

PHÂN TÍCH TÀI LIỆU ĐO SÂU ĐIỆN VÙNG TP HỒ CHÍ MINH BẰNG PHƯƠNG PHÁP ZOHDY

Nguyễn Thành Ván⁽¹⁾, Nguyễn Thị Như Vương⁽¹⁾, Nguyễn Ngọc Thu⁽²⁾

(1) Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

(2) Liên đoàn Bản đồ địa chất Miền Nam

(Bài nhận ngày 06 tháng 01 năm 2006, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 31 tháng 03 năm 2006)

TÓM TẮT: Điện trở suất là một trong các tham số vật lý của vật chất, đóng một vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực nghiên cứu và ứng dụng khác nhau. Thực tế cho thấy rất nhiều công trình, đặc biệt là các công trình ngầm được thi công ở các vùng bị nhiễm mặn, sau một thời gian thì các vật liệu bằng kim loại bị ăn mòn rất nhanh do ở đây điện trở suất của môi trường rất thấp. Vì vậy, trong lĩnh vực kỹ thuật, điện trở suất là một trong các yếu tố cần được xem xét nhằm đánh giá các quá trình làm ảnh hưởng đến các công trình ngầm, bảo vệ các công trình có liên quan đến quá trình điện hóa, thiết kế các công trình chống sét và nối đất...

Nội dung chính của bài báo là giới thiệu bản đồ điện trở suất trung bình của các lớp đất đá thuộc vùng Tp. Hồ Chí Minh, được thành lập trên cơ sở xử lý, phân tích tự động đường cong đo sâu điện bằng phương pháp Zohdy, sử dụng các công thức truyền thống và thuật toán Dudás để tính điện trở suất trung bình, với một khối lượng khá lớn các điểm đo sâu điện đã được thực hiện trên diện tích Tp. Hồ Chí Minh.

1. PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TỰ ĐỘNG ĐƯỜNG CONG ĐO SÂU ĐIỆN

1.1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp [4]

Từ bài toán cơ sở trong đo sâu điện được xây dựng trên mô hình môi trường phân lớp ngang, ta có hàm thế $U(r)$ trên mặt môi trường là

$$U(r) = \frac{I\rho_1}{2\pi} \int_0^{\infty} R(\lambda) \cdot J_0(\lambda r) \cdot d\lambda \quad (1)$$

trong đó $J_0(\lambda r)$ là hàm Bessel

$R(\lambda)$ là hàm truy hồi sơ cấp

Đối với thiết bị 4 cực đối xứng, sự chênh lệch thế giữa các điện cực đo là

$$\Delta U = 2 \left(\frac{\rho I}{2\pi} \right) \left[\frac{1}{s-b} - \frac{1}{s+b} \right] = 2[U(s-b) - U(s+b)] \quad (2)$$

trong đó $b = \frac{MN}{2}$, $s = \frac{AB}{2}$

Với U lấy từ phương trình (1), biểu thức điện trở suất biểu kiến được biểu diễn dưới dạng

$$\begin{aligned} \rho_{app.} &= \left(\frac{\Delta U}{4Ibs} \right) 2\pi s (s^2 - b^2) \\ &= 2\rho_1 s \frac{s^2 - b^2}{4bs} \int_0^{\infty} R(\lambda) [J_0(\lambda s - \lambda b) - J_0(\lambda s + \lambda b)] d\lambda \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{hoặc} \quad \rho_{app.} = 2s \frac{1-c^2}{4c} \int_0^{\infty} T(\lambda) \{ J_0[\lambda s(1-c)] - J_0[\lambda s(1+c)] \} d\lambda \quad (4)$$

với $T(\lambda) = \rho \cdot R(\lambda)$, $c = b/s$.

• Ứng với thiết bị Wenner, ta có $\overline{AM} = \overline{MN} = \overline{NB} = \frac{\overline{AB}}{3} = a$ (a- khoảng cách liên tiếp giữa các điện cực) và $b = \frac{a}{2}, s = \frac{3a}{2}$. Khi đó biểu thức điện trở suất biểu kiến ứng với thiết bị Wenner được biểu diễn dưới dạng

$$\rho_{app.W.} = 2a \int_0^{\infty} T(\lambda) [J_0(\lambda a) - J_0(2\lambda a)] d\lambda \quad (5)$$

• Ứng với thiết bị Schlumberger, sau khi biến đổi và sử dụng tích phân Hankel, biểu thức điện trở suất biểu kiến được biểu diễn dưới dạng

$$\rho_{app.Schl.} = \rho_1 + s^2 \int_0^{\infty} [T(\lambda) - \rho_1] J_1(\lambda s) \lambda d\lambda \quad (6)$$

Ta thay các biến số độc lập bằng các biến số logarit. Sự thay đổi này có thuận lợi ở chỗ là trong thang đo logarit, các đường cong đo sâu điện trở suất có dáng điệu đều đặn hơn.

Đặt $x = \ln(s)$ và $y = \ln(1/\lambda) = -\ln(\lambda)$

Khi đó phương trình (4) trở thành

$$\rho_{app.} = \frac{1-c^2}{2c} \int_{-\infty}^{+\infty} T(y) \{J_0[(1-c)e^{x-y}] - J_0[(1+c)e^{x-y}]\} e^{x-y} dy \quad (7)$$

Phương trình (5) và (6) trở thành

$$\rho_{app.W.} = 2 \int_{-\infty}^{+\infty} T(y) [J_0(e^{x-y}) - J_0(2e^{x-y})] e^{x-y} dy \quad (8)$$

$$\rho_{app.Schl.} = \rho_1 + \int_{-\infty}^{+\infty} [T(y) - \rho_1] J_1(e^{x-y}) e^{2(x-y)} dy \quad (9)$$

Theo phép biến đổi Fourier, nếu có một hàm $T(y)$ được lấy mẫu tại những khoảng cách lấy mẫu ($y + j\Delta y$) thì giá trị đó tại y trên hệ trục tọa độ vuông góc là

$$T(y) = \sum_{j=-\infty}^{+\infty} T(y_0 + j\Delta y) \frac{\sin[\pi(y - y_0 - j\Delta y) / \Delta y]}{\pi(y - y_0 - j\Delta y) / \Delta y}$$

Do đó

$$\begin{aligned} \rho_{app.} &= \sum_{j=-\infty}^{+\infty} T(y_0 + j\Delta y) \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1-c^2}{2c} \frac{\sin\{\pi(y - y_0 - j\Delta y) / \Delta y\} \cdot \{J_0[(1-c)e^{x-y}] - J_0[(1+c)e^{x-y}]\} e^{x-y} dy}{\pi(y - y_0 - j\Delta y) / \Delta y} \\ &= \sum_{j=-\infty}^{+\infty} f_j T(y_0 + j\Delta y) \end{aligned}$$

với f_j là các hệ số lọc, đặt $\eta = x - y$, khi đó

$$f_j = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1-c^2}{2c} \frac{\sin\{\pi(-\eta + x - y_0 - j\Delta y) / \Delta y\}}{\pi(-\eta + x - y_0 - j\Delta y) / \Delta y} \cdot \{J_0[(1-c)e^\eta] - J_0[(1+c)e^\eta]\} \cdot e^\eta d\eta \quad (10)$$

Hiện nay, rất nhiều bộ lọc đã được công bố với các bước rời rạc khác nhau: 6 bước, 10 bước, 11 bước ... trên khoảng 10. Chẳng hạn như bộ lọc Johansen gồm 140 số, bộ lọc Ghosh 9 số ... Ở đây, chúng tôi chọn bộ lọc 15 số của Abramova [3].

1.2. Quá trình phân tích theo phương pháp Zohdy [7]

Trên cơ sở lý thuyết trình bày, quá trình phân tích tự động một đường cong đo sâu điện được thực hiện theo các bước sau:

a- Từ số liệu thu thập từ thực địa tại điểm đo, vẽ đường cong đo đạc trên tỷ xích logarit.

b- Nếu số liệu có N giá trị $AB/2$, tự động ngầm định mô hình với N lớp, bề dày lớp thứ j là $AB_j/2 - AB_{j-1}/2$, điện trở suất ρ_j của lớp j đúng bằng điện trở suất biểu kiến ρ_{appj} . Số lớp giữ nguyên trong suốt quá trình phân tích. Vẽ mô hình dự đoán (hình 1a).

c- Từ mô hình dự đoán với các thông số ở bước b, xây dựng bài toán thuận với bộ lọc 15 số của Abramova, vẽ đường cong tính toán (hình 1b). Từ giá trị đo và giá trị tính toán suy ra sai số trung bình bình phương mỗi lần lặp

$$\text{rms}\% = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N \left(\frac{\rho_{0j} - \rho_{cj}}{\rho_{0j}} \right)^2}{N}} \times 100$$

trong đó ρ_{0j} - điện trở suất biểu kiến “đo đạc” thứ j

ρ_{cj} - điện trở suất biểu kiến tính toán thứ j

N - số điểm hệ số hóa điện trở suất biểu kiến (với j = 1 đến N)

So sánh rms tính với điều kiện cho trước, nếu rms cực tiểu (nhỏ hơn 5% hoặc nhỏ hơn một mức đã định trước), quá trình lặp được kết thúc. Khi đó giá trị độ sâu và điện trở suất giả định chính là độ sâu và điện trở suất thật cần tìm.

Trong trường hợp điều kiện trên không thỏa, thực hiện bước tiếp theo.

d- Thay đổi độ sâu khảo sát và giá trị điện trở suất giả định (hình 1c)

+ Độ sâu giảm sau mỗi lần lặp, ở đây chúng tôi cho toàn bộ chiều sâu giảm 10% sau mỗi lần lặp.

+ Điện trở suất giả định được tự hiệu chỉnh sau mỗi lần lặp bằng phương trình

$$\rho_{i+1}(j) = \rho_i(j) \times \frac{\rho_0(j)}{\rho_{ci}(j)}$$

trong đó i - số lần lặp

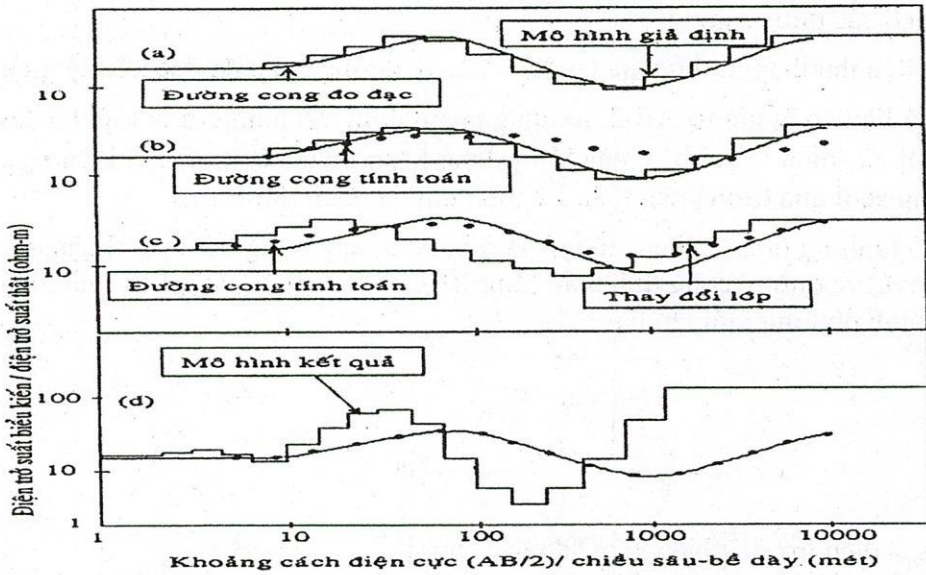
j - lớp thứ j và khoảng cách thứ j

$\rho_i(j)$ - điện trở suất lớp thứ j tại vòng lặp thứ i

$\rho_{ci}(j)$ - điện trở suất tính toán tại khoảng cách thứ j cho vòng lặp thứ i

$\rho_0(j)$ - điện trở suất biểu kiến tại khoảng cách thứ j

Khi có các giá trị mới, lại trở về bước b với giá trị độ sâu và điện trở suất giả định chính là giá trị độ sâu và điện trở suất sau khi đã hiệu chỉnh. Quá trình cứ tiếp tục cho đến khi thỏa điều kiện bước c (hình 1d).



Hình 1. Các bước phân tích của phương pháp

2. TÍNH GIÁ TRỊ ĐIỆN TRỞ SUẤT TRUNG BÌNH CỦA ĐẤT ĐÁ

Trên cơ sở lý thuyết của phương pháp Zohdy, chúng tôi xây dựng phần mềm tính điện trở suất tại các điểm đo. Từ điện trở suất này, tính điện trở suất trung bình trên toàn thành phố bằng các phương pháp

2.1. Phương pháp tính điện trở suất trung bình bằng độ dẫn dọc và điện trở suất ngang [3]

Giả sử lát cắt địa điện gồm n lớp lần lượt có bề dày và điện trở suất là : $h_1, \rho_1; h_2, \rho_2; \dots; h_n, \rho_n$. Ta có độ dẫn dọc của lớp thứ i

$$s_i = \frac{h_i}{\rho_i}$$

và tổng $S = \sum_{i=1}^n s_i = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\rho_i}$ được gọi là độ dẫn dọc của toàn bộ lát cắt. Còn tích $t_i = h_i \cdot \rho_i$ gọi là

điện trở ngang của lớp và tổng $T_i = \sum_{i=1}^n t_i = \sum_{i=1}^n h_i \cdot \rho_i$ là điện trở ngang của lát cắt.

Giả sử có lớp đất đá đồng nhất có bề dày bằng H và độ dẫn dọc bằng tổng độ dẫn dọc S của lát cắt nhiều lớp mà ta vừa xét. Khi đó điện trở suất của lớp đồng nhất $\rho = H/S$ đồng thời cũng bằng

$$\rho_1 = \frac{H}{S} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n s_i} \tag{11}$$

là điện trở suất dọc trung bình của lát cắt phân lớp mà ta đang xét.

Tương tự ta có điện trở suất ngang trung bình của lát cắt nhiều lớp

$$\rho_1 = \frac{T}{H} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \quad (12)$$

Từ (11) và (12) ta đưa ra khái niệm điện trở suất trung bình ρ_m của lát cắt nhiều lớp như sau

$$\rho_m = \sqrt{\rho_n \cdot \rho_1} \quad (13)$$

2.2. Phương pháp tính điện trở suất trung bình bằng thuật toán Dudas [2]

Từ các thông số điện trở suất ρ và bề dày m của các lớp tương ứng ở các điểm đo sâu điện, chúng tôi sử dụng các công thức Dudas [2] để tính điện trở suất trung bình.

• Điện trở suất trung bình ρ_{0h_j} tính từ mặt đất đến độ sâu h_j với trọng số là bề dày tương ứng của nó được cho bởi công thức sau:

$$\rho_{0h_j} = \frac{\sum_{i=1}^k \rho_i m_i + \rho_{k+1} \left(h_j - \sum_{i=1}^k m_i \right)}{h_j} \quad (14)$$

trong đó $\sum_{i=1}^k m_i < h_j < \sum_{i=1}^{k+1} m_i$, $j = 1, 2, \dots$

Trong công thức trên ta cần phải xác định i và k . Khi tính ρ_{0h_j} ở độ sâu h_j ta phải tính xem độ sâu h_j đang nằm ở lớp thứ mấy và i chính là số lớp đó, còn $k = i - 1$.

• Tương tự ta tính điện trở suất trung bình các độ sâu trung gian $\rho_{(h_j-1)-h_j}$ tính cho lớp địa điện từ độ sâu h_{j-1} đến độ sâu h_j với trọng số là chiều dày tương ứng được cho bởi công thức sau

$$\rho_{(h_j-1)-h_j} = \frac{\left[\sum_{i=1}^k \rho_i m_i + \rho_{k+1} (h_j - \sum_{i=1}^k m_i) \right] - \left[\sum_{i=1}^l \rho_i m_i + \rho_{l+1} (h_{j-1} - \sum_{i=1}^l m_i) \right]}{h_j - h_{j-1}} \quad (15)$$

trong đó $\sum_{i=1}^k m_i < h_j < \sum_{i=1}^{k+1} m_i$ và $\sum_{i=1}^l m_i < h_{j-1} < \sum_{i=1}^{l+1} m_i$

3. KẾT QUẢ XỬ LÝ

Chúng tôi đã thu thập số liệu đo sâu điện toàn vùng Tp. Hồ Chí Minh (Hình 2) với hơn 500 điểm đo. Ngoài ra còn bổ sung thêm tài liệu đo sâu do Liên đoàn Địa chất thủy văn - Địa chất công trình miền Nam thực hiện trong các đề tài tìm kiếm, đánh giá nước ngầm các vùng: Bình Chánh, Cần Giờ, Hóc Môn, ... Với các khối lượng thu thập thêm này, các điểm đo sâu điện dàn trải tương đối đều trên diện tích thành phố ngoại trừ các vùng ven huyện Cần Giờ. Đây là tài liệu chính được đã sử dụng trong việc xác định chiều sâu tầng đá móng, kiên kết địa tầng giữa các lỗ khoan và xác định ranh giới nhiễm mặn của các tầng chứa nước [6].

Trên cơ sở các số liệu đo sâu điện thu thập được, chúng tôi đã xử lý, phân tích và tính toán giá trị điện trở suất trung bình của các lớp đất đá đến các chiều sâu khác nhau bằng 2 phương pháp trên và cho kết quả tương đương nhau (Hình 3, Hình 4), cụ thể là:

- Điện trở suất trung bình của 10 lớp tính từ trên xuống, với bề dày mỗi lớp $h = 5m$.

- Điện trở suất trung bình của 10 lớp có chiều sâu khác nhau tính từ mặt đất (0-5m, 0-10m, 0-15m, 0-20m, 0-25m, 0-30m, 0-35m, 0-40m, 0-45m, 0-50m).

Với các kết quả nhận được, đã xây dựng các bản đồ điện trở suất trung bình cho toàn Thành phố. Có thể nhận thấy rằng: giá trị điện trở suất trung bình vùng Tp. Hồ Chí Minh thay đổi trong một giới hạn khá rộng, từ $< 2 \Omega.m$ cho đến vài trăm $\Omega.m$, với các đặc điểm tổng quát như sau:

Khu vực Cần Giờ, Bình Chánh, Quận 8, Nhà Bè và các vùng trũng thấp, thường có giá trị điện trở suất thấp và rất thấp khoảng từ $< 0.1 \Omega.m$ đến $2.5 \Omega.m$, đặc trưng cho vùng bị nhiễm phèn, mặn thuận lợi cho việc tiếp đất các công trình nối đất và chống sét nhưng bất lợi trong việc bảo vệ các công trình có liên quan đến quá trình điện hóa. Các khu vực như Thủ Đức, Hóc Môn, Gò Vấp, Quận Tân Bình... có giá trị điện trở suất trung bình cao khoảng $> 20 \Omega.m$, riêng huyện Củ Chi có điện trở suất rất cao $> 200 \Omega.m$. Một số khu vực còn lại của Thành phố, có giá trị điện trở suất trung bình dao động trong khoảng từ $5 \Omega.m$ đến $< 20 \Omega.m$.

4. KẾT LUẬN

Các bản đồ điện trở suất trung bình tương ứng với các chiều sâu khác nhau vùng Thành phố Hồ Chí Minh được thành lập. Phương pháp phân tích tự động đường cong đo sâu điện dùng bộ lọc Abramova 15 số không bị nhiễu khi điện trở suất của các lớp dao động mạnh và bề dày lớp biến đổi nhảy vọt. Đây cũng là phương pháp phân tích nhanh và hoàn toàn tự động, không phụ thuộc chủ quan vào người phân tích. Kết quả đạt được từ công thức tính điện trở suất trung bình truyền thống và Dudás là tương đương nhau và khá phù hợp với các kết quả nghiên cứu địa vật lý – địa chất khác. Các bản đồ có thể được sử dụng để tham khảo trong việc thiết kế các công trình có liên quan đến tính chất dẫn điện của môi trường ở các khu vực trên toàn Thành phố.

INTERPRETATION OF VERTICAL ELECTRIC SOUNDING DATA IN HO CHI MINH CITY BY ZOHDY METHOD

Nguyen Thanh Van⁽¹⁾, Nguyen Thi NhuVuong⁽¹⁾, Nguyen Ngoc Thu⁽²⁾

(1) Faculty of Physics, University of Natural Sciences – VNU-HCM

(2) South Vietnam Geological Mapping Division

ABSTRACT: Resistivity which is one of the physical parameters of material plays an important role in many fields of research and application. Especially in geotechnical field, it is a necessary parameter to estimate effect in underground constructions, protecting the buildings from electrochemistry and designing lightning-conductors, etc.

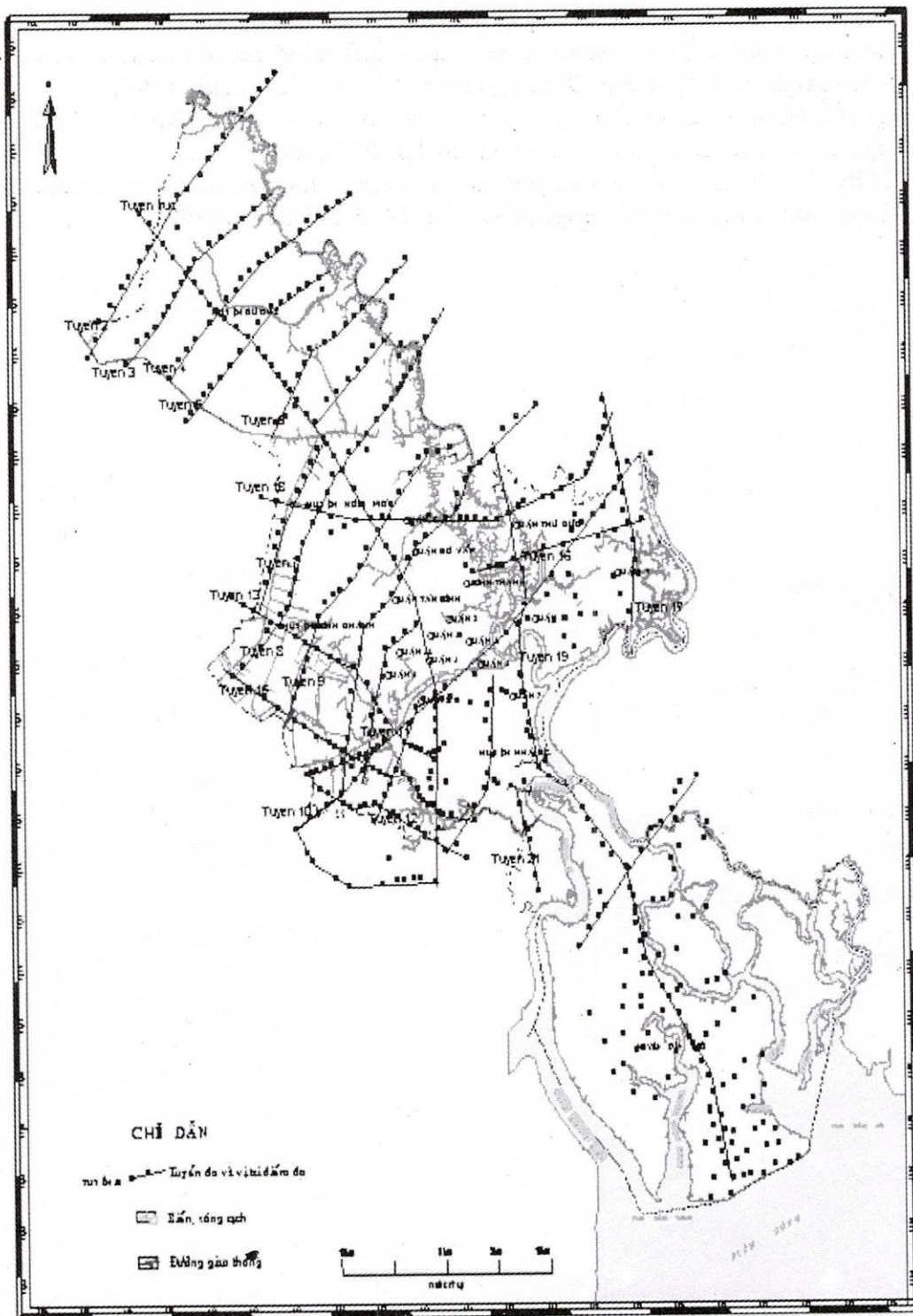
This paper introduces the average resistivity maps of Ho Chi Minh city, built by the Zohdy method for the automatic interpretation of sounding curves based on a huge of VES' carried out in Ho Chi Minh city. Then, the average resistivity is calculated by traditional formulas and Dudás algorithm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

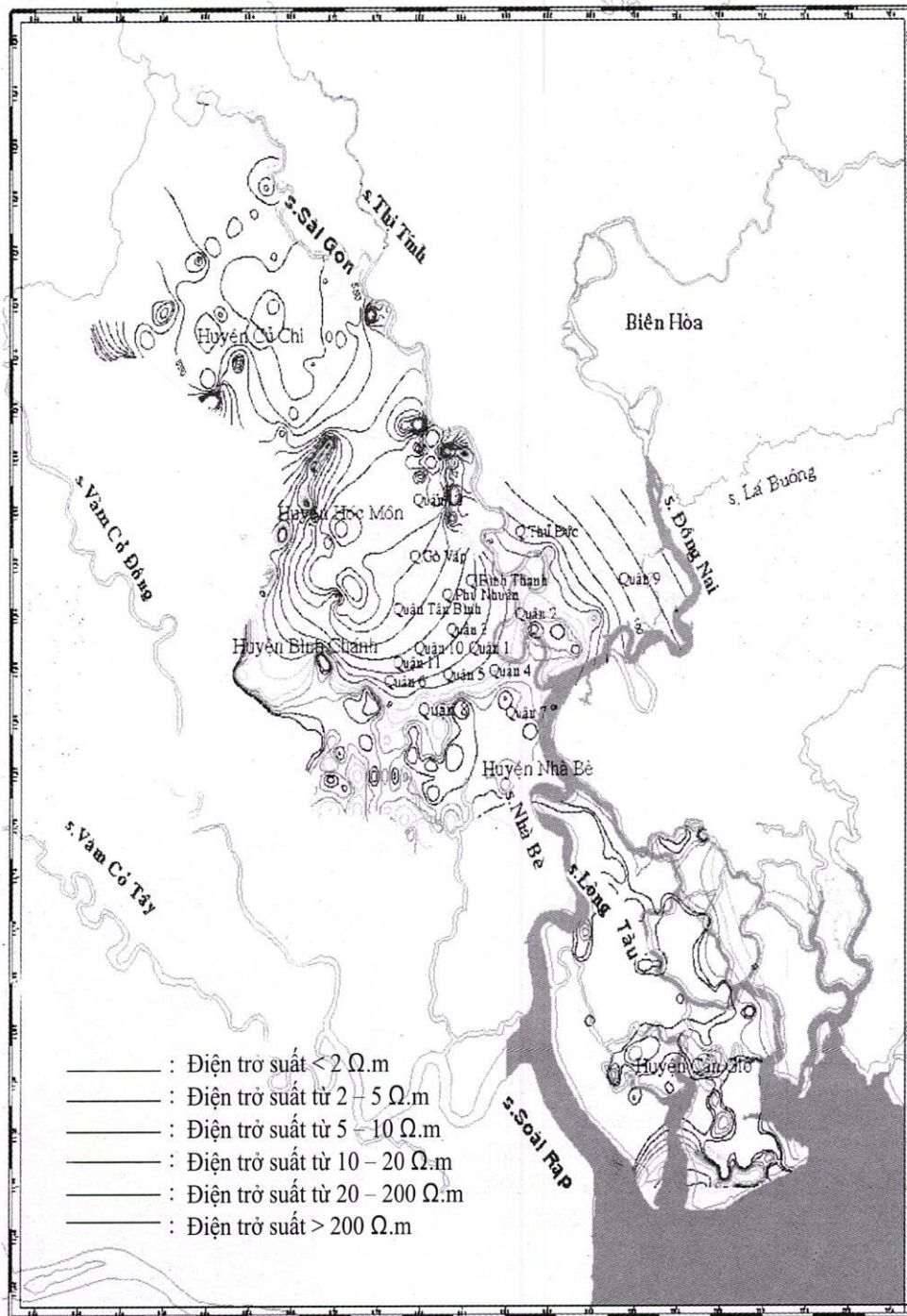
- [1]. Dương Hoài Thanh, Nguyễn Ngọc Thu, Nguyễn Thành Văn, Tính điện trở suất trung bình vùng Thành phố Hồ Chí Minh bằng phương pháp Barnes, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học kỹ thuật Địa vật lý Việt nam. Lần thứ 4. Hà nội 2005, pp.537-545.

- [2]. Dudás J. et al., 1994, *Methodological Experience of Geoelectric Studies of Young Sediments of the Little Plain*, Geophysical Transactions, Eotvos Lorand Geophysical Institute of Hungary, vol. 39, N 2-3.
- [3]. Khomelevskôi V.K., Shevnhin V.A, *Đo sâu điện trong môi trường địa chất*, Đại học Tổng hợp Lômônôxốp Mátxcova, 1998. (tiếng Nga)
- [4]. Koefoed Otto. Geosounding principles.1, *Resistivity Sounding Measurements*, Delft University of Technology, 1979.
- [5]. Loke M.H. and Barker R.D, *Improvements to the Zohdy method for the inversion of resistivity sounding and pseudosection data*, School of Earth Sciences, The University of Birmingham, Edgbaston. Birmingham B15 2TT.U.K. (7 July 1994).
- [6]. Nguyễn Ngọc Thu, *Xử lý tổng hợp tài liệu Địa vật lý vùng Thành phố Hồ Chí Minh*, Luận án Tiến sĩ , Đ H Khoa học Tự nhiên Tp HCM,2004.
- [7]. Zohdy A.A.R, *A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves*, Geophysics, Vol. 54, P.245-253, 1989.

PHỤ LỤC



Hình 2: Bản đồ vị trí các điểm đo sâu khu vực Tp.HCM



Hình 3 : Điện trở suất trung bình TP_HCM lớp có độ sâu từ 0 – 5 m (phương pháp Dudás)

