

Ứng dụng phương pháp GPR phục vụ nông nghiệp công nghệ cao tại Việt Nam

Phan Thiên Hương^{1,*}, Nguyễn Thế Phong¹, Nguyễn Danh Lam², Tạ Quang Minh²
Nguyễn Thanh Tùng²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất

² Viện Dầu khí Việt Nam

TÓM TẮT

Để đáp ứng việc phát triển nông nghiệp công nghệ cao đòi hỏi phải nắm vững các đặc tính thổ nhưỡng của đất trồng và độ sâu của tầng đất trồng chính là một trong những đặc tính cần xác định. Bên cạnh việc thu thập mẫu đất một cách trực tiếp với những hạn chế như giá thành cao, thời gian phân tích lâu, phá vỡ môi trường đất thì Địa vật lý nói chung và phương pháp Georadar (GPR) nói riêng là phương pháp cung cấp thông tin đặc tính thổ nhưỡng với ưu điểm không phá hủy, nhiều, nhanh, giá thành rẻ. Bài báo này giới thiệu phương pháp GPR, máy và các thông số đo phù hợp cho ứng dụng trong nông nghiệp chính xác. Kết quả ứng dụng phương pháp GPR được thực hiện tại khu Dược Liệu thuộc huyện Nghĩa Đàn, tỉnh Nghệ An đã chứng minh phương pháp GPR là một phương pháp địa vật lý có nhiều ưu việt dùng để khảo sát độ sâu của tầng đất trồng chi tiết.

Từ khóa: độ sâu tầng đất trồng; nông nghiệp chính xác; phương pháp không phá hủy; georadar; địa vật lý

1. Đặt vấn đề

Ở Việt Nam, ngành nông nghiệp trong những năm gần đây đã đạt được những thành tựu quan trọng, giá trị sản phẩm gia tăng nhiều lần, sản lượng nông sản hàng hóa ngày càng đa dạng, thu nhập và đời sống người nông dân được cải thiện. Ngành nông nghiệp đóng góp khoảng 20% vào GDP trong khi sử dụng 40% dân số làm việc tại Việt Nam (Dezan Shira & Associates, 2018), đóng góp GDP không ngừng tăng. Việt Nam đã và đang phát triển để trở thành nhà xuất khẩu hàng hóa nông sản lớn thứ năm trên thế giới bao gồm thủy sản, gạo, cà phê, chè, hạt điều, hạt tiêu đen, cao su và sắn (T.T.T, Hiền, 2023). Tuy nhiên, do biến đổi khí hậu, diện tích cũng như chất lượng sản phẩm nông nghiệp được dự đoán sẽ giảm trong tương lai gần (VH, 2023). Đây là một thách thức mang tính cấp bách, để đảm bảo tăng trưởng bền vững trong tương lai, ngành nông nghiệp cần hướng tới nông nghiệp công nghệ cao, nông nghiệp chính xác, đáp ứng yêu cầu giảm chi phí, tăng sản lượng, đạt chất lượng sản phẩm tốt hơn, có độ tin cậy, chất lượng, phát triển an toàn và bền vững. Để thực hiện được điều đó ngành nông nghiệp cần đẩy nhanh việc áp dụng các kỹ thuật hiện đại để quản lý đất đai và phát triển bền vững. Để đáp ứng điều đó thì việc nắm vững các thông số thổ nhưỡng là điều không thể thiếu (Huong P. và n.n.k, 2022). Hiện tại, với việc thu thập và phân tích mẫu đất một cách trực tiếp có nhiều hạn chế như giá thành cao, thời gian phân tích lâu, phá vỡ môi trường đất thì việc áp dụng các phương pháp địa vật lý nói chung và phương pháp Georadar nói riêng là không thể thiếu được và mang tính cấp bách (Romero - Ruiz, 2018).

Georadar hay còn gọi là Radar xuyên đất (GPR) là một phương pháp địa vật lý sử dụng sóng điện từ để nghiên cứu cấu trúc dưới bề mặt đất trong các lĩnh vực khác nhau như địa chất, nông nghiệp và công trình dân dụng, khảo cổ. Sự thay đổi tính chất sóng Georadar ngoài phụ thuộc vào bản chất sóng (tần số, năng lượng) còn phụ thuộc vào bản chất môi trường mà sóng đi qua như độ rỗng, độ ẩm, độ mặn,... của đất đá. Trên thế giới, việc áp dụng phương pháp GPR để xác định các thông số đất phục vụ nông nghiệp công nghệ cao đã được phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây, tuy nhiên tại Việt Nam phương pháp Georadar gần đây mới được ứng dụng thử nghiệm trong Nông nghiệp thông qua đề tài KC4.0-19/25. Trong bài báo này nhóm tác giả trình bày kết quả ứng dụng nghiên cứu GPR để nghiên cứu tầng sâu của tầng đất trồng tại khu vực trồng cây dược liệu - huyện Nghĩa Đàn, tỉnh Nghệ An.

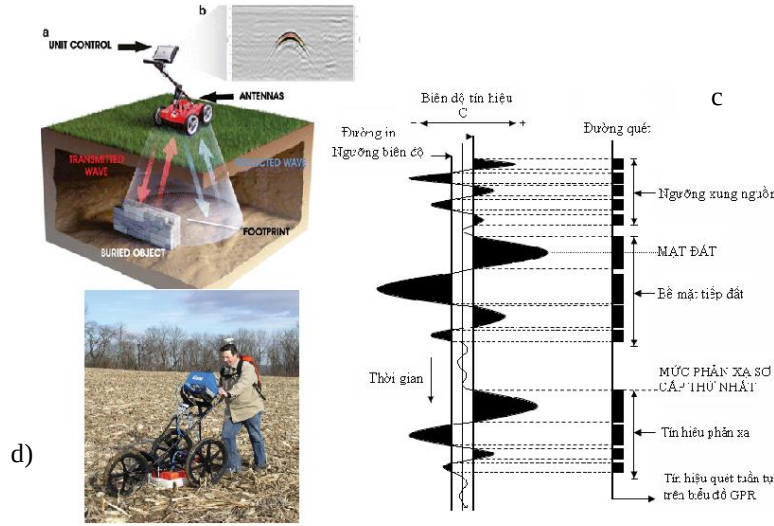
* Tác giả liên hệ

Email: phanthienhuong@humg.edu.vn

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tổng quan về phương pháp GPR

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 tử thần. 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 thấm điện (dielectric permeability) khác nhau, một phần năng lượng sẽ phản xạ lại về anten thu (hình 1). 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 1. 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 radar xuyên đất; (d) Máy đo GPR nhẹ, cơ động và dễ tương tác

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

$$\Delta E = \epsilon_r \epsilon_0 \mu_0 \ddot{E} + \mu_0 \sigma \dot{E} \quad (1)$$

Trong đó ϵ_0 là độ điện thẩm chân không, ϵ_r độ điện thẩm tương đối, σ là độ dẫn điện của môi trường và μ_0 độ từ thẩm của chân không. Phương trình đối với từ thông B cũng tương tự như vậy. Giải phương trình (1) cho một sóng mặt phẳng (đ) 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:

$$(-\delta - ik)^2 = -\mu_0 \epsilon \epsilon_0 \omega^2 + \mu_0 \sigma i \omega \quad (3)$$

có thể khai triển thành hệ hai phương trình thực:

$$k^2 - \delta^2 = \mu_0 \epsilon \epsilon_0 \omega^2 \quad (4a)$$

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

Phương trình thứ nhất xác định mức độ dịch chuyển, chiếm ưu thế ở miền tần số rất 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 : $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}$ (5)

quá trình truyền 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 điện thẩm 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 của sóng điện từ có thể tính được theo công thức:

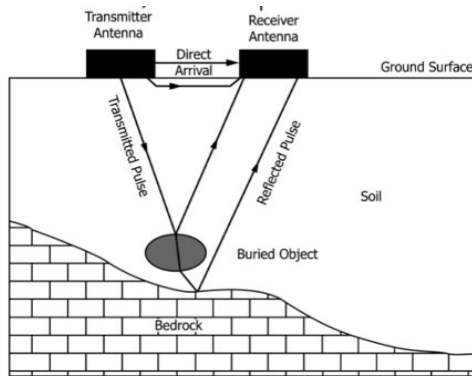
$$t_r = \frac{1}{v} \sqrt{x^2 + 4h^2} \quad (8)$$

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:

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

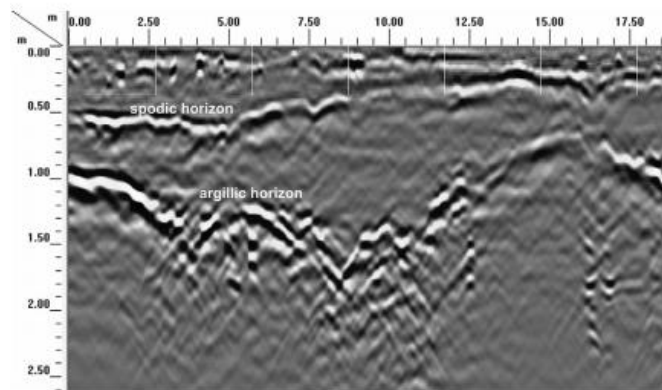
Với công thức (9), có thể xác định được chiều sâu tới bề mặt $\Delta=1/\delta$. Tham số này thường dùng để mô tả chiều sâu khảo sát. Hình 2 là sơ đồ thu phát sóng điện từ và đường đi của sóng.



Hình 2. Sơ đồ thu phát sóng GPR

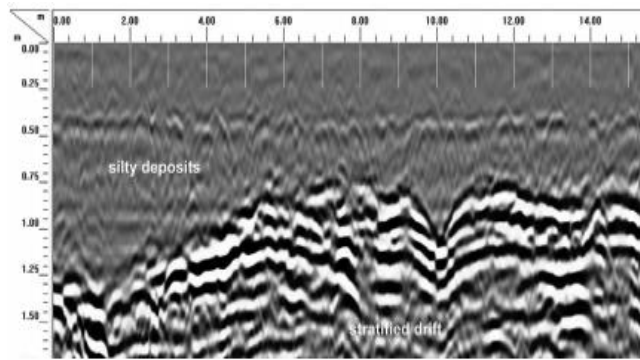
2.2. Ứng dụng phương pháp GPR trong nông nghiệp công nghệ cao trên thế giới

Dựa trên nguyên lý truyền sóng điện từ trên, phương pháp GPR đã chứng minh được tính hiệu quả của chúng trong việc nghiên cứu tầng sâu đất trồng, kết hợp với việc phân tích mẫu có thể xác định được cụ thể tầng đất, loại đất (Huong P., 2023). Dưới đây là một số kết quả ứng dụng GPR trong nông nghiệp.



Hình 3. Mặt cắt radargram tại Florida chỉ rõ sự khác biệt và ranh giới của tầng spodic và argillic của đất Ponoma tại Florida (Agriculture, Handbook 18, 2017)

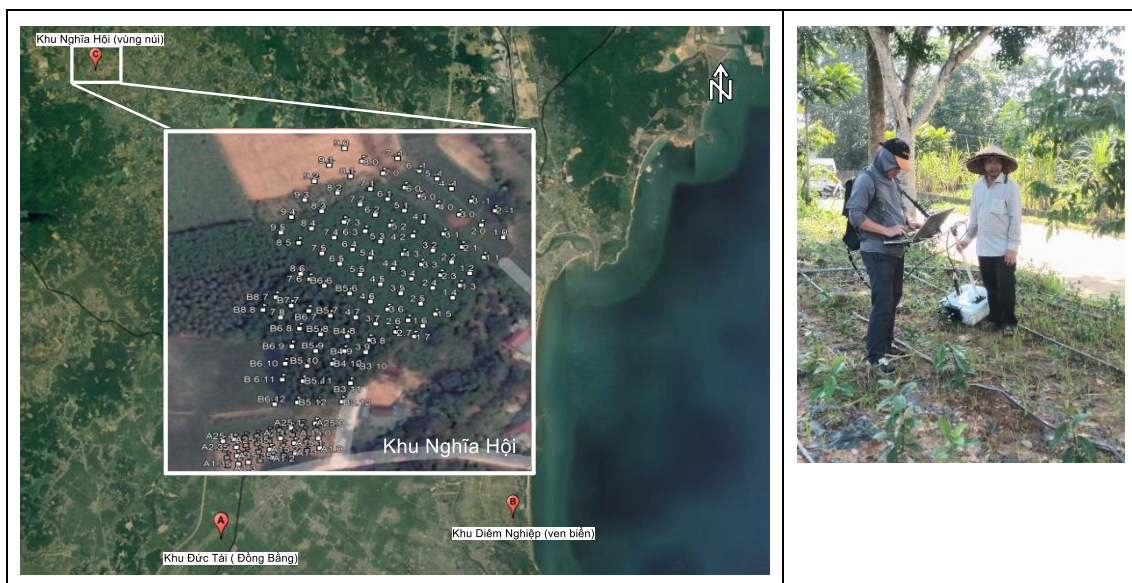
Một mặt cắt radar xuyên đất (hình 3) đã được xử lý từ một vùng đất Pomona (cát, Silic, Alaquods silic) ở phía bắc trung tâm Florida (theo Soil Survey Manual Agriculture, Handbook 18). Kết quả đã chỉ ra phương pháp GPR cũng có thể dùng để xác định thành phần thạch học khác nhau và độ dày của các tầng đất. Các ranh giới trên của tầng spodic và argillic dùng để ngắt và tách các vật liệu đất tương phản 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 3 là một thí dụ khác, trong mặt cắt radargram này chỉ sự không liên tục của lớp cát và lớp sét tại Rhode Island.



Hình 4. Mặt cắt radargram chỉ sự không liên tục của lớp cát và lớp sét tại Rhode Island (Agriculture, Handbook, 2017)

Qua 2 thí dụ trên có thể khẳng định phương pháp GPR có thể cung cấp thông tin về độ dày tầng đất trồng và kết hợp với tài liệu phân tích mẫu có thể xác định được loại đất.

3. Kết quả ứng dụng phương pháp GPR để xác định tầng đất trồng tại huyện Nghĩa Đàn thuộc tỉnh Nghệ An



Hình 5. 1) vị trí khu vực đo vườn Dược Liệu- huyện Nghĩa Đàn, tỉnh Nghệ An;
2) Máy đo Georadar Ris Plus

Khu vực khảo sát là cánh đồng trồng cây dược liệu thuộc huyện Nghĩa Đàn tỉnh Nghệ An. Đây là khu vực đồi núi, sườn dốc vì vậy địa hình mấp mô, không bằng phẳng. Do vậy để tiến hành đo ghi, khu vực này đã chia thành 3 khu nhỏ hơn, khu vực A nằm ở phía Nam, 2 khu vực còn lại dần chuyển về phía Bắc. Đây là khu dược liệu quý nên quá trình đo cần bảo đảm đúng tuyến mà không ảnh hưởng đến cây trồng.

Máy đo GPR là máy Georadar Ris Plus hãng IDS (Ý) với tần số là 200 MHz.

Các tuyến đo cách nhau 10m, tổng khu vực khảo sát tại đây là 2100 m. Khoảng cách giữa các mạch trong radargram phụ thuộc vào vòng quay của bánh xe và có khoảng cách giữa các mạch là 0.016 m

Kết quả thu được (hình 5) đã phải tiến hành xử lý trước khi minh giải. Các bước xử lý bao gồm:

Bước 1: loại bỏ sóng không khí vận chuyển từ vị trí máy phát đến bề mặt trái đất

Bước 2: loại bỏ background

Bước 3: phục hồi biên độ. Trong trường hợp này chỉ dùng nguyên lý khuếch tán mặt cầu để phục hồi biên độ.

Bước 4: thực hiện lọc Dewow

Bước 5: End cut

Bước 6: Dịch chuyển

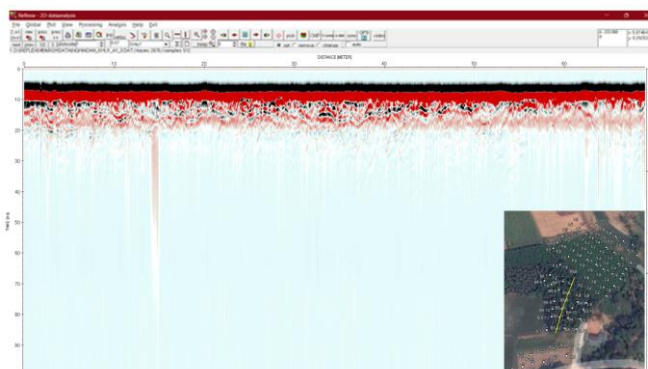
Bước 7: Lọc tần số

Bước 8: Deconvolution (Giải chập).

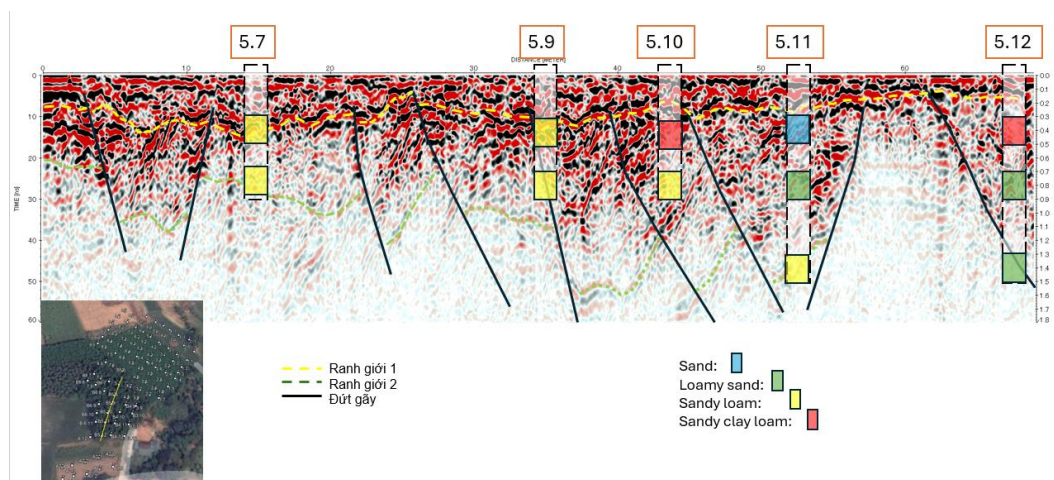
Bước 9: Chuyển đổi từ miền thời gian sang miền độ sâu.

Qua xử lý số liệu thấy nguồn phát khá là ổn định, số mạch chết hầu như không có (ít hơn 1%) vì vậy chất lượng mạch đo và số lượng bảo đảm yêu cầu.

Tài liệu nguyên thủy thu được trong quá trình đo được thể hiện trong hình 5, thể hiện trong miền thời gian. Sau khi tiến hành xử lý 9 bước vừa nêu trên. Kết quả minh giải thể hiện trên hình 6 với trục bên trái là thời gian và trục bên phải là độ sâu. Tại đây nhóm tác giả cũng đưa một số lỗ khoan vào mặt cắt. Mỗi lỗ khoan, phụ thuộc vào độ sâu của móng mà nhóm tác giả có thể lấy mẫu đến các độ sâu khác nhau. Kết quả chỉ ra tại khu vực này địa chất hoạt động khá phức tạp, môi trường ở đây không đồng nhất, bị chia cắt bởi nhiều đứt gãy mới dừng hoạt động trong thời gian gần đây. Cũng do hoạt động địa chất phức tạp mà độ sâu của tầng móng cũng thay đổi. Tại các giếng khoan 5.7, 5.9 và 5.10, móng nâng lên độ cao nông hơn 1,5 m kết quả tại đây nhóm tác giả chỉ thu được mẫu khoan đến độ sâu 75cm. Trong khi đó tại các giếng khoan 5.11 và 5.12 móng nằm sâu hơn 1,5m nên tại các lỗ khoan này mẫu có thể thu được đến độ sâu 1,5 m. Dựa trên đặc tính trường sóng, nhóm tác giả tạm thời phân chia đối tượng đất phục vụ nông nghiệp làm 3 lớp, lớp 1 đến ranh giới màu vàng, lớp 2 đến ranh giới màu xanh và cuối cùng dưới ranh giới màu xanh là tầng móng.



Hình 5. Tài liệu thu được tại thực địa (tài liệu nguyên thủy)



Hình 6. Kết quả minh giải

Tuy nhiên so sánh thành phần đất, tại khu vực nghiên cứu có các loại khác nhau bao gồm cát, cát pha thịt, thịt pha cát. Nhưng dựa trên tài liệu địa chấn, chúng ta chưa phân biệt được các đối tượng này.

Bên cạnh đó phương pháp GPR đo thời gian truyền sóng, để xác định được độ sâu chúng ta cần phải chú ý đến vận tốc. Tuy nhiên vận tốc truyền sóng phụ thuộc vào nhiều tham số như thành phần đất, độ ẩm, độ xốp,...nên để xác định chính xác vận tốc cũng là một công việc phức tạp. Trong nghiên cứu này dựa vào việc tìm sóng parabol để xác định vận tốc, tạm thời nhóm tác giả lấy vận tốc là 0,6m/ns. Tuy nhiên việc ứng dụng vận tốc như vậy cho cả vùng chứa đựng sai số. Thí dụ như sóng EM truyền trong cát là 1 m/ns trong khi đó truyền trong đất thịt là 0,6m/ns. Ngoài ra vận tốc trong đá móng cũng có thể cao hơn 1m/ns.. Nhìn chung độ dày của tầng đất trồng dao động từ 0,3m đến 3 m. Khi đá gốc nằm nông (dưới 60 cm) ảnh hưởng rất nhiều đến sự phát triển của cây trồng, nhà nông cần xác định để lựa chọn cây trồng phù hợp.

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã chứng minh khả năng ứng dụng phương pháp GPR để xác định độ sâu của tầng đất. Kết quả đã chỉ ra khu vực địa chất, địa hình ở đây khá phức tạp, các đứt gãy đan xen khá dày, nhìn chung độ dày của tầng đất trồng mỏng và thay đổi khá mạnh. So sánh với phương pháp khoan truyền thống thì đây là một phương pháp hiệu quả, nhanh, cung cấp số liệu dày và không phá hủy. Đặc biệt trên cánh đồng, phương pháp này bảo vệ được các cây trồng tại thực địa, khá là linh động trong mọi loại địa hình. Tuy nhiên công tác vẫn phòng trước và sau thực địa đóng vai trò quan trọng. Bên cạnh chất lượng tài liệu thu được ngoài thực địa Công tác xử lý vẫn phòng sau thực địa, cũng đòi hỏi người xử lý phải có kinh nghiệm xử lý và phần mềm chuyên dụng. Kết quả này sẽ đạt độ chính xác tốt hơn nếu sử dụng máy có tần số cao hơn và việc phân tích vận tốc được làm chi tiết hơn.

Lời cảm ơn

Công việc đo đạc, xử lý và minh giải tài liệu GPR đã được tiến hành dựa trên kinh phí của đề tài KC4.0-32/19-25 của Bộ khoa học và Công nghệ trong chương trình KC4.0.

Tài liệu tham khảo

Hương Phan, Huu Tran, 2023, Geophysical application in agriculture in the world and initial results of GPR methods in Vietnam, Pol- Viet, *POL-VIET 2023 — 7th International Conference POL-VIET, Scientific and research cooperation between Vietnam and Poland*, October 18-20, Krakow, Poland.

Huong Phan, Phong Nguyen, Kha Tran, Tung Nguyen, 2022. A review of Geophysical applications in Agriculture and their potential in Vietnam, APFITA, *Application of Information technology in Agriculture Asia- Pacific Region*, November 24-26, Hanoi, Vietnam, ISBN978-604-999032-8, pp.135-140

Romero - Ruiz, A., Linde, N., Keller, T. and Or, D., 2018. A review of geophysical methods for soil structure characterization. *Reviews of Geophysics*, 56(4), pp.672-697.

Trần Thị Thu Hiền, 2023, Xuất khẩu nông sản chủ lực của Việt Nam - cơ hội và thách thức trong giai đoạn tới, *Báo Viện Nghiên cứu chiến lược, chính sách công thương, Bộ Công thương* <https://vioit.org.vn/vn/chien-luoc-chinh-sach/xua-t-kha-u-nong-sa-n-chu--lu-c-cu-a-vie-t-nam---co-ho-i-va--tha-ch-thu-c-trong-giai-doan-to-i--5446.4050.html>

United States Department of Agriculture, 2017. *Agriculture Handbook No.18 "Soil Survey Manual"*

VH, 15-11-2023, Ngành nông nghiệp chịu tác động trước biến đổi khí hậu, *Báo điện tử Đảng Cộng sản Việt Nam*, <https://dangcongsan.vn/xay-dung-xa-hoi-an-toan-truoc-thien-tai/nganh-nong-nghiep-chiu-tac-dong-truoc-bien-doi-khi-hau-652330.html>.

ABSTRACT

Application of gpr method for high-tech agriculture in Vietnam

Phan Thien Hương¹, Nguyen The Phong¹, Nguyen Danh Lam², Ta Quang Minh²
Nguyen Thanh Tung²

¹ Hanoi University of Mining and Geology

² Vietnam Petroleum institute

To adapt to the development of high-tech agriculture requires a thorough understanding of the soil characteristics of the soil. Soil depth is one of the important soil characteristics that need to be determined. Unlike direct collection of soil samples which has some limitations, Geophysics in general and Georadar (GPR) method is a method that provides soil data with the advantages of being non-destructive, large data, fast and low cost. This article introduces the GPR method, equipment, measurement parameters and methods in the Medicinal Herbs area - Nghia Dan district - Nghe An province, proving that the GPR method is a geophysical method with many advantages for detailed survey of soil depth.

Keywords: soil depth; precision agriculture; non-destructive methods; georadar; geophysics