa trên đạo hàm ngang và thẳng đứng của trường. Một số phương pháp sử dụng kết hợp cả đạo hàm ngang và thẳng đứng (Ghosh, 2016; Yuan và nnk., 2016). Các phương pháp này gồm: các phương pháp biên độ đạo hàm và các phương pháp cân bằng (Pham và nnk., 2023a; 2023b; 2023c). Trong các nghiên cứu gần đây, các phương pháp logistic thuộc nhóm các phương pháp cân bằng được sử dụng phổ biến. Các kỹ thuật này lần đầu tiên được giới thiệu bởi Pham và nnk. (2018b), Pham và nnk. (2019a) để phân tích tài liệu dị thường từ thông qua hàm biên độ tín hiệu giải tích. Các phương pháp đó đã được áp dụng để phân tích tài liệu từ tại một số khu vực thuộc Việt Nam và Ấn Độ. Các phương pháp này có ưu điểm lớn là ít phụ thuộc vào vectơ từ hóa. Tuy nhiên, các phương pháp này khó xác định được biên của các cấu trúc mỏng và các cấu trúc nằm sâu (Pham và nnk., 2018b; 2019a). Để khắc phục hạn chế trên, Pham và nnk. (2019b) đã phát triển phương pháp logistic của gradient ngang toàn phần (LTHG). Kỹ thuật này được phân tích thử nghiệm với tài liệu dị thường từ và trọng lực ở khu vực Tuần Giáo, Điện Biên, Lai Châu. Oksum và nnk. (2019) đã áp dụng phương pháp LTHG để xác định các cấu trúc của bể trầm tích Burdur (Thổ Nhĩ Kỳ). Eldosouky và nnk. (2020) đã áp dụng phương pháp LTHG để minh giải tài liệu từ hàng không tại khu vực G. Um Monqul của Ai Cập. Melouah và nnk. (2021a) đã sử dụng phương pháp để phân tích tài liệu trọng lực tại Ougarta của Algeria. Pham và nnk. (2020) cũng giới thiệu một kỹ thuật logistic khác, phương pháp này được biết đến như phương pháp logistic cải tiến (IL). Các tác giả đã áp dụng kỹ thuật IL để phân tích tài liệu dị thường từ tại trung tâm vùng đất thấp Puget của Hoa Kỳ. Eldosouky và nnk. (2021) đã sử dụng phương pháp trong thăm dò khoáng sản sâu tại khu vực

Gabal Semna của Ai Cập. Eldosouky và nnk. (2022) cũng sử dụng phương pháp LTHG trong nghiên cứu cấu trúc tại khu vực Wadi Umm Ghalqa. Bên cạnh những phương pháp kể trên, gần đây nhất, Melouah và Pham (2021) đã giới thiệu kỹ thuật logistic của gradient ngang của đạo hàm thẳng đứng (ILTHG). Tài liệu trọng lực tại hai khu vực thuộc Algeria đã được phân tích bằng phương pháp này nhằm xác định các cấu trúc địa chất bị vùi lấp (Melouah và Pham, 2021; Melouah và nnk., 2021b).

Mặc dù phần lớn các phương pháp logistic được giới thiệu bởi các nhà khoa học trong nước, tuy nhiên có rất ít các nghiên cứu ứng dụng của các phương pháp này trong thực tế. Một số ít các công bố liên quan đến áp dụng các phương pháp này được thực hiện bởi nhóm nghiên cứu của tác giả Phạm Thành Luân cho quần đảo Hoàng Sa (Pham và nnk., 2022b), khu vực bể trầm tích Phú Khánh (Pham và nnk., 2022a) và khu vực miền Nam của Việt Nam (Pham và nnk., 2021). Gần đây tác giả Trung và nnk. (2022) đã sử dụng kỹ thuật LTHG để phân tích tài liệu trọng lực tại bể phụ Tây Nam, thuộc biển Đông (Nguyen và nnk., 2022).

Do các phương pháp xác định biên rất đa dạng, nên cần có sự so sánh chi tiết về các phương pháp. Thông tin từ so sánh này hữu ích cho việc lựa chọn các phương án xử lý tài liệu trường thế. Để đáp ứng yêu cầu trên, nhóm nghiên cứu đã tập trung đánh giá hiệu quả của các kỹ thuật logistic của gradient ngang toàn phần và các phương pháp nền tảng để xây dựng các bộ lọc logistic.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp LTHG

Phương pháp LTHG đã được giới thiệu bởi Pham và nnk. (2019b) để xác định các cạnh nguồn gây dị thường. Các tác giả chuẩn hóa đạo hàm thẳng đứng bằng cách sử dụng gradient ngang toàn phần:

$$LTHG = \left[1 + \exp \left(- \frac{\frac{\partial THG}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial THG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial THG}{\partial y}\right)^2}} \right) \right]^{-\alpha} \quad (1)$$

Trong đó: α - một hằng số dương nằm trong khoảng từ 2÷10 và THG là gradient ngang toàn phần (Pham và nnk., 2019b).

Năm 1985, hàm THG được đề xuất bởi Cordell

và Grauch để phân tích bản đồ giả trọng lực (Cordell và Grauch, 1985). Đây được coi là cách tiếp cận đơn giản và được ứng dụng nhiều để xác định các cạnh nguồn. Theo Cordell và Grauch (1985), biểu thức toán học xác định THG như sau:

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

Trong đó: f là dị thường từ (hoặc trọng lực). Tỷ lệ của các đạo hàm được sử dụng trong phương trình (1) nên hàm LTHG có thể cân bằng các dị thường khác nhau.

2.2. Phương pháp IL

Pham và nnk. (2018b) cũng phát triển một phương pháp cân bằng khác dựa trên hàm logistic và tỷ số giữa các đạo hàm của biên độ tín hiệu giải tích (Pham và nnk., 2018b). Phương pháp được thực hiện theo biểu thức sau:

$$L = \frac{1}{k + \exp(-R_{AS})} \quad (3)$$

Trong đó: k - hằng số dương nhỏ hơn 1; R_{AS} - được cho bởi biểu thức (4).

$$R_{AS} = \frac{\frac{\partial AS}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial AS}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial AS}{\partial y}\right)^2}} \quad (4)$$

Trong đó: AS - là biên độ tín hiệu giải tích và được tính theo biểu thức:

$$AS = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2} \quad (5)$$

Mặc dù phương pháp này ít bị ảnh hưởng bởi vector từ hóa và giúp sinh ra các tín hiệu cân bằng, nhưng nó kém hiệu quả với các nguồn có kích thước nhỏ. Để khắc phục hạn chế đó, Pham và nnk. (2020) đã thay thế hàm AS bằng hàm THG . Kỹ thuật này được thực hiện theo biểu thức:

$$IL = \frac{1}{1 + \exp[-p(R_{THG} - 1) + 1]} \quad (6)$$

Trong đó: R_{THG} là tỷ số giữa các đạo hàm của THG :

$$R_{THG} = \frac{\frac{\partial THG}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial THG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial THG}{\partial y}\right)^2}} \quad (7)$$

và p nằm trong khoảng 2÷5 sẽ cho ra các kết quả sắc nét nhất. Giống với phương pháp LTHG, kỹ thuật này cũng có thể cân bằng các tín hiệu gây bởi các nguồn nằm ở những độ sâu khác nhau.

2.3. Phương pháp ILTHG

Phương pháp ILTHG được giới thiệu bởi Melouah và Pham (2021), nó giúp giảm ảnh hưởng của hiệu ứng giao thoa giữa các nguồn và tăng mức độ chi tiết của biên xác định được. Phương pháp dựa trên sự kết hợp của hàm logistic và các đạo hàm của gradient ngang toàn phần của đạo hàm thẳng đứng. Melouah và Pham (2021) đã áp dụng phương pháp để phân tích các tài liệu trọng lực và kết quả chỉ ra rằng phương pháp này hiệu quả hơn các phương pháp truyền thống trong hầu hết các trường hợp. Theo Melouah và Pham (2021), hàm ILTHG được tính như sau:

$$ILTHG = \left[1 + \exp \left(- \frac{\frac{\partial ITHG}{\partial z}}{\sqrt{\left(\frac{\partial ITHG}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial ITHG}{\partial y}\right)^2}} \right) \right]^{-\alpha} \quad (8)$$

Trong đó: α - hằng số dương được xác định trong đoạn [2; 5]; $ITHG$ là gradient ngang toàn phần của đạo hàm thẳng đứng và được tính theo biểu thức:

$$ITHG = \sqrt{\left(\frac{\partial^2 F}{\partial z \partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 F}{\partial z \partial y}\right)^2} \quad (9)$$

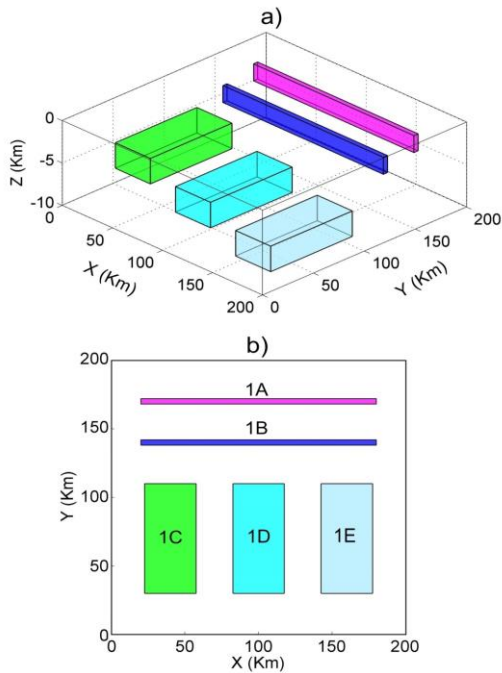
3. Nghiên cứu thử nghiệm trên một số mô hình và áp dụng thực tế

3.1. Thử nghiệm các phương pháp trên mô hình

Để đánh giá hiệu quả của các phương pháp logistic, nhóm nghiên cứu đã sử dụng các mô hình được thiết kế bởi Pham và nnk. (2020) cho các tính toán thử nghiệm. Mô hình đầu tiên bao gồm ba lăng trụ có cùng kích thước và có độ sâu khác nhau. Mục đích là để đánh giá sự phụ thuộc của các kỹ thuật vào độ sâu nghiên cứu. Mô hình thứ hai được Pham và nnk. (2020) thiết kế phức tạp hơn với các vật thể có kích thước và độ sâu khác nhau.

3.1.1. Mô hình trọng lực

Hình 1 thể hiện đặc trưng hình học và vị trí của các nguồn có trong mô hình. Các giá trị kích thước, độ sâu và mật độ của các vật thể được thể hiện trong Bảng 1. Dị thường trọng lực gây bởi các nguồn trong mô hình được tính toán theo phương pháp của Rao và nnk. (1990). Hình 2 biểu diễn dị thường trọng lực của mô hình nghiên cứu.

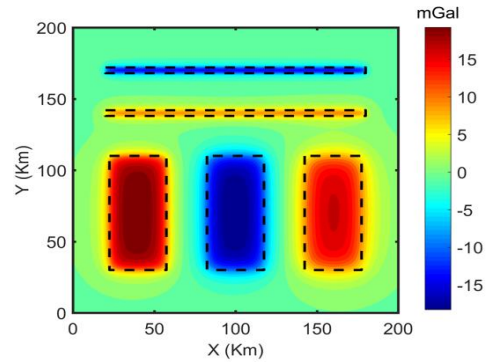


Hình 1. Đồ thị 3D và hình chiếu của mô hình trọng lực thử nghiệm (Pham và nnk, 2020).

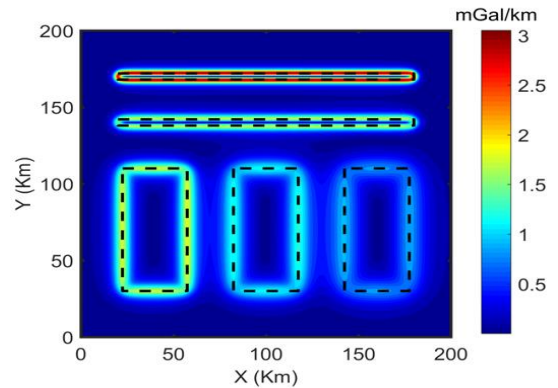
Bảng 1. Vị trí, kích thước, độ sâu và mật độ dư của các nguồn trong mô hình.

Thông số / nguồn	1A	1B	1C	1D	1E
Vị trí tâm theo trục x (km)	100	100	40	100	160
Vị trí tâm theo trục y (km)	170	140	70	70	70
Chiều rộng (km)	4	4	35	35	35
Chiều dài (km)	160	160	80	80	80
Độ sâu tới đỉnh (km)	1	2	3	5	7
Độ sâu tới đáy (km)	3	4	6	8	10
Mật độ dư (g/cm ³)	-0,3	0,3	0,2	-0,2	0,2

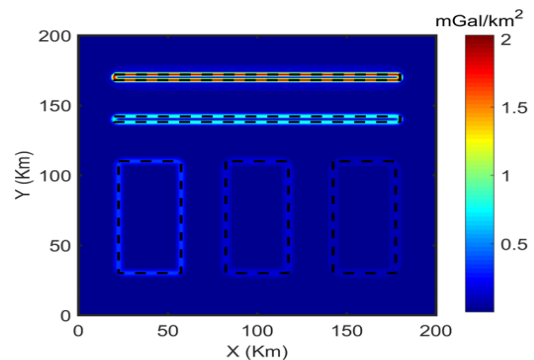
Từ dị thường trọng lực trong Hình 2 cho phép thu được các kết quả cho phương pháp THG (Hình 3), ITHG (Hình 4), LTHG (Hình 5), IL (Hình 6) và ILTHG (Hình 7). Có thể rút ra một số nhận xét sau:



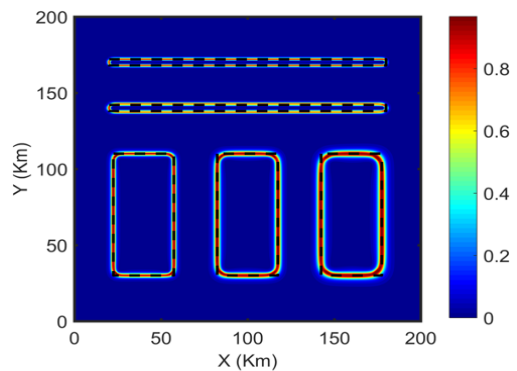
Hình 2. Dị thường trọng lực gây bởi mô hình thử nghiệm.



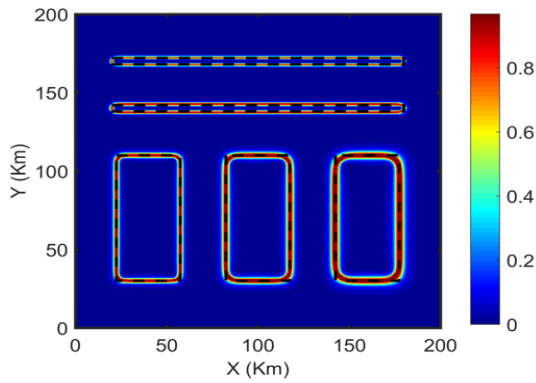
Hình 3. Kết quả phân tích theo phương pháp THG.



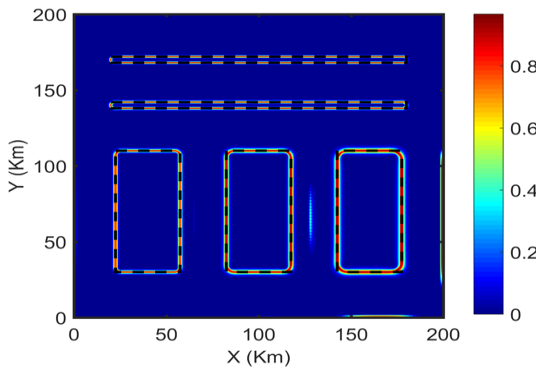
Hình 4. Kết quả phân tích theo phương pháp ITHG.



Hình 5. Kết quả phân tích theo phương pháp LTHG.



Hình 6. Kết quả phân tích theo phương pháp IL.



Hình 7. Kết quả phân tích số liệu theo phương pháp ILTHG.

- Phương pháp THG có khả năng xác định rõ ràng biên của những cấu trúc nông. Tuy nhiên phương pháp này tạo ra các tín hiệu mờ nhạt đối với các nguồn sâu hơn.

- Phương pháp ITHG mang lại hình ảnh các cạnh sắc nét hơn phương pháp THG nhưng cũng kém hiệu quả đối với các nguồn sâu.

- Phương pháp LTHG có khả năng xác định hiệu quả biên của cả năm vật thể có trong mô hình. Đặc biệt, phương pháp có thể cho ra các kết quả với mức độ chi tiết cao.

- Phương pháp IL cũng rất hiệu quả trong xác định biên của các vật thể. Kỹ thuật này cũng có thể cung cấp các biên sắc nét.

- Phương pháp ILTHG có thể tạo ra các cạnh cân bằng và sắc nét nhưng sinh ra biên ảo nằm giữa 1D và 1E.

3.1.2. Mô hình từ

Thay vì sử dụng mô hình trọng lực, một mô hình từ với mức độ phức tạp hơn được sử dụng để thử nghiệm các phương pháp. Hình 8 thể hiện các đối tượng trong mô hình và các đặc trưng về hình

dạng và vị trí của các nguồn này. Giá trị cụ thể về kích thước, vị trí và đặc điểm từ hóa của bảy nguồn lắng trụ được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Vị trí, kích thước, độ sâu và đặc điểm từ hóa của mô hình từ.

Các thông số / ID	2A	2B	2C	2D	2E	2F	2G
Tọa độ tâm theo trục x (km)	60	60	60	60	150	150	150
Tọa độ tâm theo trục y (km)	160	140	70	70	160	100	40
Độ rộng (km)	5	5	20	70	40	40	40
Độ dài (km)	90	90	20	70	40	40	40
Độ sâu tới đỉnh (km)	1	3	5	7	1	4	7
Độ sâu tới đáy (km)	3	5	7	10	4	7	10
Độ từ thiên (°)	0	0	0	0	0	0	0
Độ từ khuynh (°)	90	90	90	90	90	90	90
Độ từ hóa (A/m)	1,2	-1	1,1	1,3	1	1	1

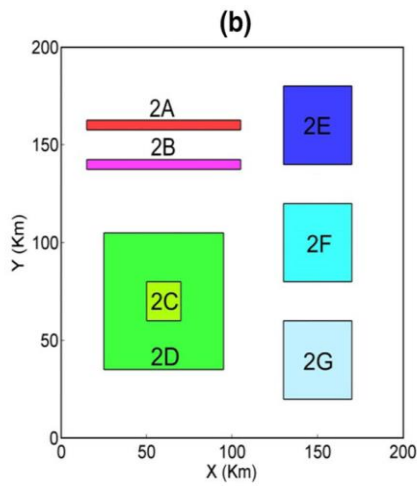
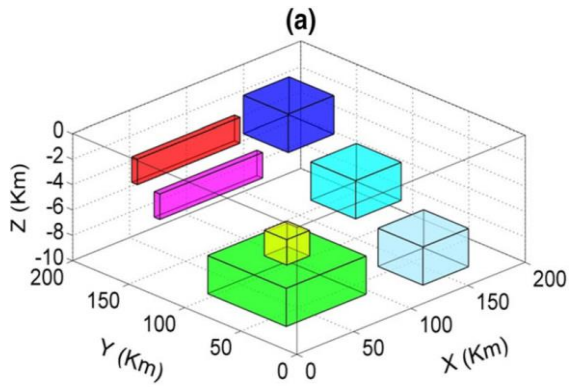
Dựa trên các thông số trình bày trong Bảng 2, dị thường từ gây bởi bảy lắng trụ được tính toán theo phương pháp của Bhaskara và Ramesh (1991) và được thể hiện trong Hình 9. Dị thường này được sử dụng để xác định biên theo các phương pháp đã trình bày trong mục 2.

Các Hình 10÷14 lần lượt biểu diễn các kết quả của phương pháp THG, ITHG, LTHG, IL và ILTHG. Kết quả đối với mô hình từ cho phép rút ra một số nhận xét sau:

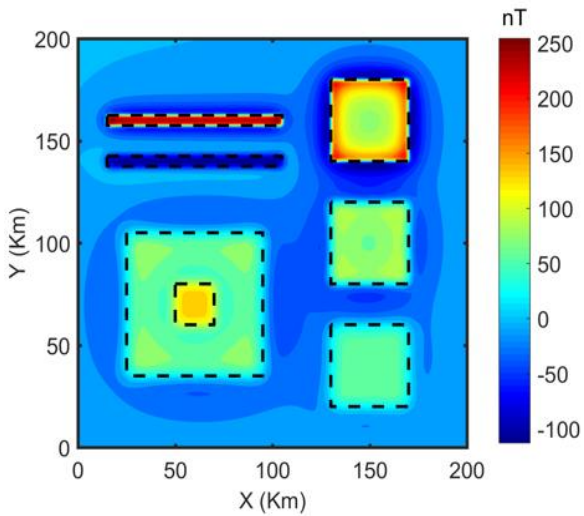
- Phương pháp THG hiệu quả hơn đối với các nguồn nông (2A, 2E). Trong trường hợp các vật thể nằm sâu (2B, 2C, 2D, 2F và 2G) các biên thu được khá mờ nhạt. Bên cạnh đó, các biên thu được từ phương pháp cũng bị phân tán.

- Phương pháp ITHG cũng không tạo ra các hình ảnh rõ ràng cho biên của các nguồn nằm ở độ sâu trung bình (2B và 2F). Đặc biệt kỹ thuật này không xác định được biên của nguồn nằm rất sâu (2C, 2D và 2G). Tuy nhiên kỹ thuật này lại có kết quả rõ nét hơn ở trên các biên so với kết quả phân tích theo phương pháp THG cho các cấu trúc nông (2A và 2E).

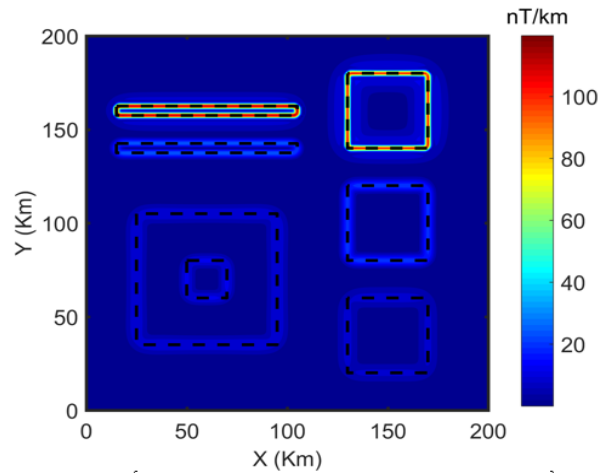
- Phương pháp LTHG có thể cân bằng các dị thường khác nhau và cung cấp các kết quả với độ phân giải cao. Ngoài ra, kỹ thuật này không tạo ra bất cứ biên ảo nào trong bản đồ phân tích.



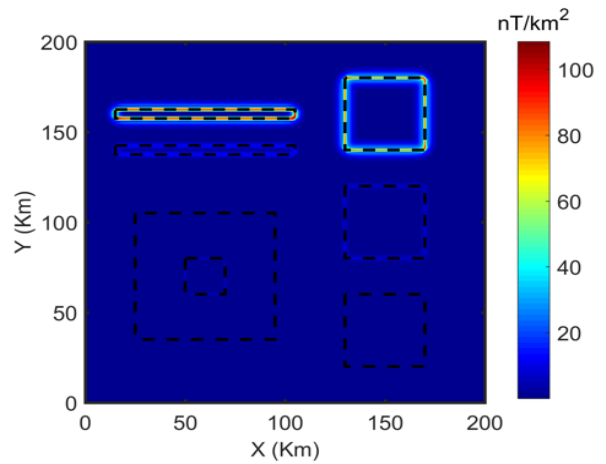
Hình 8. Đồ thị 3D và hình chiếu của mô hình từ thử nghiệm (Pham và nnk, 2020).



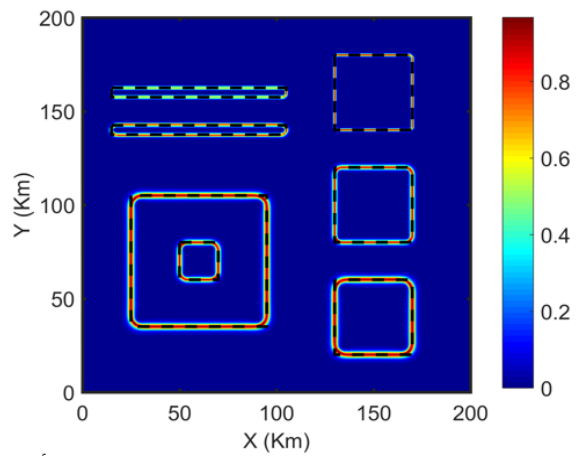
Hình 9. Dị thường từ gây bởi mô hình thử nghiệm.



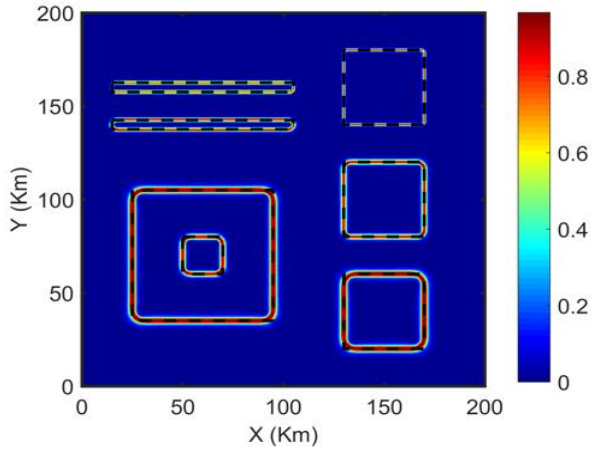
Hình 10. Kết quả phân tích theo phương pháp THG.



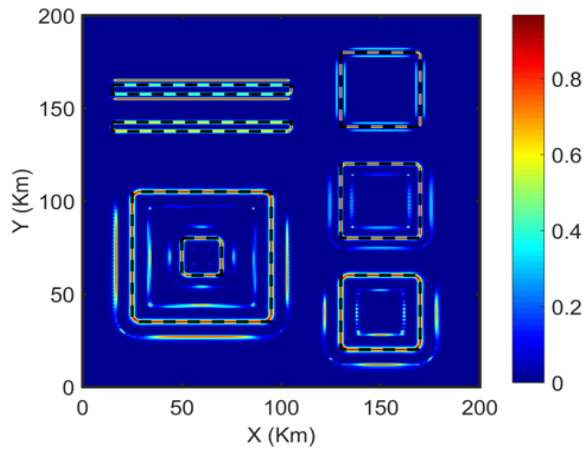
Hình 11. Kết quả phân tích theo phương pháp ITHG.



Hình 12. Kết quả nhận được từ phương pháp logistic của phương pháp gradient ngang toàn phần.



Hình 13. Kết quả phân tích theo phương pháp IL.



Hình 14. Kết quả phân tích theo phương pháp ITHG.

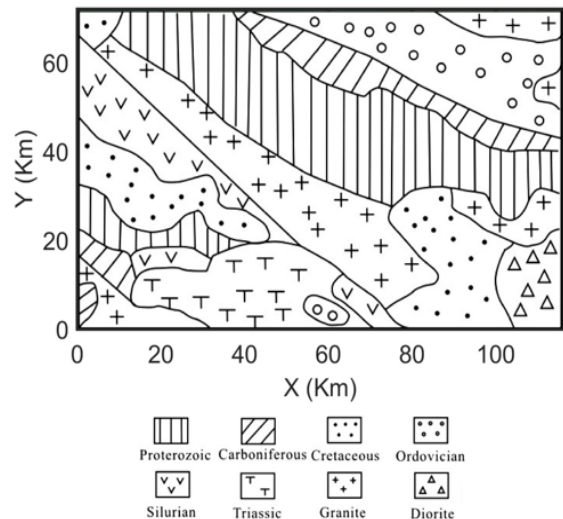
- Phương pháp IL cũng rất hiệu quả trong xác định biên của cả bảy vật thể. Tương tự kỹ thuật LTHG, kỹ thuật này tạo ra các hình ảnh cân bằng với độ phân giải cao. Kỹ thuật này cũng không tạo ra các biên ảo nào trong bản đồ phân tích. Đối với các nguồn sâu, các biên thu được từ kỹ thuật này và LTHG bị phân tán.

- Phương pháp ILTHG có thể phân định tất cả các cạnh với độ phân giải cao. Tuy nhiên, trong trường hợp này, phương pháp sinh ra nhiều biên ảo xung quanh các cấu trúc đã biết. Sự xuất hiện của các biên ảo này gây khó khăn trong việc phân định các cấu trúc địa chất khi tiến hành các nghiên cứu thực tế.

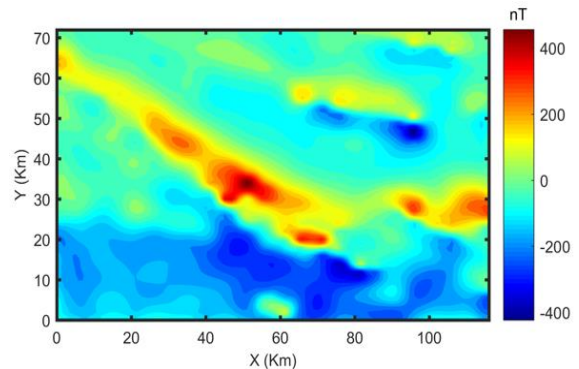
3.2. Nghiên cứu áp dụng trên tài liệu thực tế

Bên cạnh kết quả thử nghiệm trên các mô

hình, hiệu quả khi áp dụng thực tế của các phương pháp logistic trên dữ liệu từ hàng không được thử nghiệm tại khu vực Zhurihe (Trung Quốc) với kích thước 8468 km². Hình 15 thể hiện vị trí và đặc điểm địa chất của khu vực nghiên cứu (Ma và nnk., 2014). Trên bề mặt của khu vực chủ yếu bị phủ bởi các trầm tích đệ tứ, bên cạnh đó là một số đai cơ sa thạch với thành phần giàu sắt nằm theo hướng tây bắc - đông nam (Ma và nnk., 2014; Zhou và nnk., 2017). Do ảnh hưởng của vector từ hóa, dữ liệu từ gây bởi các cấu trúc trong khu vực không định xứ trên các thân nguồn và cần phải sử dụng dữ liệu từ được tính chuyển về cực trước khi tiến hành phân tích theo các phương pháp xác định biên. Hình 16 thể hiện số liệu kết quả tính chuyển trường về cực của khu vực Zhurihe với lưới điểm đều có kích thước 74×117 điểm và khoảng cách là 1 km.



Hình 15. Bản đồ địa chất của khu vực Zhurihe (Ma và nnk., 2014).



Hình 16. Dữ liệu từ hàng không của khu vực Zhurihe.

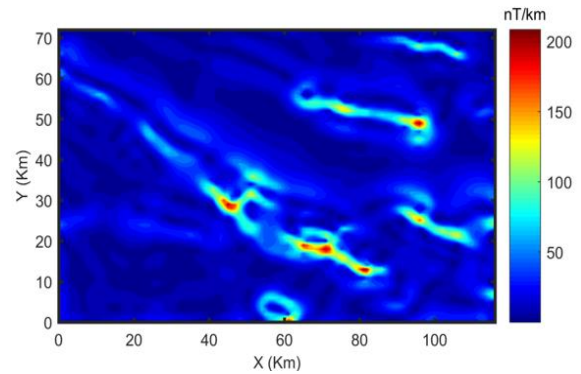
Hình 17 thể hiện kết quả phân tích theo phương pháp THG. Có thể thấy rằng, kỹ thuật này chịu ảnh hưởng lớn với các dị thường có nguồn gốc granit (các đối tượng có từ tính mạnh), do đó phương pháp này không có hiệu quả tốt để xác định các ranh giới địa chất trong khu vực. Hình 18 biểu diễn kết quả áp dụng kỹ thuật ITHG. Tương tự như kỹ thuật THG, kỹ thuật này cũng không có hiệu quả cao với các dị thường khác nhau. Các kết quả của phương pháp bị ảnh hưởng bởi các dị thường có biên độ cao (hầu hết là các dị thường do đối tượng nằm nông hoặc từ tính mạnh). Hình 19 biểu diễn các ranh giới ngang thu được từ phương pháp LTHG với $\alpha = 5^\circ$. Kết quả phân tích được cho thấy, phương pháp này đã tạo ra sơ đồ cấu trúc cân bằng với độ phân giải cao và phản ánh tốt cấu trúc đã biết của khu vực. Kết quả này cho thấy khả năng ứng dụng cao của phương pháp LTHG trong điều kiện địa chất thực tế phức tạp. Hình 20 biểu diễn các cạnh thu được trong phương pháp IL với $k = 2$. Phương pháp IL có thể cung cấp các kết quả rõ ràng cho các cấu trúc của khu vực. Nhiều ranh giới địa chất trong khu vực có thể xác định từ các kết quả trong Hình 20. Phương pháp này cũng hiệu quả trong việc tạo ra các ranh giới sắc nét. Hình 21 biểu diễn kết quả của phương pháp ILTHG với $\alpha = 5^\circ$. Mặc dù các tín hiệu thu được từ phương pháp xuất hiện sắc nét nhưng các ranh giới thu được khá rời rạc. Như chỉ ra trong các ví dụ mô hình, phương pháp này sinh ra các cấu trúc ảo, gây khó khăn cho việc phân tích. Trong trường hợp này, phương pháp dường như bị ảnh hưởng mạnh bởi nhiễu. Nguyên nhân là do kỹ thuật này sử dụng các đạo hàm bậc ba, làm khuếch đại các tín hiệu nhiễu luôn tồn tại trong các số liệu thực tế.

4. Kết luận

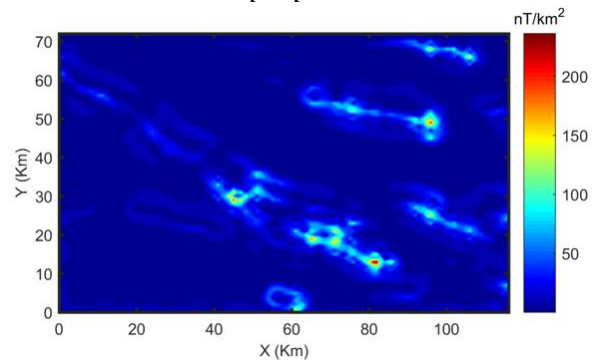
Thông qua nghiên cứu lý thuyết, tính toán thử nghiệm trên các mô hình và áp dụng vào thực tế, có thể rút ra một số kết luận sau:

Phương pháp THG và ITHG chỉ hiệu quả đối với các nguồn nông. Đối với các nguồn sâu, các kết quả thu được từ hai kỹ thuật này rất mờ nhạt hoặc không xác định được.

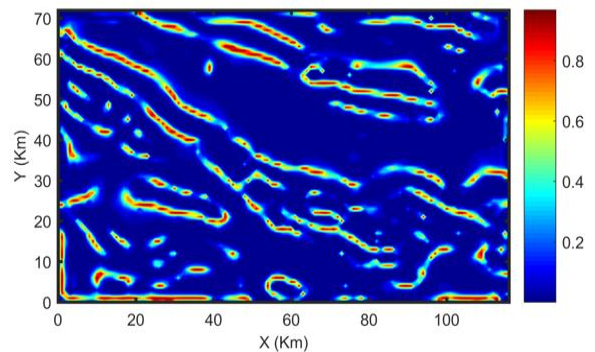
Phương pháp LTHG và IL cân bằng hiệu quả các dị thường khác nhau. Hai phương pháp này không chỉ cung cấp các kết quả với độ phân giải cao mà còn tránh sinh ra các cạnh thứ cấp. Đối với



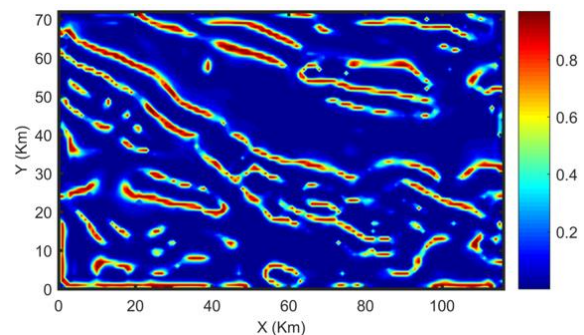
Hình 17. Kết quả phân tích số liệu theo phương pháp THG.



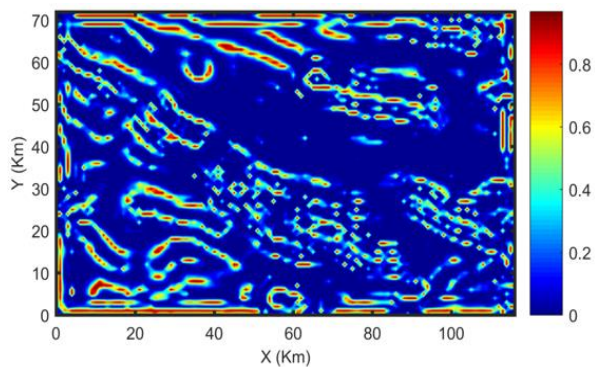
Hình 18. Kết quả phân tích số liệu theo phương pháp ITHG.



Hình 19. Kết quả phân tích số liệu theo phương pháp LTHG.



Hình 20. Kết quả phân tích số liệu theo phương pháp IL.



Hình 21. Kết quả phân tích số liệu theo phương pháp ILTHG.

các nguồn sâu, các tín hiệu thu được từ các phương pháp có dấu hiệu bị phân tán.

Phương pháp ILTHG có thể tạo ra các cạnh độ phân giải cao. Tuy nhiên, các biên thu được trên tài liệu thực tế xuất hiện khá rời rạc. Phương pháp cũng sinh ra nhiều biên ảo xung quanh các nguồn đã biết, gây khó khăn trong việc phân định các cấu trúc địa chất khi tiến hành các nghiên cứu thực tế.

Việc lựa chọn một số phương pháp phù hợp hoặc kết hợp các phương pháp xác định biên trong xử lý phân tích tài liệu trường thế cần lưu ý các đặc điểm riêng của mỗi phương pháp để có thể sử dụng một cách linh hoạt và hợp lý. Từ đó có thể đạt được kết quả phân tích với độ tin cậy cao hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.05- 2021.53

Đóng góp của các tác giả

Nguyễn Việt Đạt, Kiều Duy Thông, Phạm Thị Thanh Xuân, Nguyễn Ngọc Long - ý tưởng nghiên cứu; Kiều Duy Thông, Phạm Thị Thanh Xuân, Nguyễn Ngọc Long, Võ Thanh Quỳnh - thiết kế nghiên cứu, phương pháp sử dụng; Kiều Duy Thông, Phạm Thị Thanh Xuân, Nguyễn Ngọc Long, Võ Thanh Quỳnh, Nguyễn Quốc Toàn - thu thập, xử lý số liệu; Kiều Duy Thông, Phạm Thị Thanh Xuân, Võ Thanh Quỳnh, Nguyễn Việt Đạt - phân tích, giải thích số liệu; Kiều Duy Thông, Phạm Thị Thanh Xuân, Nguyễn Quốc Toàn, Nguyễn Ngọc Long, Nguyễn Thị Thu Hằng - viết bản thảo; Kiều Duy Thông, Phạm Thị Thanh Xuân, Nguyễn Việt Đạt, Nguyễn Ngọc Long, Võ Thanh Quỳnh, Nguyễn Quốc Toàn, Nguyễn Thị Thu Hằng - chỉnh sửa bản thảo.

Tài liệu tham khảo

- Bhaskara, R. D., & Ramesh B. N. (1991). A rapid method for three-dimensional modeling of magnetic anomalies. *Geophysics*, 56(11), 1729-1737.
- Cordell, L., & Grauch, V. J. S. (1985). Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan Basin, New Mexico. In *The utility of regional gravity and magnetic anomaly maps* (pp. 181-197). *Society of Exploration Geophysicists*.
- Ekinci, Y. L., Ertekin, C., & Yiğitbaş, E. (2013). On the effectiveness of directional derivative based filters on gravity anomalies for source edge approximation: synthetic simulations and a case study from the Aegean graben system (western Anatolia, Turkey). *Journal of Geophysics and Engineering*, 10(3), 035005.
- Ekka, M. S., Sahoo, S. D., Pal, S. K., Singha Roy, P. N., & Mishra, O. P. (2022). Comparative analysis of the structural pattern over the Indian Ocean basins using EIGEN6C4 Bouguer gravity data. *Geocarto International*, 37(26), 14198-14226.
- Eldosouky, A. M., Pham, L. T., Mohamed, H., & Pradhan, B. (2020). A comparative study of THG, AS, TA, Theta, TDX and LTHG techniques for improving source boundaries detection of magnetic data using synthetic models: A case study from G. Um Monqul, North Eastern Desert, Egypt. *Journal of African earth sciences*, 170, 103940.
- Eldosouky, A. M., El-Qassas, R. A., Pour, A. B., Mohamed, H., & Sekandari, M. (2021). Integration of ASTER satellite imagery and 3D inversion of aeromagnetic data for deep mineral exploration. *Advances in Space Research*, 68(9), 3641-3662.
- Eldosouky, A. M., Pham, L. T., & Henaish, A. (2022). High precision structural mapping using edge filters of potential field and remote sensing data: A case study from Wadi Umm Ghalqa area, South Eastern Desert, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 25(2), 501-513.
- Ghosh, G. (2016). Magnetic data interpretation for the source-edge locations in parts of the tectonically active transition zone of the

- Narmada-Son Lineament in Central India. *Pure and Applied Geophysics*, 173, 555-571.
- Ma, G., Liu, C., & Li, L. (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.
- Melouah, O., & Pham, L. T. (2021). An improved ILTHG method for edge enhancement of geological structures: application to gravity data from the Oued Righ valley. *Journal of African earth sciences*, 177, 104162.
- Melouah, O., Eldosouky, A. M., & Ebong, E. D. (2021a). Crustal architecture, heat transfer modes and geothermal energy potentials of the Algerian Triassic provinces. *Geothermics*, 96, 102211.
- Melouah, O., Steinmetz, R. L. L., & Ebong, E. D. (2021b). Deep crustal architecture of the eastern limit of the West African Craton: Ougarta Range and Western Algerian Sahara. *Journal of African earth sciences*, 183, 104321.
- Oksum, E., Dolmaz, M. N., & Pham, L. T. (2019). Inverting gravity anomalies over the Burdur sedimentary basin, SW Turkey. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 54, 445-460.
- Pham, L. T., Oksum, E., & Do, T. D. (2018a). GCH_gravinv: A MATLAB-based program for inverting gravity anomalies over sedimentary basins. *Computers & Geosciences*, 120, 40-47.
- Pham, L. T., Oksum, E., Do, T. D., & Huy, M. (2018b). New method for edges detection of magnetic sources using logistic function. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 40(6), 127-135.
- Pham, L. T., Oksum, E., Do, T. D., Le-Huy, M., Vu, M. D., & Nguyen, V. D. (2019a). LAS: A combination of the analytic signal amplitude and the generalised logistic function as a novel edge enhancement of magnetic data. *Contributions to Geophysics & Geodesy*, 49(4).
- Pham, L. T., Oksum, E., & Do, T. D. (2019b). Edge enhancement of potential field data using the logistic function and the total horizontal gradient. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 54, 143-155.
- Pham, L. T., Van Vu, T., Le Thi, S., & Trinh, P. T. (2020). Enhancement of potential field source boundaries using an improved logistic filter. *Pure and Applied Geophysics*, 177, 5237-5249.
- Pham, L. T., Eldosouky, A. M., Melouah, O., Abdelrahman, K., Alzahrani, H., Oliveira, S. P., & András, P. (2021). Mapping subsurface structural lineaments using the edge filters of gravity data. *Journal of King Saud University-Science*, 33(8), 101594.
- Pham, L. T., Nguyen Xuan, T., Eldosouky, A. M., Do, T. D., & Nguyen, T. Q. (2022a). The utility of the enhancement techniques for mapping subsurface structures from gravity data. *Frontiers in Scientific Research and Technology*, 3(1), 11-19.
- Pham, L. T., Oksum, E., Kafadar, O., Trong, T. P., Viet, D. N., Thanh, Q. V., & Le Thi, S. (2022b). Determination of subsurface lineaments in the Hoang Sa islands using enhanced methods of gravity total horizontal gradient. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 44(3), 395-409.
- Pham, L. T., Oksum, E., Eldosouky, A.M. (2023a). High precision subsurface structural mapping of the Trompsburg complex (South Africa) from gravity and magnetic data. *Advances in Space Research*, 71, 2348-2356.
- Pham, L. T., Ghoms, F. E. K., Vu, T. V., Oksum, E., Steffen, R., Tenzer, R. (2023b). Mapping the structural configuration of the western Gulf of Guinea using advanced gravity interpretation methods. *Physics and Chemistry of the Earth*, 129, 103341.
- Pham, L. T., Van Duong, H., Kieu Duy, T. và nnk. (2023c). An effective edge detection technique for subsurface structural mapping from potential field data. *Acta Geophys.* <https://doi.org/10.1007/s11600-023-01185-3>
- Trung, N. N., Van Kha, T., & Van Nam, B. (2022). Determination of vertical derivative of gravity anomalous by upward continuation and Taylor series transform methods: application to the Southwest sub-basin of the East Vietnam Sea. *Vietnam Journal of Marine Science and Technology*, 22(2), 1-10.

- Rao, D. B., Prakash, M., & Babu, N. R. (1990). 3D and $2\frac{1}{2}$ d modelling of gravity anomalies with variable density contrast. *Geophysical prospecting*, 38(4), 411-422.
- Wijns, C., Perez, C., & Kowalczyk, P. (2005). Theta map: Edge detection in magnetic data. *Geophysics*, 70(4), L39-L43.
- Yuan, Y., Gao, J.-Y., & Chen, L.-N. (2016). Advantages of horizontal directional Theta method to detect the edges of full tensor gravity gradient data. *Journal of Applied Geophysics*, 130, 53-61.
- Zareie, V., & Moghadam, R. H. (2019). The application of theta method to potential field gradient tensor data for edge detection of complex geological structures. *Pure and Applied Geophysics*, 176, 4983-5001.
- Zhou, S., Huang, D., & Jiao, J. (2017). Total horizontal derivatives of potential field three-dimensional structure tensor and their application to detect source edges. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 52, 317-329.