

XÁC ĐỊNH VẬN TỐC TRUYỀN SÓNG ĐIỆN TỬ TRONG RADAR XUYỀN ĐẤT BẰNG PHÉP HIỆU CHỈNH ĐỘNG

NGUYỄN THÀNH VẤN¹, VÕ MINH TRIẾT¹,
ĐẶNG HOÀI TRUNG¹, LÊ VĂN ANH CƯỜNG¹, NGUYỄN VĂN GIẢNG²
E - mail: ntvavldc@gmail.com

¹Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài: 12 - 4 - 2013

1. Mở đầu

Radars xuyên đất (GPR) là phương pháp địa vật lý sử dụng sóng điện từ (thông thường trong khoảng tần số từ 10 đến 2000 MHz) [7, 8, 12] để nghiên cứu các cấu trúc tầng nông dưới mặt đất như dự báo sạt lở, sụt lún, vẽ bản đồ công trình ngầm đô thị, khảo cổ, giao thông, các công trình xây dựng, quân sự,... Sóng GPR được phát dưới dạng các xung sóng điện từ nhờ ăng ten phát, lan truyền trong môi trường và phản xạ lại ăng ten thu từ các mặt ranh giới hoặc các đối tượng có thông số thuận lợi cho việc phản xạ sóng điện từ [4]. Thông số vận tốc truyền sóng điện từ đặc trưng cho môi trường nghiên cứu là vấn đề quan tâm hàng đầu của người khảo sát cấu trúc địa chất bằng phương pháp GPR. Có nhiều phương pháp đã và đang được sử dụng để xác định vận tốc truyền sóng điện từ nhằm nâng cao độ chính xác trong phép minh giải các dị thường GPR nằm bên dưới mặt đất. Trong đó, khá phổ biến và đơn giản là sử dụng vận tốc theo bảng chuẩn đại diện cho một số môi trường địa chất chung làm giá trị tương đối cho khu vực đang nghiên cứu. Tuy nhiên, sử dụng cách trên vẫn phải chấp nhận một sai số. Sai số này trong một số trường hợp không đáng kể nhưng với môi trường địa chất có độ dẫn cao thì có thể đạt tới 10%, đặc biệt khi sử dụng tần số ăng ten thu phát thấp [2, 3, 6]. Phương pháp đo diềm sâu chung (CMP) để xác định vận tốc truyền sóng điện từ đặc trưng cho môi trường khảo sát được cho là chính xác và phù hợp với từng đối tượng nghiên cứu.

Tuy nhiên, hầu hết hệ thống thiết bị GPR sử dụng trong khu vực đô thị có các ăng ten thu và phát sóng điện từ đều được ghép cố định trong một hộp, không dễ dàng tách rời để thực hiện các phép đo CMP [9, 13]. Trong công trình này, chúng tôi nghiên cứu sử dụng phép hiệu chỉnh động (Normal MoveOut: NMO) nhằm xác định vận tốc truyền sóng đối với số liệu đo theo kiểu khoảng cách chung (Common Offset: CO) trong phương pháp GPR [13].

2. Cơ sở toán lý của phương pháp

2.1. Radar xuyên đất

Trong môi trường đồng nhất và đẳng hướng, sóng GPR tuân theo hệ phương trình Macxoen và có dạng sóng phức hay còn gọi là phương trình Helmholtz [1, 12]. Từ hệ phương trình Macxoen [7, 8] ta có phương trình sóng sau đây:

$$k^2 = -\omega^2 \mu \epsilon + i \omega \mu \sigma \quad (1)$$

Trong đó, ω là tần số góc, σ là độ dẫn điện, ϵ là độ thẩm điện và μ là độ từ thẩm của môi trường địa chất. Tỷ số giữa mật độ dòng dẫn $J_f = \sigma E$ trên mật độ dòng dịch $J_d = i\omega \epsilon E$ trong một môi trường là:

$$\left| \frac{J_f}{J_d} \right| = \frac{\sigma}{\omega \epsilon} \quad (2)$$

Trong dải tần số radar xuyên đất thì tỷ số trên đây luôn có giá trị nhỏ hơn 1 cho đa phần các loại

đất đá thường gặp, vì thế môi trường đất đá có thể coi là môi trường điện môi. Phương trình số sóng (1) có thể biểu diễn qua thành phần thực và thành phần ảo theo biểu thức sau:

$$k = \alpha + i\beta = \pm\sqrt{-\omega^2\mu\varepsilon + i\omega\mu\sigma} \quad (3)$$

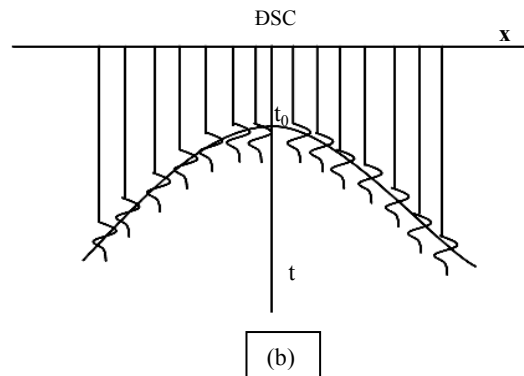
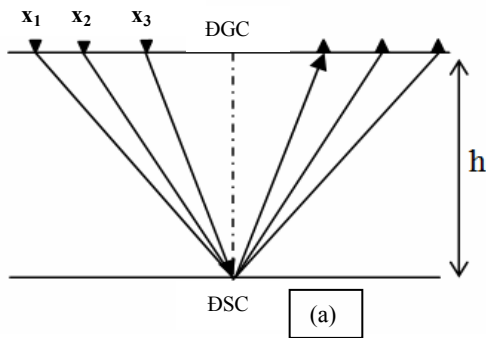
Phần ảo của số sóng (β) thường biểu thị hệ số pha hoặc hệ số truyền, còn phần thực (α) biểu thị hệ số suy giảm. Độ sâu lớp da của sóng phẳng liên quan đến α :

$$\delta = \frac{1}{\alpha} \quad (4)$$

Bước sóng (λ) và vận tốc truyền sóng (v) liên quan đến β :

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} \quad \text{và} \quad v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r\mu_r}} \quad (5)$$

Trong đó ε_r là độ điện thẩm tương đối; μ_r là độ từ thẩm tương đối và có giá trị gần bằng 1 cho phần lớn các loại đất đá; c là vận tốc truyền sóng điện từ trong chân không. Như vậy, vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường vật chất có độ dẫn thấp phụ thuộc chủ yếu vào độ điện thẩm.



Hình 1. Sơ đồ bố trí tuyến đo điểm sâu chung (a); Mặt cắt địa chấn điểm sâu chung (b)

Khi bắt đầu xử lý số liệu, vì không biết rõ thế nằm của mặt phản xạ cũng như không biết chính xác vận tốc truyền sóng trong môi trường nên để hiệu chỉnh động người ta xem môi trường mặt phản xạ là nằm ngang, còn vận tốc truyền sóng thì sử dụng các số liệu tiên nghiệm hoặc thử sai. Ta có phương trình:

Kết quả nghiên cứu của Davis và Annan (1989) và của các tác giả khác [3, 4, 15] cho một môi trường địa chất đã chỉ ra rằng độ dẫn điện ảnh hưởng rất mạnh đến hệ số suy giảm của sóng radar còn vận tốc của sóng radar lại phụ thuộc nhiều vào độ điện thẩm. Đồng thời hệ số suy giảm của sóng radar phụ thuộc rất mạnh vào tần số.

Việc tính toán vận tốc truyền sóng bằng phương trình (5) có thể dẫn đến sai số lớn do môi trường địa chất là môi trường bất đồng nhất không đẳng hướng. Phép hiệu chỉnh động (NMO) được sử dụng để xác định vận tốc truyền sóng GPR từ số liệu thu được theo kiểu đo khoảng cách chung nhằm khắc phục hạn chế này.

2.2. Phép hiệu chỉnh động trong thăm dò địa chấn

Phương pháp NMO được sử dụng để chuyển dữ liệu với khoảng cách thu - phát khác 0 thành dữ liệu với máy thu và máy phát trùng nhau. Tức là, phương pháp NMO đưa biểu đồ thời khoảng điểm sâu chung của các sóng phản xạ về đúng đường thẳng $t = t_0$, đảm bảo cho việc cộng dồn pha các dao động có ích [5, 15, 9].

Xét phương trình truyền sóng đối với dữ liệu điểm sâu chung (hình 1).

$$\left(\frac{vt}{2}\right)^2 = \left(\frac{x}{2}\right)^2 + h^2 \Rightarrow t = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2}} \quad (6)$$

$$\Rightarrow \Delta t_{NMO} = t - t_0 = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2(t_0)}} - t_0$$

trong đó, $v(t_0)$ là vận tốc thử nghiệm tại thời gian t_0 ; x là khoảng cách giữa nổ và thu; h là độ sâu của

ranh giới phản xạ; t_0 là thời gian sóng truyền dọc theo tia pháp tuyến khi máy thu đặt trùng máy phát và trùng tại điểm giữa.

Từ công thức (6) có thể thấy rằng, ứng với quy luật $v(t_0)$ nhất định lượng hiệu chỉnh động trên mỗi đường ghi dao động (vị trí x) thay đổi theo t_0 .

Xét trường hợp mặt phản xạ nằm nghiêng góc φ (nếu mặt phẳng ngang thì $\varphi = 0$) và vận tốc truyền sóng trong lớp phủ là v_1 .

Phương trình thời khoảng đối với mặt phẳng nghiêng là:

$$\tilde{t}_{qs} = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2 \cos^2 \varphi}{v_1^2}} \quad (7)$$

\tilde{t}_{qs} là thời gian quan sát được trên lát cắt địa chấn của sóng.

Trong trường hợp này, biểu đồ thời khoảng của sóng sau hiệu chỉnh động có dạng:

$$\tilde{t} = \tilde{t}_{qs} - \Delta t \quad (8)$$

ở đây \tilde{t} - thời gian sau khi hiệu chỉnh.

Trên cơ sở công thức (6, 7 và 8), ta có:

$$\tilde{t} = \sqrt{t_0^2 + \frac{x^2 \cos^2 \varphi}{v_1^2}} - \left(\sqrt{t_0^2 + \frac{x^2}{v^2(t_0)}} - t_0 \right) \quad (9)$$

Thực hiện phép khai triển chuỗi các biểu thức chứa căn thức và ký hiệu $v_{DSC} = \frac{v_1}{\cos \varphi}$, ta đưa về dạng:

$$\tilde{t} = t_0 \left[1 + \frac{1}{2t_0^2} \left(\frac{\cos^2 \varphi}{v_1^2} - \frac{1}{v^2(t_0)} \right) x^2 - \frac{1}{8t_0^4} \left(\frac{\cos^4 \varphi}{v_1^4} - \frac{1}{v^4(t_0)} \right) x^4 \right] + \dots \quad (10)$$

Như vậy sau khi tiến hành hiệu chỉnh động sơ bộ. Biểu đồ thời khoảng của sóng phản xạ một lần được nắn thành parabol dạng [11]:

$$\tilde{t} = t_0 + ax^2 + bx^4 \quad (11)$$

ở đây:

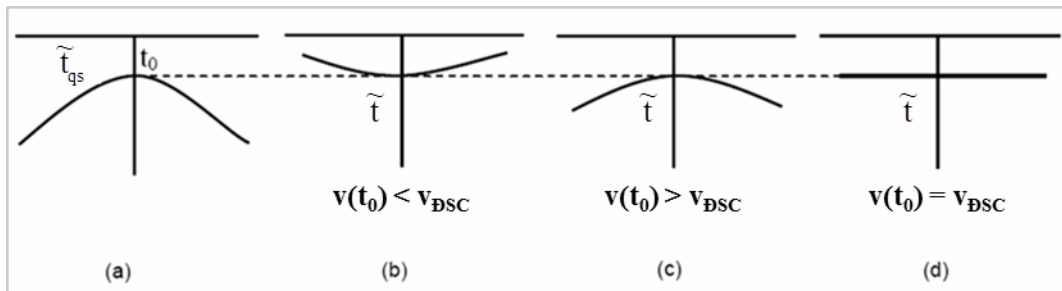
$$a = \frac{1}{2t_0} \left(\frac{1}{v_{DSC}^2} - \frac{1}{v^2(t_0)} \right); \quad (12)$$

$$b = -\frac{1}{8t_0} \left(\frac{1}{v_{DSC}^4} - \frac{1}{v^4(t_0)} \right)$$

Từ các công thức (11) và (12) có thể thấy rằng, nếu $v(t_0) > v_{DSC}$ thì $\tilde{t} > t_0$, đường \tilde{t} nằm trên đường t_0 (theo chiều tăng của trục thời gian). Trường hợp này các trục đồng pha được nắn chưa tới. Ngược lại, khi $v(t_0) < v_{DSC}$ thì các trục đồng pha được nắn quá, hay là $\tilde{t} < t_0$.

Trục đồng pha của sóng phản xạ chỉ được nắn thẳng khi vận tốc $v(t_0)$ chọn đúng bằng v_{DSC} . Nghĩa là khi: $v(t_0) = v_{DSC}$ thì $\tilde{t} = t_0$ (hình 2).

Vì điều kiện (6) đảm bảo cộng biên độ các tín hiệu có ích nên quá trình tinh chỉnh hiệu chỉnh động về thực chất có thể xem là quá trình tìm kiếm các quy luật $v(t_0)$ và tính lại hiệu chỉnh động theo quy luật vận tốc tìm được.

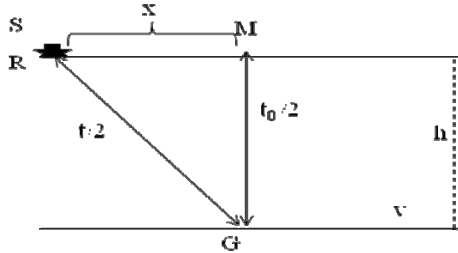


Hình 2. Lát cắt địa chấn điểm sâu chung (a); Lát cắt hiệu chỉnh nắn quá, $v(t_0) < v_{DSC}$ (b); Lát cắt hiệu chỉnh nắn chưa tới, $v(t_0) > v_{DSC}$ (c); Lát cắt nắn thẳng, $v(t_0) = v_{DSC}$ (d)

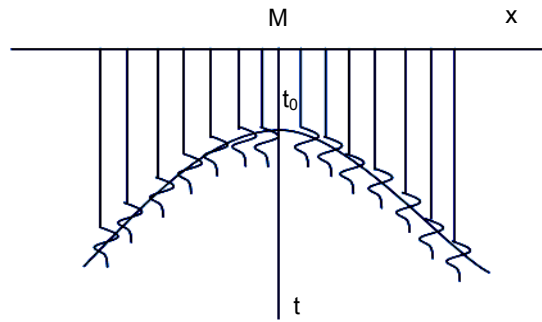
Trong trường hợp khảo sát bằng hệ thống máy GPR có màn chắn thì số liệu thu nhận được theo

kiểu khoảng cách chung [12, 13]. Nếu dị thường bên dưới mặt đất có dạng điểm (kích thước rất nhỏ) thì

tín hiệu thu được tương đương với tín hiệu theo kiểu CMP; vì đối với ăng ten GPR có màn chắn, khoảng cách giữa ăng ten phát và thu thường rất nhỏ, cỡ 10 cm (ăng ten 500 MHz của Hãng Malá, Thụy Điển), nên sai số giữa thời gian phát và thu so với thời gian khi khoảng cách ăng ten phát và thu bằng 0 là



không đáng kể [13]). Khi đó, cơ sở lý thuyết hiệu chỉnh động được áp dụng như nhau cho cả hai trường hợp điểm sâu chung và khoảng cách chung. Để cụ thể hơn, xét phương trình thời khoảng của sóng GPR đối với cách bố trí đo đặc khoảng cách chung trong hình 3.



Hình 3. Bố trí đo đặc khoảng cách chung (trường hợp trong hình vẽ này thì điểm phát S và điểm thu R gần như trùng nhau) và giản đồ GPR

Sử dụng định lý Pythagor ta có:

$$SG^2 = MG^2 + MS^2 \Leftrightarrow \left(v \frac{t}{2}\right)^2 = \left(v \frac{t_0}{2}\right)^2 + x^2 \Rightarrow t^2 = t_0^2 + \frac{4x^2}{v^2} \quad (13)$$

Với, x: khoảng cách giữa vị trí phát - thu và vị trí di vật G trên tuyến đo; v: vận tốc trung bình bên trên mặt phản xạ; t_0 : thời gian hai lần sóng truyền dọc theo MG.

Như vậy, cả hai phương trình thời khoảng trong kiểu đo điểm sâu chung và khoảng cách chung đều phản ánh các hyperbol. Do đó, phương pháp hiệu chỉnh động có thể áp dụng đối với dữ liệu khoảng cách chung trong phương pháp GPR.

3. Nghiên cứu và áp dụng

3.1. Mô hình lý thuyết

3.1.1. Mô hình một mặt phản xạ

Trong phần này sẽ trình bày mô hình số liệu cho trường hợp một mặt phản xạ ngang. Đây là mô hình đơn giản nhất và thường gặp nhất trong thực tế.

Ta sẽ sử dụng phương trình (6) để thực hiện hiệu chỉnh trong trường hợp này. Dựa vào giá trị vận tốc và giá trị t_0 ta dùng chương trình Matlab để thực hiện tính toán giá trị Δt , sau đó tiến hành hiệu chỉnh cho đến khi hyperbol trở thành đường thẳng thì giá trị vận tốc lúc đó chính là vận tốc cần tìm [5, 13].

Hình 4 là mặt cắt điểm sâu chung từ mô hình một mặt phản xạ ngang.

- Đường thẳng 1 biểu diễn sóng không khí.
- Đường thẳng 2 biểu diễn sóng đất.
- Đường hyperbol 3 biểu diễn sóng phản xạ, các thông số mô hình là $t_0 = 100$ ns, $v = 0,1$ m/ns và khoảng cách x tối đa là 30 m.

Thực hiện hiệu chỉnh với các vận tốc là 0,08; 0,1 và 0,12 m/ns ta được các kết quả như trên hình 4b, c, d.

Theo kết quả hiệu chỉnh ta thấy vận tốc hiệu chỉnh đúng là $v = 0,1$ m/ns, kết quả này phù hợp với số liệu mô hình.

3.1.2. Mô hình ba mặt phản xạ

Trong phần này chúng tôi trình bày mô hình số liệu cho trường hợp nhiều mặt phản xạ ngang.

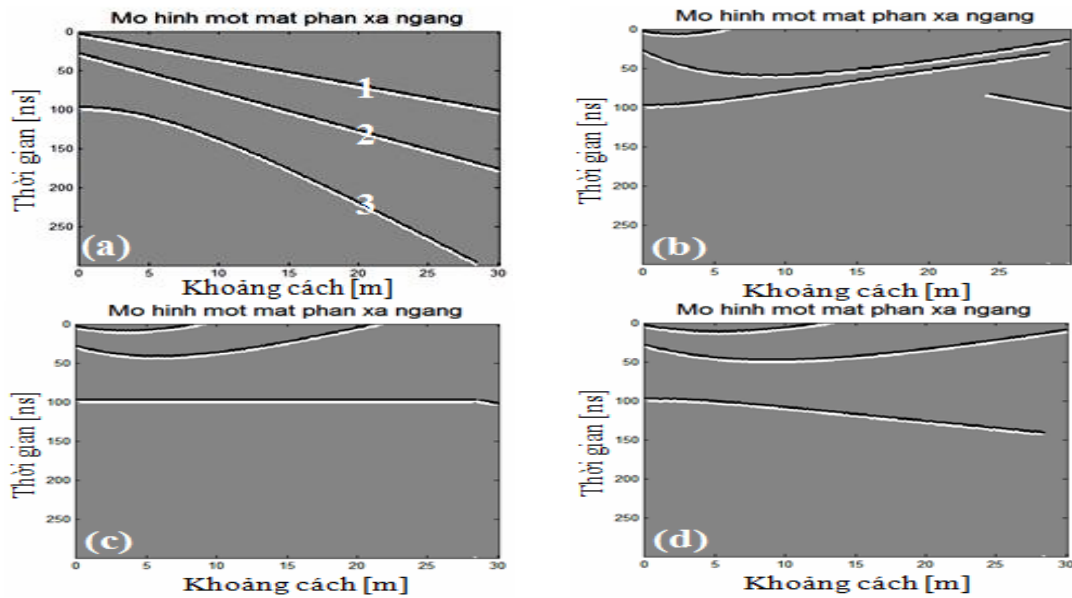
Hình 5 trình bày mô hình số liệu của trường hợp nhiều mặt phản xạ ngang:

- Đường thẳng 1 biểu diễn cho sóng không khí.
- Đường thẳng 2 biểu diễn cho sóng đất.
- Các đường hyperbol 3, 4, 5 biểu diễn cho ba ranh giới phản xạ khác nhau lần lượt có giá trị vận tốc $v_1 = 0,12$ m/ns; $v_2 = 0,11$ m/ns; $v_3 = 0,1$ m/ns và thời gian $t_{01} = 100$ ns; $t_{02} = 150$ ns; $t_{03} = 200$ ns.

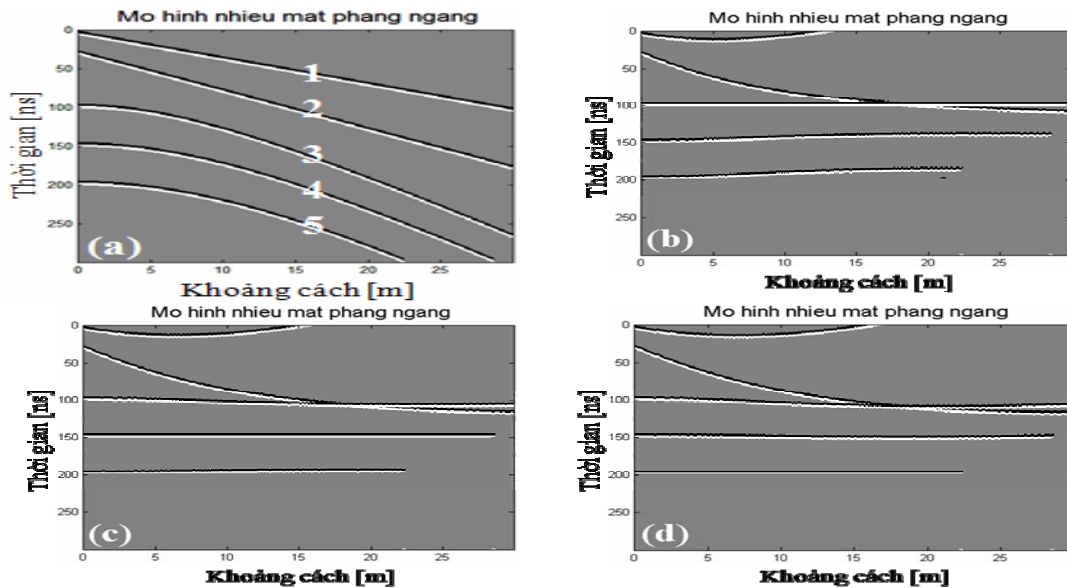
Thực hiện hiệu chỉnh với các vận tốc khác nhau ta được các kết quả: hình 4b biểu diễn kết quả hiệu

chỉnh NMO với vận tốc $v = 0,12$ m/ns và thời gian $t_0 = 100$ ns, đường hyperbol 3 được nắn thẳng, các hyperbol còn lại không được nắn theo quy luật hiệu chỉnh NMO do khác thời gian t_0 ; tương tự ta có kết

quả hiệu chỉnh NMO cho hai hyperbol còn lại lần lượt là $v = 0,11$ m/ns và $0,1$ m/ns (hình 4c, 4d). Như vậy, kết quả hiệu chỉnh NMO hoàn toàn phù hợp với số liệu mô hình.



Hình 4. (a) Mặt cắt GPR của mô hình một mặt phản xạ và kết quả hiệu chỉnh động; (b) $v = 0,08$ m/ns; (c) $v = 0,1$ m/ns; (d) $v = 0,12$ m/ns



Hình 5. (a) Mặt cắt GPR của mô hình nhiều mặt phản xạ ngang và kết quả hiệu chỉnh động; (b) $v = 0,12$ m/ns; (c) $v = 0,11$ m/ns; (d) $v = 0,1$ m/ns

3.2. Số liệu thực tế

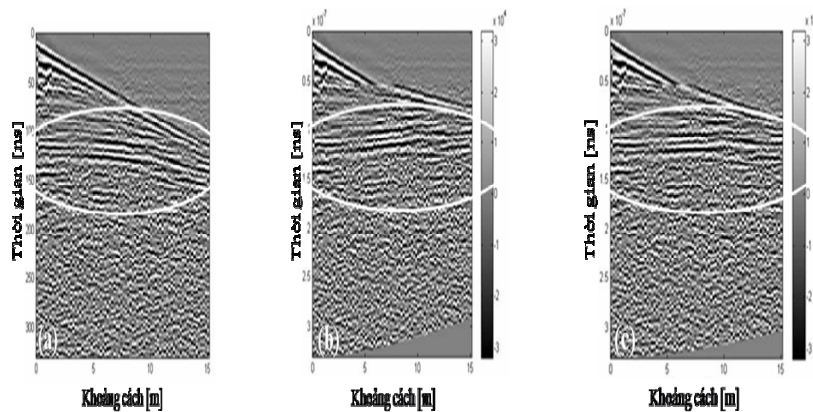
3.2.1. Mặt cắt GPR điểm sâu chung (CMP) tại Quận 9, Tp. HCM

Áp dụng tính toán vận tốc với số liệu ĐSC được đo đạc tại Quận 9, Tp. HCM.

Kết quả sau khi thực hiện hiệu chỉnh NMO cho thấy vận tốc môi trường bên trên mặt phản xạ là

$$v = 0,3 \text{ m/ns.}$$

Đây là vận tốc truyền sóng trong môi trường không khí. Điều này được giải thích do ăng ten sử dụng khi thu thập số liệu là ăng ten tần số 100 MHz không màn chắn. Do đó, sóng thu được với vận tốc 0,3 m/ns có thể phản xạ từ một dị vật nào đó nằm trên mặt đất mà môi trường từ vật đến ăng ten thu là không khí (hình 6).



Hình 6. (a) Mặt cắt GPR (CMP) và kết quả hiệu chỉnh động với vận tốc: (b): $v = 0,2 \text{ m/ns}$; (c): $v = 0,3 \text{ m/ns}$

3.2.2. Mặt cắt GPR (CO) tại 192 - 194 Đinh Tiên Hoàng, Quận 1, Tp. HCM

Hình 7 xuất hiện một hyperbol tán xạ tại vị trí $t_0 = 19 \text{ ns}$, $x_0 = 6,9 \text{ m}$. Thực hiện hiệu chỉnh trong khoảng từ 5,5 m đến 8 m. Thay đổi giá trị vận tốc cho đến khi hyperbol tán xạ được nắn thẳng thì đây là vận tốc trung bình của môi trường bên trên vị trí tán xạ.

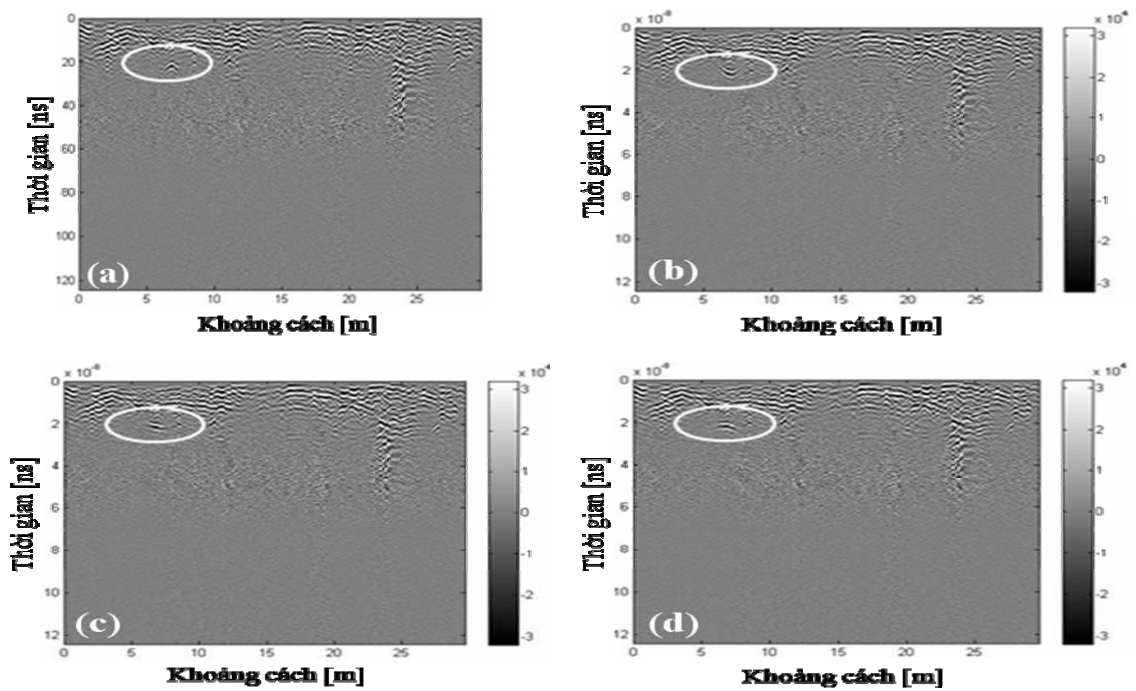
Kết quả sau khi thực hiện hiệu chỉnh cho thấy vận tốc môi trường bên trên vị trí tán xạ là $v = 0,11 \text{ m/ns}$. Theo đánh giá của chúng tôi (có kết hợp với thông tin thực địa), đây là tín hiệu thu được từ sự phản xạ sóng điện từ của đường ống dẫn nước cứu hỏa, sâu 1 m, $\Phi = 0,15 \text{ m}$.

3.2.3. Mặt cắt GPR (CO) tại công Nghĩa trang Liệt sĩ, Tp. HCM

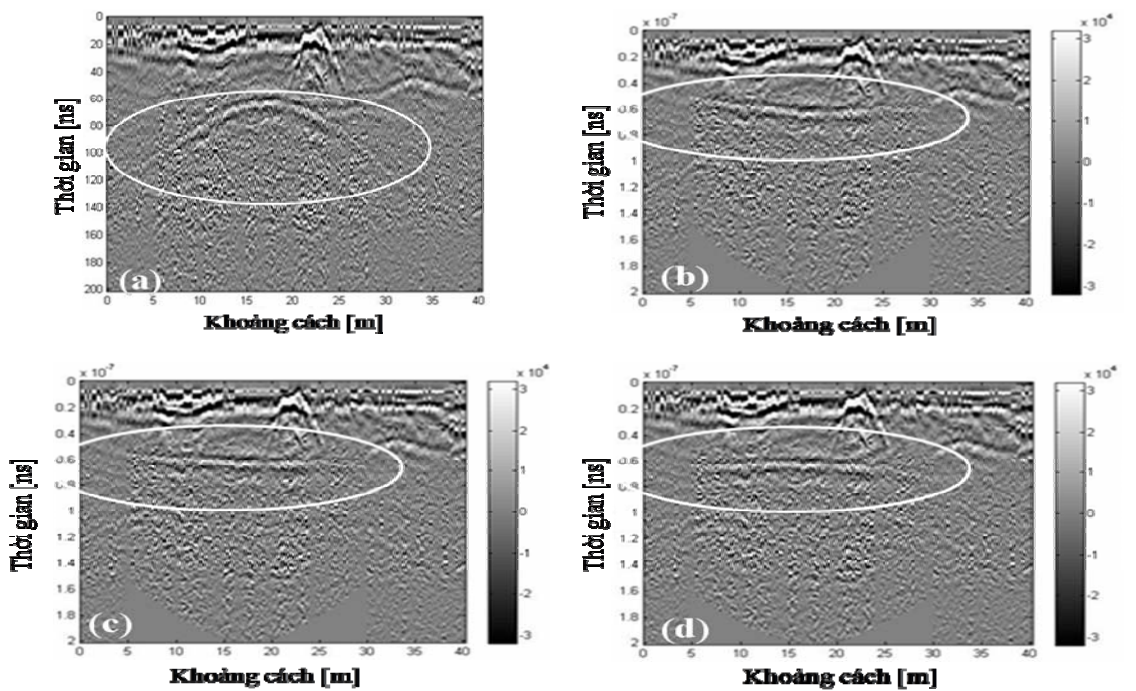
Hình 8 xuất hiện một hyperbol tán xạ tại vị trí $t_0 = 60 \text{ ns}$, $x_0 = 17,5 \text{ m}$. Ta sẽ thực hiện hiệu chỉnh trong khoảng từ 5 m đến 30 m.

Kết quả sau khi thực hiện hiệu chỉnh cho thấy vận tốc môi trường bên trên mặt phản xạ là $v = 0,3 \text{ m/ns}$. Có thể dễ dàng nhận thấy đây là vận tốc truyền sóng trong môi trường không khí (vận tốc truyền sóng điện từ cực đại), nhưng chúng tôi vẫn tiếp tục hiệu chỉnh với những vận tốc lớn hơn để kiểm chứng phương pháp xử lý của mình và nhận thấy với $v > 0,3 \text{ m/ns}$ (vô lý) thì đường cong cong xuống. Nếu theo kết quả này, môi trường tính từ mặt đất đến dị thường là môi trường không khí, điều này là không thể. Dựa vào thông tin hiện trường khảo sát (hình 9), chúng tôi đã xác định đây là tín hiệu phản xạ từ cột điện bên trên mặt đất do ăng ten không màn chắn thu được. Cột điện có đường kính rất nhỏ (khoảng 0,2 m) nên việc áp dụng phép hiệu chỉnh động là đáng tin cậy.

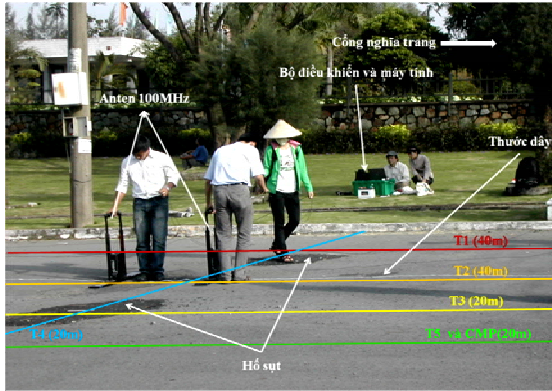
Như vậy, từ việc xác định vận tốc truyền sóng của tín hiệu phản xạ, ta có thể xác định chính xác các đối tượng khảo sát và không gây ra những sai sót trong quá trình minh giải.



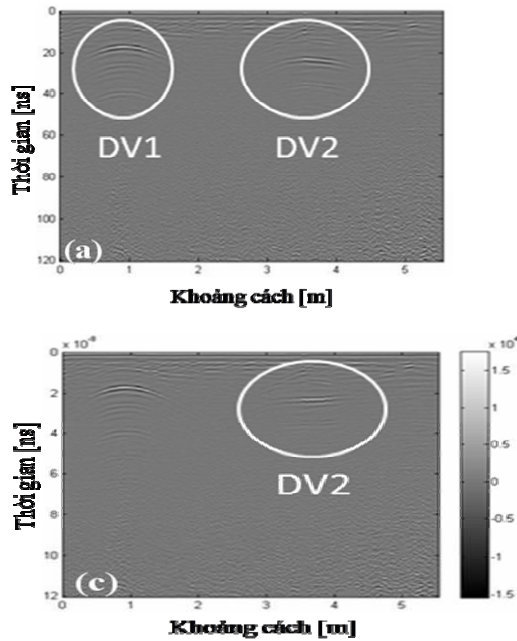
Hình 7. (a) Mặt cắt GPR khoảng cách chung tuyến đo 192 – 194 Đinh Tiên Hoàng và kết quả hiệu chỉnh động;
 (b) $v = 0,09$ m/ns; (c) $v = 0,11$ m/ns; (d) $v = 0,13$ m/ns



Hình 8. (a) Mặt cắt GPR khoảng cách chung tại cổng Nghĩa Trang Liệt sĩ, Tp. HCM và kết quả hiệu chỉnh động;
 (b) $v = 0,28$ m/ns; (c) $v = 0,3$ m/ns; (d) $v = 0,34$ m/ns



Hình 9. Vị trí cột điện trong khu vực khảo sát



3.2.4. Mặt cắt GPR (CO) tại ga Lê Thị Riêng - Metro 2, Tp. HCM

Hình 10 xuất hiện hai hyperbol tán xạ tại vị trí $t_{01} = 18$ ns, $x_{01} = 1$ m và $t_{02} = 20$ ns, $x_{02} = 3,5$ m. Lần lượt thực hiện hiệu chỉnh trong khoảng từ 0,3 m đến 1,5 m và 3 m đến 4,3 m để xác định vận tốc truyền sóng trong môi trường bên trên dị vật 1 và 2.

Kết quả sau khi thực hiện hiệu chỉnh cho thấy vận tốc môi trường bên trên mặt phản xạ dị vật 1 là $v_1 = 0,08$ m/ns và dị vật 2 là $v_2 = 0,075$ m/ns. Sau khi dịch chuyển Kirchhoff với các vận tốc này ta thấy biên độ tín hiệu cũng đạt giá trị cao nhất. Kết quả tính toán (có kết hợp với thông tin thực địa): dị

vật 1 là đường ống cấp nước ngầm, $d = 0,64$ m, $\Phi = 0,25$ m; dị vật 2 là đường ống cấp điện ngầm, sâu 0,83 m, $\Phi = 0,45$ m.

4. Kết luận

- Phép hiệu chỉnh động (NMO) là phương pháp xử lý số liệu được sử dụng nhiều trong địa chấn thăm dò có thể áp dụng để xác định vận tốc rất hiệu quả trong GPR. Khi quan sát sự thay đổi trường sóng trong phép hiệu chỉnh động sẽ cho ta cái nhìn tổng quát về sự phân bố vận tốc truyền sóng tại khu vực nghiên cứu, giúp giải đoán chính xác về độ sâu và kích thước của các dị vật.

- Việc áp dụng phép hiệu chỉnh động nhằm xác định vận tốc truyền sóng điện từ trên cả mô hình

toán và dữ liệu thực tế, được thực hiện bằng chương trình viết trên giao diện Matlab đều cho kết quả đáng tin cậy.

- Phương pháp NMO có thể sử dụng cho cả dữ liệu điểm sâu chung (CMP) và khoảng cách chung (CO). Điều này cho phép xác định vận tốc truyền sóng kể cả khi điều kiện khảo sát hoặc thiết bị không thuận lợi cho việc đo đạc bằng kiểu điểm sâu chung (GPR có màn chắn).

- Giải quyết được một số hạn chế trong các phần mềm kèm theo thiết bị của các nhà sản xuất. Là cơ sở để chúng tôi hoàn thành phần mềm: “Xác định vận tốc truyền sóng điện từ trong GPR”. Đây là phần mềm có thể đọc được tất cả dữ liệu của các máy GPR do các hãng khác nhau sản xuất.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Quốc Gia Tp. HCM đã cấp kinh phí thực hiện đề tài Trọng điểm cấp ĐHQG Tp. HCM 2012 - 2013: “Nghiên cứu phương pháp xác định vận tốc truyền sóng điện từ trong radar xuyên đất đối với khu vực đô thị”.

TÀI LIỆU DẪN

- [1] *Andersson P.M., Linder B.G., Nilsson N.R.*, 1991: A radar system for mapping internal erosion in embankment dams. Water Power & Dam Construction, July 1991, p.11-16.
- [2] *Daniels D.J., Gunton D.J., Scott H.F.*, 1988: Communications radar and signal processing, 135F(4), 277-392.
- [3] *Davis J.L., Annan A.P.*, 1989: Ground penetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy. Geophysical Prospecting, 37(5), p.531-551.
- [4] *Du S., Berktold A., Rummel P.*, 1994: Wave nature and propagation characteristics of the Ground wave in GPR. Proceedings of the 15th German Electromagnetic Meeting, Hoechst, 25-30, March, 1994, p.480-488.
- [5] *Gary F. Margrave*, 2003: Numerical Methods of Exploration Seismology with algorithms in MATLAB. Department of Geology and Geophysics, The University of Calgary, p.219.
- [6] *N. V. Giang*, 1999: Detection fractures and defects in the dyke by Ground Penetrating Radar. Proceedings of the NCST of Vietnam, vol.11 (2) pp.95-101
- [7] *Nguyễn Văn Giảng*, 2000: Khả năng áp dụng radar xuyên đất trong địa kỹ thuật và môi trường ở Việt Nam. Tạp chí Địa chất, số 257 (3-4/2000), tr.23-32
- [8] *Jol H. M.*, 2009: Ground Penetrating Radar: Theory and Applications. Oxford, UK, p.365.
- [9] *Ozdogan Ylmatz*, 1987: Seismic Data Processing, chapter 3. Society of Exploration Geophysics.
- [10] *Sensors & Software*, 1996: PulseEKKO100RUN, User's Guide, Version1.2. Technical Manual 25.
- [11] *Mai Thanh Tân*, 2011: Thăm dò Địa chấn. Nxb. Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [12] *N.T. Van, L.V.A. Cuong, D.H. Trung, V.M. Triet, H.K. Tuan*, 2012: Kirchhoff migration for specifying velocity model in ground penetrating radar method. Proceedings of International conference on Ground Penetrating Radar (GPR), Shanghai, China @ ISBN 978-1-4673-2663-6, pp. 419-424.
- [13] *Nguyễn Thành Ván, Nguyễn Văn Giảng*, 2013: Radar xuyên đất - Phương pháp và ứng dụng. Nxb. ĐHQG Tp. HCM, 222 tr.
- [14] *Nguyễn Thành Ván, Nguyễn Kim Đình*, 2004: Trường Điện Từ. Nxb. ĐHQG Tp. HCM, 611tr.
- [15] *Phạm Năng Vũ*, 2007: Tập bài giảng cơ sở lý thuyết xử lý số liệu địa chấn. Hà Nội.
- [16] *Wang H., Zhang P.*, 1996: New applications of GPR in some China key engineering projects. Proceedings of GPR'96 Sendai, Japan, p.201-206.

SUMMARY

Estimating electromagnetic velocity in Ground Penetrating radar by Normal MoveOut (NMO)

Ground penetrating radar (GPR) is a high-resolution near-surface geophysical method which employs radio waves, typically in the 10 to 2000 MHz frequency range to map structure and features buried in the ground (or in man-made structures). Electromagnetic (EM) velocity is an essential parameter in GPR. There are many solutions to determine EM velocity for geological medium. The characteristics of groundwave on CMP radagram for EM velocity are the best ways, but most of modern GPR systems could not easily separate transmitter and receiver antennae.

Normal MoveOut (NMO) which is frequently used in seismic prospecting is a good resolution for estimating velocity. Studying variations of wave field in the NMO method give us an overall view about the distribution of radar velocities, which are useful for precise interpretation the depths and sizes of objects in survey areas. This study shows some results that were done by a program from Matlab in calculating GPR velocities of some computational models and practical data by the NMO method.