

PHƯƠNG PHÁP TỪ BIẾN ĐỔI VÀ KẾT QUẢ THỬ NGHIỆM THEO MÔ HÌNH

NGUYỄN THÀNH VẤN

E-mail: ntvandc@gmail.com

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - ĐHQG Tp. HCM

Ngày nhận bài: 5 - 1 - 2012

1. Mở đầu

Khi nghiên cứu bất đồng nhất về tính chất điện của môi trường trong phương pháp từ tellua (MT) thì ngoài những nghiên cứu về lý thuyết người ta còn tìm cách để cải tiến việc ghi các số liệu, do đó năm thành phần của trường điện từ: E_x, E_y, H_x, H_y và H_z được ghi một cách đồng bộ với những thành phần qui chiếu tại một trạm ở xa (H_z được ghi thêm so với phương pháp từ tellua truyền thống). Hệ thức liên lạc giữa các thành phần biến đổi của trường từ H_x, H_y và H_z được thể hiện qua ma trận Wiese-Parkinson \mathbf{W} . Phương pháp xử lý số liệu dựa trên ma trận Wiese-Parkinson được gọi là phương pháp từ biến đổi. Trước đây có nhiều công trình [8, 9] nghiên cứu về các vectơ cảm ứng $\text{Re}W$ và $\text{Im}W$ và trong một thời gian dài đã giúp các nhà địa vật lý xử lý hiệu quả các số liệu từ tellua tại các nơi có dị thường 2-D và 3-D. Chúng tôi dùng các phép biến đổi để xây dựng các vectơ từ biến đổi \mathbf{V} , pha từ biến đổi ψ và độ elíp phân cực ε_H^\perp của trường từ H_t^\perp từ ma trận Wiese-Parkinson để nghiên cứu bất đồng nhất về tính chất điện trên mô hình và thực tế. Thông tin chúng tôi thu được nhiều hơn các phương pháp trước đây (pha từ biến đổi ψ và độ elíp phân cực ε_H^\perp của trường từ H_t^\perp), ngoài ra vectơ \mathbf{V} cho ta hai thông số (phương và giá trị) và $|\mathbf{V}| \geq |\text{Re}W|$ và $|\mathbf{V}| \geq |\text{Im}W|$, do đó việc minh giải tài liệu có nhiều thuận lợi hơn các phương pháp đã có.

2. Tổng quan về phương pháp

2.1. Phương pháp đo sâu và đo mặt cắt từ biến đổi

Phương pháp mặt cắt từ biến đổi (Magnetovariational profiling: MVP) bao gồm việc ghi lại đồng thời ba thành phần biến thiên theo thời

gian của từ trường H_x, H_y , và H_z . Những quan sát có thể được thực hiện bằng cách sử dụng chỉ một trạm quan sát duy nhất, sau đó di chuyển dần dần dọc theo tuyến đo hoặc bằng cách sử dụng hai trạm: một trạm chính và trạm còn lại lưu động, tương tự như cách được sử dụng trong phương pháp bản đồ dòng từ (telluric current mapping: TCM). Tùy theo đặc điểm địa chất đang được nghiên cứu, miền chu kỳ có thể dao động từ một vài giây đến một vài giờ hoặc thậm chí là một vài ngày. Việc giám số liệu thực địa được thực hiện bằng cách sử dụng đặc điểm nhận biết các hiện tượng (xử lý thủ công) hoặc bằng cách phân tích mật độ năng lượng theo thời gian thông qua việc xác định hàm chuyển đổi từ $m(r, r_0)$ hoặc từ vectơ cảm ứng. Các thành phần vô hướng của hàm chuyển đổi hoặc vectơ cảm ứng phụ thuộc vào vị trí của trạm quan sát, tần số thời gian và đặc điểm địa điện. Việc phân tích bản đồ biểu diễn các kết quả thu thập cho phép đưa ra những kết luận có ý nghĩa quan trọng về địa chất, chẳng hạn như việc xây dựng bản đồ độ dẫn một số nơi của vỏ Trái Đất.

Cải tiến của phương pháp MVP nhưng chưa được sử dụng rộng rãi là phương pháp đo sâu từ biến đổi (magnetovariation sounding: MVS). Trong lĩnh vực này, các kỹ thuật đo giống như được sử dụng trong phương pháp từ biến đổi, chỉ có mục tiêu là thay đổi vì ta muốn xác định biến thiên của độ dẫn điện theo chiều sâu thay vì dọc theo tuyến đo. Phương pháp MVS có thể được coi như tương đương với phương pháp MTS (magnetotelluric sounding), nhưng ở đây ta sử dụng đến khái niệm gradient của những thành phần từ trường thay cho các quan sát điện trường trong phương pháp MTS. Dữ liệu được ghi đồng thời với một mạng ít nhất ba điểm đo có khoảng cách tương

đổi ngắn, bằng cách sử dụng sự khác biệt giữa các cặp trạm có thể xác định gần đúng gradient ngang của từ trường. Thêm vào đó ta có thể tính toán hàm chuyển đổi T từ công thức sau, với giả định các thành phần trường điện từ và các không gian dẫn xuất của chúng có quan hệ tuyến tính:

$$T = -i\omega\mu \frac{H_z}{\frac{\partial H_x}{\partial x} + \frac{\partial H_y}{\partial y}}$$

Hàm chuyển đổi T là phương trình số học của trở kháng Tikhonov-Cagniard [2, 8], Z trong môi trường đồng nhất ngang và sử dụng hàm chuyển đổi này để xây dựng đường cong đo sâu điện trở suất biểu kiến của môi trường.

Sự tương phản độ dẫn điện theo phương ngang thay đổi theo hướng, biên độ và pha của trường từ biến thiên, dẫn đến việc tăng dấu hiệu của các vectơ cảm ứng, nghĩa là tăng các thành phần từ theo phương thẳng đứng. Những gradient dẫn điện theo phương ngang cũng làm thay đổi thành phần theo phương ngang của từ trường.

Nếu môi trường không đồng nhất ngang, phương pháp MVS và MTS sẽ chỉ ra những khác biệt điển hình của môi trường. Việc sử dụng cả hai phương pháp cùng lúc cho phép ta có khả năng mô tả chi tiết hơn các thành phần địa điện so với việc sử dụng riêng biệt từng phương pháp.

Một ưu điểm của những nghiên cứu từ biến đổi MV (magnetovariational) hay đôi khi gọi là đo sâu địa từ GDS (geomagnetic depth sounding) là không có trường điện nào được đo đạc nên vấn đề "dịch chuyển tĩnh" không xảy ra. Một nhược điểm của đo MV là chỉ xác định được những gradient dẫn điện theo phương ngang, điều này có nghĩa là sự phân bố độ dẫn điện theo phương thẳng đứng không được nghiên cứu.

Ngày nay người ta thường kết hợp từ biến đổi với những phương pháp từ tellua. Một điều kiện cần thiết trước hết cho việc áp dụng phương pháp MV là tính khả dụng của dữ liệu đồng bộ từ một điểm đo và một điểm tham chiếu.

2.2. Phương pháp đo sâu địa từ

Phương pháp đo sâu địa từ (Geomagnetic deep sounding: GDS) được công nhận có hiệu quả nhất trong thăm dò cấu trúc vỏ Trái Đất với các trường điện từ tự nhiên là thông qua việc sử dụng kết hợp

phương pháp từ tellua và phương pháp từ biến đổi, đây cũng có thể được gọi là "đo sâu toàn diện" [1]. Như vậy, phương pháp này đòi hỏi những quan sát đồng thời của tất cả năm thành phần của trường tại hai địa điểm: một cơ sở và một trạm lưu động trên một miền chu kỳ rộng.

Quá trình phân tích các dữ liệu gồm có việc phân tích cường độ theo thời gian cho mỗi thành phần trường được ghi và xác định gần đúng hàm chuyển đổi, trong đó gồm các tenxơ tổng trở \hat{Z} , các hàm chuyển đổi từ \hat{W} . Mục đích của phân tích tài liệu là sử dụng các hàm trên để xác định tất cả các đại lượng có liên quan đến tính chất điện của cấu trúc địa chất vỏ Trái Đất, do đó kết quả minh giải sẽ thuyết phục hơn khi sử dụng cả hai hàm này [6].

2.3. Phương pháp từ biến đổi

2.3.1. Ma trận Wise-Parkinson

Từ biến đổi là phương pháp nghiên cứu các bất đồng nhất về tính chất điện của môi trường tự nhiên. Việc đo các thành phần của trường từ: H_x , H_y và H_z được thực hiện một cách đồng bộ với những quy chiếu tại một trạm ở xa đã cung cấp cho chúng ta nhiều thông tin hơn. Vấn với những giả định mô hình môi trường phân lớp ngang có chứa các bất đồng nhất ba chiều về tính chất điện, biểu thức liên hệ giữa các thành phần biến đổi của trường từ H_x , H_y và H_z được thể hiện qua ma trận Wiese-Parkinson \hat{W} :

$$H_z = \hat{W}H_r = W_{zx}H_x + W_{zy}H_y \quad (3.1)$$

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} W_{zx} & W_{zy} \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad H_r = \begin{bmatrix} H_x \\ H_y \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Trong đó $\hat{W} = \begin{bmatrix} W_{zx} & W_{zy} \end{bmatrix}$ là ma trận Wiese-Parkinson, phản ánh tính chất bất đồng nhất về tính chất dẫn điện của môi trường theo phương ngang, do đó:

- Xét trong trường hợp 1D: Môi trường phân lớp ngang, độ dẫn điện thay đổi theo phương thẳng đứng thì:

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} W_{zx} & W_{zy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- Xét trong trường hợp 2D: Môi trường có độ dẫn điện thay đổi theo hai trục, giả sử trục x trùng với trục đồng nhất của môi trường:

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} W_{zx} & W_{zy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & W_{zy} \end{bmatrix}$$

- Xét trong trường hợp 3D: Trong môi trường 3D, độ dẫn điện thay đổi theo cả ba phương, khi đó ta có :

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} W_{zx} & W_{zy} \end{bmatrix}$$

2.3.2. Phương pháp vectơ cảm ứng

Vectơ thực và vectơ ảo của phương pháp vectơ cảm ứng được biểu diễn như sau:

$$\overline{\text{Re}W} = \text{Re}W_{zx} \bar{1}_x + \text{Re}W_{zy} \bar{1}_y \quad (3.3)$$

$$\overline{\text{Im}W} = \text{Im}W_{zx} \bar{1}_x + \text{Im}W_{zy} \bar{1}_y \quad (3.4)$$

Trong đó $\bar{1}_x, \bar{1}_y$ là các vectơ đơn vị trên các trục x và y;

Hình 1 biểu diễn vectơ thực và vectơ ảo của \hat{W} , trong đó $\overline{\text{Re}W}$ và $\overline{\text{Im}W}$ được gọi là vectơ thực và vectơ ảo. $\overline{\text{Re}W}$ chịu ảnh hưởng của dòng điện dẫn còn $\overline{\text{Im}W}$ thì chịu ảnh hưởng của dòng cảm ứng.

Ta nhận thấy đối với trường hợp 2D thì vectơ thực và vectơ ảo cùng phương, còn đối với

trường hợp 3D bất đối xứng thì ngược lại.

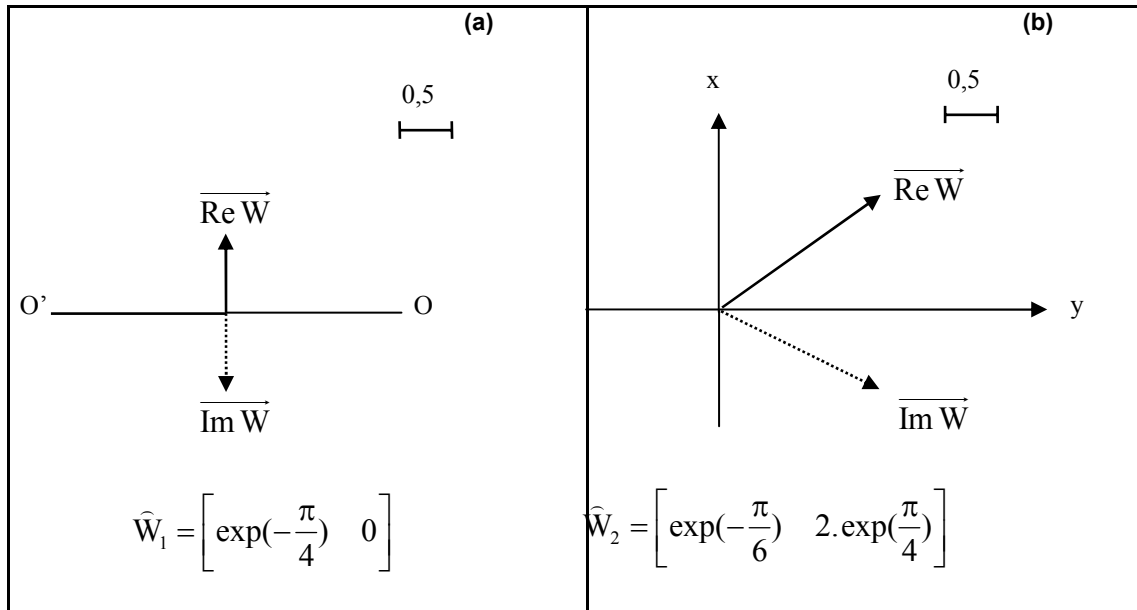
Xuất phát từ thành phần không phụ thuộc vào hướng của hệ trục tọa độ Oxy: $W = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}$, Vozoff [9] đưa ra một đại lượng được gọi là “tip” để đặc trưng cho tính chất bất đồng nhất của môi trường:

$$\text{tip} = \left| \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2} \right| \quad (3.5)$$

- tip = 0: môi trường được hình thành bởi tầng nằm ngang xếp thành lớp: 1-D.

- tip # 0: môi trường 2-D và 3-D, tip thường có những giá trị giữa 0,1 và 0,5.

Hình 1a và 1b biểu diễn các vectơ thực và các vectơ ảo của hai ma trận: $\hat{W}_1 = \begin{bmatrix} \exp(-\frac{\pi}{4}) & 0 \end{bmatrix}$ của môi trường hai chiều với trục O’O là trục đồng nhất và ma trận $\hat{W}_2 = \begin{bmatrix} \exp(-\frac{\pi}{6}) & 2.\exp(\frac{\pi}{4}) \end{bmatrix}$ của môi trường ba chiều bất đối xứng.



Hình 1. Các vectơ cảm ứng; (a)- trường hợp 2D, O’O: trục đồng nhất; (b)- trường hợp 3D - bất đối xứng

2.3.3. Vectơ, pha và độ elip phân cực từ biến đổi

Trên cơ sở tip của Vozoff [8] và thành phần không phụ thuộc vào hướng của hệ trục tọa độ Oxy là: $W = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}$ và $\|\hat{W}\| = \sqrt{|W_{zx}|^2 + |W_{zy}|^2}$ (3.6)

Berdichevsky và N.T.Van [2, 3, 5] đã đưa ra một phương pháp để biểu diễn ma trận Wiese-Parkinson \hat{W} dưới dạng vectơ từ biến đổi, pha từ biến đổi, và độ elip phân cực từ bằng cách xác định hệ thức liên lạc giữa các thành phần H_x, H_y, H_z :

$$\eta = \frac{|H_z|}{\sqrt{|H_x|^2 + |H_y|^2}} \quad (3.7)$$

η được gọi là sự liên hệ của các thành phần từ biến đổi (new tipper) và có thể viết lại thành:

$$\eta = \sqrt{\frac{(W_{zx}H_x + W_{zy}H_y)(W_{zx}^*H_x^* + W_{zy}^*H_y^*)}{|H_x|^2 + |H_y|^2}} \quad (3.8)$$

$$= \sqrt{|W_{zx}|^2 + |W_{zy}|^2} - \gamma = \sqrt{\|\hat{W}\|^2 - \gamma}$$

với

$$\gamma = \frac{|W_{zx}H_x|^2 + |W_{zy}H_x|^2 - 2R_c W_{zx} W_{zy}^* H_x H_y^*}{|H_x|^2 + |H_y|^2} \geq$$

$$\geq \frac{|W_{zx}H_y|^2 - |W_{zy}H_x|^2}{|H_x|^2 + |H_y|^2} \geq 0$$

Ta xét sự thay đổi của η trong trường hợp 2D tức là $W_{zx} = 0$. Giả sử $\vec{H}_\tau = H_\tau \vec{i}$ phân cực tuyến tính theo trục τ , τ làm với trục x một góc α và x là trục đồng nhất của môi trường:

$$H_x = H \cos \alpha, H_y = H \sin \alpha \quad \text{và} \quad H_z = W_{zy} H \sin \alpha$$

$$\text{Vậy} \quad \eta(\alpha) = |W_{zy} \sin \alpha| \quad (3.9)$$

$$\min \eta(\alpha) = 0 \quad \text{khi} \quad \alpha = 0; \pi$$

$$\max \eta(\alpha) = W_{zy} \quad \text{khi} \quad \alpha = \frac{\pi}{2}; \frac{3\pi}{2}$$

Từ cực trị của $\eta(\alpha)$ có thể xác định thành phần song song ($W_{zx} = 0$) và thẳng góc (W_{zy}) của ma trận Wiese-Parkinson.

Dựa trên kết quả của mô hình 2D ta có thể nghiên cứu mô hình 3D bất kỳ. Giả sử tìm được trường H_τ , trong đó η có các cực trị, nghĩa là H_z có các cực đại và cực tiểu. Trong trường hợp tổng quát của trường này, có thể xem là trường phân cực elip và chúng gồm có trường á song song H_τ'' và á vuông góc H_τ^\perp . Thành phần H_τ'' được xác định từ điều kiện:

$$\min \eta(\alpha) = 0 \quad \text{Nghĩa là:} \quad W_{zx} H_\tau'' + W_{zy} H_\tau'' = 0$$

$$\text{Suy ra} \quad P_H'' = \frac{H_y''}{H_x''} = -\frac{W_{zx}}{W_{zy}} \quad (3.10)$$

$$\text{Tương tự} \quad \max \eta(\alpha)|_{\gamma=0} = \|\hat{W}\|$$

Có nghĩa là:

$$|W_{zx} H_y^\perp|^2 + |W_{zy} H_x^\perp|^2 - 2R_c W_{zx} W_{zy}^* H_x^\perp (H_y^\perp)^* = 0$$

$$\text{Ta có thể suy ra:} \quad P_H^\perp = \frac{H_y^\perp}{H_x^\perp} = \frac{W_{zy}^*}{W_{zx}} \quad (3.11)$$

$$\text{Vậy} \quad P_H'' (P_H^\perp)^* = -1$$

Vì trường H_τ'' và H_τ^\perp trực giao nên các trục lớn của elip phân cực vuông góc với nhau, hướng theo phương á song song và á vuông góc và đây là hướng chính của bất đồng nhất 3D.

Xây dựng \vec{V} hướng theo trục lớn của phân cực elip và có giá trị bằng suất $\|\hat{W}\|$ của ma trận Wiese-Parkinson. Góc α_H^\perp giữa trục x và trục lớn phân cực H_τ^\perp được tính [3]:

$$\text{tg} 2\alpha_H^\perp = \text{tg} 2\theta_H^\perp \cos \varphi_H^\perp \quad (3.12)$$

$$\text{Với} \quad \theta_H^\perp = \arctg |P_H^\perp|; \quad \theta_H^\perp \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$$

$$\text{và} \quad \varphi_H^\perp = \arg P_H^\perp; \quad \varphi_H^\perp \in [0, 2\pi]$$

$$\alpha_H^\perp \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right], \quad \text{khi} \quad \cos \varphi_H^\perp > 0 \quad \text{và}$$

$$\alpha_H^\perp \in \left[-\frac{\pi}{2}, 0\right], \quad \text{khi} \quad \cos \varphi_H^\perp < 0$$

Vector \vec{V} nằm cùng trong phần tư của mặt phẳng tọa độ với vector thực $\text{Re } \vec{W}$, nghĩa là:

$$\left| \alpha_H^\perp - \arctg \frac{|W_{zy}| \cos \arg W_{zy}}{|W_{zx}| \cos \arg W_{zx}} \right| < \frac{\pi}{2}$$

$$\text{Vậy} \quad \vec{V} = \|\hat{W}\| \cos \alpha_H^\perp \vec{i}_x + \|\hat{W}\| \sin \alpha_H^\perp \vec{i}_y \quad (3.13)$$

\vec{V} được gọi là vector từ biến đổi, suất của nó cho thấy mức độ biến đổi về tính chất điện của bất đồng nhất, phương của \vec{V} làm với trục x một góc α_H^\perp và chỉ ra vùng bất đồng nhất.

Độ elip được biểu diễn như sau [3]:

$$\varepsilon_H^\perp = \text{tg} \left[\frac{1}{2} \arcsin (\sin 2\theta_H^\perp \sin \varphi_H^\perp) \right] = \frac{b}{a} \quad (3.14)$$

Với bán trục lớn:

$$a = \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 + 2 \text{Im } P_H^\perp} + \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 - 2 \text{Im } P_H^\perp}$$

Và bán trục nhỏ:

$$b = \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 + 2 \operatorname{Im} P_H^\perp} - \sqrt{1 + |P_H^\perp|^2 - 2 \operatorname{Im} P_H^\perp}$$

Ta có:

+ $\varepsilon_H^\perp = 0$ Phân cực tuyến tính

+ $\varepsilon_H^\perp \neq 0$ Phân cực elip

+ $\varepsilon_H^\perp = 1$ Phân cực tròn

Và

$$\begin{cases} \psi = \arg W = \arg \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2} \\ \psi = \arg W = \pi + \arg \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2} \end{cases}$$

ψ được gọi là pha từ biến đổi, nó phản ánh quan hệ giữa tác động và cảm ứng của dòng. Nếu $\psi \approx 0$ hay $\psi \approx \pi$ thì dòng tác động trội hơn, ngược lại nếu $\psi \approx \frac{\pi}{2}$ thì dòng cảm ứng chiếm ưu thế.

Tóm lại \vec{V} cho ta hai thông số (phương và giá trị), đồng thời $|V| \geq |\operatorname{Re} W|$ và $|V| \geq |\operatorname{Im} W|$, ngoài ra hai thông tin nữa: độ elip ε_H^\perp của trường H_T^\perp và pha ψ càng làm cho việc xác định bất đồng nhất hoàn thiện hơn.

3. Mô hình thử nghiệm và kết quả ứng dụng

3.1. Mô hình

Mô hình được đưa ra ở đây bao gồm ba lớp, trong đó bất đồng nhất 3D ở lớp thứ nhất, các kết quả tính toán mô hình (bài toán thuận) được cho bởi phương trình tính SIJM (phương pháp phương trình tích phân) và FDM (phương pháp phần tử hữu hạn) của A.S. Debabov và I.M. Varensov [2, 7]. Cả hai mô hình đều được khảo sát với chu kỳ 2,6 giây và bất đồng nhất 3D hình elip có bán kính trục $a=15\text{km}$, $b=5\text{km}$ với độ dẫn điện S_c ở trong elip và độ dẫn điện S_0 ở bên ngoài elip. Cụ thể các tham số cho hai mô hình là:

Mô hình 1:

$$\rho_1=100\Omega m; \quad \rho_2=1000\Omega m; \quad \rho_3=1\Omega m; \\ S_0=10(S/m); \quad S_c=100(S/m); \quad h_1=1\text{km}; \quad h_2=200\text{km}$$

Mô hình 2:

$$\rho_1=100\Omega m; \quad \rho_2=1000\Omega m; \quad \rho_3=1\Omega m; \\ S_0=100(S/m); \quad S_c=10(S/m); \quad h_1=1\text{km}; \quad h_2=200\text{km}$$

+ $\varepsilon_H^\perp > 0$ Hướng quay của H_T^\perp theo chiều kim đồng hồ

+ $\varepsilon_H^\perp < 0$ Hướng quay của H_T^\perp ngược chiều kim đồng hồ

Suất và dấu (phân cực trái, phải) của độ elip chỉ ra tính chất phân cực của trường H_T^\perp .

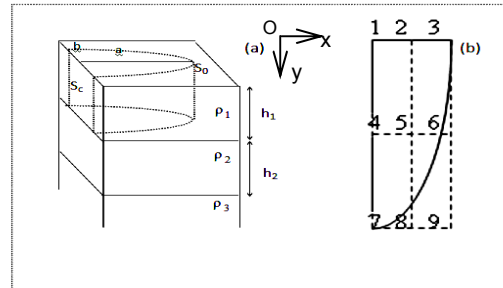
Từ thành phần bất biến theo phép quay

$$W = \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2}, \text{ pha } \psi \text{ được tính:}$$

$$\text{khi } \arg \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2} > 0 \quad (3.15)$$

$$\text{khi } \arg \sqrt{W_{zx}^2 + W_{zy}^2} \leq 0$$

Chúng ta đưa ra mô hình 1 trái ngược với mô hình 2 về tính chất điện (mô hình 2 bất đồng nhất là cách điện) nhằm chỉ ra sự khác biệt giữa chúng theo kết quả phân tích (hình 2).



Hình 2. (a) Mô hình 3 lớp với bất đồng nhất 3D hình elip; (b) Sơ đồ điểm đo

3.2. Kết quả phân tích theo vector từ biến đổi

Các thông số có được do các phép biến đổi ma trận Wise - Parkinson được thể hiện trên các bảng 1 và 2.

Từ hình 3 ta thấy tại tâm của cả bất đồng nhất dẫn điện và bất đồng nhất cách điện, vector từ biến đổi có suất rất bé và có thể bỏ qua so với những vector từ biến đổi ở những vị trí đo khác, nhưng các giá trị của độ elip là lớn nhất (đối với từng mô hình: mô hình 1 là 0.06584917, mô hình 2 là -0.37340678).

Tại điểm đo 2, 3, 4, 7:

Đối với mô hình 1 và 2, vector từ biến đổi nằm cùng phương với trục đối xứng của bất đồng nhất thể hiện tính 2D của môi trường.

Trong mô hình 1 các vectơ từ biến đổi hướng ra xa tâm bất đồng nhất dẫn điện, pha từ biến đổi nằm ở góc phần tư thứ hai. Trong khi đó ở mô hình 2

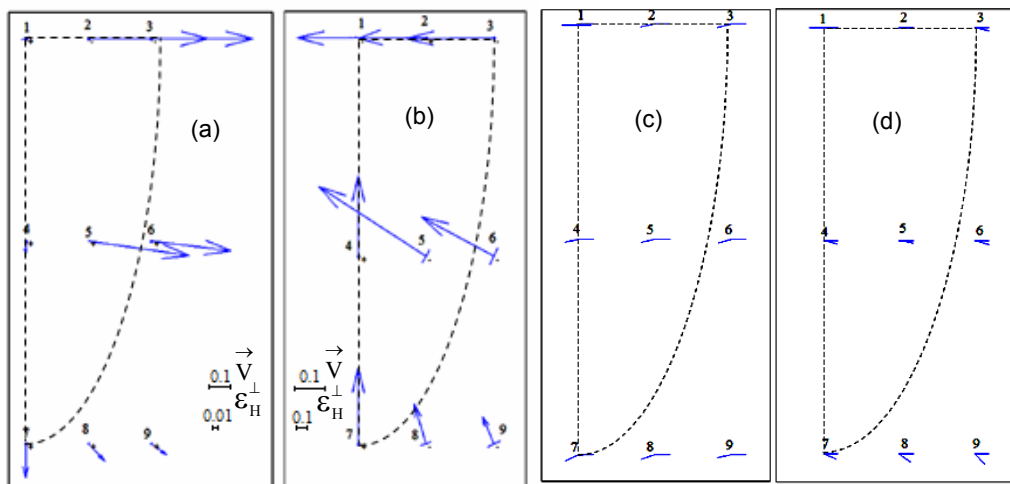
(bất đồng nhất là cách điện) thì các vectơ từ biến đổi hướng vào tâm của bất đồng nhất, pha từ biến đổi nằm ở góc phần tư thứ nhất.

Bảng 1. Số liệu xử lý mô hình 1 bằng phương pháp vectơ từ biến đổi

STT	P_i	α_H^\perp	θ_H^\perp	φ_H^\perp	$\ \hat{W}\ $	Ψ	ε_H^\perp
1	1 2.611178	1.2167897	1.2117758	0.20065618	0.00013424206	0.89478646	0.06584917
2	23.0971273E-006	3.0971275E-006	0.00021826133	4.7265795	0.58419519	2.9206957	-0.00021823935
3	32.0109467E-005	2.0109468E-005	0.00027004635	4.7869247	0.49663872	2.8453143	-0.00026929657
4	4 314.58006	1.5702618	1.5694928	1.1482837	0.055773249	2.9192293	0.0011888669
5	5 0.13093151	0.13021034	0.13076551	0.094313443	0.49586857	2.8871262	0.012176571
6	6 0.11140321	0.11095128	0.11117123	0.063964109	0.39269072	2.8336426	0.0070480655
7	7 425.7647	1.5701124	1.5695289	1.0008117	0.15431153	2.7075109	0.0010670451
8	8 0.99277605	0.78323709	0.78324344	0.076652814	0.11085721	2.8235584	0.038344827
9	9 0.69545244	0.60838632	0.60876736	0.068466688	0.089961214	2.8979045	0.03212745

Bảng 2. Số liệu xử lý mô hình 2 bằng phương pháp vectơ từ biến đổi

STT	P_i	α_H^\perp	θ_H^\perp	φ_H^\perp	$\ \hat{W}\ $	Ψ	ε_H^\perp
1	-1.0893582	-1.3106176	4.192118	1.1426844	2.8510859E-005	3.1375516	-0.37340678
2	-3.5724307E-005	-3.5724307E-005	3.0480953	3.5881024E-005	0.37295695	0.071651324	3.3498952E-006
3	-8.1961116E-005	-8.1961116E-005	3.1828165	8.2030808E-005	0.25117357	0.23957122	-3.380666E-006
4	-2634.2146	-1.5704794	2.7231662	1.5704495	0.2186988	0.2287866	0.0001409412
5	0.59413857	0.54413228	6.0253865	0.55097228	0.36273242	0.15221235	-0.11523007
6	0.5000508	0.47367497	5.9458996	0.48728653	0.23416545	0.31101447	-0.1395823
7	-2083.161	-1.5703631	2.8239373	1.5703403	0.20503965	0.39816752	0.00014243437
8	8 2.9189153	1.2640512	5.9910103	1.2537868	0.11163817	0.6540035	-0.085944556
9	2.2088304	1.1735766	5.9854026	1.1623347	0.078979174	0.8289293	-0.10820329



Hình 3. Vectơ từ biến đổi và elip phân cực từ (a) Mô hình 1, (b) Mô hình 2; và Pha từ biến đổi (c) Mô hình 1, (d) Mô hình 2

Tại điểm đo 5, 6, 8, 9:

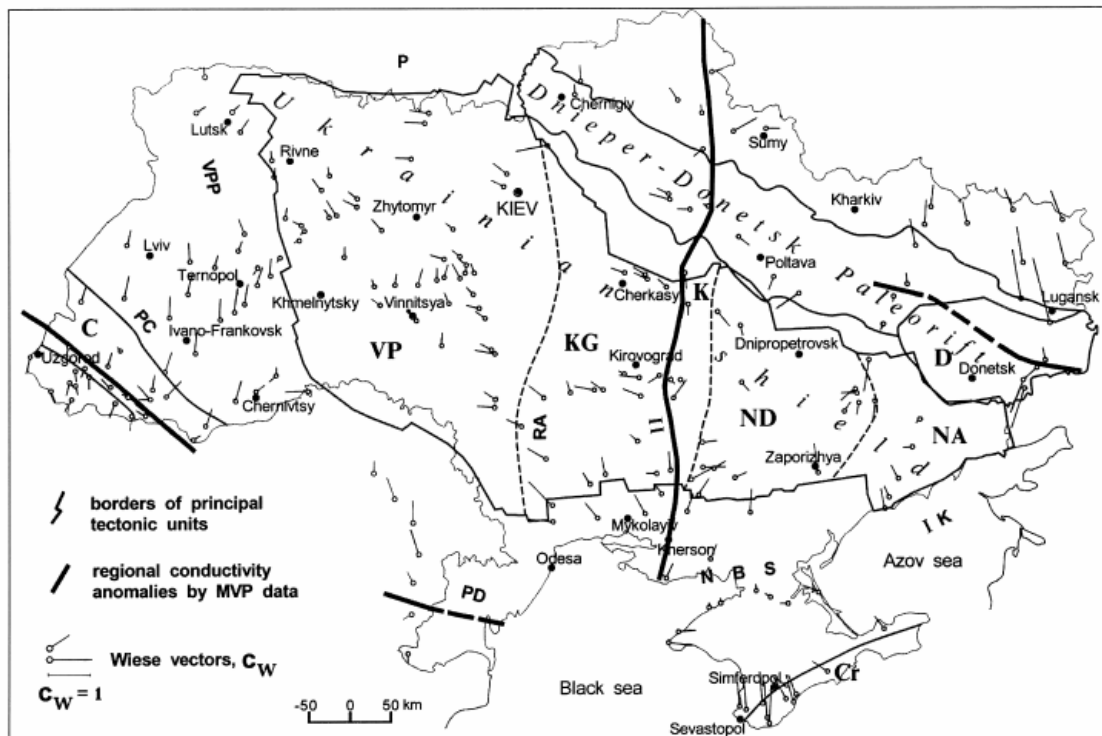
Đối với mô hình 1, các véc tơ từ biến đổi hướng ra xa tâm bất đồng nhất dẫn điện, thể hiện tính chất 3D của bất đồng nhất, pha từ biến đổi nằm ở góc phần tư thứ hai.

Đối với mô hình 2, các véc tơ từ biến đổi hướng vào tâm bất đồng nhất cách điện, thể hiện tính chất 3D của bất đồng nhất, pha từ biến đổi nằm ở góc phần tư thứ nhất.

Mặt khác, theo hình 3a, b, độ elip phân cực từ đổi dấu trong khu vực xuất hiện bất đồng nhất 3D. Đối với mô hình 2, tại các điểm đo 5, 6, 8 và 9 (biên của bất đồng nhất), độ elip có giá trị lớn từ -0,1 đến -0,14. Hình 3c, d cho thấy pha từ biến đổi lớn dần từ nơi có độ dẫn điện thấp sang nơi có độ dẫn điện cao.

3.3. Áp dụng phương pháp từ biến đổi để phân tích đứt gãy Kirovograd

Hình 4 là sơ đồ địa chất vùng Ukraine. Dựa vào kết quả đo từ tellua, ta áp dụng phương pháp từ biến đổi để khảo sát đứt gãy Kirovograd (Ukraine) [1, 4, 9]. Do đứt gãy thường có độ dẫn điện cao hơn so với môi trường xung quanh nên các véc tơ thực trong phương pháp véc tơ cảm ứng có phương rời xa đứt gãy. Tương tự như vậy, các véc tơ từ biến đổi cũng có phương rời xa đứt gãy. Pha từ biến đổi trong góc phần tư thứ hai và phần lớn tương đương góc $3\pi/4$ và có những điểm tương đương với π , chứng tỏ của dòng tác động chiếm ưu thế. Độ elip phân cực từ thay đổi từ 0,1 đến 0,5 và đổi dấu khi đi qua đứt gãy Kirovograd.



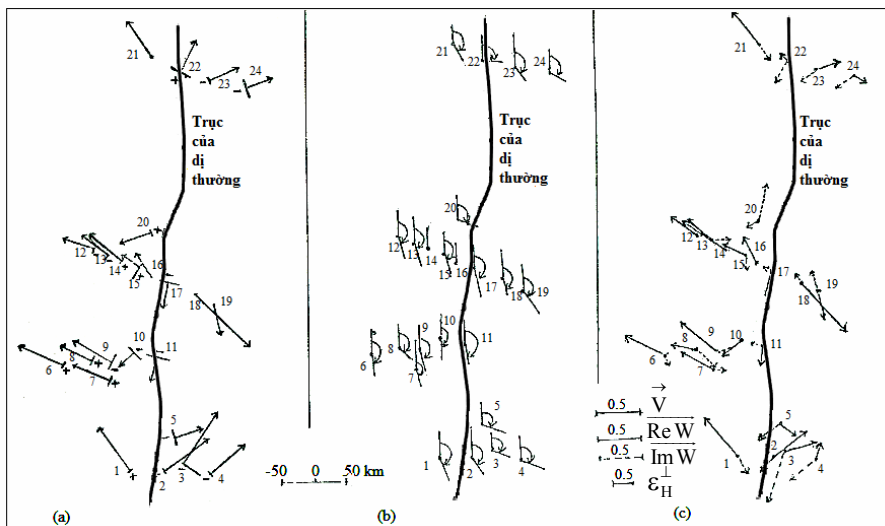
Hình 4. Sơ đồ địa chất vùng Ucraina, trong đó có hướng của véc tơ Wiese-Parkinson đối với chu kỳ 1800s. Những dị thường dẫn điện khu vực theo ký hiệu: C - Carpat, K - Kirovograd, D - Donbas. Các khối cấu trúc địa chất: VP - Volhino-Podolsk, KG - Kirovograd, ND - Near-Dnieper, NA - Near-Azov, Cr - Crimea; Các hệ thống nếp uốn: VPP - Volyn Podolian Plate. Vùng sụt lún đại cổ sinh (Paleozoic depressions): P - Pripjat, IK - Indolo-Kuban, NBS - Near Black Sea, PD - Pre-Dobrudgian, PC - Pre-Carpatian. Các cấu trúc đại nguyên sinh (Proterozoic) của khối địa chất Kirovograd: RA - Rjasnopol, II - Indolo-Inguletz (Theo Ingerov A. I., Rokityansky I.I., V. I. Tregubenko, [4])

Dưới đây là bảng liệt kê chuỗi số liệu xử lý bằng phương pháp véc tơ từ biến đổi của đứt gãy

Kirovograd (bảng 3) và hình 5 mô tả các đại lượng như độ elip, pha và véc tơ cảm ứng của đứt gãy.

Bảng 3. Số liệu xử lý bằng phương pháp vector từ biến đổi của đứt gãy Kirovograd

STT	P_i	α_H^\perp	θ_H^\perp	φ_H^\perp	$\ \hat{W}\ $	Ψ	ε_H^\perp
1	1.0715936	0.86294158	0.3833289	0.85739416	0.53399818	2.7639365	0.19188581
2	-0.78692144	-0.69391124	3.5049368	0.69976406	0.46105909	2.8323393	-0.18082664
3	-0.95874503	-0.92871141	3.8392605	0.89647113	0.68081855	1.996518	-0.35218575
4	-0.44106828	-0.4353624	2.6265605	0.46908373	0.64358744	1.7681113	0.20714242
5	-0.26790418	-0.2940991	4.0636692	0.41737483	0.41486879	1.9042449	-0.32682871
6	0.4402905	0.42923921	0.45202236	0.45517035	0.48314984	3.0278819	0.17792764
7	0.47153329	0.44312576	6.096648	0.44740432	0.38939505	3.0483135	-0.072719182
8	0.39248026	0.42260066	0.77823051	0.50369878	0.37791687	2.4208711	0.32885253
9	0.66532273	0.59255565	6.0892381	0.59583184	0.49639283	3.1150724	-0.09252641
10	-0.86093953	-0.83816307	2.484479	0.82723311	0.28856305	0.1881111	0.33940913
11	-0.7261304	-1.5123888	4.5125155	1.3038916	0.22585582	0.061040519	-0.26713715
12	0.65086062	0.57987476	6.1385177	0.58179108	0.34392748	0.0037258202	-0.066479986
13	0.52235086	0.49429615	5.9200438	0.50956839	0.38584866	2.9143162	-0.15488826
14	0.74913419	0.64297538	6.2703052	0.64298656	0.51146263	3.1333429	-0.0061806581
15	0.39314215	0.509824	0.99206454	0.62321467	0.31979999	2.8523441	0.49329672
16	1.7921087	1.0621112	0.029414751	1.0620145	0.29472552	3.1101299	0.012513637
17	-4.4196742	-1.380504	3.5450702	1.3656317	0.27300574	3.1197511	-0.078796281
18	0.99577532	0.7932148	0.19716699	0.79306338	0.68373071	3.0133688	0.098892257
19	4.6731808	1.3609806	0.071242596	1.3605077	0.37644695	2.6088763	0.014534499
20	-1.7832304	-1.1110865	3.5321766	1.0924223	0.45456253	1.8470197	-0.1594959
21	1.1315788	0.87594386	0.31276895	0.8716398	0.47453675	2.7578637	0.15521585
22	-0.58702365	-0.56624142	2.6370107	0.59071765	0.40502706	1.4814353	0.2360935
23	-0.474259392	-0.47268381	3.7059477	0.51147077	0.31956311	2.6177652	-0.24162288
24	-0.26118993	-0.27291543	3.9395329	0.35798106	0.33046108	1.9502203	-0.24957924



Hình 5. Kết quả phân tích đứt gãy Kirovograd (a) Vector từ biến đổi, độ elip; (b) Pha từ; (c) Vector cảm ứng

4. Kết luận

Để góp phần nghiên cứu bất đồng nhất về tính chất điện của môi trường địa chất thì phương pháp từ biến đổi tỏ rõ hiệu quả khi xét mối quan hệ giữa các thành phần H_x , H_y , H_z của trường địa từ thông qua ma trận Wiese-Parkinson. Những tham số vật lý chính như: độ phân cực từ, véc tơ cảm ứng,

véc tơ từ biến đổi, pha từ biến đổi và độ elip phân cực được sử dụng trong phân tích mô hình lý thuyết và ứng dụng thực tế.

Các kết quả nhận được từ mô hình cho thấy vector từ biến đổi \vec{V} chỉ rõ được sự dịch chuyển của độ dẫn điện nhờ vào chiều của nó. Vector \vec{V} có khuynh hướng rời xa bất đồng nhất dẫn điện và hướng vào bất đồng nhất cách điện. Pha từ biến đổi có xu hướng tăng dần từ nơi có độ dẫn điện thấp sang nơi có độ dẫn điện cao. Độ elip ε_H^\perp của elip phân cực từ khác không, có sự phân cực elip hoặc tròn, chứng tỏ sự xuất hiện của bất đồng nhất 3D, nếu ε_H^\perp đổi dấu sự xuất hiện của bất đồng nhất 3D càng rõ hơn.

Kết quả ứng dụng thực tế để nghiên cứu đứt gãy Kirovograd cho thấy vector \vec{V} luôn luôn có phương rời xa đứt gãy (xem đứt gãy là bất đồng nhất dẫn điện vì trong các đứt gãy có khả năng chứa nước thường có hòa tan các muối), do đó khi vẽ vector \vec{V} chúng ta sẽ thấy các vector này đều có hướng xuất phát từ các đứt gãy nên việc xác định các đứt gãy địa chất trở nên dễ dàng. Khi đi qua ranh giới đứt gãy thì độ elip phân cực từ sẽ đổi dấu và vùng có đứt gãy độ elip có giá trị lớn.

Ưu điểm của phương pháp từ biến đổi là đo đạc ba thành phần từ được tiến hành cùng một lúc và tại một điểm đo, không như trước đây chỉ tiến hành đo H_x và H_y cho nên hạn chế được kinh phí phát sinh ngoài thực địa.

Lời cảm ơn: Tác giả chân thành cảm ơn Trường ĐHQG Tp. HCM đã cấp kinh phí để tác giả hoàn thành đề tài cấp ĐHQG năm 2011: Phương pháp từ biến đổi và mô hình thử nghiệm.

TÀI LIỆU DẪN

- [1] *Antsiferov A.V. et al*, 2011: Deep Electromagnetic (MT and AMT) Sounding of the Suture Zones of the Ukrainian Shield. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, vol.47, No 1, pp.34-44.
- [2] *Berdichevsky M.N., Dmitriev V.I.*, 2008: Models and methods of magnetotellurics. Springer-Verlag Berlin Heiselberg, 563p.
- [3] *Berdichevsky M.N., Nguyen Thanh Van*, 1991: Magnetovariational vector, *Izv. Akad. Nauk SSSR, Fizika Zemli*, No3, pp.52-62, Moseow.
- [4] *Ingerov A. I., Rokityansky I.I., V. I. Tregubenko*, 1999: Forty years of MTS studies in Ukraine. *Earth Planets Space*, 51, pp. 1127-1133.
- [5] *Nguyen Thanh Van, Berdichevsky M.N.*, 1990: New tipper. X EM-Workshop, Ensenada, Mexico.
- [6] *Nguyễn Thành Văn*, 1995: Phương pháp phân tích định tính số liệu từ - tellua. *Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất*, T.17, 4, 169-174, Hà Nội.
- [7] *Nguyễn Thành Văn*, 2004: Áp dụng phương pháp từ biến đổi để nghiên cứu bất đồng nhất địa điện. *Tạp chí Phát triển Khoa học Công nghệ*, Tập 7, No.10, ĐHQG Tp. HCM, pp.23-31.
- [8] *Vozoff K*, 1989: Magnetotelluric methods, reprinted in Geophysics reprint series, no 5, second printing, Society of Exploration Geophysicists. Tulsa (Oklahoma), 763p.
- [9] *Rokityansky I.I.*, 1975: Nghiên cứu dị thường dẫn điện bằng phương pháp mặt cắt từ biến đổi (tiếng Nga). *Nauka, Dumka, Kiev*, 279p.

SUMMARY

Magnetovariational method and result of testing models

Many scientific projects relevant to five elements of electromagnetic field show that Magnetotelluric (MT) method can be applied in researching inhomogeneity of 2D and 3D models. Therefore, simultaneous analysis of these magnetotelluric elements recorded in distant station such as (E_x , E_y , H_x , H_y , and H_z) is concerned in the MT method.

When frequencies of electromagnetic field changes, the field's elements are related through relational tensors which were impedance tensors (Z_{ij}) and pulse transfer function (W_{ij}). More scientific research is interested in data analysis, especially applying data measurements of distant stations in noise filtering.

Nowadays, one of the effective methods to study the geoelectrical inhomogeneity is the variable magnetic section, in which relations between the variable components H_x , H_y , H_z of the geomagnetic field are given by Wiese - Parkinson matrix. There are many models of transforming and representing this matrix to obtain useful information such as magnetic polarisation diagram, induction vector, magnetovariational vector, magnetovariational phase and ellipticity. The paper present the application of using above magnetovariational parameters to study the geoelectrical inhomogeneities on models and practical application.