

CẤU TRÚC ĐỊA CHẤT SÂU KHU VỰC HÀ NỘI VÀ LÂN CẬN TRÊN CƠ SỞ PHÂN TÍCH TÀI LIỆU TRỌNG LỰC

PHẠM NAM HÙNG, LÊ VĂN DŨNG

Email: pnhungigp@yahoo.com

Viện Vật lý Địa cầu - Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 4-4-2011

1. Mở đầu

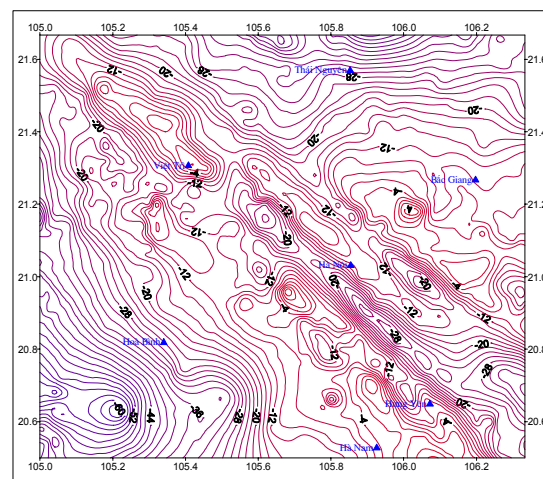
Phân tích tài liệu trọng lực để nghiên cứu cấu trúc sâu vỏ Trái Đất phần phía bắc lãnh thổ Việt Nam cũng đã được nhiều tác giả sử dụng trước đây [2-8]. Tài liệu trọng lực sử dụng lúc bấy giờ chỉ dừng lại ở tỷ lệ 1:500.000, thậm chí nhỏ hơn. Vì vậy, các kết quả này còn mang tính khu vực và có sự khác nhau về các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái Đất. Vừa qua đã có một số kết quả mới nhất về độ sâu các mặt ranh giới vỏ Trái Đất phần phía Bắc lãnh thổ Việt Nam, bao gồm một phần khu vực nghiên cứu, phân nào làm chính xác hơn đặc trưng cấu trúc sâu vỏ Trái Đất. Có thể kể đến công trình của Đoàn Văn Tuyến (2000) bằng phương pháp từ Tellua dọc theo tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên; Đinh Văn Toàn (2010) bằng phương pháp địa chấn dò sâu dọc theo hai tuyến: Thái Nguyên - Hòa Bình và Hòa Bình - Thanh Hóa.

Trong khuôn khổ chương trình hợp tác khoa học và công nghệ Việt Nam - Italia giai đoạn 2009-2010 giữa Viện Vật lý Địa cầu và trường đại học tổng hợp Trieste, Italia đã đo 4 tuyến trọng lực chi tiết tại khu vực Hà Nội và lân cận. Các tuyến trọng lực này nhằm nghiên cứu cấu trúc đứt gãy phục vụ vi phân vùng động đất Tp. Hà Nội trong nhiệm vụ của đề tài. Trên cơ sở tài liệu trọng lực này, chúng tôi còn thu thập thêm tài liệu trọng lực trong vùng ở tỷ lệ 1:100.000 đến tỷ lệ 1:50.000 do Cục Địa chất và Khoáng sản Việt Nam cung cấp (hình 1), cũng như kết quả địa chấn dò sâu và từ Tellua nhằm nghiên cứu cấu trúc địa chất sâu khu vực Hà Nội và lân cận.

Trong khuôn khổ công trình này chúng tôi trình bày một hệ phương pháp phân tích tài liệu trọng

lực và một số kết quả mới nhất về hướng phân tích này.

Khu vực nghiên cứu được giới hạn trong khung tọa độ: $\varphi = 20^{\circ}30' \div 21^{\circ}40'N$; $\lambda = 105^{\circ}00' \div 106^{\circ}20'E$.



Hình 1. Dị thường trọng lực Bouguer khu vực Hà Nội và kể cận

2. Phương pháp phân tích

Nhằm nghiên cứu đặc điểm cấu trúc địa chất sâu khu vực Hà Nội và lân cận, chúng tôi tiến hành theo các bước sau:

(i) Biến đổi trường trọng lực như nâng hạ trường, tính gradient ngang, thẳng đứng, gradient chuẩn hóa toàn phần và mặt cắt hệ số cấu trúc/mật độ nhằm xác định ranh giới cấu trúc đứt gãy. Các kết quả phân tích này nhằm giảm thiểu tính đa nghiệm của bài toán trọng lực và là những thông

tin ban đầu bổ ích cho việc nhận dạng hình thái và độ sâu các đơn vị cấu trúc vỏ Trái Đất.

(ii) Giải bài toán mô hình 2,5D với thông số cấu trúc được thiết lập ban đầu trên cơ sở bài toán phân tích định tính.

(iii) Tính tương quan nhiều chiều theo diện nhằm nghiên cứu dự báo đặc trưng cấu trúc các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái Đất. Sử dụng giá trị độ sâu tới các mặt ranh giới cơ bản theo tài liệu từ Tellua và địa chấn độ sâu có sẵn tại khu vực Hà Nội và lân cận và kết quả giải bài toán mô hình trọng lực 2,5D dọc theo 4 tuyến nghiên cứu.

2.1. Phép biến đổi trường dị thường trọng lực

Nhiệm vụ căn bản của phép biến đổi trường là tách trường quan sát thành các thành phần tương ứng với đối tượng địa chất nằm ở các độ sâu khác nhau. Ở đây chúng tôi sử dụng một số thuật toán biến đổi trường sau:

- Phương pháp nâng trường lên nửa miền không gian phía trên.

- Phương pháp tính gradient trung bình trường trọng lực.

- Phương pháp tính toán các loại vectơ thành phần theo trục X, Y, Z.

- Xây dựng các mặt cắt gradient ngang, gradient chuẩn hóa toàn phần và mặt cắt hệ số cấu trúc/mật độ trên cơ sở mô hình lăng trụ tròn nằm ngang.

Dựa trên các kết quả phép biến đổi trường chúng tôi xây dựng mô hình sơ bộ các đơn vị cấu trúc chính vỏ Trái Đất dọc theo các tuyến nghiên cứu để thiết lập và giải bài toán trọng lực 2,5D.

2.2. Giải bài toán mô hình trọng lực 2,5D

Để giải bài toán trọng lực 2,5D, chúng tôi sử dụng dạng bài mô hình đa giác nhiều cạnh, công thức tính toán được mô tả khá chi tiết trong công trình [12].

Thành phần nằm ngang và thẳng đứng dị thường trọng lực được xác định trên cơ sở công thức sau:

$$\Delta g_z = 2fp \sum_{i=1}^n Z_i; \Delta g_x = 2fp \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

Trong đó: $Z_i; X_i$ là hai tích phân đường lấy theo cạnh thứ i của đa giác

f - hằng số trọng trường.

ρ - là mật độ của đa giác

Trong hệ tọa độ vuông góc, khi biết được tọa độ điểm thứ $i (Z_i; X_i)$ theo góc nhìn θ_i như được trình bày trên hình 2 và bán kính r_i ta có thể tính được $Z_i; X_i$ theo công thức:

$$\begin{aligned} Z &= A \left[(\theta_1 - \theta_2) + B \ln \frac{r_2}{r_1} \right] \text{ và} \\ X &= A \left[-(\theta_1 - \theta_2) B + \ln \frac{r_2}{r_1} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó: $A = \frac{(x_2 - x_1)(x_1 z_2 - x_2 z_1)}{(x_2 - x_1)^2 + (z_2 - z_1)^2};$

$$B = \frac{z_2 - z_1}{x_2 - x_1}; r_1^2 = x_1^2 + z_1^2; r_2^2 = x_2^2 + z_2^2$$

Để xác định θ_1, θ_2 ta sử dụng công thức:

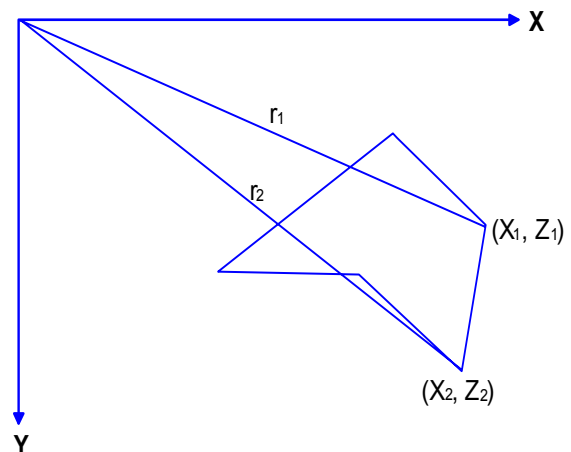
$$\theta_j = \tan^{-1} \left(\frac{z_j}{x_j} \right); \text{ với } j=1,2 \text{ và góc } \theta_1, \theta_2 \text{ thay đổi từ}$$

$+\pi$ đến $-\pi$ do đó, tùy theo từng điều kiện cụ thể của $Z_1, Z_2; X_1, X_2$ mà tính góc θ_1, θ_2 . Để tìm nghiệm bài toán ngược ta thiết lập hàm:

$$F = \sum_{i=1}^n \left[\Delta g_m(x_i, y_i) - \Delta g_t(x_i, y_i) \right]^2 \quad (3)$$

ở đây: $\Delta g_m(x_i, y_i)$ và $\Delta g_t(x_i, y_i)$ - Hàm quan sát và tính toán.

Phương trình (3) được giải theo phương pháp bình phương tối thiểu.



Hình 2. Mô hình tính dị thường trọng lực cho đa giác n-cạnh

2.3. Bài toán tương quan nhiều chiều xác định độ sâu các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái Đất

Công thức chung cho hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều có dạng:

$$H_i = a_0 + a_1g_1 + a_2g_2 + \dots + a_n g_n \quad (4)$$

Trong đó: H là độ sâu tới các mặt cần tính; g_i là các biến phụ thuộc của hàm H , chúng có thể là giá trị trường trọng lực Bouguer hoặc dị thường trọng lực dư; a_0, a_1, \dots, a_n là các hằng số, được xác định trên cơ sở phương pháp bình phương tối thiểu như sau:

$$a_0 = \frac{\sum g_i^2 \sum H_i - \sum g_i \sum H_i}{n \sum g_i^2 - (\sum g_i)^2} \quad (5)$$

$$a_i = \frac{n \sum H_i g_i - (\sum g_i)(\sum H_i)}{n \sum g_i^2 - (\sum g_i)^2}$$

Hệ số tương quan tuyến tính nhiều chiều R được xác định trên cơ sở công thức:

$$R_{x,H} = \frac{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{G})(H_i - \bar{H})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (g_i - \bar{G})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}} \quad (6)$$

với : $\bar{G} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i}{n}$; $\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$

Trong đó: trong đó \bar{G} là giá trị trung bình của dị thường trọng lực Bouguer; còn \bar{H} là giá trị trung bình của độ sâu H (km); $i=1,2,\dots, n$ số lần quan sát với các cặp giá trị G và H dùng để tính tương quan.

Độ sâu thế nằm các mặt ranh giới cơ bản vỏ Trái Đất chủ yếu được các tác giả dự báo trên cơ sở hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều giữa độ sâu và các giá trị thành phần trường trọng lực. Các số liệu chuẩn được sử dụng cho việc thiết lập hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều là độ sâu được xác định theo tài liệu địa chấn dò sâu, tài liệu đo sâu điện từ Tellua hoặc địa vật lý khác có được. Các giá trị thành phần trường trọng lực được sử dụng trong việc thiết lập hàm tương quan bội là giá trị trọng lực ở mức nâng trường khác nhau, từ 1km, 2km, 3km, lần lượt cách nhau 1km cho đến 50km và các giá trị dị thường dư ở các mức nâng trường khác nhau.

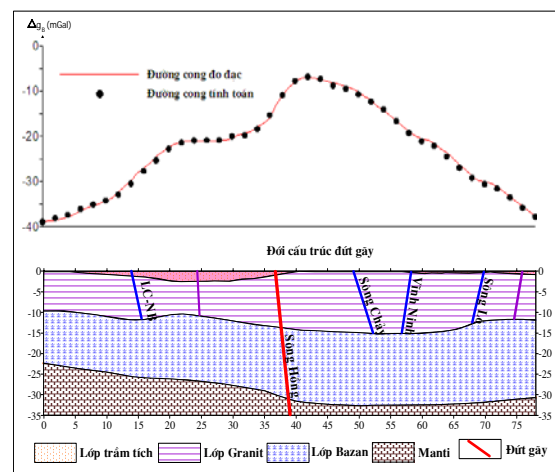
Nguyên lý thiết lập hàm là dựa trên cơ sở hệ số tương quan lớn nhất. Trước hết chúng tôi tính toán tương quan đơn từng cặp một. Sau đó sử dụng ưu tiên theo giá trị tương quan từ lớn nhất đến nhỏ nhất để tiến hành tính toán hàm tương quan nhiều chiều, cứ lần lượt đưa vào hàm tương quan từ 2 chiều, 3 chiều, đến n chiều. Sau mỗi lần nâng giá trị biến lên là mỗi lần xác định giá trị tương quan tương ứng, cho đến khi tăng biến đưa vào mà giá trị tương quan không tăng thì kết thúc chu trình tính toán.

3. Cấu trúc địa chất sâu khu vực Hà Nội và lân cận

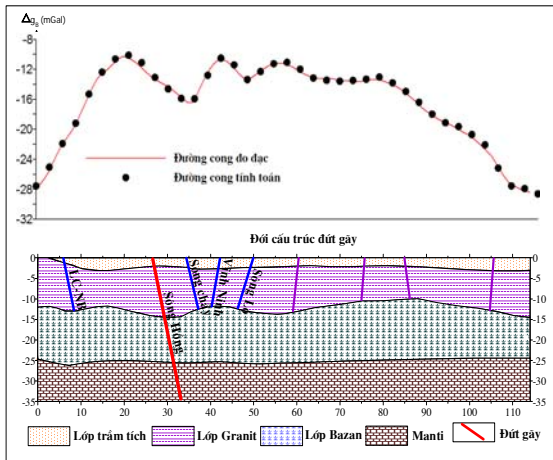
3.1. Các hệ thống đứt gãy chính

Thông thường nhằm phát hiện đứt gãy, các nhà nghiên cứu trọng lực dựa trên cơ sở các dấu hiệu trực tiếp và gián tiếp. Các dấu hiệu trực tiếp là dấu hiệu phát hiện trực tiếp trên cơ sở đặc trưng của trường dị thường chưa biến đổi như biểu hiện ranh giới hai miền có đặc trưng trường khác biệt hoặc là hệ thống các điểm oằn nổi nhau,... Các dấu hiệu gián tiếp là các dấu hiệu chỉ được làm nổi bật qua một phép hoặc một quá trình biến đổi. Chẳng hạn việc xác định các đạo hàm bậc khác nhau, tính gradient trung bình trường trọng lực,...

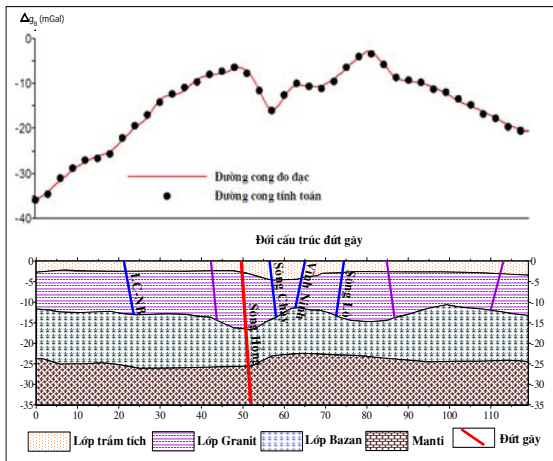
Nhằm đánh giá đặc trưng cấu trúc của đứt gãy chúng tôi tiến hành các phép biến đổi và tính toán sau: xây dựng mặt cắt gradient ngang; gradient chuẩn hóa toàn phần; thiết lập mặt cắt hệ số cấu trúc/mật độ trên cơ sở mô hình lăng trụ tròn nằm ngang; và cuối cùng là giải bài toán ngược trọng lực 2,5D để chính xác hóa đặc trưng cấu trúc đứt gãy (từ hình 3 đến 6).



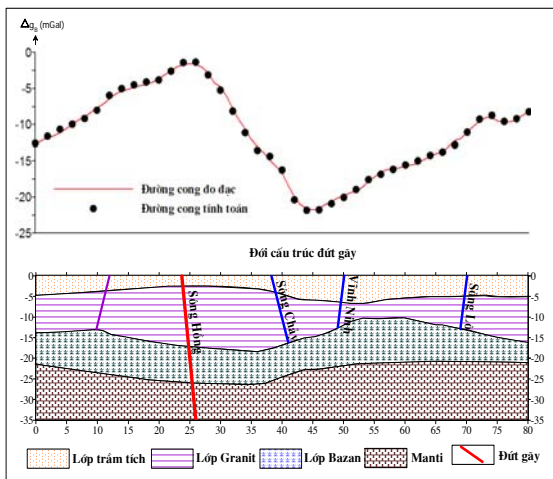
Hình 3. Mặt cắt cấu trúc đứt gãy dọc theo tuyến 1



Hình 4. Mặt cắt cấu trúc đứt gãy dọc theo tuyến 2

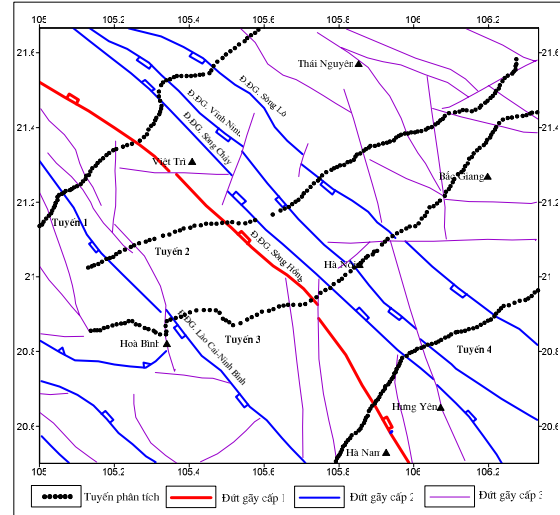


Hình 5. Mặt cắt cấu trúc đứt gãy dọc theo tuyến 3



Hình 6. Mặt cắt cấu trúc đứt gãy dọc theo tuyến 4

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu về đứt gãy sâu trong khu vực Hà Nội và lân cận (hình 7) có thể rút ra một số nhận định sau:



Hình 7. Sơ đồ đứt gãy chính khu vực Hà Nội và kế cận

Nét nổi bật nhất là các đứt gãy vùng nghiên cứu chủ yếu phát triển theo phương tây bắc - đông nam. Thứ đến là các phương á kinh tuyến, á vĩ tuyến và đông bắc - tây nam. Đứt gãy Sông Hồng có độ sâu xuyên cắt lớn (xuyên vỏ) là đứt gãy cấp 1 của Việt Nam; các đứt gãy còn lại có độ sâu xuyên vỏ và trong nội vỏ.

3.2. Độ sâu mặt kết tinh

Độ sâu tới mặt kết tinh khu vực Hà Nội và lân cận được xác định thông qua hàm tương quan tuyến tính nhiều chiều như sau:

$$H_{KT} = 4,0722 + 0,0782 \cdot g_1 + 0,0957 \cdot g_2 \quad (7)$$

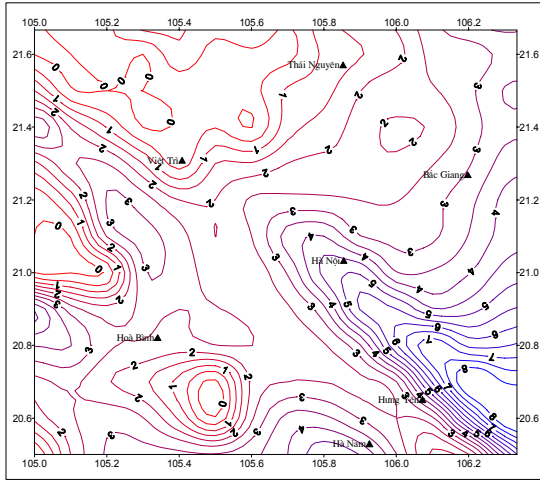
Hệ số tương quan $R = 0,90$

Trong đó:

g_1 : là giá trị dị thường trọng lực

g_2 : là giá trị dị thường trọng lực giữa hai mức nâng trường lên 1km và 10km.

Nhìn chung mặt móng kết tinh lãnh thổ nghiên cứu biến đổi khá phức tạp, từ lộ ra trên bề mặt tới độ sâu 8km. Vùng sâu nhất của mặt móng này trùng với đới Sông Hồng (hình 8).



Hình 8. Độ sâu mặt kết tinh khu vực Hà Nội và kế cận

3.3. Độ sâu mặt Conrad

Hàm tương quan bội giữa độ sâu mặt Conrad và các thành phần trường trọng lực Bouguer được xác định như sau:

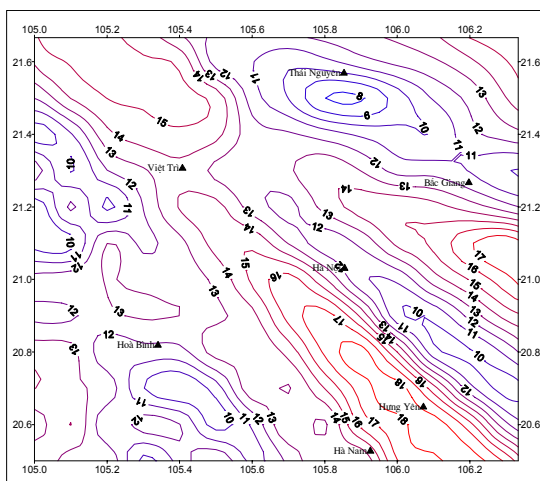
$$H_{CR} = 17,7386 + 0,2236 * g_1 - 0,3236 * g_2 \quad (8)$$

Hệ số tương quan $R = 0,93$

Trong đó:

g_1 : là giá trị dị thường trọng lực

g_2 : là giá trị dị thường trọng lực giữa hai mức nâng trường lên 10km và 20km. Độ sâu mặt ranh giới Conrad biến đổi khá phức tạp, trong phạm vi độ sâu 14-19km và tạo thành các cấu trúc dương, âm dạng dải phương tây bắc - đông nam là chủ yếu (hình 9).



Hình 9. Độ sâu mặt Conrad khu vực Hà Nội và kế cận

3.4. Độ sâu mặt Moho

Hàm tương quan bội giữa độ sâu mặt Moho và các thành phần trường trọng lực Bouguer được xác định như sau:

$$H_{MH} = 32,0436 + 0,3067 * g_1 - 0,6336 * g_2 \quad (9)$$

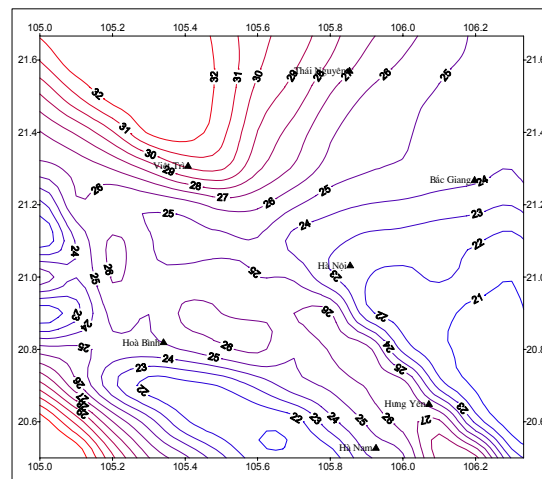
Hệ số tương quan $R = 0,89$

Trong đó:

g_1 : là giá trị dị thường trọng lực

g_2 : là giá trị dị thường trọng lực giữa hai mức nâng trường lên 20km và 40km.

Nhìn chung độ sâu mặt Moho biến đổi trong giới hạn 20-32km và có xu hướng chìm dần theo phương tây bắc. Các cấu trúc chính của mặt ranh giới này có phương tây bắc - đông nam là chủ yếu (hình 10).



Hình 10. Độ sâu mặt Moho khu vực Hà Nội và kế cận

4. Kết luận

Trên cơ sở hệ phương pháp phân tích và kết quả đạt được trong công trình này có thể rút ra một số kết luận sau:

(i) Hệ phương pháp được thiết lập nhằm tìm hiểu cấu trúc địa chất sâu khu vực nghiên cứu là hợp lý và có thể sử dụng có hiệu quả trong phân tích tài liệu trọng lực ở những khu vực còn thiếu các kết quả nghiên cứu có độ tin cậy cao như phương pháp địa chấn dò sâu, điện từ Tellua,...

(ii) Các đới đứt gãy phương tây bắc - đông nam như: Sông Lô, Sông Chảy, Vĩnh Ninh và Sông Hồng là những đứt gãy đóng vai trò quan trọng trong phân chia đới, phụ đới cấu trúc. Ngoài ra,

trong khu vực còn có mặt các đứt gãy phương kinh tuyến, á vĩ tuyến và đông bắc - tây nam; chúng có biểu hiện chia cắt các đứt gãy phương tây bắc - đông nam và có lẽ là những đứt gãy trẻ.

(iii) Giá trị độ sâu dự báo lớn nhất của mặt kết tinh khu vực Hà Nội và lân cận là 7-8km, độ sâu dự báo của mặt Conrad trong phạm vi vùng nghiên cứu đạt tối đa 18-19km và độ sâu tới mặt Moho được dự báo có thể đạt tới 31-32km.

Lời cảm ơn: Tác giả xin chân thành cảm ơn PGS.TS. Cao Đình Triều đã đóng góp nhiều ý kiến chỉ bảo tận tình trong quá trình hoàn thiện công trình này.

TÀI LIỆU DẪN

[1] *Bùi Công Quế*, 1979: Phương pháp xử lý tổng hợp các tài liệu địa vật lý thăm dò bằng phép phân tích tương quan bội. Các công trình nghiên cứu Viện Các khoa học về Trái Đất 1977-1978, Tập Vật lý Địa cầu, Hà Nội, 80 - 96.

[2] *Bùi Công Quế*, 1985: Một số đặc điểm cấu trúc sâu và kiến tạo phần Việt Nam theo các tài liệu địa vật lý, Tuyển tập công trình Vật lý địa cầu 1984, tập IV, Hà Nội, tr. 156-165.

[3] *Cao Đình Triều, Hoàng Văn Vượng*, 1986: Tìm hiểu quy luật biến đổi mật độ vỏ Trái Đất lãnh thổ Việt Nam và ứng dụng trong phân tích tài liệu trọng lực. Các công trình khoa học của Trung tâm nghiên cứu Vật lý Địa cầu năm 1985-1986, TậpV, Hà Nội, 179-207.

[4] *Cao Đình Triều*, 1998: Phân vùng cấu trúc lãnh thổ Việt Nam trên cơ sở trường trọng lực và từ. Tc. Các KHvTĐ, T. 20, 4, Hà Nội, 304-313.

[5] *Cao Đình Triều, Nguyễn Danh Soạn*, 1998: Hệ thống đứt gãy chính lãnh thổ Việt Nam trên cơ sở phân tích kết hợp tài liệu trọng lực, từ và ảnh

vệ tinh. Tạp chí Địa chất, loạt A, Tập 247, số 7-8, Hà Nội, 17-27.

[6] *Cao Đình Triều, Đinh Văn Toàn*, 1999: Mô hình cấu trúc vỏ Trái Đất lãnh thổ Việt Nam và kế cận trên cơ sở phân tích tài liệu trọng lực. Tuyển tập các báo cáo khoa học tại Hội nghị công nghệ biên toàn quốc lần thứ IV, 12-13 tháng 11 năm 1998, Hà Nội, 854-863.

[7] *Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Nguyễn Hữu Tuyên*, 2000: Mô hình mật độ vỏ Trái Đất đới đứt gãy Sông Hồng trên phần đất liền lãnh thổ Việt Nam. Tc. Các KHvTĐ, T. 22, 4, Hà Nội, 347-354.

[8] *Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Phạm Nam Hưng, Nguyễn Hữu Tuyên, Mai Xuân Bách, Thái Anh Tuấn*, 2004: Các đới cấu trúc vỏ Trái đất vùng Tây Bắc Việt Nam theo tài liệu trọng lực. Tc. Các KHvTĐ, T. 26, 3, Hà Nội, 244-257.

[9] *Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Phạm Nam Hưng*, 2006: Áp dụng phương pháp trọng lực chính xác cao trong nghiên cứu cấu trúc Địa chất nông ở Việt Nam. Tạp chí Khoa học - Kỹ thuật Mỏ - Địa chất. Số 14/4-2006, Hà Nội, 61-66.

[10] *Đoàn Văn Tuyền* và nnk, 2000: Đặc điểm cấu trúc sâu và địa động lực đới Sông Hồng theo tài liệu từ Tellua tuyến Thanh Sơn - Thái Nguyên. Tc. Các KHvTĐ, T. 22, 4, Hà Nội, 388-398.

[11] *Phạm Năng Vũ, Doãn Thế Hưng*, 2003. Cấu trúc sâu của đới đứt gãy Sông Hồng (theo số liệu địa vật lý). Trong chuyên khảo "Kết quả nghiên cứu cơ bản 2001-2003" thuộc chương trình nghiên cứu cơ bản chuyên ngành Các Khoa học về Trái Đất. Hà Nội, 107-169.

[12] *Won I.J. and Michael Bevis*, 1987: Computing the gravitational and magnetic due to polygon: Algorithms and Fortran subroutines. Geophysics, Vol. 52, No 2, 232-238.

SUMMARY

The deep structure of Hanoi region and adjacent areas on the basic of gravity data analysis

In this article the authors have formulated a complex method for analysing and interpreting the gravity data in Hanoi region and adjacent areas. The results obtained show:

1. The North-West directional faults: Song Lo, Song Chay, Vinh Ninh, Lao Cai - Ninh Binh and Song Hong (Red River) are playing important roles in separation of the geo-structural zone in Hanoi region.

2. The structure of the basement varies very complicated from outcrop on the surface to 7 - 8km in Song Hong structural zone. The Conrad discontinuity is most sophisticated, laying at the depth of 8 - 19km and formed the linear positive and negative structures having Northwest-Southeast direction. The depth to lower boundary of the Crust (Moho surface) varies from 22km to 32km. The main structures of this surface are stretched along the of Northwest-Southeast direction.