

## PHƯƠNG PHÁP BIẾN ĐỔI N XỬ LÝ ĐƯỜNG CONG ĐO SÂU ĐIỆN TRÊN LÁT CẮT ĐỊA ĐIỆN BIẾN ĐỔI LIÊN TỤC

NGUYỄN TRỌNG NGA, *Hội Khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt Nam*  
TRƯỜNG THỊ CHINH, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

**Tóm tắt:** Phương pháp đo sâu điện được áp dụng hàng trăm năm nay (từ năm 1911 ở Pháp) và đã thu được hiệu quả trong nghiên cứu cấu trúc địa chất, tìm kiếm nước ngầm, tìm khoáng sản và khảo sát nền móng địa chất công trình.

Về xử lý tài liệu đo sâu điện, lúc đầu người ta dùng phương pháp palet, sau đó áp dụng máy tính song đều không tránh được nguyên lý tương đương làm cho kết quả trở thành đa trị.

Tác giả đưa ra phương pháp xử lý mới - phương pháp biến đổi N cho phép tự động xử lý tài liệu đo sâu điện theo một quan điểm khác.

Sở dĩ tài liệu đo sâu điện không phản ánh trung thực môi trường địa chất là do tham số đo được là số đo biểu kiến. Mang thông số trung bình của miền xác định và không thể hiện đúng chiều thâm sâu của lát cắt.

Với quan điểm môi trường gồm hệ lớp mỏng phân lớp liên tục, các tác giả tính được giá trị điện trở suất của lớp mỏng vì phân ở độ sâu Z bằng cách xác định hệ số bất đẳng hướng của lát cắt.

Phương pháp được thử nghiệm trên đường cong đo sâu lý thuyết của môi trường phân lớp nằm ngang đã chứng tỏ hiệu quả của phương pháp. Song phương pháp sẽ tốt hơn với môi trường có tham số thay đổi liên tục (môi trường Gradient) các ranh giới phân lớp là ranh giới biến đổi mạnh nhất của tham số môi trường.

Kết quả xử lý trên tài liệu thực tế cho thấy phương pháp có độ phân giải cao, phản ánh trung thực môi trường địa điện bất đồng nhất cả 2 và 3 chiều.

### 1. Đặt vấn đề

Phương pháp thăm dò điện do nhà Địa vật lý người Pháp Schlumberger khởi xướng từ hơn một thế kỷ trước (1911) và phát triển mạnh mẽ cho đến ngày nay. Về phương pháp, lúc đầu chỉ đo tham số điện trở suất, sau đó đo cả tham số phân cực, ở các chế độ dòng một chiều và dòng xoay chiều (tần số thấp và tần số cao) dạng đo sâu và đo mặt cắt với nguồn trường tự nhiên hoặc nhân tạo.

Phương pháp điện trở dòng một chiều được áp dụng phổ biến nhất để nghiên cứu cấu trúc địa chất, tìm kiếm nước ngầm, khoáng sản và khảo sát nền móng địa chất công trình. Phương pháp áp dụng phổ biến nhất, hiệu quả nhất là đo sâu điện trở.

Đo sâu điện trở dòng một chiều khi áp dụng tùy thuộc vào mô hình môi trường mà lựa chọn hệ thiết bị đo phù hợp. Môi trường mô hình 1D là lát cắt phân lớp ngang; mô hình môi

trường 2D là lát cắt vừa phân lớp theo phương thẳng đứng, vừa có bất đồng nhất theo phương ngang, và mô hình 3D có bất đồng nhất theo 3 phương. Hệ điện cực đo thường sử dụng bao gồm: hệ 4 cực đối xứng, hệ ba cực và hệ lưỡng cực. Ở đây chúng tôi chỉ giới thiệu phương pháp áp dụng đo sâu điện đối xứng (VES) là phương pháp được áp dụng phổ biến nhất.

Phương pháp đo sâu điện đối xứng nghiên cứu sự thay đổi điện trở suất biểu kiến theo chiều sâu  $\rho_k(x, r)$  bằng cách tăng dần kích thước hệ cực phát AB để tăng dần chiều sâu quy ước ( $r = AB/2$ ), từ đó áp dụng các phương pháp xử lý để xác định cấu trúc của môi trường địa chất.

Lúc đầu người ta dùng Palet (tập hợp các đường cong chuẩn được sắp xếp theo một quy chuẩn nhất định) và dùng phương pháp so sánh khi đường cong đo được trùng với đường cong chuẩn để rút ra các tham số của lát cắt địa điện

phân lớp nằm ngang (môi trường 1D). Nhưng do nguyên lý tương đương nên để thu được bề dày các lớp ( $h_1, h_2, \dots, h_i, \dots$ ) ta phải biết tham số điện trở suất các lớp ( $\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_i, \dots$ ). Sau này nhiều công trình nghiên cứu áp dụng phương pháp xử lý trên máy tính (phương pháp bóc lớp, phương pháp lựa chọn...) nhưng các phương pháp này vẫn không tránh được nguyên lý tương đương.

Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu phương pháp xử lý biến đổi đường cong điện đo sâu  $\rho_k(x, r)$  về đường cong  $\rho_N(x, z)$  phản ánh trung thực lát cắt địa điện  $\rho_i(x, z)$ . Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp này chỉ thích hợp khi môi trường có tham số điện trở suất biểu kiến biến đổi liên tục (môi trường gradient) theo không gian.

## 2. Nội dung phương pháp

Giá trị điện trở suất biểu kiến  $\rho_k(x, r)$  của đường cong đo sâu điện đối xứng VES được tính theo công thức:

$$\rho_k(x, r) = K(r) \frac{\Delta U}{I} (x, r), \quad (1)$$

trong đó:  $K(r)$  là hệ số hệ cực đo, với hệ bốn cực đối xứng:  $K(r) = \pi \frac{AM \cdot AN}{MN}$ ,

$\Delta U = U_M - U_N$  là hiệu điện thế giữa hai điện cực thu M, N;

$I = I_{AB}$  là cường độ dòng điện phát trong mạch A, B;

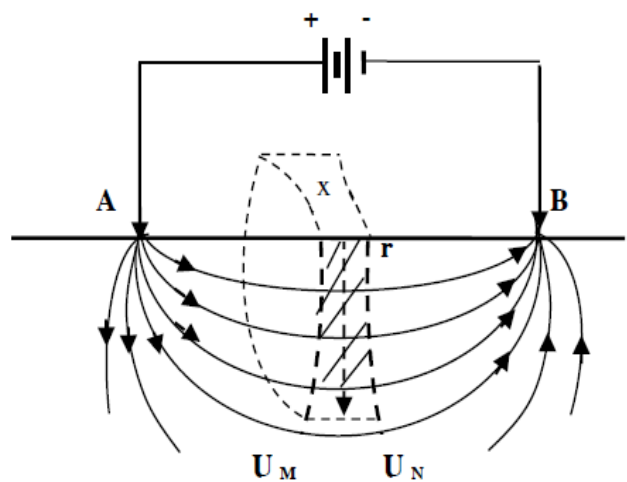
$\rho_k(x, r)$  phản ánh giá trị điện trở suất biểu kiến của phần không gian môi trường nằm giữa 2 mặt đẳng thế  $U_M$  và  $U_N$  trong bán kính  $r = AB/2$  (xem hình 1) gọi là miền ảnh hưởng của giá trị điện trở suất biểu kiến. Khi kích thước điện cực tăng lên, cự ly  $r = AB/2$  tăng lên, chiều sâu quy ước  $r$  mở rộng và sâu vào lòng đất phản ánh cấu trúc địa điện của môi trường địa chất.

Giá trị điện trở suất biểu kiến  $\rho_k(x, r)$  là điện trở suất của một khối trụ như trên phản ánh cấu trúc địa chất của môi trường nghiên cứu, nó phụ thuộc vị trí điểm đo  $x$ , kích thước hệ cực  $r$  và cự ly khoảng mở MN. Với hệ cực

Schlumberger coi  $MN \ll AB$  là hệ cực lý tưởng khi đó  $\rho_k = \rho_k(x, r)$ .

Giữa khoảng mở của cự ly hệ cực  $r$  và chiều thấm sâu của trường điện  $z$  có một mối quan hệ nào đó, gọi là tham số bất đẳng hướng  $\lambda$  của môi trường. Với môi trường có tham số bất đẳng hướng thay đổi liên tục (môi trường có tham số điện trở suất biến đổi theo hàm gradient)  $\lambda$  cũng thay đổi liên tục phụ thuộc vào

giá trị điện trở suất biểu kiến  $\rho_k(x, r)$ ;  $z = \frac{1}{2\lambda} r$  với nửa không gian đồng nhất  $\lambda = 1$ ;  $z = 0.5r = AB/4$  đúng với lý thuyết [1, 3].



Hình 1. Miền ảnh hưởng tới giá trị điện trở suất biểu kiến  $\rho_k(x, r)$

Nghiên cứu chiều thấm sâu của trường điện từ [4] Kamenhetski.F.M đã đưa ra công thức tính độ dẫn điện ở chiều sâu  $z$  từ đường cong đo độ dẫn theo thời gian.

Áp dụng quan điểm này, chúng tôi đưa ra một công thức biến đổi đường cong về đường cong  $\rho_N(x, z)$  tại chiều thấm sâu  $z$  [2]:

Đặt (\*) là điều kiện  $\rho_k(x, r_{i+1}) < \rho_k(x, r_i)$ ; và (\*\*) là điều kiện  $\rho_k(x, r_{i+1}) > \rho_k(x, r_i)$

$$\rho_N(x, z) = \begin{cases} \frac{\rho_k(x, r)}{\left(1 - \frac{\partial \lg \rho_k(x, r)}{\partial \lg r}\right)^2} & \text{khi (*)} \\ \rho_k(x, r) \left(1 + \frac{\partial \lg \rho_k(x, r)}{\partial \lg r}\right)^2 & \text{khi (**)} \end{cases} \quad (2)$$

Ở đây chiều thấm sâu  $z$  của đường cong đo sâu là tham số phụ thuộc vào đặc điểm của lát

cắt địa điện tức hệ số bất đẳng hướng vi mô  $\lambda$ . Khi đường cong đi xuống, giá trị  $\rho_N(x, z)$  là điện trở suất dọc của lớp mỏng ở chiều sâu  $z$  nên:

$$\rho_N(x, z) = \frac{\rho_k(x, r)}{\lambda} \quad (4)$$

Còn khi đường cong đi lên thì  $\rho_N(x, z)$  là điện trở suất ngang của lớp mỏng ở chiều sâu  $z$ , vì vậy:

$$\rho_N(x, z) = \rho_k(x, r)\lambda \quad (5)$$

Khi cân bằng hai vế tương ứng của công thức (2) (3), (4), (5) ta có tham số bất đẳng hướng vi mô ở chiều sâu  $z$  là:

$$\lambda(x, z) = \begin{cases} \left(1 - \frac{\partial \lg \rho_k(x, r)}{\partial \lg r}\right)^2 & \text{khi (*)} \\ \left(1 + \frac{\partial \lg \rho_k(x, r)}{\partial \lg r}\right)^2 & \text{khi (**)} \end{cases} \quad (6)$$

$$\left(1 + \frac{\partial \lg \rho_k(x, r)}{\partial \lg r}\right)^2 & \text{khi (**)} \quad (7)$$

### 3. Kết quả áp dụng

#### 3.1. Kết quả áp dụng xử lý trên đường cong lý thuyết

Để thấy được kết quả áp dụng của phương pháp này chúng tôi áp dụng cho một số đường cong đo sâu trên mô hình đường cong lý thuyết (hình 2). Ví dụ cho đường cong ba lớp loại **H-1/2-6-∞** có tham số như sau:

$$\begin{cases} \rho_1 = 120 \text{ } \Omega\text{m}; & h_1 = 10\text{m} \\ \rho_2 = 60 \text{ } \Omega\text{m}; & h_2 = 60\text{m} \\ \rho_3 = 1500 \text{ } \Omega\text{m}; & h_3 = \infty \end{cases}$$

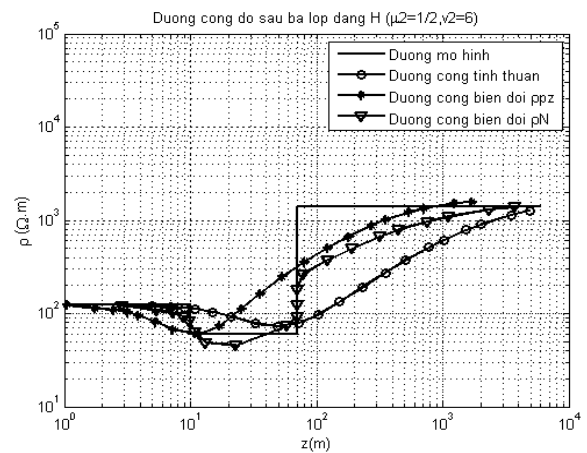
Kết quả xử lý trên hình 2 cho thấy đường cong xử lý  $\rho_N(x, z)$  có ranh giới gần trùng với mô hình nhưng cực tiểu thì nhỏ hơn. Như vậy đường cong  $\rho_N(x, z)$  gần như lặp lại mô hình môi trường.

Áp dụng phương pháp xử lý cho đường cong đo sâu bốn lớp loại HK có tham số:

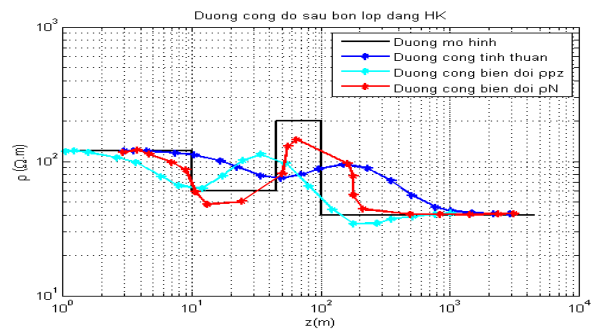
$$\begin{cases} \rho_1 = 120 \text{ } \Omega\text{m}; & h_1 = 10\text{m} \\ \rho_2 = 60 \text{ } \Omega\text{m}; & h_2 = 35\text{m} \\ \rho_3 = 200 \text{ } \Omega\text{m}; & h_3 = 55\text{m} \\ \rho_4 = 40 \text{ } \Omega\text{m}; & h_4 = \infty \end{cases}$$

Kết quả được biểu diễn trên hình 3.

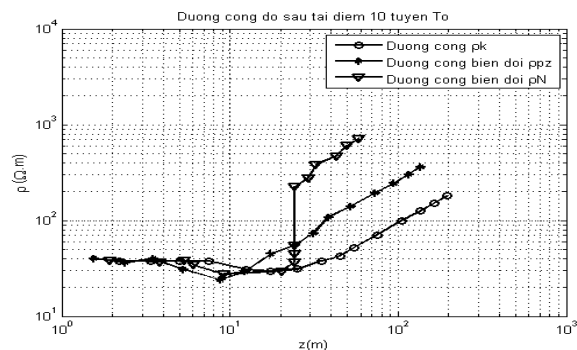
Kết quả xử lý cho thấy đường cong đo sâu  $\rho_N(x, z)$  theo phương pháp biến đổi N có độ phân giải cao, cụ thể là: cực đại gần với lớp  $\rho_3$  có điện trở cao và cực tiểu nhỏ hơn lớp  $\rho_2$  điện trở thấp. Đường cong  $\rho_N(x, z)$  có dáng điệu lặp lại gần với đường mô hình. Tính ưu việt này của phương pháp biến đổi N có được là do chiều thăm sâu  $z$  ở đây là chiều thăm sâu thực không còn phụ thuộc vào hệ số bất đẳng hướng  $\lambda$ .



Hình 2. Đường cong xử lý  $\rho_N(x, z)$  cho đường cong ba lớp dạng H



Hình 3. Đường cong xử lý  $\rho_N(x, z)$  cho mô hình môi trường bốn lớp loại HK



Hình 4. Kết quả xử lý trên đường cong thực tế

### 3.2. Kết quả áp dụng khi xử lý đường cong thực tế

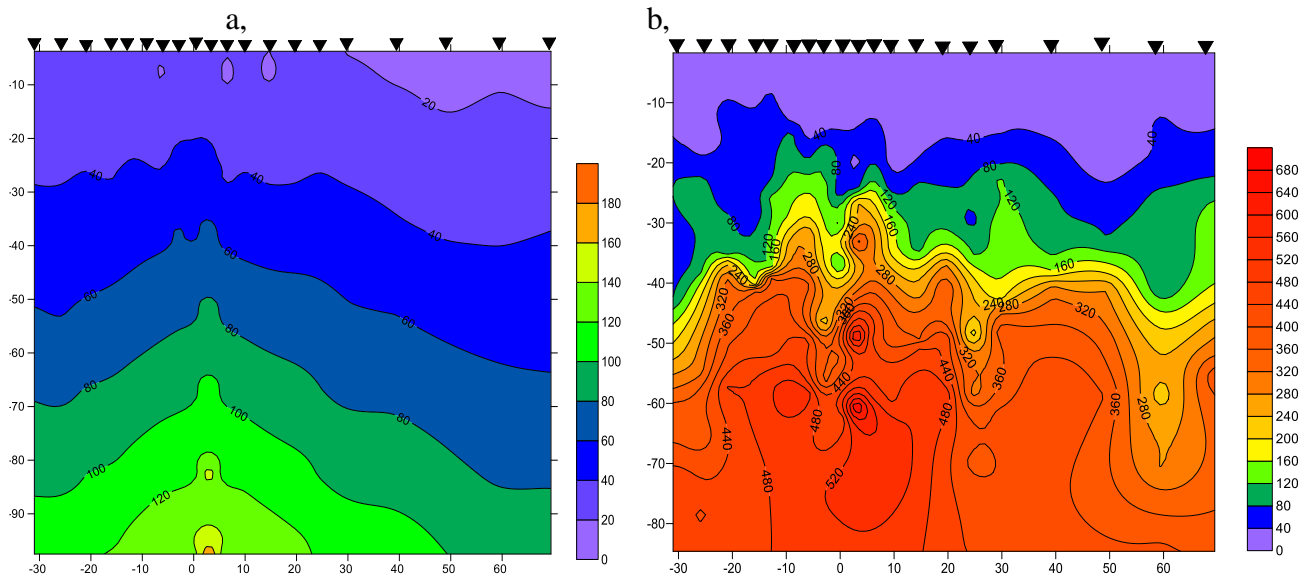
Đường cong đo sâu trên vùng X có lớp phủ trầm tích trên móng đá vôi, đường cong có dạng H lớp thứ nhất là lớp đất trồng gồm cát pha sét nằm trên mực nước ngầm, lớp thứ hai là lớp sét, cát ngầm nước có điện trở suất thấp hơn, nằm dưới cùng là lớp đá vôi nứt nẻ ngầm nước có bề mặt lồi lõm phức tạp. Môi trường như vậy có thể xem là môi trường biến đổi liên tục  $\rho_k(x, r)$ .

Rõ ràng sau khi áp dụng phương pháp biến đổi N, từ đường cong  $\rho_k(x, r)$  ta thu được đường cong  $\rho_N(x, z)$  có độ phân giải cao hơn, cực tiểu rõ hơn, phản ánh ranh giới lớp phù hợp với môi trường hơn.

Áp dụng phương pháp để xử lý cho toàn tuyến đo To ở vùng X để tìm đối phá hủy đập vỡ Karst trong đá vôi với mô hình môi trường

gồm lớp phủ là lớp trầm tích phong hóa bồi lấp bởi cát, sét, có  $\rho_1 = 10 - 20 \Omega m$ , dày 10 - 20m; phía dưới là lớp bùn cát ngầm nước có điện trở suất cao hơn  $\rho_2 = 20 - 40 \Omega m$ , chiều dày khoảng 20 mét đến 30 mét; sau đó đến lớp đá gốc là đá vôi, đá vôi nứt nẻ, đập vỡ Karst hóa mức độ khác nhau, có chỗ tạo thành hang do Karst phát triển mạnh mẽ có  $\rho_3 = 200-300 \Omega m$ , có chỗ rắn chắc  $\rho_3 \geq 500 \Omega m$  (xem hình 5a,b).

Kết quả xử lý như sau: lát cắt  $\rho_k(x, r)$  thể hiện ở điểm đo sâu 9,10,11 đá gốc nhỏ cao cắm dốc về hai phía đầu và cuối tuyến; còn lát cắt  $\rho_N(x, z)$  thể hiện mặt đá vôi lồi lõm, có nơi đập vỡ karst phát triển một cách rõ rệt và có xu hướng phát triển mạnh về cuối tuyến. Kết quả xử lý cho thấy địa hình mặt móng đá vôi được phản ánh một cách chân thực hơn, ổ karst rõ hơn.



Hình 5. Kết quả xử lý tuyến To

(a) Lát cắt điện trở suất biểu kiến  $\rho_k(x, z)$ ;  $z = 0.5r$ ; (b) Lát cắt điện trở suất biến đổi  $\rho_N(x, z)$

### 4. Kết luận

Từ kết quả trên có thể rút ra kết luận sau:

1. Xử lý theo phương pháp biến đổi N thu được lát cắt địa điện  $\rho_N(x, z)$  có độ phân giải cao, tính định xứ tốt phản ánh môi trường có bất đồng nhất khối rõ, phù hợp với lát cắt địa điện thực hơn. Phương pháp xử lý này áp dụng tốt khi môi trường có tham số điện trở

$\rho_k(x, r)$  biến đổi liên tục trong không gian, ranh giới phân lớp về điện trở suất không gián đoạn, thích hợp với môi trường chứa nước ngầm, có độ ẩm xóa nhòa ranh giới, môi trường chứa cát sét của nền móng địa chất công trình có hàm lượng sét biến đổi liên tục và môi trường đất đá chứa quặng nguồn gốc nhiệt dịch có hàm lượng quặng thay đổi liên tục. Khi đó, phương pháp

xử lý biến đổi N cho kết quả tốt nhưng với điều kiện kỹ thuật đo phải chính xác, thu được đường cong  $\rho_k(x, r)$  biến đổi liên tục, không gây khúc để hạn chế sai số khi tính đạo hàm và thu được kết quả xử lý có độ tin cậy cao.

2. Kết quả xử lý trên đường cong lý thuyết cho môi trường phân lớp nằm ngang 1D cho thấy đường cong  $\rho_N(x, z)$  có độ phân giải cao hơn, ranh giới lớp thứ nhất gần như chính xác, ranh giới lớp sâu hơn (lớp 2, 3) chỉ gần trùng; còn điện trở suất lớp thứ 2, thứ 3; có cực tiểu nhỏ hơn, cực đại lớn hơn. Sở dĩ như vậy vì cực tiểu của đường cong  $\rho_N(x, z)$  là điện trở suất dọc  $\rho_t$ , còn các cực đại của  $\rho_N(x, z)$  là điện trở suất ngang  $\rho_n$  nên có thể nhỏ hoặc lớn hơn điện trở suất của lớp đó. Điều này chứng tỏ phương pháp biến đổi này có thể không hoàn toàn thích hợp với môi trường 1D.

3. Kết quả xử lý trên đường cong thực tế vùng X được xem như môi trường có tham số biến đổi liên tục (môi trường gradient). Kết quả xử lý theo phương pháp biến đổi N cho đường cong  $\rho_N(x, z)$  có độ phân giải cao hơn, trung

thực hơn, phù hợp với kết quả khoan kiểm tra (Điểm O tuyến T<sub>0</sub>).

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Trọng Nga, 2005. Thăm dò điện trở và điện hóa. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải.
- [2]. Nguyễn Trọng Nga, 2007. Thăm dò điện phân giải cao. Giáo trình cao học, Đại học Mở Địa chất.
- [3]. B.K. Khomelevskoi, 1988. Thăm dò điện trong môi trường Địa chất, MGY – Maxcova.
- [4]. F.M. Kamenetski, 1976. Phương pháp đo sâu trường chuyển trong thăm dò điện quặng, NXB “Lòng đất” Maxcova.
- [5]. Lâm Quang Thiệp, Lê Viết Du Khương, 1984. Các phương pháp đo sâu và mặt cắt điện bằng thiết bị đối xứng và lưỡng cực hợp nhất, Tạp chí Địa chất, 24(167).
- [6]. Lâm Quang Thiệp, 1992. Đo sâu điện bằng phương pháp đối xứng và lưỡng cực hợp nhất (CSDES), tạp chí Vật lý, Đại học Tổng hợp Hà Nội.

## ABSTRACT

### Processing vertical electrical sounding curves on geoelectrical section constantly changing by N tranformation method

Nguyen Trong Nga, Vietnam Science and Technology Association of Geophysics

Truong Thi Chinh, Hanoi University of Mining and Geology

Vertical electrical sounding method (VES method) has been applied for hundreds of years (from 1911 in France) and has obtained efficiencies in geological structures, searching for underground water; finding useful minerals and survey foundations of engineering Geology. In VES data processing, the first VES method is Palet, after that geophysicist use computer. Both two methods can not avoid the equivalence principle, so led to the multi-valued. The authors propose a new transformation method – N transformation one. This method allows automatically processing VES data in a different view. The reason for the inaccurate results about geological environment is the measured quantity being apparent parameter – the medium value of defined domain and it represent incorrectly the infiltration depth of geoelectrical section. With the point that environment include the system of continuous thin layer. The authors calculate the resistivity value of differential thin layer at the depth Z by determining anisotropy factor of the geoelectrical section. The results of this method was tested on theoretical VES curves of layered horizontal environment and has proved this method's effectiveness. However, they will be better for the environment having constantly changing parameter (gradient environment); the layer boundary changes maximum on environmental parameters. The processed results on the actual document show that this method have high-resolution, represent realistic heterogeneity geoelectrical environmental in both 2 and 3 dimensions.