

CHƯƠNG TRÌNH GIẢI ĐOÁN TÀI LIỆU TỪ BẰNG PHƯƠNG PHÁP GRADIEN CÓ ĐỘ PHÂN GIẢI CAO

Đặng Văn Liệt

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên – Đại học Quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

(Bài nhận ngày 29 tháng 9 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 24 tháng 11 năm 2004)

TÓM TẮT: Để phân tích tài liệu từ, phương pháp gradient có độ phân giải cao được phát triển trong những năm gần đây nhằm xác định các ranh giới địa chất bằng cách sử dụng giá trị đạo hàm bậc 2 theo phương thẳng đứng của hai gradien ngang và một gradien thẳng đứng. Phương pháp bán tự động này không chỉ xác định được vị trí của ranh giới cấu trúc địa chất, mà còn xác định được độ sâu đến nguồn trường gây nên các dị thường.

Trong bài này chúng tôi xây dựng chương trình giải đoán tài liệu từ bằng phương pháp trên. Qua sử dụng cho thấy chương trình rất tiện lợi trong tính toán, kể cả biểu diễn kết quả dưới dạng bản đồ và dưới dạng file. Chương trình được minh họa bằng việc phân tích tài liệu từ ở một vùng biển cực nam của Nam Việt Nam.

1- MỞ ĐẦU

Trong việc giải đoán tài liệu từ và trọng lực, từ trước thập niên 1970 tới nay các nhà địa vật lý đã phát triển một số phương pháp tự động hoặc bán tự động và sử dụng rất hiệu quả trong việc xác định các tham số hình học như vị trí của các biên, độ sâu nguồn. Các phương pháp này đặt cơ sở trên việc sử dụng gradien theo phương ngang hoặc phương thẳng đứng (Nabighian, 1972, 1974; Reid et al. 1990; Hsu et al. 1996). Ưu điểm của các phương pháp này là tìm được lời giải định lượng hoặc bán định lượng mà không cần hoặc cần rất ít các giả thiết. Thí dụ như trong phương pháp dùng các biên độ cực đại của tín hiệu giải tích để xác định vị trí biên của các cấu trúc, kết quả đạt được độc lập với các tham số của trường địa từ và phương từ hoá của nguồn (Nabighian 1972, 1974). Do các tiện lợi trên, trong những năm gần đây các phương pháp trên được áp dụng nhiều trong việc phân tích tài liệu từ (Reynolds, 1997). Trong bài này tác giả xây dựng chương trình giải đoán tài liệu từ, sử dụng phương pháp dùng các biên độ cực đại của tín hiệu giải tích của Hsu et al. (1996); sau đó, dùng chương trình đã xây dựng để phân tích các dị thường từ ở một vùng biển của Nam Việt Nam.

2- XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH

2.1. Tóm tắt cơ sở lý thuyết

Theo Hsu et al. (1996), cơ sở lý thuyết của phương pháp là các tín hiệu giải tích (analytic signals) được đưa ra bởi Nabighian (1972, 1974); trong đó tín hiệu giải tích đơn giản được định nghĩa như sau:

$$A_0(x, y) = \frac{\delta T}{\delta x} \hat{x} + \frac{\delta T}{\delta y} \hat{y} + i \frac{\delta T}{\delta z} \hat{z} \quad (1)$$

$A_0(x, y)$ có biên độ là:

$$|A_0(x, y)| = \sqrt{(T_x)^2 + (T_y)^2 + (T_z)^2} \quad (2)$$

với T là các dị thường của trường-thế và :

$$T_x = \frac{\delta T}{\delta x}; \quad T_y = \frac{\delta T}{\delta y}; \quad T_z = \frac{\delta T}{\delta z}$$

là các gradien ngang và gradien thẳng đứng.

Phương trình (1) được mở rộng để có tín hiệu giải tích được nâng lên bậc n :

$$A_n(x, y) = \frac{\delta}{\delta x} \left(\frac{\delta^n T}{\delta z^n} \right) \hat{x} + \frac{\delta}{\delta y} \left(\frac{\delta^n T}{\delta z^n} \right) \hat{y} + i \frac{\delta}{\delta z} \left(\frac{\delta^n T}{\delta z^n} \right) \hat{z} \quad (3)$$

và biên độ của nó là :

$$|A_n(x, y)| = \sqrt{(\Delta^n T_x)^2 + (\Delta^n T_y)^2 + (\Delta^n T_z)^2} \quad (4)$$

với $\Delta^n = \delta^n / \delta z^n$.

Hsu đã chứng minh chỉ cần lấy $n = 2$ là đủ để xác định biên của các cấu trúc; lúc đó, biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên (4) sẽ là:

$$|A_2(x, y)| = \sqrt{(\Delta^2 T_x)^2 + (\Delta^2 T_y)^2 + (\Delta^2 T_z)^2} \quad (5)$$

Trong trường hợp nguồn nông, thì:

$$\left(\frac{\delta^n T_x}{\delta z^n}\right)^2 + \left(\frac{\delta^n T_y}{\delta z^n}\right)^2 + \left(\frac{\delta^n T_z}{\delta z^n}\right)^2 = \frac{(1^2 x 2^2 x 3^2 x \dots x n^2) \alpha^2}{(d^2 + h^2)^{n+1}} \quad (6)$$

trong đó, d là độ sâu đến mặt trên của nguồn, h là khoảng cách dọc theo trục thẳng góc với phương 2-D của cấu trúc, α là tham số của môi trường, phụ thuộc vào độ từ cảm của dị vật, cường độ từ trường của trái đất và góc nghiêng (Nabighian, 1974).

Do đó, để xác định độ sâu cần phải tính biên độ cực đại của tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2 ($h = 0$):

$$|A_2(x, y)|_{\max} = \frac{|2\alpha|}{d^3} \quad (7)$$

và biên độ cực đại của tín hiệu giải tích đơn giản:

Tỉ số của hai phương trình (8) và (7) được dùng để xác định độ sâu đến mặt trên của biên cấu trúc, độc lập với tham số của môi trường:

$$|A_0(x, y)|_{\max} = \frac{|\alpha|}{d} \quad (8)$$

$$d = \sqrt{2} \sqrt{\frac{|A_0(x, y)|_{\max}}{|A_2(x, y)|_{\max}}} \quad (9)$$

Với phương pháp gradien có độ phân giải cao, bản đồ biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên là cơ sở để xác định biên của cấu trúc. Dựa theo qui luật phân bố địa chất của vùng, đường nối các cực đại của biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên có thể ứng với biên của các cấu trúc. Ngoài ra, để xác định độ sâu d phải tính thêm bản đồ biên độ giải tích đơn giản và phải xác định các giá trị cực đại của A_2 và A_0 (Blackely and Simpson, 1986).

Để tính bản đồ biên độ của tín hiệu giải tích đơn giản và biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên phải có các giá trị của gradien ngang, gradien thẳng đứng và đạo hàm bậc hai theo phương thẳng đứng. Trong bài này, tác giả sử dụng công thức giải tích để tính các gradien. Dùng công thức Stirling 5 điểm để tính gradien ngang T_x và T_y :

$$T_x = \frac{T_{x+2} - 8T_{x+1} + 8T_{x-1} - T_{x-2}}{12S} \quad (10)$$

$$T_y = \frac{T_{y+2} - 8T_{y+1} + 8T_{y-1} - T_{y-2}}{12S} \quad (11)$$

với S là khoảng cách giữa hai điểm đo; $T_{x-2}, T_{x-1}, T_{x+1}, T_{x+2}$ là các giá trị cường độ từ trường theo phương x tại các điểm $x-2, x-1, x+1, x+2$; tương tự như trên cho phương y .

- Tính gradien thẳng đứng T_z bằng công thức Evjen (Dobrin, 1976)

$$T_z = -1,07716 T(0) + \frac{\bar{T}(S\sqrt{2})}{2(S\sqrt{2})} + \frac{\bar{T}(S\sqrt{5})}{2(S\sqrt{5})} + \frac{\bar{T}(2S)}{2(2S)} \quad (12)$$

- Tính đạo hàm bậc hai theo phương thẳng đứng bằng công thức Henderson và Zietz (1949) (Dobrin, 1976) .

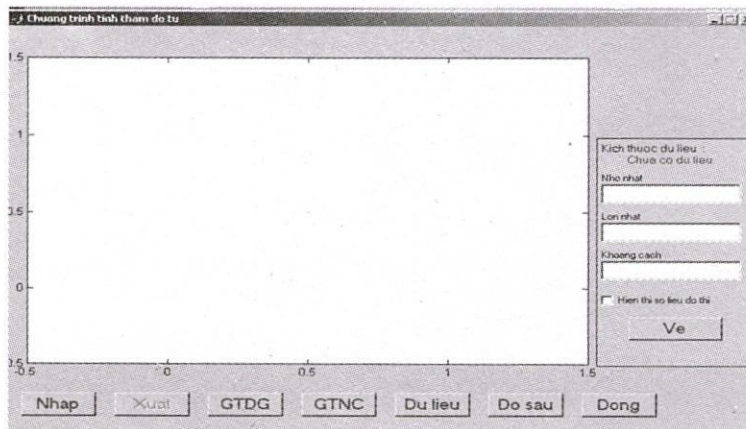
$$\frac{\partial^2}{\partial z^2} [T(x, y)] = \frac{1}{3S^2} \left[21\bar{T}(0) - 8\bar{T}(S) + 3\bar{T}(S\sqrt{2}) - \frac{1}{4}\bar{T}(2S) \right] \quad (13)$$

với $T(0)$ là giá trị trường từ tại tâm vòng tròn, $\bar{T}(S)$, $\bar{T}(S\sqrt{2})$, $\bar{T}(S\sqrt{5})$, $\bar{T}(2S)$ là các giá trị trung bình của trường từ tính trên các vòng tròn có tâm O, bán kính $S, S\sqrt{2}, S\sqrt{5}, 2S$. Từ công thức (13) chúng ta tính được đạo hàm bậc hai theo phương thẳng đứng của T_x, T_y, T_z .

2.2. Chương trình tính toán

Chương trình được xây dựng bằng phần mềm tiện ích MatLab (Rice University, 1999), gồm ba chương trình tính giá trị biên độ của tín hiệu giải tích đơn giản (Ao.m), tính giá trị biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2 (A1.m), tính giá trị độ sâu (giatridosau.m) và chương trình chính (gradien1.m) có giao diện và các chương trình con phụ trợ. Để chạy chương trình này cần phải cài đặt phần mềm Matlab và chép vào thư mục work. Khởi động chương trình chính (gradien1.m):

- Giao diện của chương trình chính khi khởi động có dạng:

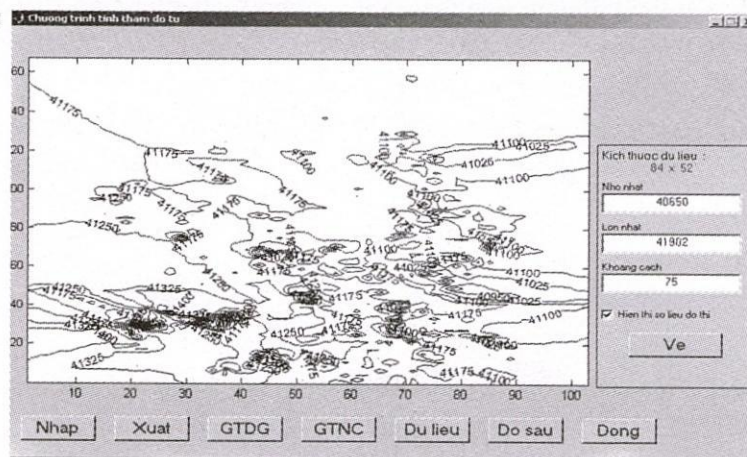


Hình 1: Giao diện khi chưa có dữ kiện

Chương trình chính có các chức năng như sau:

Nhap: Nhập dữ liệu dùng để tính toán và vẽ ngay đường đẳng trị (xem text box: nhỏ nhất , lớn nhất, khoảng cách). Dữ liệu nhập gồm ba cột x, y, z với (x,y) là tọa độ và z là giá trị.

- Khi có dữ liệu, giao diện có dạng:



Hình 2: Giao diện khi có dữ kiện

Xuat: Xuất dữ liệu tính toán ra một file dạng Ascii hoặc dạng Surfer (dùng để vẽ trong Surfer).

Gồm hai ô chọn:

- Chọn dữ liệu cần save: chọn dữ liệu cần xuất gồm dữ liệu gốc, dữ liệu giá trị biên độ của tín hiệu giải tích đơn giản, dữ liệu giá trị biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2, dữ liệu giá trị độ sâu.
- Dạng file cần save: Chọn kiểu file xuất ra là Ascii hay file dùng cho phần mềm Surfer.

GTDG: Tính giá trị biên độ của tín hiệu giải tích đơn giản và vẽ đường đẳng trị.

GTNC: Tính giá trị biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2 và vẽ đường đẳng trị.

DoSâu: Tính độ sâu và vẽ đường đẳng trị.

Dulieu: Xem lại bản đồ đẳng trị của dữ liệu nhập.

Ve: Vẽ lại bản đồ đẳng trị.

Dong: Thoát khỏi chương trình

Các box:

Textbox nhỏ nhất, lớn nhất, khoảng cách: dùng chọn lựa giá trị lớn nhất, nhỏ nhất, và khoảng cách các đường đẳng trị.

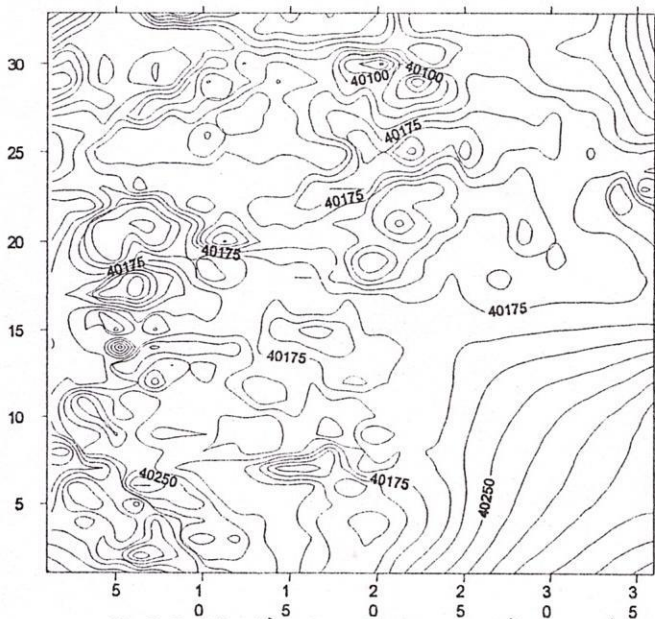
Checkbox Hiện thị số liệu đo thi: Hiển thị giá trị của đường đẳng trị:

- On: ghi giá trị trên đường đẳng trị.
- Off: không ghi giá trị trên đường đẳng trị.

Các ưu và nhược điểm của chương trình được nhận xét trong phần kết luận.

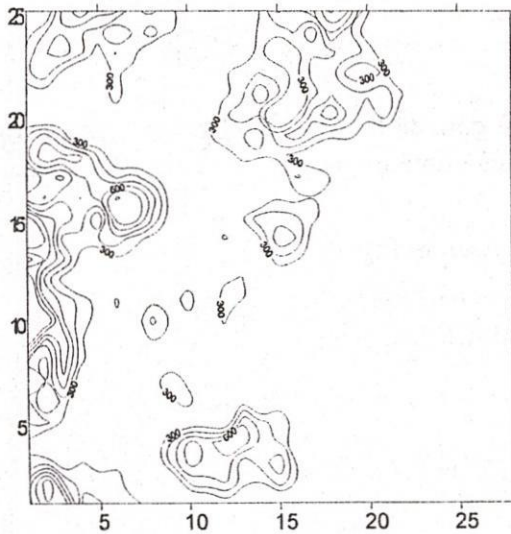
3. ÁP DỤNG – PHÂN TÍCH TÀI LIỆU TỪ VÙNG BIỂN VIỆT NAM

Dữ kiện để tính toán minh họa trong bài này là bản đồ cường độ từ toàn phần của một vùng biển cực nam của Nam Việt Nam rộng khoảng 60.000 km². Trong diện tích này, ở góc Đông Nam chỉ là các giá trị nội suy (Hình 3). Giá trị đo hoàn tất năm 1968 bằng phép đo từ trên biển với từ kế proton Varian V-4937 có độ chính xác 1γ, và đã được hiệu chỉnh dựa trên các đài địa từ đặt ở Indonesia và Phillipine. Các giá trị này được số hoá thành mạng 36x33 điểm (khoảng cách mạng là 5km) và ghi trong file data1.dat gồm 3 cột :x (vĩ độ); y (kinh độ) và z (giá trị T) theo dạng để vẽ trong phần mềm Surfer; để khỏi phải chỉ đường dẫn nên chép file số liệu vào trong thư mục chứa chương trình chính.

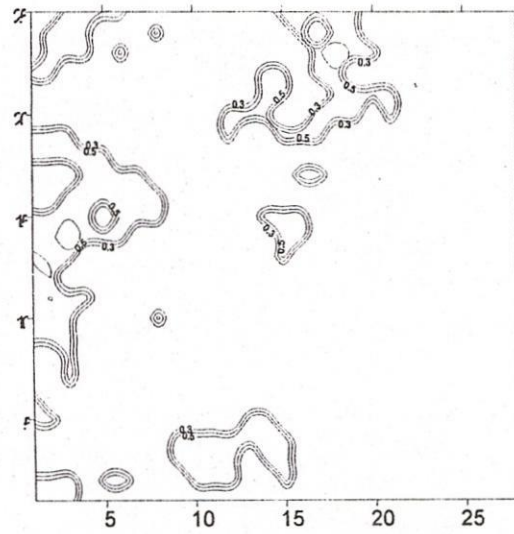


Hình 3: Bản đồ cường độ từ toàn phần T
(Các đường đẳng trị cách nhau 25nT)

Sử dụng chương trình gradient.m với tên file nhập là data1.m và tính bản đồ biên độ của tín hiệu giải tích đơn giản, bản đồ biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2 và bản đồ độ sâu. Bản đồ biên độ của tín hiệu giải tích đơn giản là bản đồ trung gian dùng để xác định bản đồ độ sâu nên không nêu ra. Hình 4 là bản đồ biên độ của tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2, các cực đại tập trung thành hai vùng lớn, một ở phía Bắc và một ở phía Tây và hai nhóm cực đại nhỏ hơn ở phía Nam, các nhóm cực đại này có khuynh hướng kéo dài và nghiêng nhẹ theo phương Đông Bắc-Tây Nam.



Hình 4: Bản đồ biên độ tín hiệu giải tích được nâng lên bậc 2 (Khoảng cách các đường đẳng trị 100 đv)



Hình 5: Bản đồ độ sâu (Khoảng cách các đường đẳng trị 0,1đv đv)

Do vùng khảo sát nhỏ so với khu vực nên chưa thể kết luận gì về các biên cấu tạo địa chất hay các đứt gãy trong vùng. Tuy nhiên, một điều đáng khích lệ là sự phù hợp giữa các vùng cực đại trên bản đồ giải tích được nâng lên với các vùng tập trung các dị thường địa phương trên bản đồ dị thường địa phương. Điều này có thể giải thích là do các biên cấu tạo hay đứt gãy thường đưa các vật liệu có từ tính lên các lớp đá gần trên mặt và chúng là nguyên nhân của các dị thường địa phương. Bản đồ độ sâu cho thấy các vùng biên của các cấu trúc có độ sâu đến mặt trên của các đối tượng thay đổi từ 2,5 - 3km (0,5 - 0,6x5km) (Đặng Văn Liệt, 2002).

4. KẾT LUẬN

Phương pháp gradien có độ phân giải cao và phương pháp giải chập Euler hiện là hai phương pháp quan trọng trong việc phân tích tài liệu từ trong mười năm trở lại đây và đang được các nước phát triển sử dụng. Tác giả đã xây dựng chương trình dùng để tính phương pháp này một cách tiện lợi và nhanh chóng. Kết quả thể hiện bằng bản đồ ngay trên màn hình tạo dễ dàng cho công tác phân tích sơ bộ và kết quả cũng được xuất ra file số liệu dưới dạng thích hợp với phần mềm Surfer (phần mềm chuyên dùng để vẽ bản đồ đẳng trị trong ngành địa chất và địa vật lý). Khuyết điểm của chương trình là chưa kết nối trực tiếp với phần mềm Surfer mà phải xuất kết quả ra file rồi mới chuyển qua Surfer; ngoài ra, bản đồ độ sâu còn vẽ dưới dạng đường đẳng trị, chưa vẽ được dưới dạng các ký hiệu khác nhau theo độ sâu và đây là các điểm cần khắc phục cho các phiên bản sau.

Chương trình được cung cấp theo địa chỉ dangvanliet@phys.hcmuns.edu.vn. Tác giả chân thành cảm ơn Hội đồng Chuyên ngành Các Khoa học về Trái đất thuộc Hội đồng Khoa học Tự nhiên - Bộ Khoa học Công nghệ Môi trường đã tài trợ cho tác giả thực hiện đề tài này (mã số 731302).

A PROGRAM FOR THE INTERPRETATION OF THE MAGNETIC DATA BY USING THE HIGH-RESOLUTION TECHNIQUE

Dang Van Liet

University of Natural Sciences – Viet Nam National University - Ho Chi Minh City

ABSTRACT: *In order to determine the geologic boundaries such as contacts and faults, a high-resolution technique has been developed in recent years, using the 2-order vertical derivative values of two horizontal gradients and one vertical gradient of the magnetic data.*

In this paper, the author constructed a program to interpret the magnetic data by using this method. This program can be applied easily for computation and the results can be presented under both types: maps and files. The program was illustrated in the interpretation of the magnetic data in a southernmost area of Viet-Nam's Offshore.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Đặng Văn Liệt, *Phân tích tài liệu từ ở vùng biển phía nam của Nam Việt Nam bằng phương pháp gradient có độ phân giải cao*. Hội thảo khoa học công tác nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực các Khoa học về trái đất ở các tỉnh phía nam, định hướng nghiên cứu và đào tạo nhân lực phục vụ cho các mục tiêu phát triển bền vững - TP Hồ Chí Minh, 23-24/12/2002.
- [2]. Blakely, R.J., and Simpson, R.W., *Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies*, Geophysics, Vol.51, 1494-1498, 1986.
- [3]. Dobrin M. , *Introduction to Geophysical prospecting*. Mac GrawHill, NY, 1976.
- [4]. Hsu, S.K., Sibuet, J.C., Shyu, C.T., *High-resolution detection of geologic boundaries from potential-field anomalies: An enhanced analytic signal technique*. Geophysics, Vol.61, 373-386, 1996.
- [5]. Nabighian, M.N., *The analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: Its properties and use for automated anomaly interpretation*. Geophysics, Vol.37, 507-517., 1972.
- [6]. Nabighian, M.N., *Additional comments on the analytic signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section*. Geophysics, Vol.39, 85-92, 1974.
- [7]. Reid A.B. et al, *Magnetic interpretation in three dimensions using Euler deconvolution*. Geophysics, V. 55, pp 80-91, 1990.
- [8]. Reynolds, J.M., *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley & Sons, Chichester, U.K, 1997.
- [9]. Rice University, *Matlab 5.2 Manual*, 1999.
<http://www.owl.net.rice.edu/~ceng303/Matlab/MatCont.html>.