

Ứng dụng phương pháp Georadar trong nông nghiệp

Phan Thiên Hương^{1,*}, Vũ Hồng Dương, Trần Danh Hùng, Trần Văn Khá²

¹ Đại học Mỏ - Địa chất

² Viện địa chất và địa vật lý biển

TÓM TẮT

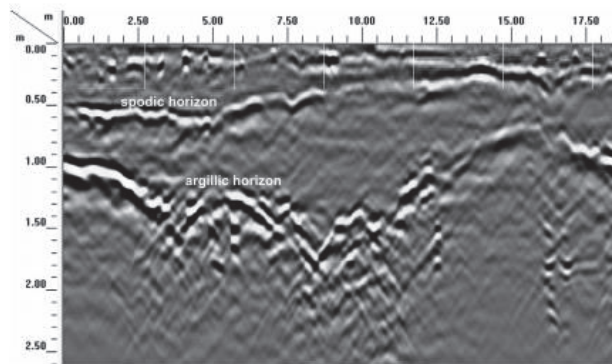
Phương pháp Georadar đã được chứng minh là có hiệu quả trong điều tra tầng nông như đường ống nước ngầm hay hang động kaster, quản lý xây dựng cầu đường .. Tuy nhiên, việc ứng dụng Georadar trong nông nghiệp còn khá mới mẻ ở Việt Nam, trong khi các thông số để thu thập dữ liệu, xử lý và minh giải phụ thuộc vào độ sâu và đối tượng nghiên cứu. Vì vậy trong bài báo này, nhóm tác giả sẽ trình bày kết quả ứng dụng phương pháp GPR để xác định các tầng đất trong phạm vi từ 0 đến 2 m phục vụ trong nông nghiệp.

Từ khóa: GPR; nông nghiệp; đất trồng; phương pháp không phá hủy; cảm biến.

1. Đặt vấn đề

Để đáp ứng được việc xây dựng cơ sở dữ liệu trong nông nghiệp với mạng lưới dữ liệu đất với độ bao phủ rộng lớn cùng nhiều các thông số đất như độ dày của tầng đất trồng, sự trao đổi cation, hàm lượng cacbon,... việc ứng dụng các phương pháp địa vật lý (đôi khi còn gọi là phương pháp cảm biến gần (proximal sensing)) là không thể thiếu được. Ưu điểm của các phương pháp địa vật lý là với các thiết bị đo ghi phù hợp sẽ cho phép đo đạc diện rộng trên bề mặt theo diện đồng thời nhận được thông tin tại các độ sâu khác nhau dưới mặt đất, tiến độ khảo sát nhanh, mật độ số liệu lớn, mang tính tức thời đáp ứng được công tác xây dựng cơ sở dữ liệu cả về không gian và thời gian. Một trong những phương pháp đo đất bằng cảm biến gần đang được áp dụng hiện nay trên thế giới bao gồm radar xuyên đất (GPR).

Phương pháp GPR là phương pháp phản xạ sóng điện từ không phá hủy, phát sóng điện từ tần số cao, thường được dùng cho các nghiên cứu gần mặt đất với độ phân giải cao như trong nông nghiệp, khảo cổ học, xác định các công trình ngầm đô thị, hồ từ thần. Trong nông nghiệp độ xuyên sâu của sóng điện từ vào trong đất, đã phụ thuộc vào độ dẫn điện của các thành phần đất đá như đất sét, chất hữu cơ và nước, đá,... lợi thế của GPR là một kỹ thuật không cần đào bới, phân tích mà lại có độ phân giải cao. Tại Ý, Rossi et al. (2015) đã sử dụng GPR để phân tích quá trình thấm nước trên đất. Elsheakh và n.n.k (2019) đã sử dụng kỹ thuật này để nghiên cứu độ sâu nước ngầm và ảnh hưởng của cấu trúc địa chất đến lưu lượng nước. Một số nghiên cứu đã được phát triển để phân tích độ nén chặt đất, xây dựng bản đồ đất nông nghiệp và ngăn ngừa thiệt hại trong quá trình khai thác nông nghiệp (Ciampalini và cộng sự, 2015); Ngoài ra, phương pháp GPR được sử dụng để theo dõi độ ẩm và thấm nước vào ruộng nương (Rossi và cộng sự, 2015).



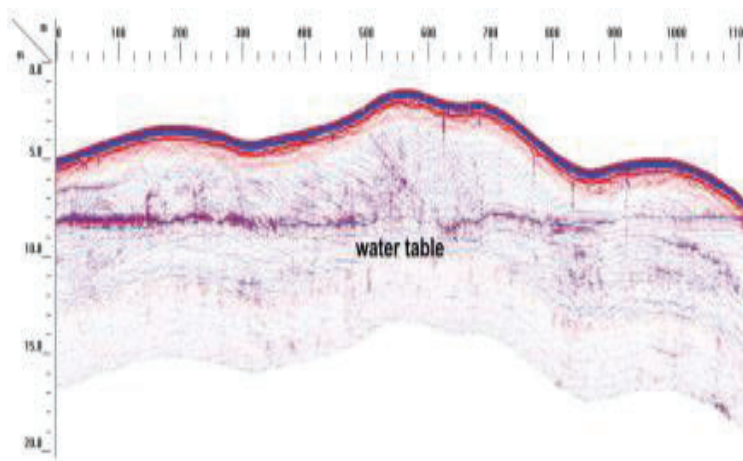
Hình 1. Mặt cắt radargram tại Florida chỉ rõ sự khác biệt và ranh giới của tầng spodic và argillic của đất Ponoma tại Florida (theo Soil Survey Manual Agriculture, Handbook 18)

* Tác giả liên hệ

Email: phanthienhuong@hmg.edu.vn

Hình 1 là kết quả của phương pháp GPR. Một mặt cắt radar (radagram) đã được xử lý từ một vùng đất Pomona (cát, Silic, Alaquods silic) ở phía bắc trung tâm Florida (theo Soil Survey Manual Agriculture, Handbook 18). Kết quả đã chỉ ra phương pháp GPR cũng có thể dùng để xác định thành phần thạch học khác nhau và độ dày của các tầng đất. Các ranh giới trên của tầng spodic và argillic dùng để ngốt và tách các vật liệu đất tương phân riêng biệt. Do đó, chúng tạo ra sóng phản xạ có biên độ cao. Trên mặt cắt radar này, ranh giới phản xạ thay đổi độ sâu liên tục từ khoảng 20 đến 60 cm. Các ranh giới trên của tập argillic rất bất thường và thay đổi trong độ sâu từ khoảng 60 đến 150 cm. Nói chung, ranh giới trên của tập argillic khá mềm mại và liên tục so với những ranh giới khác hiển thị trong mặt cắt này.

Hình 2 chỉ ra mực nước ngầm tại khu vực Tây bắc Ấn độ có thể xác định bằng phương pháp GPR, ranh giới mực nước ngầm khá liên tục, biên độ cao. Các phép đo GPR lặp đi lặp lại trong suốt năm có thể làm tăng mức độ tin cậy trong việc đánh giá mực nước ngầm phục vụ công tác thủy nông và giảm số lượng giếng cần thiết cho việc nghiên cứu về nước ngầm (theo Soil Survey Manual Agriculture, Handbook 18).



Hình 2: Mặt cắt radargram chỉ rõ mặt địa hình và mực nước ngầm được thể hiện rõ bởi sự phản xạ của sóng với biên độ lớn tại cánh đồng tại Indiana (theo Soil Survey Manual Agriculture, Handbook 18)

Như vậy phương pháp GPR có thể cung cấp thông tin về thông số của đất như độ dày tầng đất trồng, độ sâu của mực nước ngầm.

2. Phương pháp GPR

2.1. Cơ sở vật lý

Nguyên lý vật lý của sóng điện từ dựa trên hệ phương trình Maxwell. Đối với điện trường E , ta có phương trình:

$$\Delta E = \varepsilon \varepsilon_0 \mu_0 \ddot{E} + \mu_0 \sigma \dot{E} \quad (1)$$

Trong đó ε là độ từ thẩm tương đối và σ là độ dẫn điện của môi trường. Phương trình đối với từ thông B cũng tương tự như vậy. Giải phương trình (1) cho một sóng mặt tắt dần (δ) lan truyền theo hướng x với $k = \omega/c$ là số sóng, trong đó ω là tần số góc và c là vận tốc ánh sáng trong chân không:

$$E = E_0 e^{i(\omega t - kx)} e^{-\delta x} \quad (2)$$

dẫn tới phương trình phức:

$$(-\delta - ik)^2 = -\mu_0 \varepsilon \varepsilon_0 \omega^2 + \mu_0 \sigma i \omega \quad (3)$$

có thể khai triển thành hệ hai phương trình thực:

$$k^2 - \delta^2 = \mu_0 \varepsilon \varepsilon_0 \omega^2 \quad (4a)$$

$$2\delta k = \mu_0 \sigma \omega \quad (4b)$$

Phương trình thứ nhất xác định mức độ dịch chuyển, chiếm ưu thế ở miền tần số cao, phương trình thứ hai xác định độ dẫn, phổ biến ở miền tần số thấp. Phổ tần số của các sóng GPR nằm trong giới hạn 10 MHz và 2.5 GHz, do đó phải xác định cả hai tham số này. Với sóng lan truyền trong môi trường có vận tốc là v :

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}} \quad (5)$$

quá trình phản xạ sóng điện từ sẽ được xác định theo định luật Snell:

$$\frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2} \quad (6)$$

Sóng điện từ cũng được phản xạ trên các ranh giới vật chất và các bất đồng nhất. Đối với thành phần tần số cao và góc tới thẳng đứng, hệ số phản xạ chỉ phụ thuộc vào độ thâm tương đối của môi trường:

$$R = \frac{\sqrt{\epsilon_2} - \sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_1}} \quad (7)$$

Thông thường các sóng phản xạ từ các bất đồng nhất thể hiện dưới dạng các hyperbol. Thời gian truyền sóng t_r của sóng điện từ có thể tính được theo công thức:

$$t_r = \frac{\sqrt{x^2 + 4h^2}}{v} \quad (8)$$

trong đó x là khoảng cách dịch chuyển ngang và h là chiều sâu.

Độ tắt dần δ của sóng điện từ được tính theo công thức:

$$\delta = \omega \sqrt{\left(\frac{\mu_0 \epsilon \epsilon_0}{2}\right) \left(\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\omega^2 (\epsilon \epsilon_0)^2}} - 1\right)} \quad (9)$$

Với công thức (9), có thể xác định được chiều sâu tới bề mặt $\Delta = 1/\delta$, nơi trường điện từ suy giảm với hệ số $1/e$. Tham số này thường dùng để mô tả chiều sâu khảo sát.

Bảng 1: độ thâm điện tương đối và vận tốc sóng EM trong một số vật liệu đặc trưng.

Vật liệu	Độ thâm điện tương đối ϵ_r	Vận tốc (m/ns)
Không khí	1	0.30
Nước ngọt	81	0.033
Nước mặn	81	0.033
Cát khô	10	0.075
Cát ướt	25-30	0.055-0.060
Phù sa	10	0.095
Đất sét ướt	8-15	0.086-0.110
Đất sét khô	2	0.173
Đá vôi (limestone)	7-9	0.100-0.113
Đá sa thạch (sandstone)	6	0.113

Bảng 1 chỉ ra phụ thuộc vào độ thâm điện tương đối của các lớp khác nhau sẽ có sự phản xạ của sóng điện từ (công thức 7). Phân tích các thuộc tính của sóng phản xạ này sẽ cho phép xác định một số thông số của đất. Thí dụ như sự phân lớp và độ sâu của các tầng đất khác nhau. Biết được vận tốc v và thời gian truyền sóng t , chúng ta có thể xác định được độ dày d của tầng đất:

$$d = \frac{vt}{2} \quad (10)$$

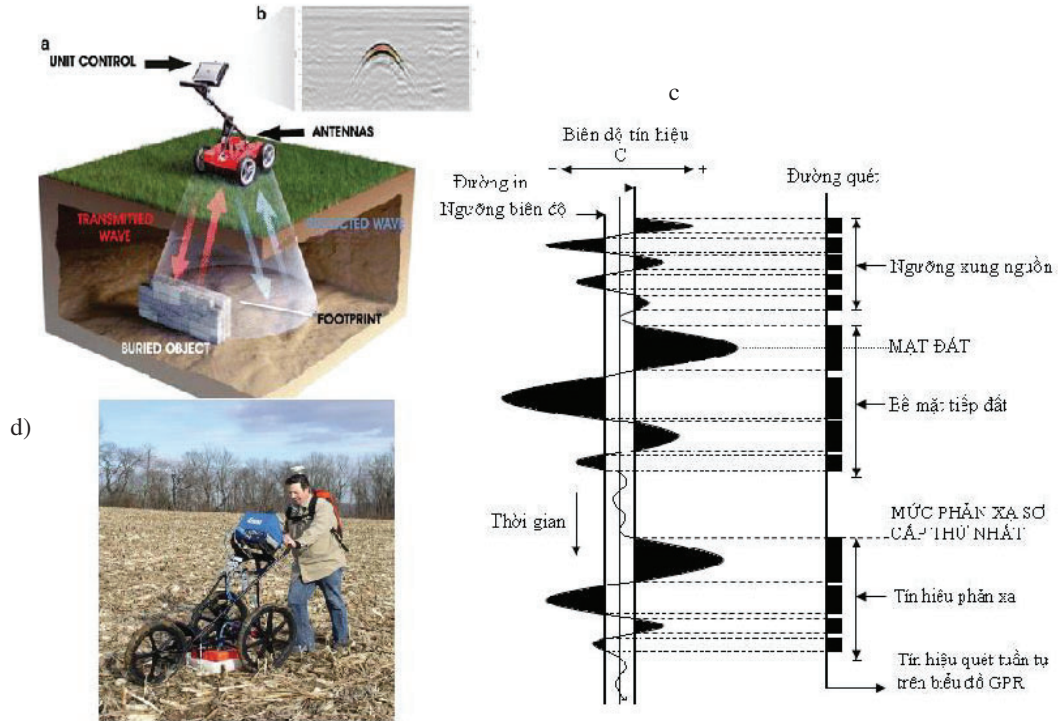
Một yếu tố quan trọng nữa là độ phân giải, độ phân giải GPR thường được mô tả theo chiều dọc (phương thẳng đứng/ độ sâu) và chiều ngang. Để xác định độ dày của tầng đất trồng cần cân nhắc độ phân giải GPR theo phương thẳng đứng. Độ phân giải dọc là khoảng cách theo phương thẳng đứng thời gian nhỏ nhất giữa hai lần phản xạ có thể phân biệt được trên mặt cắt radagram, giá trị này ngoài phụ thuộc vào năng lượng sóng đủ lớn để không bị hấp thụ trong môi trường, thiết kế của hệ thống đo, độ sâu của mục tiêu còn phụ thuộc vào tần số ăng-ten, và độ thâm điện của môi trường mà sóng đi qua.

Độ phân giải dọc có thể được ước tính:

$$\lambda_R = \frac{v}{4f} = \frac{1}{4} \frac{c/\sqrt{\epsilon_r}}{f} \quad (11)$$

2.2. Nguyên tắc phát và thu sóng:

Anten phát sóng điện từ tần số cao từ vài chục MHz đến hàng GHz lan truyền theo tia vào trong môi trường đất, gặp mặt ranh giới của 2 lớp có độ thâm điện (dielectric permeability) khác nhau, một phần năng lượng sẽ phản xạ lại về anten thu (hình 3). Anten thu sẽ ghi được tín hiệu phản xạ gồm biên độ xung phản xạ và thời gian từ lúc xung phát đi đến thời điểm xung phản hồi, sự thay đổi năng lượng sóng điện từ này nói lên bản chất của môi trường nó đi qua.



Hình 4: Sơ đồ biểu diễn nguyên lý làm việc GPR (a) Máy đo GPR gồm anten phát, anten thu và bộ điều khiển; (b) Dữ liệu radargram hiển thị trên màn hình máy tính; (c) Các dạng tín hiệu tổng quát của sóng rada xuyên đất; (d) Máy đo GPR nhẹ, cơ động và dễ tương tác.

2.3. Xử lý và minh giải số liệu:

Xử lý đóng vai trò quan trọng trong các phương pháp địa vật lý nói chung. Chúng giúp đưa các mặt cắt thu được về giống với thực tế nhất. Với phương pháp GPR đơn kênh thì các bước xử lý bao gồm đưa mặt cắt về mặt cắt chuẩn loại bỏ Tzero (Tz), loại bỏ nhiễu (background), khôi phục biên độ (gain), lọc tần số (filter), cộng (stacking) và dịch chuyển (migration)

Mặt cắt thu được trong phương pháp GPR là mặt cắt theo thời gian, nên để đưa về mặt cắt thật một bước quan trọng đó là bất vận tốc. Vận tốc có thể thu được bằng cách lấy mẫu, nhưng cũng có thể thu được trong quá trình xử lý.

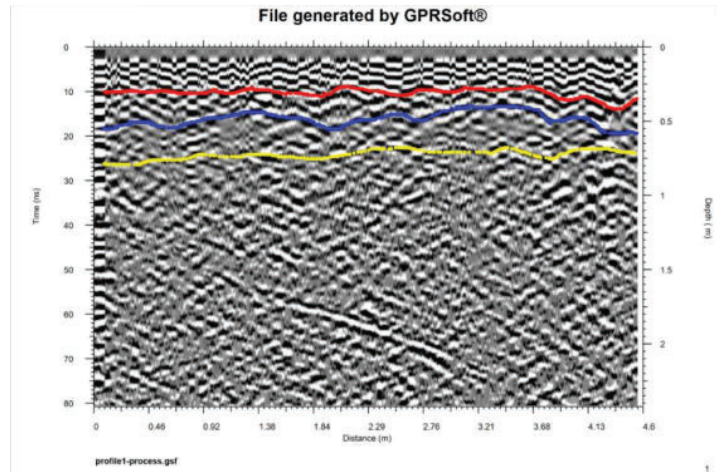
Bước cuối cùng là minh giải để xác định được vị trí, hình dạng và kích thước của đối tượng nghiên cứu thí dụ như phân tập của tầng đất trồng. Ngoài ra để phục vụ nông nghiệp các thông số khác của đất cũng được quan tâm như độ ẩm, độ rỗng, thành phần cát sét,...

3. Kết quả áp dụng trong thực tế:

Thử nghiệm phương pháp GPR đã được tiến hành tại ruộng thí nghiệm thuộc học viện nông nghiệp bằng máy Geoscaner (Thụy điển), tần số 300 MHz (hình 5)



Hình 5: ảnh ngoài thực địa



Hình 6. kết quả đo GPR

Thời tiết đi đo trong giai đoạn mưa tầm tã vài ngày liền. Kết quả sau khi được xử lý và minh giải thể hiện trong hình 6 với trục ngang là khoảng cách theo mét, trục thẳng đứng một bên là thời gian và một bên là độ sâu. Tầng đầu tiên có độ sâu khoảng 30 cm, chỗ nông nhất không 25 cm, chỗ sâu nhất khoảng 35 cm, lớp thứ 2 có độ dày trung bình là 20 cm chỗ mỏng nhất khoảng 15 cm, chỗ dày nhất 25 cm. Lớp thứ 3 chỗ mỏng nhất là 15 cm và chỗ dày nhất đạt tới 40 cm. Tuy nhiên dưới lớp thứ 3 thì hầu như không nhận thêm được 1 ranh giới nào.

4. Kết luận

Chưa có một nghiên cứu nào tại Việt nam ứng dụng GPR để phân biệt tầng đất trồng phục vụ nông nghiệp. Đây có thể coi là bước đi đầu tiên, thử nghiệm và đánh giá khả năng ứng dụng phương pháp GPR trong nông nghiệp

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài của trường Đại học Mỏ- Địa chất: MDC: T21-21.

Tài liệu tham khảo

- Agriculture Handbook No.18 "Soil Survey Manual", 2017. United States Department of Agriculture.
- Ciampalini, A., André, F., Garfagnoli, F., Grandjean, G., Lambot, S., Chiarantini, L. and Moretti, S., 2015. Improved estimation of soil clay content by the fusion of remote hyperspectral and proximal geophysical sensing. *Journal of Applied Geophysics*, 116, pp.135-145.
- Elsheakh, D.N. and Abdallah, E.A., 2019. Detection of Underground Water by Using GPR. In *Groundwater-Resource Characterisation and Management Aspects* (p. 3). IntechOpen.
- Rossi, R., Pollice, A., Diago, M. P., Oliveira, M., Millan, B., Bitella, G., ... Tardaguila, J., 2013. Using an automatic resistivity profiler soil sensor on-the-go in precision viticulture. *Sensors (Switzerland)*, 13(1), 1121–1136. <https://doi.org/10.3390/s130101121>.

ABSTRACT

Application of Georadar method in agriculture

Phan Thien Huong^{1,*}, Vu Hong Duong¹, Tran Danh Hung¹, Tran Van Kha²

¹Hanoi University of Mining and Geology

²Institute of marine geology and geophysics

Georadar method has proven to be effective in investigation of shallow layers such as underground water pipes or kaster caves, management of road and bridge construction.. However, the application of Georadar in agriculture is quite new in Vietnam, while the parameters of acquisition, processing and interpretation depend on the depth and study object. So in this article, the authors will present the results

of the application of GPR method to determine some horizons of soil from 0 to 2 m in depth for agricultural service.

Keywords: GPR; agriculture; soil; nondestructive method; sensor.