

# SỬ DỤNG TRƯỜNG VERTO GRADIENT NGANG CỰC ĐẠI TRONG VIỆC MINH GIẢI TÀI LIỆU TỪ VÀ TRỌNG LỰC Ở VIỆT NAM

LÊ HUY MINH, LƯU VIỆT HÙNG, CAO ĐÌNH TRIỀU

## I. MỞ ĐẦU

Vài chục năm gần đây việc sử dụng modul verto gradien ngang cực đại để đánh giá vị trí của những thay đổi bất ngờ theo phương nằm ngang của độ từ hóa hoặc mật độ đất đá trong vỏ Trái Đất đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới [3, 6]. Gần đây, một số tác giả Việt Nam đã đề cập tới việc sử dụng kỹ thuật này trong việc minh giải bản đồ dị thường từ hàng không phần miền Bắc và bản đồ dị thường trọng lực Bouguer lãnh thổ Việt Nam [20, 21]. Điều quan trọng trong việc phân tích biên của các vật thể địa chất theo bản đồ dị thường từ là phải thực hiện phép chuyển trường về cực đối với số liệu dị thường quan sát được [1, 2]. Như đã biết, thuật toán chuyển trường về cực khá phức tạp, có độ hội tụ kém trong vùng vĩ độ thấp và vẫn đang được nhiều nhà địa vật lý thế giới quan tâm [10, 11, 14, 18]. Trong bài báo này chúng tôi xem xét việc sử dụng thuật toán chuyển trường về cực đối với số liệu từ ở Việt Nam, đồng thời sử dụng kỹ thuật xây dựng trường verto gradien ngang cực đại để đưa ra một số minh giải địa chất cho bản đồ dị thường từ hàng không phần miền Bắc và bản đồ dị thường trọng lực Bouguer lãnh thổ Việt Nam.

## II. CƠ SỞ DỮ LIỆU

Cũng như trong các công trình [20, 21] cơ sở số liệu để phân tích trong bài báo này là bản đồ từ hàng không  $\Delta T$  được thành lập ở tỷ lệ 1:200.000, được xây dựng trên cơ sở ghép nối bản đồ dị thường từ hàng không 1:200 000 phần miền Bắc do Tổng cục Địa chất thành lập đầu những năm 1960, bản đồ dị thường từ hàng không phần miền Nam do Mỹ thành lập năm 1967, và hàng loạt các bản đồ tỷ lệ lớn đối với nhiều vùng khác nhau trên toàn lãnh thổ được xây dựng trong khoảng những năm

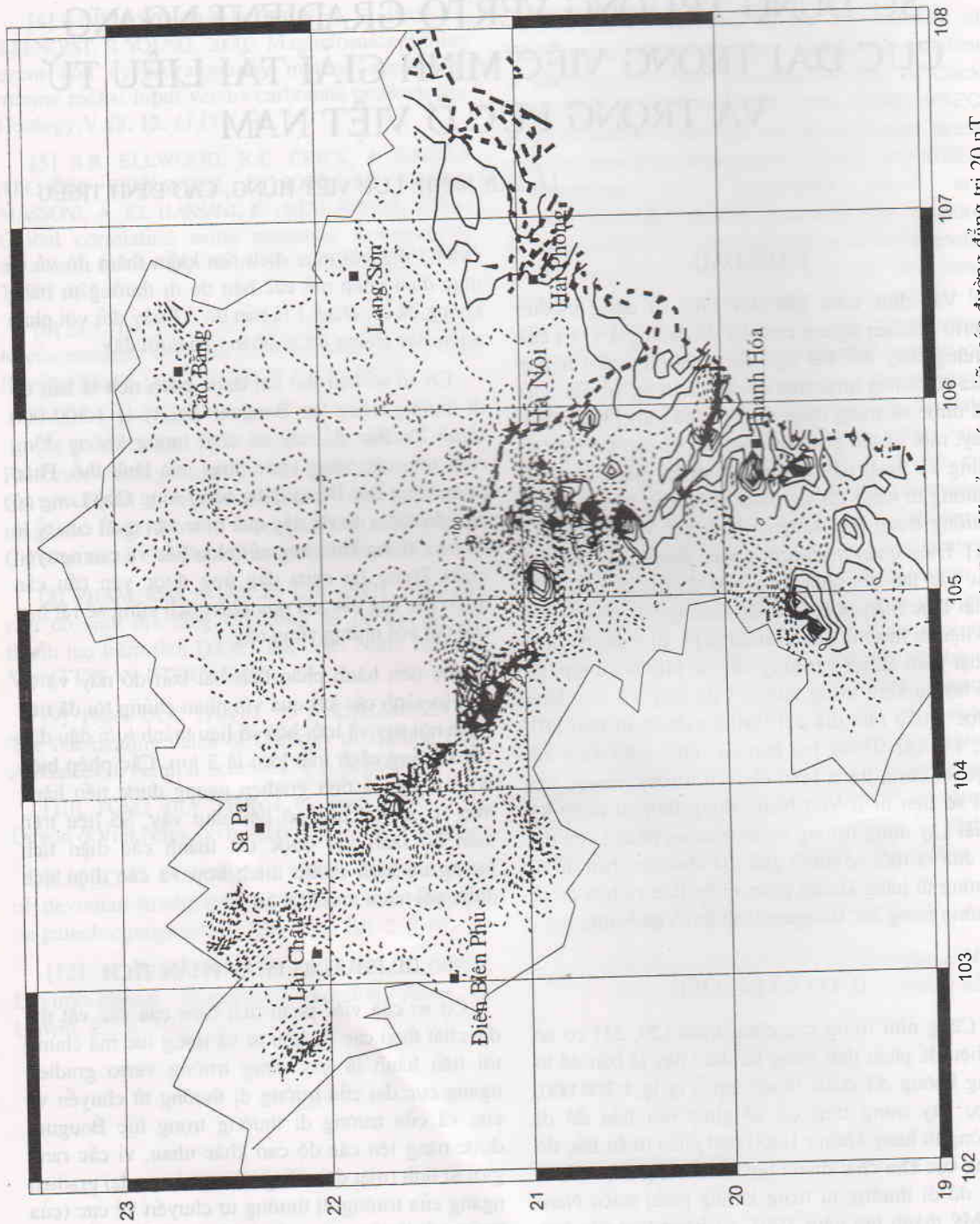
1984-1993 với mục đích tìm kiếm thăm dò và cả mục đích ghép nối các bản đồ dị thường từ hàng không đã có. Hình 1 là bản đồ  $\Delta T$  này đối với phần miền Bắc chúng tôi sẽ phân tích dưới đây.

Cơ sở số liệu thứ hai được phân tích là bản đồ dị thường trọng lực Bouguer  $\Delta g_B$  tỷ lệ 1:500 000 (hình 2). Bản đồ này có chất lượng không đồng nhất trên các vùng khác nhau của lãnh thổ. Phần đồng bằng Bắc Bộ và đồng bằng sông Cửu Long có mật độ điểm đo rất dày quá mức cần thiết của tỷ lệ đã nêu, trong khi vùng núi phía Bắc và cao nguyên miền Trung lại chưa đáp ứng được yêu cầu cần thiết. Do vậy các kết quả phân tích cũng sẽ rất hạn chế đối với những vùng này.

Để tiến hành phân tích hai bản đồ này và để tiện so sánh các kết quả với nhau chúng tôi đã tiến hành nội suy và lưới hóa số liệu thành lưới đều đặn với khoảng cách mắt lưới là 2 km. Các phép biến đổi trường và tính gradien ngang được tiến hành trên cơ sở hai lưới số liệu như vậy. Số liệu trên toàn bộ lãnh thổ được cắt thành các diện tích vuông có kích thước thích hợp và các diện tích được gói nhau từ 30 tới 50 %.

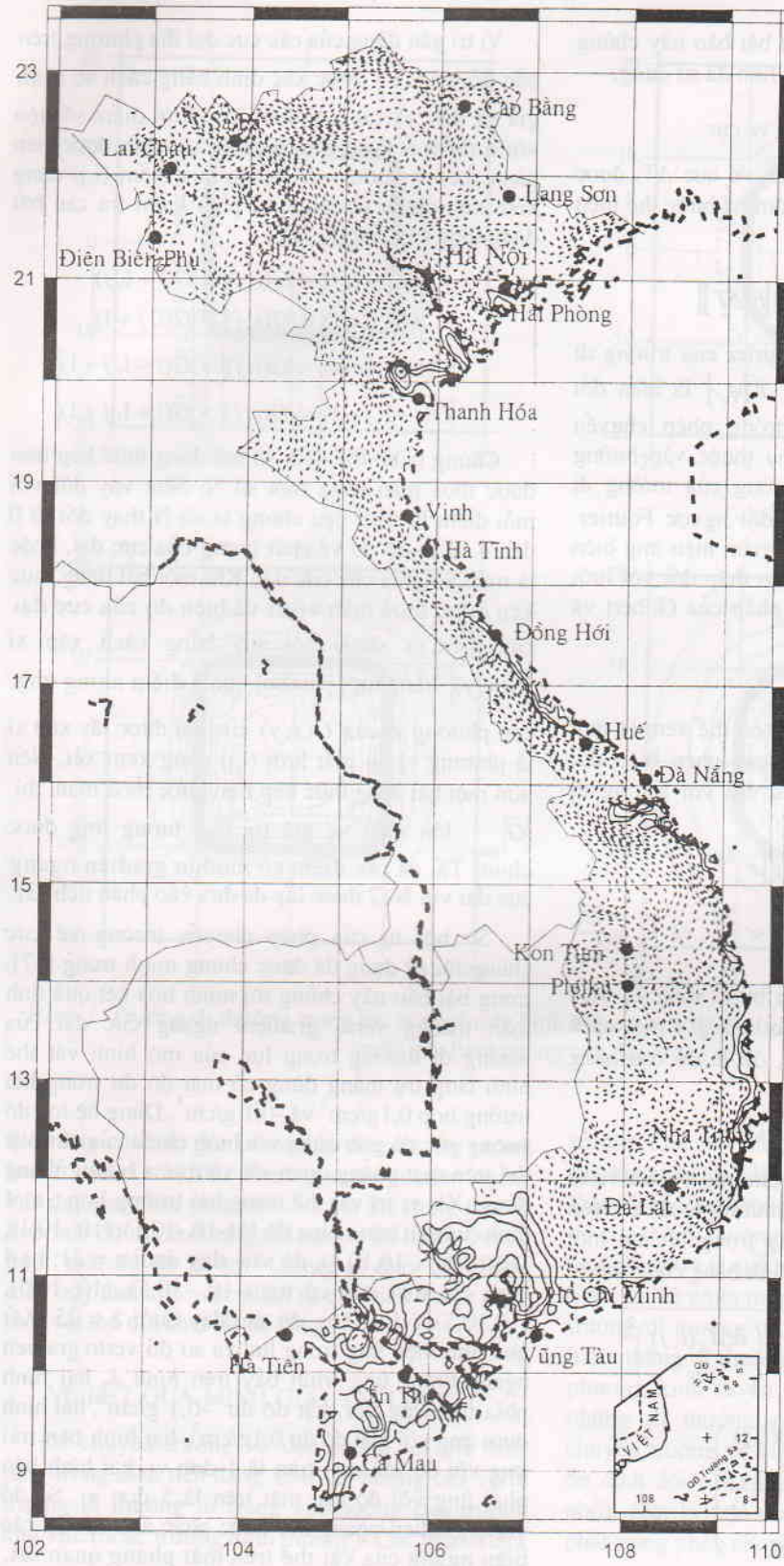
## III. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Cơ sở của việc phân tích biên của các vật thể địa chất theo các tài liệu từ và trọng lực mà chúng tôi tiến hành là xây dựng trường verto gradien ngang cực đại của trường dị thường từ chuyển về cực và của trường dị thường trọng lực Bouguer được nâng lên các độ cao khác nhau, vì các ranh giới từ tính (mật độ) trùng với vị trí cực đại gradien ngang của trường dị thường từ chuyển về cực (của trường dị thường trọng lực). Trong [17] đã miêu tả đầy đủ cơ sở của phương pháp chuyển trường về cực và phương pháp xây dựng trường verto gradien

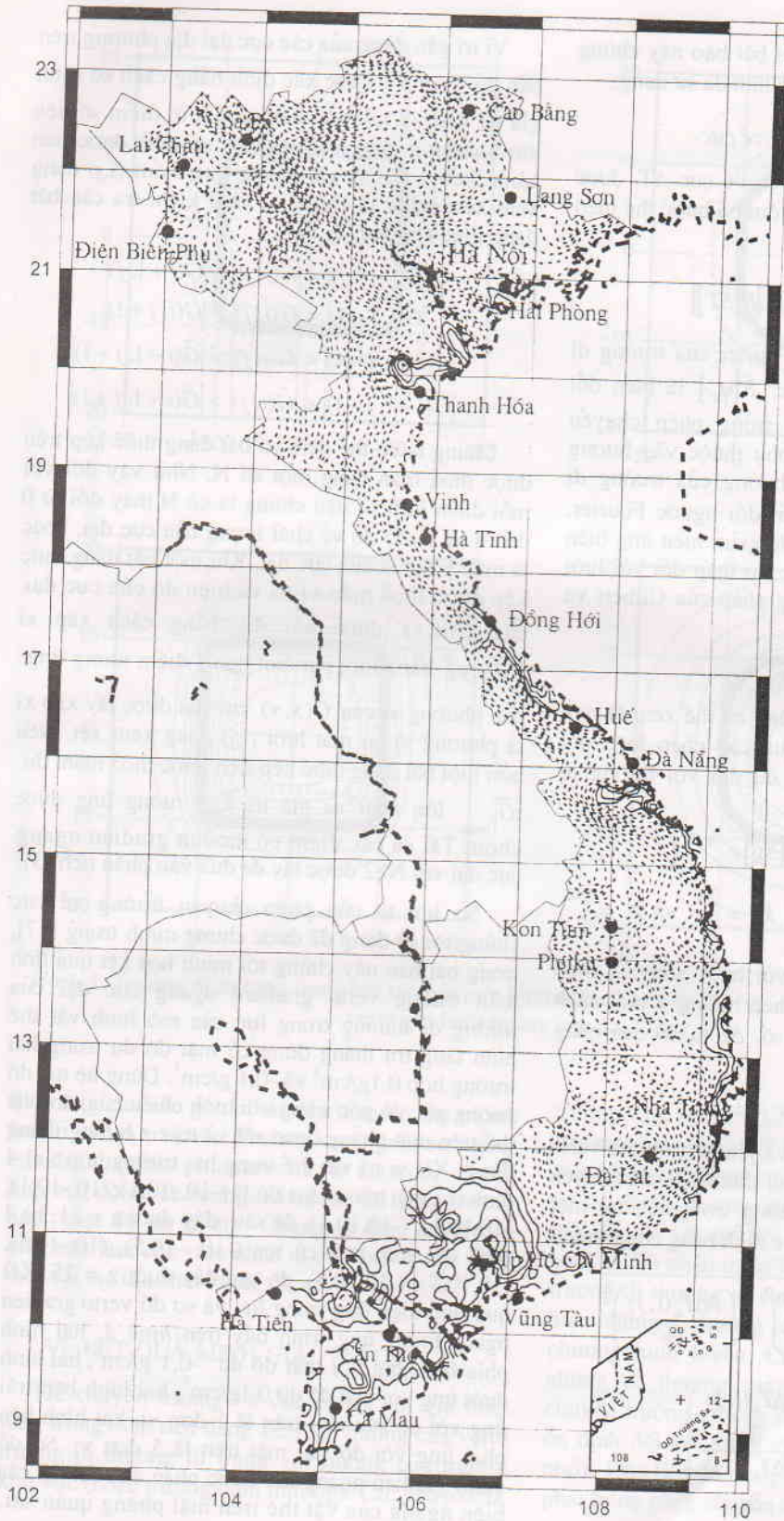


Hình 1. Bản đồ địa thường từ hàng không vùng miền Bắc. Khoảng cách giữa các đường đẳng trị 20 nT





Hình 2. Bản đồ dị thường trọng lực Bouguer lãnh thổ Việt Nam  
 Khoảng cách giữa các đường đẳng trị 5 mgal



Hình 2. Bản đồ dị  
thường trọng lực  
Bouguer lãnh thổ  
Việt Nam

Khoảng cách giữa  
các đường đẳng trị  
5 mgal



ngang cực đại. Để dễ theo dõi bài báo này chúng tôi tóm tắt lại các phương pháp tính đã sử dụng.

### Phương pháp chuyển trường về cực

Trường dị thường từ chuyển về cực  $\Delta T_r$  được xác định bằng một quá trình gồm ba bước thể hiện qua công thức [2]:

$$\Delta T_r = F^{-1} [F[\psi_r] F[\Delta T]]$$

trong đó  $F[\Delta T]$  là biến đổi Fourier của trường dị thường từ  $\Delta T$  quan sát được,  $F[\psi_r]$  là biến đổi Fourier của nhân biến đổi trong phép chuyển trường về cực là một hàm phụ thuộc vào hướng của trường từ khu vực và hướng của trường dị thường từ.  $F^{-1}$  ký hiệu biến đổi ngược Fourier. Trước khi biến đổi Fourier, để giảm hiệu ứng biên chúng tôi đã áp dụng bộ lọc tần thấp đối với lưới số liệu đưa vào theo phương pháp của Gilbert và Galdeano [10].

### Phương pháp nâng trường

Các phép nâng trường cũng có thể xem là một quá trình ba bước thông qua các phép biến đổi Fourier theo công thức (ví dụ đối với trường dị thường trọng lực  $\Delta g$ ):

$$\Delta g_n = F^{-1} [F[\Delta g] e^{-\Delta z |k|}]$$

trong đó  $|k| = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$  với  $k_x = \frac{2\pi}{\lambda_x}$  và  $k_y = \frac{2\pi}{\lambda_y}$

là các số sóng tương ứng với bước sóng  $\lambda_x$  theo hướng x và bước sóng  $\lambda_y$  theo hướng y một cách tương ứng trong miền tần số,  $\Delta z$  là độ cao nâng trường.

### Vecto gradient ngang cực đại

Công thức tính modul và phương vị của vecto gradient ngang của trường dị thường từ đã chuyển về cực hoặc trường dị thường trọng lực tại một điểm có tọa độ (i,j) được xác định bằng công thức:

$$|\bar{G}(i,j)| = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta T_r(i,j)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta T_r(i,j)}{\partial y}\right)^2}$$

$$\alpha = \arctg \left( \frac{\frac{\partial \Delta T_r(i,j)}{\partial y}}{\frac{\partial \Delta T_r(i,j)}{\partial x}} \right)$$

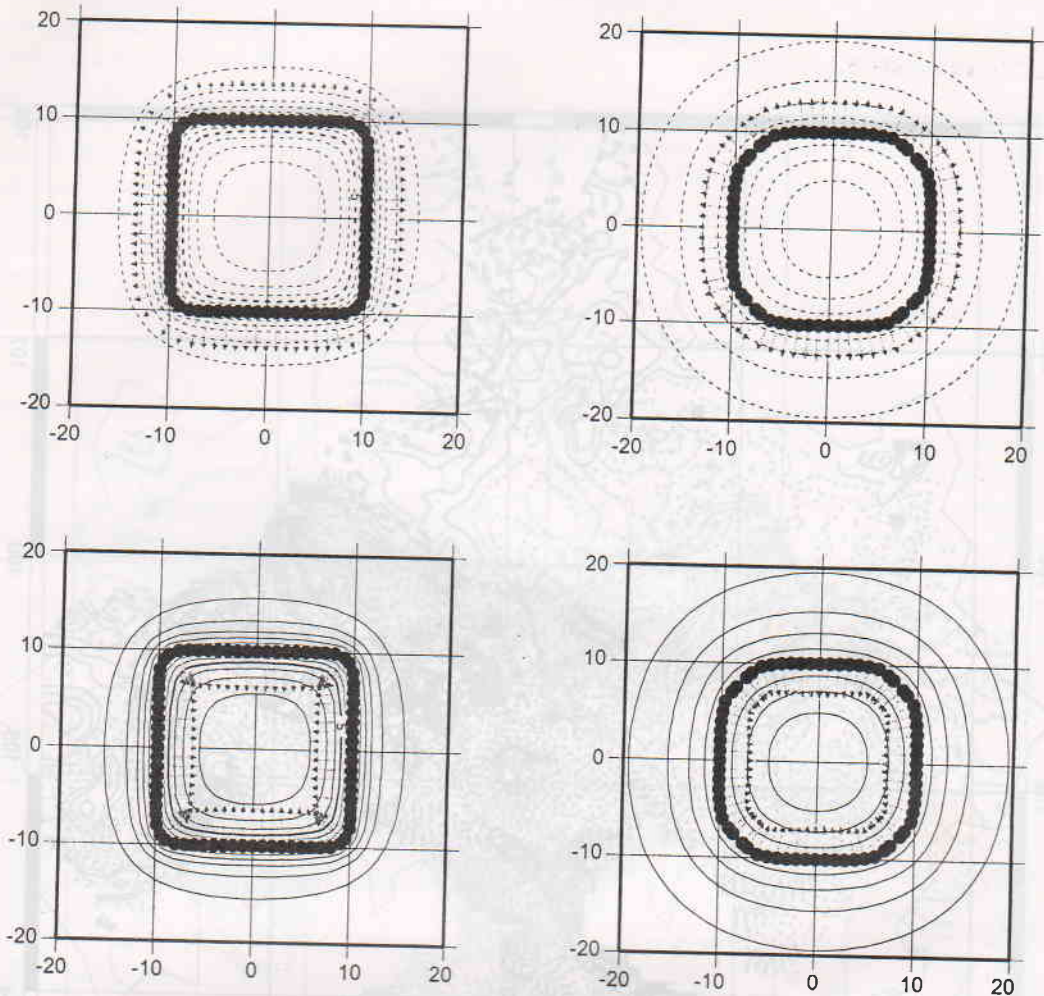
Vị trí gần đúng của các cực đại địa phương trên bản đồ  $|G(x,y)|$  được xác định bằng cách so sánh giá trị  $|G(i,j)|$  tại mỗi điểm của lưới điểm số liệu với 8 điểm ở xung quanh. Việc so sánh được tiến hành theo 4 hướng cắt ngang qua điểm (i,j) đang xem xét, nghĩa là chúng ta phải kiểm tra các bất đẳng thức kép sau [3, 17]:

$$\begin{aligned} |\bar{G}(i-1,j)| < |\bar{G}(i,j)| > |\bar{G}(i+1,j)| \\ |G(i,j-1)| < |G(i,j)| > |G(i,j+1)| \\ |\bar{G}(i+1,j-1)| < |\bar{G}(i,j)| > |\bar{G}(i-1,j+1)| \\ |\bar{G}(i-1,j-1)| < |\bar{G}(i,j)| > |\bar{G}(i+1,j+1)| \end{aligned}$$

Chúng ta có thể đếm số bất đẳng thức kép trên được thỏa mãn bằng một số N. Như vậy đối với mỗi điểm lưới số liệu chúng ta có N thay đổi từ 0 đến 4 và là độ đo về chất lượng của cực đại, hoặc là mức ý nghĩa của cực đại. Khi một bất đẳng thức kép được thỏa mãn vị trí và biên độ của cực đại của  $\bar{G}(x,y)$  được nối suy bằng cách xấp xỉ

$|\bar{G}(x,y)|$  bằng một parabol qua 3 điểm tương ứng, còn phương vị của  $\bar{G}(x,y)$  cực đại được lấy xấp xỉ là phương vị tại mắt lưới (i,j) đang xem xét. Nếu hơn một bất đẳng thức kép trên được thỏa mãn, thì  $|\bar{G}|_{\max}$  lớn nhất và giá trị  $x_{\max}$  tương ứng được chọn. Tất cả các điểm có modul gradient ngang cực đại với  $N \geq 2$  được lấy để đưa vào phân tích [3].

Sự hội tụ của phép chuyển trường về cực chúng tôi sử dụng đã được chứng minh trong [17]. Trong bài báo này chúng tôi minh họa kết quả tính toán trường vorto gradient ngang cực đại của trường dị thường trọng lực của mô hình vật thể hình lăng trụ thẳng đứng có mật độ dư trong hai trường hợp  $0,1 \text{ g/cm}^3$  và  $-0,1 \text{ g/cm}^3$ . Dùng hệ tọa độ vuông góc có gốc trùng với hình chiếu của tâm vật thể trên mặt phẳng quan sát và trục z hướng thẳng đứng. Xét vị trí vật thể trong hai trường hợp: a) 4 đỉnh của mặt trên có tọa độ là  $(-10,-10,1)$ ,  $(10,-10,1)$ ,  $(10,10,1)$ ,  $(-10,10,1)$ , độ sâu đáy dưới  $z = 21$ ; b) 4 đỉnh của mặt trên có tọa độ  $(-10,-10,5)$ ,  $(10,-10,5)$ ,  $(10,10,5)$ ,  $(-10,10,5)$ , độ sâu đáy dưới  $z = 25$ . Kết quả tính hiệu ứng trọng lực và sơ đồ vorto gradient ngang tương ứng trình bày trên hình 3, hai hình phía trên ứng với mật độ dư  $-0,1 \text{ g/cm}^3$ , hai hình bên dưới ứng với mật độ dư  $0,1 \text{ g/cm}^3$ , hai hình bên trái ứng với độ sâu mặt trên là 1 đơn vị, hai hình bên phải ứng với độ sâu mặt trên là 5 đơn vị. Sơ đồ vorto gradient ngang thu được phản ánh rất tốt các biên ngang của vật thể trên mặt phẳng quan sát,



Hình 3. Trường dị thường trọng lực tạo bởi một hình hộp có mật độ dư và độ sâu khác nhau và trường vorto gradien ngang cực đại tương ứng

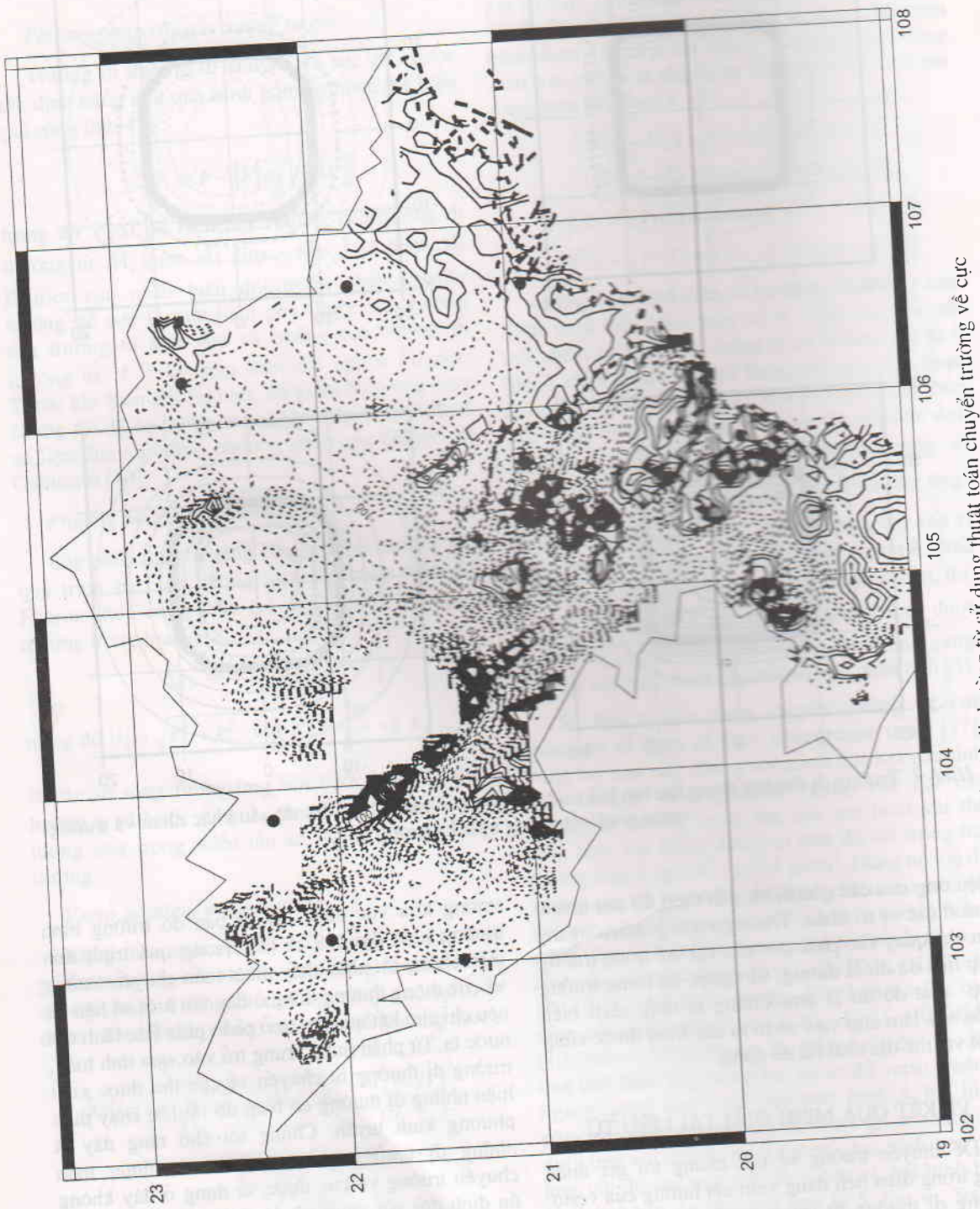
hiệu ứng của các góc bị tắt dần theo độ sâu nhanh hơn ở các vị trí khác. Trường vorto gradien ngang cực đại quay vào phía tâm của vật thể trong trường hợp mật độ dư là dương, và ngược lại trong trường hợp mật độ dư là âm. Chúng ta thấy cách biểu diễn này làm cho việc nhận ra các biên thuộc cùng một vật thể địa chất rất dễ dàng.

### VI. KẾT QUẢ MINH GIẢI TÀI LIỆU TỪ

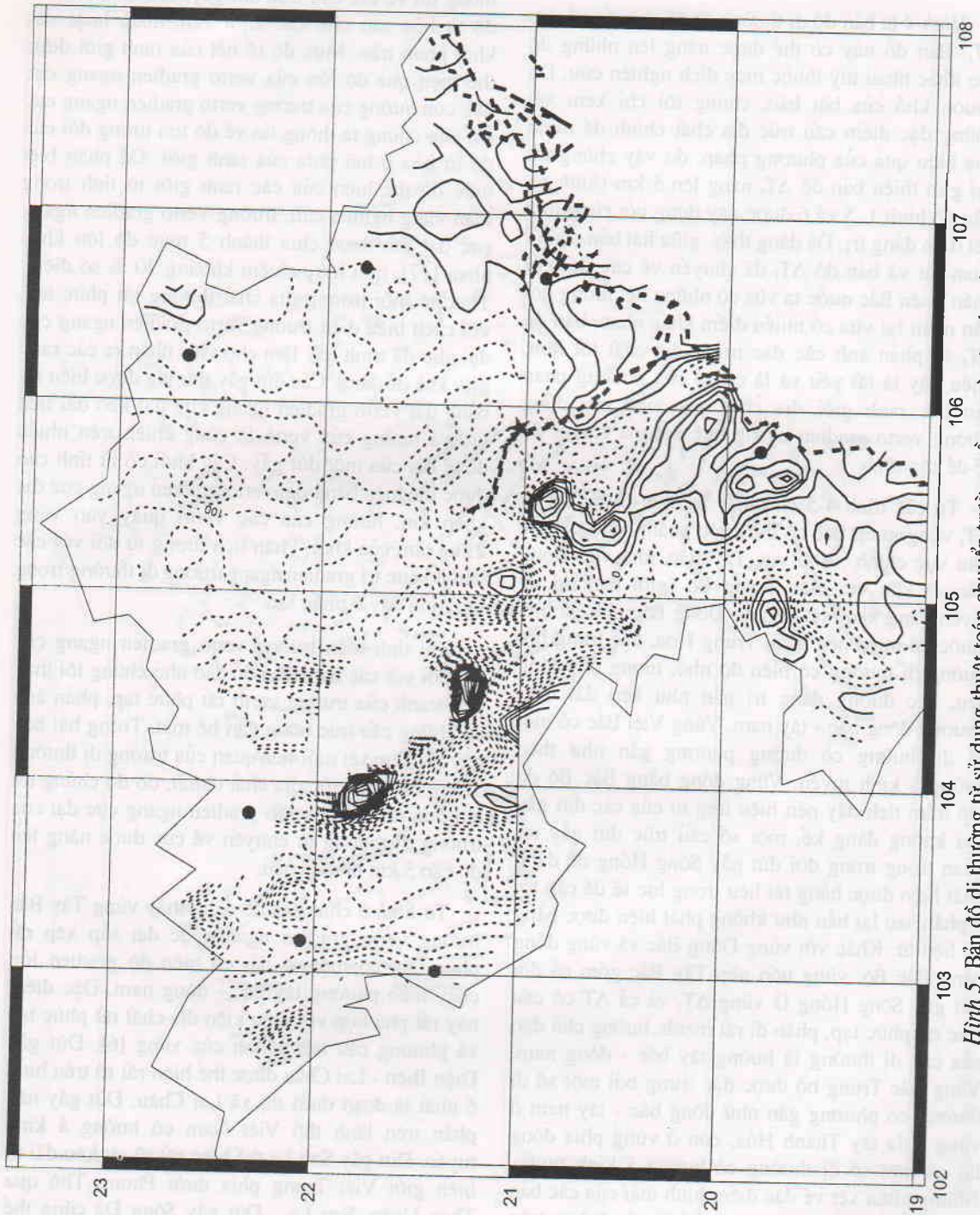
Để chuyển trường về cực chúng tôi giả thiết rằng trong diện tích đang xem xét hướng của vorto trường dị thường từ trùng với hướng của trường khu vực (hoặc trường bình thường). Các yếu tố của

trường khu vực được lấy từ bản đồ trường bình thường niên đại 1997.5 [5]. Trong quá trình tính toán chúng tôi nhận thấy thuật toán chuyển trường về cực thông thường dùng ở đây với lưới số liệu đã nêu chỉ cho kết quả hội tụ ở phần phía Bắc lãnh thổ nước ta. Từ phần miền Trung trở vào, qua tính toán, trường dị thường từ chuyển về cực thu được xuất hiện những dị thường có biên độ rất lớn chạy theo phương kinh tuyến. Chúng tôi cho rằng đây là những dị thường giả xuất hiện do thuật toán chuyển trường về cực được sử dụng ở đây không ổn định đối với vùng vĩ độ thấp (độ từ khuynh I nhỏ). Đây là một trong những khó khăn chính gặp phải trong phép chuyển trường về cực [2]. Bài toán





Hình 4. Bản đồ địa hình từ sử dụng thuật toán chuyển trường về cực



Hình 5. Bản đồ địa thường từ sử dụng thuật toán chuyển trường về cực và nâng lên độ cao 5 km



toán chuyển trường về cực trong vùng vĩ độ thấp khá phức tạp, chúng tôi tiếp tục đề cập trong bài báo tới. Do vậy chúng tôi chỉ tiến hành phân tích bản đồ từ phần miền Bắc từ vĩ tuyến 19° N trở ra.

Hình 4 là bản đồ dị thường từ đã chuyển về cực  $\Delta T_r$ . Bản đồ này có thể được nâng lên những độ cao khác nhau tùy thuộc mục đích nghiên cứu. Do khuôn khổ của bài báo, chúng tôi chỉ xem xét những đặc điểm cấu trúc địa chất chính để minh họa hiệu quả của phương pháp, do vậy chúng tôi chỉ giới thiệu bản đồ  $\Delta T_r$  nâng lên 5 km (hình 5). Bản đồ hình 1, 5 và 6 được xây dựng với cùng một tiết diện đẳng trị. Dễ dàng thấy giữa hai bản đồ  $\Delta T$  quan sát và bản đồ  $\Delta T_r$  đã chuyển về cực đối với phần miền Bắc nước ta vừa có những nét tương đối gần nhau lại vừa có nhiều điểm khác nhau, bản đồ  $\Delta T_r$  sẽ phản ánh các đặc trưng địa chất tốt hơn. Điều này là tất yếu và là cơ sở của phương pháp tìm các ranh giới địa chất qua việc xây dựng trường vorto gradien ngang cực đại mà chúng tôi sẽ đề cập tới.

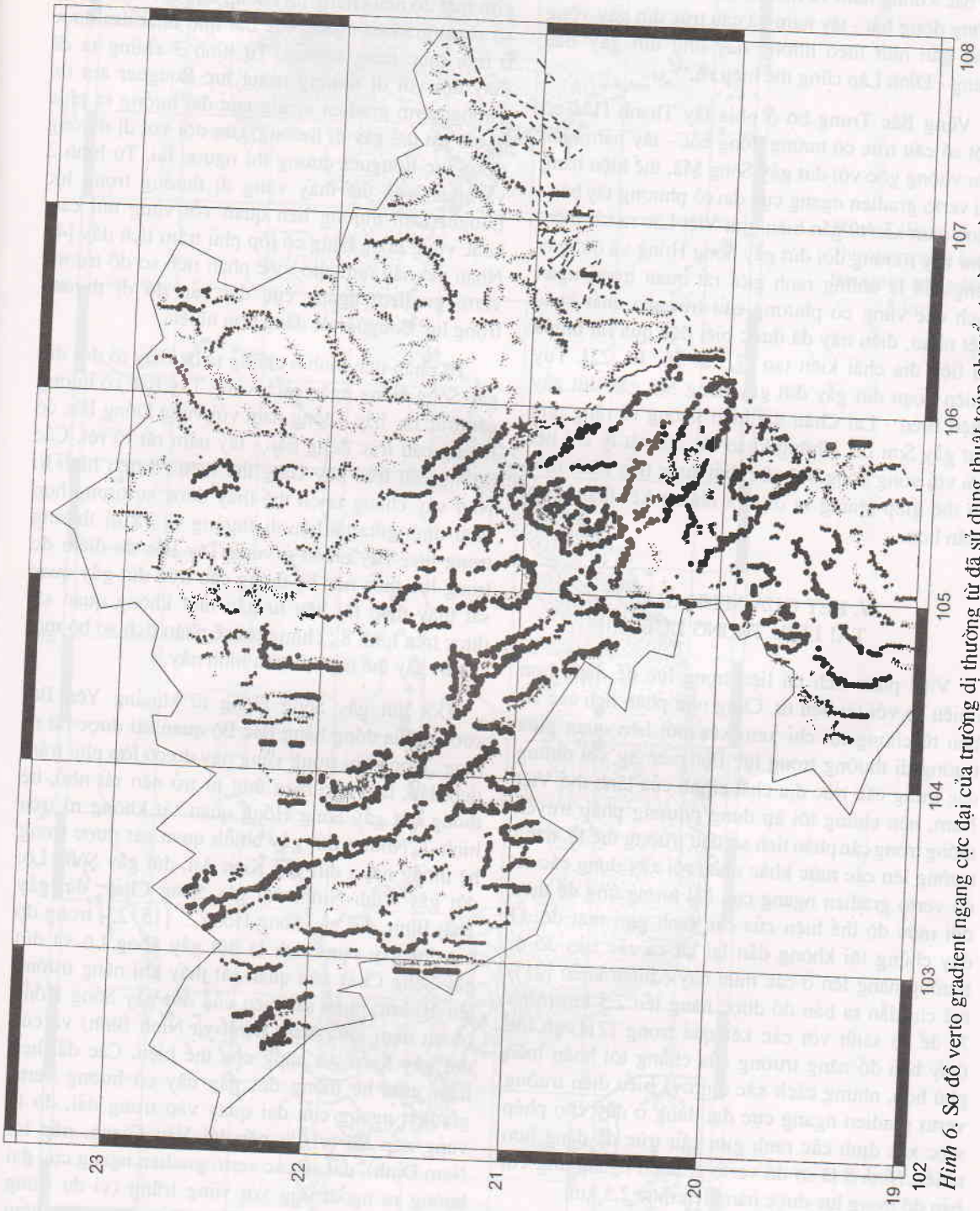
Từ các hình 4-5 cho thấy trường dị thường từ  $\Delta T_r$  vùng miền Bắc có thể được phân thành một số khu vực chính: khu vực Tây Bắc, khu vực Đông Bắc và khu vực Bắc Trung Bộ (giới hạn tới vĩ tuyến đang xem xét). Vùng Đông Bắc như đã biết thuộc về miền nền Nam Trung Hoa, đặc trưng bởi trường dị thường có biên độ nhỏ, tương đối đồng đều, các đường đẳng trị gần như kéo dài theo phương đông bắc - tây nam. Vùng Việt Bắc có một số dị thường có đường phương gần như theo hướng á kinh tuyến. Vùng đồng bằng Bắc Bộ do lớp trầm tích dày nên hiệu ứng từ của các đứt gãy rất sâu không đáng kể, một số cấu trúc đứt gãy rất quan trọng trong đới đứt gãy Sông Hồng dễ dàng phát hiện được bằng tài liệu trọng lực sẽ đề cập tới ở phần sau lại hầu như không phát hiện được bằng tài liệu từ. Khác với vùng Đông Bắc và vùng đồng bằng Bắc Bộ, vùng uốn nếp Tây Bắc gồm cả đới đứt gãy Sông Hồng là vùng  $\Delta T_r$  và cả  $\Delta T$  có cấu trúc rất phức tạp, phân dị rất mạnh, hướng chủ đạo của các dị thường là hướng tây bắc - đông nam. Vùng Bắc Trung Bộ được đặc trưng bởi một số dị thường có phương gần như đông bắc - tây nam ở vùng phía tây Thanh Hóa, còn ở vùng phía đông lại có một số dị thường có hướng á kinh tuyến. Những nhận xét về đặc điểm hình thái của các bản đồ dị thường từ đã nêu có thể thấy rõ rệt hơn trên các sơ đồ vorto gradien ngang cực đại.

Sơ đồ vorto gradien ngang cực đại trong trường hợp này sẽ phản ánh các ranh giới địa chất giữa các khối có từ tính khác nhau. Như vậy chúng ta có thể hình dung sơ đồ vorto này sẽ cho chúng ta thông tin về các cấu trúc đứt gãy, các thành tạo có độ từ hóa cao như các khối xâm nhập hoặc các khối phun trào. Mức độ rõ nét của ranh giới được thể hiện qua độ lớn của vorto gradien ngang cực đại, còn hướng của trường vorto gradien ngang cực đại cho chúng ta thông tin về độ lớn tương đối của độ từ hóa ở hai phía của ranh giới. Để phân biệt mức độ thể hiện của các ranh giới từ tính trong toàn vùng nghiên cứu, trường vorto gradien ngang cực đại thu được chia thành 5 mức độ lớn khác nhau [17], mỗi mức chiếm khoảng 20% số điểm. Thực tế môi trường địa chất thường rất phức tạp, với cách biểu diễn trường vorto gradien ngang cực đại như đã trình bày làm cho việc nhận ra các ranh giới khá dễ dàng. Các đứt gãy thường được biểu thị bằng dải vorto gradien ngang cực đại kéo dài liên tục và hướng của vorto là cùng chiều trên nhiều đoạn dài của một đứt gãy. Các khối có từ tính cao được thể hiện bằng dải vorto gradien ngang cực đại khép kín, hướng của các vorto quay vào vùng trung tâm của khối. Phân tích tương tự đối với các bản đồ cực trị gradien ngang trường dị thường trọng lực trình bày ở phần sau.

Khi tính toán trường vorto gradien ngang cực đại đối với các bản đồ ở độ cao nhỏ chúng tôi thấy bức tranh của trường vorto rất phức tạp, phản ánh cả những cấu trúc nông gần bề mặt. Trong bài báo này chỉ xem xét mối liên quan của trường dị thường từ với các cấu trúc địa chất chính, do đó chúng tôi chỉ đưa ra trường vorto gradien ngang cực đại của trường dị thường từ chuyển về cực được nâng lên độ cao 5 km như đã nêu.

Từ hình 6 chúng ta dễ dàng thấy vùng Tây Bắc trường vorto gradien ngang cực đại sắp xếp rất phức tạp, có một số dải có biên độ gradien lớn chạy theo phương tây bắc - đông nam. Đặc điểm này rất phù hợp với điều kiện địa chất rất phức tạp và phương cấu trúc chính của vùng [6]. Đứt gãy Điện Biên - Lai Châu được thể hiện rất rõ trên hình 6 nhất là đoạn dưới thị xã Lai Châu. Đứt gãy này phân trên lãnh thổ Việt Nam có hướng á kinh tuyến. Đứt gãy Sơn La thể hiện rất rõ rệt kéo dài từ biên giới Việt Trung phía dưới Phong Thổ qua Than Uyên, Sơn La... Đứt gãy Sông Đà cũng thể hiện rất rõ rệt.





Hình 6. Sơ đồ vẽ to gradient ngang cực đại của trường dị thường từ đã sử dụng thuật toán chuyển trường về cực và nâng lên 5 km



Trường  $\nabla$  vorto gradien ngang cực đại ở vùng Đông Bắc có độ lớn nhỏ hơn nhiều so với vùng Tây Bắc. Đứt gãy Cao Bằng - Tiên Yên theo hướng tây bắc - đông nam và một số cấu trúc đứt gãy theo hướng đông bắc - tây nam và cấu trúc đứt gãy vòng cung gần như theo hướng này như đứt gãy Bắc Giang - Đình Lập cũng thể hiện rõ.

Vùng Bắc Trung bộ ở phía tây Thanh Hoá có một số cấu trúc có hướng đông bắc - tây nam, gần như vuông góc với đứt gãy Sông Mã, thể hiện bằng dải vorto gradien ngang cực đại có phương tây bắc - đông nam kéo từ gần biên giới Việt Lào ra sát biển. Như vậy rõ ràng đới đứt gãy Sông Hồng và đứt gãy Sông Mã là những ranh giới rất quan trọng ngăn cách các vùng có phương cấu trúc địa chất khác biệt nhau, điều này đã được biết đến qua rất nhiều tài liệu địa chất kiến tạo [7, 13, 16, 19, 22]. Tuy nhiên đoạn đứt gãy đứt gãy Sông Mã gần đứt gãy Điện Biên - Lai Châu thể hiện không rõ ràng như đứt gãy Sơn La. Những khảo sát địa vật lý chi tiết đối với vùng Sông Mã cần phải được tiến hành mới có thể giúp chúng ta đưa ra những kết luận chắc chắn hơn.

## V. KẾT QUẢ MINH GIẢI TÀI LIỆU TRỌNG LỰC

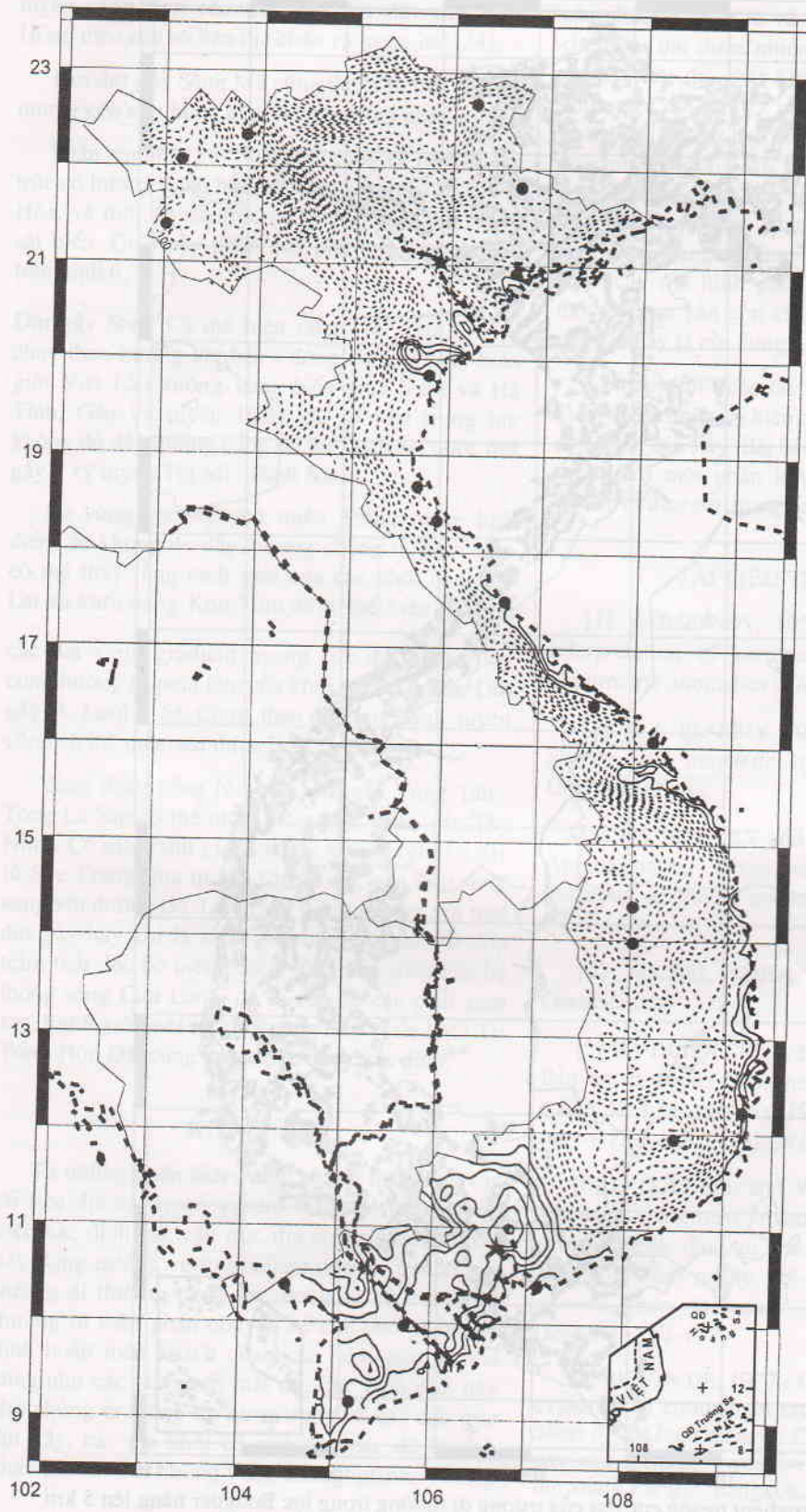
Việc phân tích tài liệu trọng lực dễ dàng hơn nhiều so với tài liệu từ. Cũng như phân tích các tài liệu từ chúng tôi chỉ xem xét mối liên quan giữa trường dị thường trọng lực Bouguer  $\Delta g$  với những đặc trưng cấu trúc địa chất chính của lãnh thổ Việt Nam, nên chúng tôi áp dụng phương pháp truyền thống trong các phân tích số liệu trường thế là nâng trường lên các mức khác nhau rồi xây dựng các sơ đồ vorto gradien ngang cực đại tương ứng để theo dõi mức độ thể hiện của các ranh giới mật độ. Ở đây chúng tôi không dẫn lại tất cả các bản đồ dị thường nâng lên ở các mức này ( tham khảo [21]) mà chỉ dẫn ra bản đồ được nâng lên 2,5 km (hình 7) để so sánh với các kết quả trong [21], có thể thấy bản đồ nâng trường của chúng tôi hoàn toàn phù hợp, nhưng cách xác định và biểu diễn trường vorto gradien ngang cực đại dùng ở đây cho phép việc xác định các ranh giới cấu trúc dễ dàng hơn nhiều. Hình 8 là sơ đồ vorto gradien ngang ứng với bản đồ trọng lực được nâng lên mức 2,5 km.

Chúng tôi sẽ không thảo luận thêm các đặc trưng của bản đồ trường dị thường trọng lực

Bouguer [21] mà chỉ tiến hành phân tích các sơ đồ vorto gradien ngang cực đại thu được ở trên. Đồng thời chúng tôi cũng chỉ phân tích những nét chính của cấu trúc địa chất có thể tương ứng với các ranh giới mật độ nên chúng tôi không đưa lên sơ đồ 20 % số vorto gradien ngang cực đại nhỏ nhất tìm được ở mỗi mức nâng trường. Từ hình 3 chúng ta đã thấy đối với dị thường trọng lực Bouguer âm thì trường vorto gradien ngang cực đại hướng ra phía ngoài vật thể gây dị thường, còn đối với dị thường trọng lực Bouguer dương thì ngược lại. Từ hình 2 và hình 7 có thể thấy vùng dị thường trọng lực Bouguer âm thường liên quan với vùng núi cao, hoặc vùng đồng bằng có lớp phủ trầm tích dày [4]. Nhận xét này làm cho việc phân tích sơ đồ trường vorto gradient ngang cực đại bản đồ dị thường trọng lực Bouguer dễ dàng hơn nhiều.

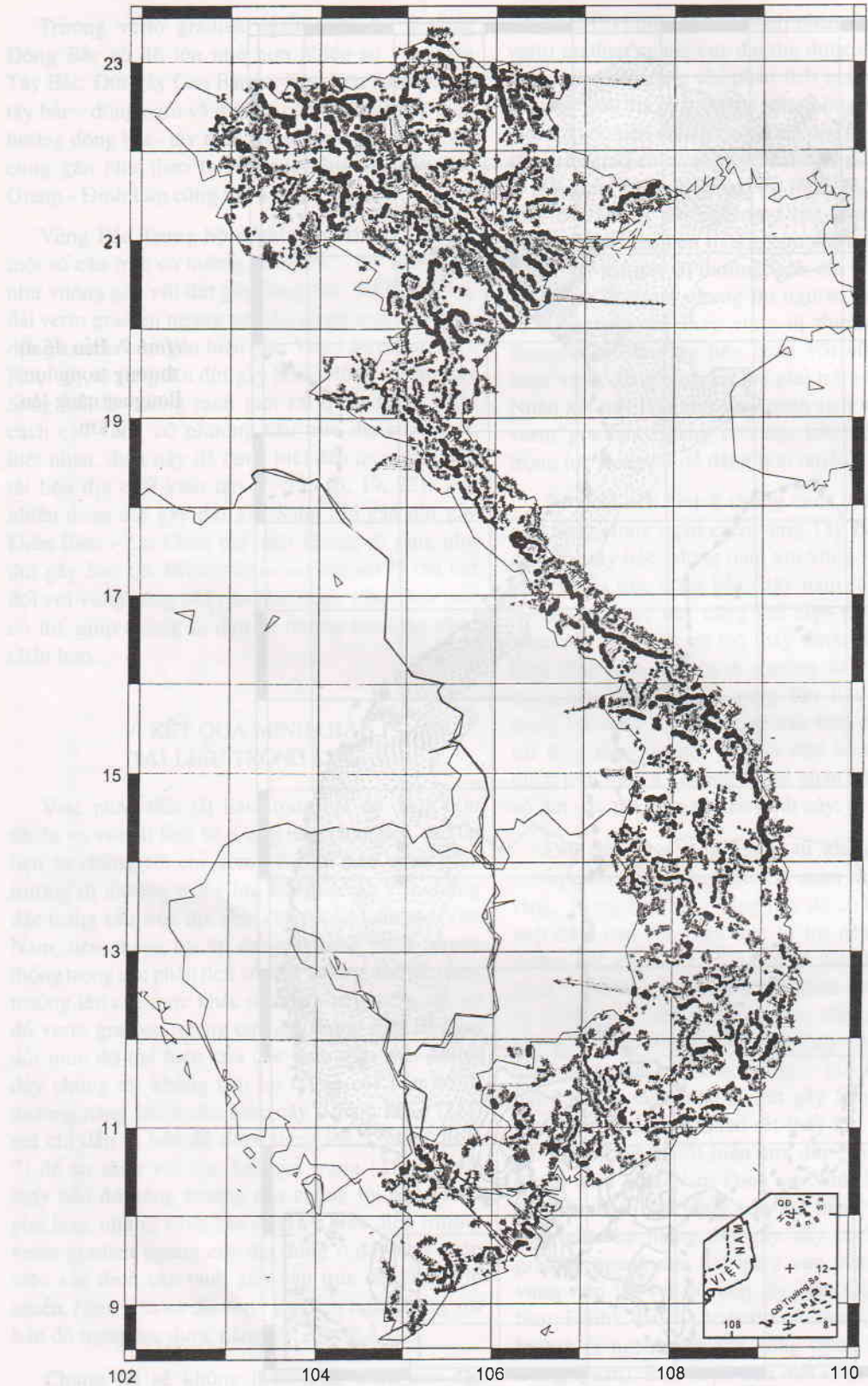
Từ phân tích hình 6 chúng ta đã thấy rõ đới đứt gãy Sông Hồng ngăn cách vùng Tây Bắc có hướng cấu trúc tây bắc - đông nam với vùng Đông Bắc có hướng cấu trúc đông bắc - tây nam rất rõ rệt. Các hướng cấu trúc này cũng thể hiện rõ trên hình 8. Như vậy chúng ta có thể thấy được sự tương hợp nhất định giữa tài liệu dị thường từ và dị thường trọng lực. Tuy nhiên ở vùng Tây Bắc do điểm đo trọng lực thưa nên hệ thống cấu trúc đứt gãy quan sát thấy theo tài liệu từ hầu như không quan sát được trên hình 8 : chúng tôi sẽ phân tích sơ bộ một số đứt gãy thể hiện rõ trên hình này.

Đới đứt gãy Sông Hồng từ khoảng Yên Bái xuống phía đồng bằng Bắc Bộ quan sát được rất rõ ràng. Trong khi trong vùng này do có lớp phủ trầm tích dày, làm cho hiệu ứng từ trở nên rất nhỏ, hệ thống đứt gãy Sông Hồng quan sát không rõ trên hình 7. Những đứt gãy chính quan sát được trong hệ thống này : đứt gãy Kiến An, đứt gãy Sông Lô, đứt gãy Vinh Ninh, đứt gãy Sông Chảy, đứt gãy Thái Bình, đứt gãy Sông Hồng... [15, 23] trong đó hai đứt gãy sâu chính là đứt gãy Sông Lô và đứt gãy Sông Chảy còn quan sát thấy khi nâng trường lên 10 km, phân sát biến của đứt gãy Sông Hồng (đoạn nằm giữa Nam Định và Ninh Bình) và của đứt gãy Kiến An cũng còn thể hiện. Các dải hẹp nằm giữa hệ thống đứt gãy này có hướng vorto gradien ngang cực đại quay vào trong dải, đó là vùng nếp lồi (ví dụ nếp lồi Văn Giang, nếp lồi Nam Định), dải có các vorto gradien ngang cực đại hướng ra ngoài ứng với vùng trũng (ví dụ trũng Đông Quan). Biểu hiện trên mặt của các đặc điểm này khá phù hợp với sơ đồ cấu trúc sâu của một số



Hình 7. Bản đồ dị  
thường trọng lực  
Bouguer nâng lên  
5 km





Hình 8. Sơ đồ verto gradient ngang cực đại của trường dị thường trọng lực Bouguer nâng lên 5 km

tuyến phân tích cấu trúc sâu đới đứt gãy Sông Hồng theo các số liệu địa chấn và trọng lực [24].

Đới đứt gãy Sông Mã cũng thể hiện trên hình 8, nhưng còn có những cấu trúc phức tạp khác.

Phần nam đứt gãy Sông Mã cũng có một số cấu trúc có hướng đông bắc - tây nam ở phía tây Thanh Hóa, và một số cấu trúc có hướng bắc nam ở gần sát biển. Điều này phần nào phù hợp với kết quả trên hình 6.

Đứt gãy Sông Cả thể hiện rất rõ rệt trên hình 8, chạy theo hướng tây bắc - đông nam từ phía biên giới Việt Lào xuống vùng biển giữa Vinh và Hà Tĩnh. Gân vĩ tuyến  $16^{\circ}\text{N}$ , dù số liệu trọng lực không đủ dày nhưng cũng có thể quan sát được đứt gãy á vĩ tuyến Trà Mi - Bình Sơn.

Cả vùng cao nguyên miền Trung mạng lưới điểm đo không đủ dày, nhưng chúng ta hoàn toàn có thể thấy rằng ranh giới của các khối nâng Đà Lạt và khối nâng Kon Tum được thể hiện rõ bằng

các dải vorto gradient ngang cực đại hình vòng cung hướng từ phía tâm của khối ra bên ngoài. Đứt gãy A Lưới - Sê Công theo phương kinh tuyến cũng có thể quan sát được [12].

Vùng đồng bằng Nam Bộ, đứt gãy Vùng Tàu - Tông Lê Sáp có thể nhận thấy được đoạn gần Tây Ninh. Có một ranh giới mật độ khá rõ rệt kéo dài từ Sóc Trăng qua tp Hồ Chí Minh, gần như song song với đường bờ. Liệu ranh giới này ứng với một đứt gãy hay chỉ là ranh giới biến đổi độ dày lớp trầm tích dọc bờ biển thuộc vùng cửa sông của hệ thống sông Cửu Long, đó là vấn đề cần phải xem xét. Ranh giới một số khối nâng nhỏ ví dụ khối Tri Tôn - Hòn Đất cũng hoàn toàn được xác định.

## KẾT LUẬN

Từ những phân tích ở trên có thể thấy rằng các tài liệu địa vật lý có vai trò rất quan trọng trong việc xác định các cấu trúc địa chất. Phương pháp xây dựng trường vorto gradient ngang cực đại của trường dị thường trọng lực Bouguer và trường dị thường từ toàn phần chuyển về cực cho phép xác định hoàn toàn khách quan các ranh giới từ hóa cũng như các ranh giới mật độ. Các ranh giới này cho chúng ta thông tin quan trọng về các cấu trúc đứt gãy, các địa khối có mật độ hoặc độ từ tính khác biệt so với những vùng chung quanh. Tổ hợp

các phương pháp từ và trọng lực có thể cho phép chúng ta thu được nhiều kết quả phù hợp với các nghiên cứu địa chất kiến tạo. Nhân mạnh ở đây, chúng tôi chỉ đưa ra những phân tích sơ bộ. Việc phân tích chi tiết hơn cho những vùng nhỏ với việc so sánh kỹ lưỡng với các tài liệu địa chất là hoàn toàn có thể. Cũng cần lưu ý, việc nghiên cứu ảnh hưởng của sự giao thoa lên trường vorto gradient ngang cực đại tính được với mô hình nhiều vật thể, hoặc các mô hình phức tạp gần với môi trường thực tế hơn vẫn còn chưa được chúng tôi nghiên cứu, và đây là nội dung nghiên cứu tiếp theo.

Lời cảm ơn : các tác giả cảm ơn Ts Đinh Văn Toàn đã có những ý kiến quan trọng trong việc hoàn chỉnh bài báo này. Bài báo đã được hoàn thành nhờ sự hỗ trợ một phần kinh phí của Chương trình nghiên cứu cơ bản trong lĩnh vực khoa học tự nhiên.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V. BARANOV, 1957 : A new method for interpretation of aeromagnetic maps : Pseudo-gravimetric anomalies : *Geophysics*, 22, 359-383.
- [2] R. J. BLAKELY, 1995 : *Potential theory in gravity and magnetic applications*. Cambridge, University Press.
- [3] R.J. BLAKELY and R.W. SIMPSON, 1986 : Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, *Geophysics*, 51, 7, 1494-1498.
- [4] MICHEL CARA, 1989 : *Géophysique*, Géosciences.
- [5] HÀ DUYÊN CHÂU, DANIEL GILBERT, 1999 : Bản đồ từ trường bình thường lãnh thổ Việt Nam (phần đất liền) niên đại 1997,5, *Tạp chí các khoa học về Trái Đất*, 21(4), 241-253.
- [6] L. CORDELL and V. J. S. GRAUCH, 1985 : Mapping basement magnetization zones from aeromagnetic data in the San Juan basin, New Mexico, *The utility of regional gravity and aeromagnetic anomaly maps: Soc. Explor. Geophys.*, 181-197.
- [7] LE VAN DE, 1967 : Outline of plate-tectonic evolution of continental crust of Vietnam, *Proceedings of the International Conference on Stratigraphy and tectonic evolution of Southeast Asia and the South Pacific*, Bangkok, Thailand, 465-474.



[8] Cục Địa chất Việt Nam, *Các tờ bản đồ địa chất tỷ lệ 1:200000, 1:500000*, tài liệu lưu trữ, HN.

[9] Yu. G. GATINSKIY, YU. G. ZORINA and A. A. CHISTYAKOV, 1984 : Fault tectonics of the Indochina Region, *Geotectonics*, 18, 5, 422-429.

[10] D. GILBERT and A. GALDEANO, 1985 : A computer program to perform transformations of gravimetric and aeromagnetic surveys, *Computer & Geosciences*, 11, 5, 553-588.

[11] R.O. HANSEN, R.S. PAWLOWSKI, 1989 : Reduction to the pole at the low latitude by Wiener filtering, *Geophysics*, 54, 1607-1613.

[12] PHẠM VĂN HÙNG, 2000 : Xác định tính chất động học của đới đứt gãy ở khu vực Nam Trung Bộ bằng phân tích khe nứt kiến tạo, *Tạp chí các khoa học về Trái Đất*, 22(2), 113-119.

[13] P.H. LELOUP, R. LACASSIN, P. TAPPONIER, U. SCHÄRER, Z. DALAI, L. XIAOHAN, Z. LIANGSHANG, J. SHAOCHENG and PHAN TRONG TRINH, 1995 : The Ailao Shan-Red river shear zone (Yunnan, China). Tertiary transform boundary of Indochina, *Tectonophysics*, 251, 3-84.

[14] Y. LY and D. W. OLDENBURG, 2001: Stable reduction to the pole at the magnetic equator, *Geophysics*, 66, 2, 571-578.

[15] TRẦN NGHI, CHU VĂN NGỢI, ĐÌNH XUÂN THÀNH và NGUYỄN ĐÌNH NGUYỄN, 2000 : Tiến hóa trầm tích Kainozoi bốn trũng Sông Hồng trong mối quan hệ với hoạt động kiến tạo, *Tạp chí các Khoa học về Trái Đất*, 22 (4), 290-305.

[16] LÊ VĂN MẠNH, NGUYỄN NGHIÊM MINH, 1998 : Đặc điểm kiến tạo các đới khâu Bắc Trung Bộ, *Tạp chí Địa chất*, loạt A, 245, 28-34.

[17] LÊ HUY MINH, LƯU VIỆT HÙNG và CAO ĐÌNH TRIỀU, 2001: Một số phương pháp hiện đại phân tích tài liệu từ hàng không áp dụng cho vùng Tuấn Giáo, *Tạp chí CKHV&Đ*, 207-216.

[18] C.A. MENDONCA and J.B.C. SILVA, 1993 : A stable truncated series approximation of the reduction-to-the-pole operator, *Geophysics*, 58, 1084-1090.

[19] G. PELTZER and P. TAPPONIER, 1988 : Formation and evolution of strike-slip faults, rifts

and basins during the India-Asia collision: an experimental approach. *J. Geophys. Res.*, 93, B12, 15085-15117.

[20] ĐÌNH VĂN TOÀN và NGÔ QUỐC DŨNG, 1999 : Sử dụng kết quả phân tích tài liệu từ trên lãnh thổ Bắc Việt Nam trong nghiên cứu cấu trúc địa chất. *Tạp chí các Khoa học về Trái Đất*, 21 (4), 263-271.

[21] ĐÌNH VĂN TOÀN, 2000 : Phân tích lại bản đồ trọng lực sử dụng trong phân vùng cấu trúc địa chất và phân bố đứt gãy kiến tạo. *Tạp chí các Khoa học về Trái Đất*, 22 (3), 188-196.

[22] TRAN VAN TRI, NGUYEN DINH LY and DAM NGOC, 1986 : The main tectonic features of Vietnam, *CGI-1-Ho Chi Minh City*, 363-375.

[23] PHAN TRONG TRINH, HOÀNG QUANG VINH, NGUYỄN ĐĂNG TÚC, BUI THỊ THẢO, 2000 : Hoạt động kiến tạo trẻ của đới đứt gãy Sông Hồng và lân cận, *Tạp chí các Khoa học về Trái Đất*, 22(4), 325-336.

[24] ĐÀO NGỌC TƯỜNG và PHẠM NĂNG VŨ, 2000 : Cấu trúc sâu của đới đứt gãy sông Hồng theo kết quả xử lý tổng hợp các số liệu địa chấn và trọng lực. *Tạp chí các Khoa học về Trái Đất*, 22(4), 380-387.

## SUMMARY

**Apply maximal horizontal gradient vectors for the interpretation of aeromagnetic and gravity data from Northern Vietnam**

In this paper the authors had carried out the application of maximal horizontal gradient vectors for the interpretation of aeromagnetic (from the North) and gravity data (from the territory of Vietnam). It was shown that the boundaries of the main geologic structures such as tectonic faults Dien Bien - Lai Chau, Son La, Da River, Red River, Ca River,... volcanic and geological blocks... are well determined by the local maxima of these vectors. These results confirmed the effectivity of the method and important role of geomagnetic and gravity data for geologic studies and the exploration of mineral resources.

Ngày nhận bài 19-7-2001

Viện Vật lý Địa cầu