

# TĂNG HIỆU QUẢ DÒ TÌM HỐ TỬ THẦN BẰNG THIẾT BỊ RA ĐA XUYÊN ĐẤT

Tô Hữu Đức<sup>1</sup>  
Nguyễn Chiên<sup>1</sup>

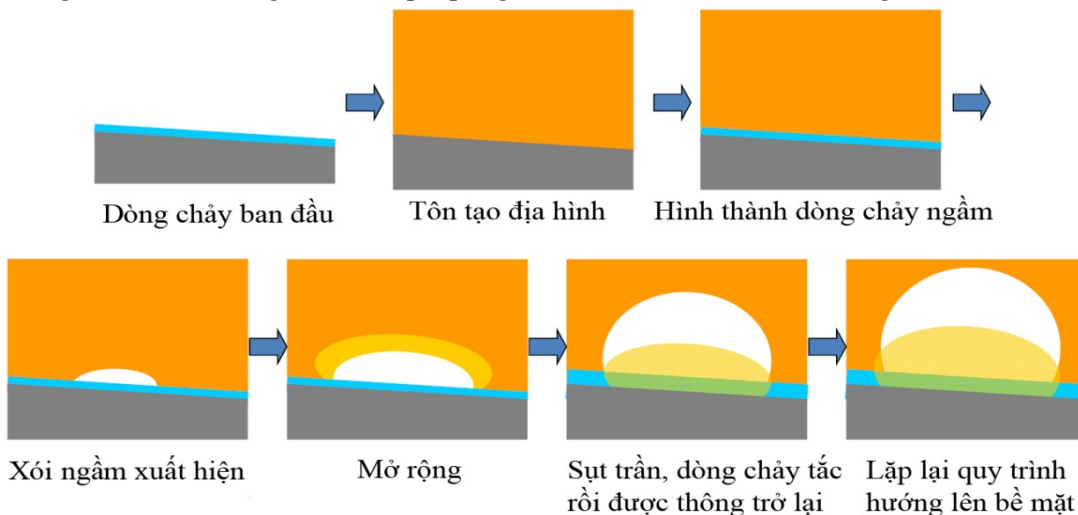
**Tóm tắt:** Hố tử thần là một hiểm họa đe dọa tính mạng và tài sản con người. Cùng với sự phát triển của hệ thống cơ sở hạ tầng, hố tử thần xuất hiện ở Việt Nam ngày một nhiều hơn và có ảnh hưởng ngày một nghiêm trọng hơn. Phương pháp hiệu quả nhất hiện nay để xác định hố tử thần là sử dụng Radar xuyên đất, tuy nhiên xác suất vẫn còn một số hạn chế. Bài báo này trình bày bản chất của công nghệ và phương pháp đo, đọc số liệu nhằm tăng cường hiệu quả của việc phát hiện hố tử thần.

**Từ khóa:** hố tử thần, radar xuyên đất, sóng điện từ, vật thể phản xạ.

## 1. Đặt vấn đề

Sự hình thành hố tử thần bắt nguồn từ những khoảng hở trong lòng đất do xói mòn cơ học, hóa học hay hoạt động địa chất. Khoảng không gian này được nới rộng nhanh chóng bởi tác động của nước ngầm. Khi khoảng hở này lan tới gần bề mặt sẽ gây ra sự sụp, lún cục bộ rất lớn trong thời gian rất ngắn. Sau khi sụp, nước ngầm vẫn tiếp tục hoạt động và có thể tiếp tục gây ra sụp lún ở diện rộng hơn nếu không có biện pháp ngăn

chặn. Hố tử thần ở thành phố Berezniki (Nga) sụp năm 1986 với đường kính ban đầu khoảng 25m, nó tiếp tục lún mở rộng tới nay có kích thước khoảng 80m x 40m, đồng thời hạ thấp địa hình khu vực xung quanh của thành phố gây ngập lụt và đe dọa một đợt sụt thứ hai tiếp theo. Trên Hình 1 là mô phỏng một quá trình hình thành hố tử thần do hoạt động xây dựng làm chặn dòng nước tự nhiên[1], giải thích hình dạng phổ biến của hố tử thần là dạng hố sâu.



Hình 1. Quá trình hình thành hố tử thần do tôn tạo sân golf Le Petaw, Hokkaido, Nhật bản

<sup>1</sup>Hố tử thần xuất hiện ở Việt Nam từ lâu và ngày càng có tần suất xuất hiện dày đặc hơn. Gần đây nhất: ngày 18/08/2012 một nữ sinh tử nạn khi đi xe đạp điện rơi vào hố tử thần ở Lâm

Đồng; ngày 19/08/2012 hố tử thần xuất hiện trên đường Lê Văn Lương (Hà Nội) hủy hoại đường giao thông; ngày 23/08/2012 hố tử thần rộng hơn 3m xuất hiện trong nhà ông Bạch Khoang Vũ ở Phú Thọ.

Vì vậy việc nắm bắt một công nghệ có khả

<sup>1</sup> Đại học Thủy lợi

năng phát hiện hố tử thần từ giai đoạn ban đầu, để có những cảnh báo và biện pháp xử lý phù hợp là rất cấp thiết. Hiện nay công nghệ phổ biến trên thế giới dùng để xác định hố tử thần là radar xuyên đất (Ground Penetrating Radar - GPR). Đây là một thiết bị đa năng, có thể được sử dụng trong các môi trường lỗ rỗng hoặc liên tục; vật liệu gỗ, thép, đất, đá, bê tông...; có thể sử dụng để xác định tuyến cáp ngầm, tìm vết đứt gãy, rò rỉ của các công trình ngầm, xác định hố tử thần, đối tượng khảo cổ; đồng thời có thể đưa phán đoán hình ảnh 2D hoặc 3D.

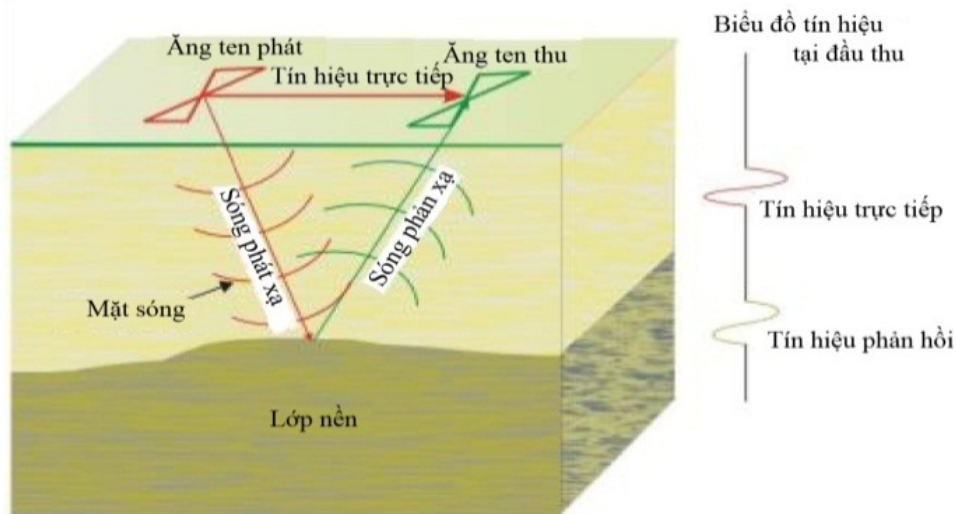
Thiết bị GPR được nhiều nhà sản xuất ở nhiều nước trên thế giới cung cấp. Do đặc thù sử dụng sóng điện từ dải tần radio UHF/VHF nên năm 2005 Viện tiêu chuẩn viễn thông châu Âu (Europe Telecommunication Standards Institute) đã đưa ra các văn bản quản lý liên quan tới việc sử dụng GPR. Ở Việt Nam, ngày 13/01/2012 tại Thành phố Hồ Chí Minh đã diễn ra hội thảo về ứng dụng GPR vào dò tìm hố tử thần.

## 2. Nguyên tắc hoạt động của radar xuyên đất

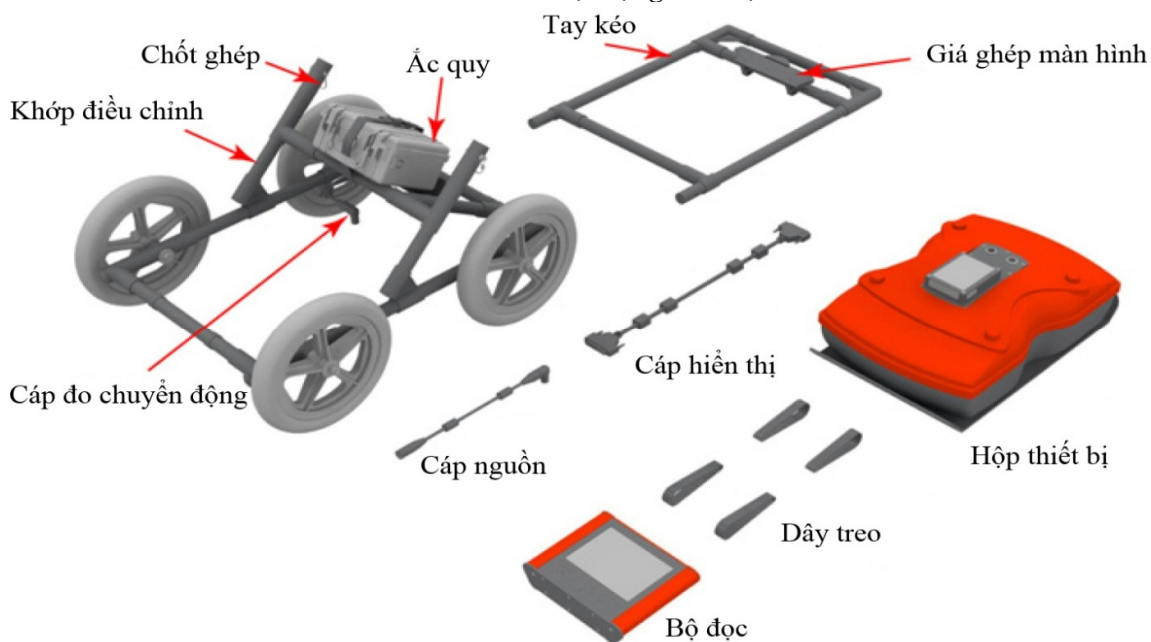
Về bản chất, GPR là thiết bị trắc tuyến dọc, sử dụng sóng điện từ phát vào lòng đất và đọc thông tin phản xạ trở lại khi di chuyển. Thiết bị GPR luôn bao gồm một ăng ten phát (transmitter) và một ăng ten thu (receiver) có khoảng cách cố định (dạng xe kéo, đẩy) hoặc linh hoạt (dạng cọc cắm). Trên **Hình 2** là sơ đồ hoạt động chung của các thiết bị GPR. Sóng ra đa từ transmitter được phát xạ trực tiếp vào lòng

đất qua điểm tiếp xúc. Những vật thể phản xạ (VTPX) ngầm nằm trong vùng bao phủ của sóng phát xạ sẽ phản xạ lại tới ăng ten thu một sóng phản xạ. Do yếu tố này nên thiết bị GPR thường được treo linh hoạt trên xe, để thiết bị luôn tiếp xúc với đất trong điều kiện địa hình mấp mô khi di chuyển. Tuy nhiên điều này cũng có một số ảnh hưởng trong mức độ cho phép tới sự chính xác của hình ảnh ra đa hiển thị. Trên **Hình 3** là kết cấu của thiết bị GPR dạng xe đẩy.

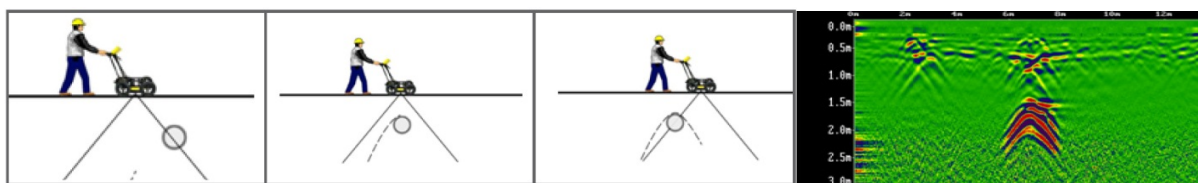
Thiết bị GPR trắc dọc hiện nay dựa vào khoảng thời gian từ lúc phát xạ tới khi nhận phản hồi để tính toán khoảng cách từ thiết bị tới VTPX nằm trong đất mà không đưa hình ảnh 2D dựa trên góc phát xạ và phản xạ. Khi xe tiến tới, VTPX rơi vào vùng bao phủ của sóng phát xạ sẽ được đánh dấu trên đồ hình bằng điểm gọn hoặc điểm màu tại vị trí thẳng đứng từ trên xuống của thiết bị với khoảng cách bằng khoảng cách từ thiết bị đến VTPX (theo đường chéo). Khi xe tiến thêm, VTPX ở gần hơn và vẫn tiếp tục được đánh dấu theo chiều thẳng đứng với khoảng cách bằng khoảng cách từ xe đến VTPX (theo đường chéo). Quá trình này tạo ra một đường cong parabol dạng gọn, hoặc màu, đánh dấu vị trí của VTPX, với đỉnh parabol là vị trí thẳng đứng tương ứng của VTPX (**Hình 4**). Nếu trong lòng đất có 2 hay nhiều VTPX sóng điện từ thì sẽ có tương ứng nhiều parabol với đỉnh là vị trí thẳng đứng của các VTPX đó, giao nhau tại điểm mà ở đó các VTPX có cùng tổng khoảng cách tới hai ăng ten.



Hình 2. Sơ đồ hoạt động thiết bị GPR



Hình 3. Cấu tạo thiết bị GPR RD 250i



Hình 4. Quá trình quét lòng đất của thiết bị GPR và hình ảnh hiển thị

Khoảng độ sâu dò tìm hiệu quả của GPR tương đối rộng, phụ thuộc vào vật liệu xuyên thấu và tần số sóng điện từ sử dụng, đối với đất tự nhiên (không đầm nén) nói chung thì độ sâu dò tìm hiệu quả là 1-8m. Trên hình 5 là việc dò tìm hố tử thần tại đại lộ số 39, Floria với thiết bị sử dụng tần số 500 MHz[2]. Thiết bị sử dụng không có màn hình hiển thị và phần mềm dựng sẵn nên phải kết nối trực tiếp với laptop để sử dụng phần mềm



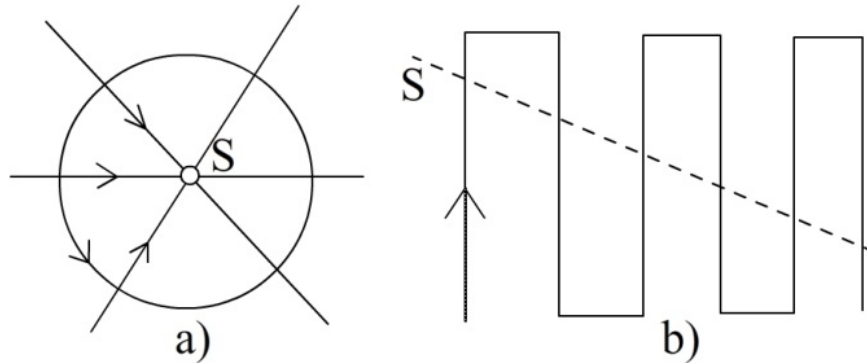
đọc số liệu.

Hình 5. Đồ tìm hố tử thần tại 39<sup>th</sup> Avenue, Florida

### 3. Nâng cao hiệu quả dò tìm

Một vấn đề thường gặp là khi VTPX bị che chắn bởi một VTPX khác có kích thước lớn hơn thì đường parabol sẽ bị biến dạng. Lúc này việc phán đoán vị trí VTPX dựa vào kinh nghiệm và đối chiếu với các mặt cắt theo hướng khác, hoặc song song với mặt cắt hiện tại. Phương pháp phổ biến nhất là tiến hành trắc dọc theo một phương khác đi qua vị trí tương ứng với đỉnh dự

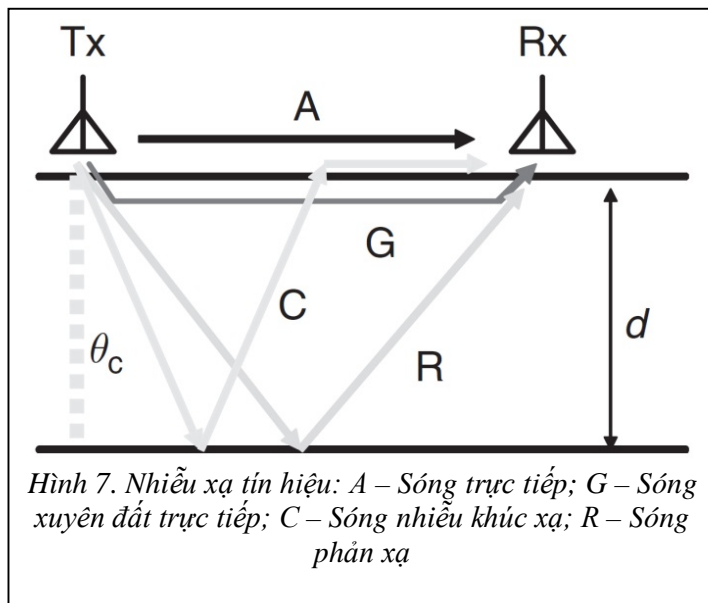
đoán của parabol (Hình 6), nếu hai hay nhiều hình parabol biến dạng đều có xu hướng hội tụ tại đỉnh dự đoán tức là có VTPX nằm tại vị trí đó. Trong một số trường hợp, VTPX che chắn có kích thước quá lớn khiến cho không thể phát hiện VTPX bị che chắn dù từ góc độ nào. Tuy nhiên tình huống này không thường xuyên diễn ra vì sóng ra đa có tính xuyên thấu cao, đây là ưu điểm của phương pháp sử dụng GPR.



Hình 6. Sơ đồ dò tìm vị trí nghi ngờ: a) Vật bị che lấp, b) vật có kích thước

Vấn đề thứ hai thường gặp là VTPX có kích thước, hoặc ít nhất là có chiều dài trên mặt phẳng trắc dọc[3]. Trong trường hợp này VTPX sẽ được hiển thị bằng cả một miền gọn hoặc màu khác biệt. Việc tính toán kích thước VTPX hoàn toàn không dễ dàng, được thực hiện bằng cách tiến hành một số trắc dọc trên các tuyến song song (Hình 6), từ đó có hình ảnh phản hồi

của các mặt phẳng song song trong lòng đất, giúp xác định hình thể 3D của VTPX. Việc xác định vị trí của các VTPX có chiều dài cắt qua mặt phẳng trắc dọc như tuyến cáp ngầm, vết nứt công trình hay các ống xối ngược cũng được thực hiện theo phương pháp này. Hiện tượng nhiễu xạ tín hiệu (Hình 7) có thể xảy ra với bất kỳ vật liệu, địa hình hay phương pháp đo nào sử dụng GPR[4]. Tín hiệu nhiễu xạ càng trở nên phức tạp hơn khi địa chất nền có tính phân lớp cao. Một rắc rối nữa là không phải bao giờ sóng nhiễu xạ cũng có tín hiệu yếu hơn so với sóng phản xạ cần quan trắc do sóng bị suy yếu nhanh trong một số môi trường truyền dẫn kém. Vì vậy trong các trường hợp này một số bộ lọc tín hiệu tỏ ra không hiệu quả.



Hình 7. Nhiễu xạ tín hiệu: A – Sóng trực tiếp; G – Sóng xuyên đất trực tiếp; C – Sóng nhiễu khúc xạ; R – Sóng phản xạ

Nếu nhiễu xạ do tác động tại bề mặt địa hình, có thể giảm ảnh hưởng bằng cách làm nhám địa hình hoặc đặt thiết bị hút, cản sóng bề mặt. Tuy nhiên biện pháp này sẽ gây ảnh hưởng nhất định tới quá trình hiệu chỉnh số liệu

của phần mềm. Đồng thời phương pháp trên dưới bề mặt đường giao thông cũng sẽ gặp hạn chế nếu muốn dò tìm hố tử thần

*Bảng 1 Đặc tính vật lý của vật liệu[4]*

Vật liệu	Độ dẫn suất điện từ (tính), $\sigma_s$ (mS/m)	Hằng số điện môi, $\epsilon_r$
Không khí	0	1
Sét khô	1-100	2-20
Sét ướt	100-1000	15-40
Bê tông khô	1-10	4-10
Bê tông ướt	10-100	10-20
Nước (25°C)	0.1-10	78-88
Nước biển	4000	81-88
Granite – khô	0.001-0.00001	5-8
Granite – vụn ướt	1-10	5-15
Đá vôi – khô	0.001-0.0000001	4-8
Đá vôi – ướt	10-100	6-15
Sa thạch – khô	0.001-0.0000001	4-7
Sa thạch – ướt	0.01-0.001	5-15
Cát khô	0.0001-1	3-6
Cát ướt	0.1-10	10-30
Cát biển – khô	0.01-1	5-10
Đất cát – khô	0.1-100	4-6
Đất cát – ướt	10-100	15-30
Đất mùn – khô	0.1-1	4-6
Đất mùn – ướt	10-100	10-20
Á sét – khô	0.1-100	4-6
Á sét – ướt	100-1000	10-15

Khác với ra đa bình thường hoạt động trong môi trường khí quyển có các đặc tính vật lý ổn định, GPR hoạt động trong môi trường phức tạp, có tính phân lớp nên việc lựa chọn sai giá trị tham chiếu có thể dẫn tới việc hiển thị sai vị trí của VTPX. Về đặc tính vật lý của một số môi trường, có thể tham khảo giá trị lựa chọn trong **Bảng 1**. Khi đào tới độ sâu hiển thị mà không phát hiện VTPX, cần thay giá trị biên của đặc tính vật liệu để phần mềm tính ra biên độ của khoảng mà vị trí VTPX nằm trong khoảng đó. Trong một số trường hợp có thể lấy mẫu vật liệu về phòng thí nghiệm để xác định đặc tính vật lý.

Ngoài các vấn đề chung nêu trên, việc dò tìm hố tử thần còn có một trở ngại lớn nữa là việc khó phân biệt hố tử thần ở giai đoạn hình thành và các VTPX khác. Khi hố tử thần đã tương đối lớn, có thể sục bề mặt bất cứ lúc nào thì việc xác

định tương đối dễ dàng. Tuy nhiên khi hố tử thần còn nhỏ, nằm sâu (dạng điểm) hoặc đang hình thành dưới dạng xói ống thì thực sự rất khó khăn. Cách duy nhất tăng hiệu quả dò tìm là đợi một khoảng thời gian 1-3 ngày rồi dò tìm lại. Nếu VTPX là hố tử thần sơ khai thì sẽ có sự phát triển về thể tích hoặc chiều dài, về giá trị sẽ lớn hơn nhiều so với độ chính xác của thiết bị. Độ chính xác của thiết bị,  $R_{res}$ , trong trường hợp chung được xác định bằng công thức[5]:

$$R_{res} = \frac{1.39c}{2B\epsilon_r} \quad (1)$$

Trong đó:  $c$  – vận tốc ánh sáng (m/s),  $\epsilon_r$  – hằng số điện môi,  $B$  – băng tần ( $s^{-1}$ ),  $B = 1/\tau_p$  với  $\tau_p$  – độ rộng xung (s).

#### 4. Kết luận

Hố tử thần là một hiểm họa đối với con người và tài sản. Hầu hết các hố tử thần được

hình thành do hoạt động của nước ngầm, đặc biệt là trước những thay đổi do quá trình xây dựng và vận hành công trình. Bởi vậy cần tập trung rà soát kiểm tra các đối tượng, địa điểm có thể hình thành hố tử thần.

Việc dò tìm hố tử thần bằng thiết bị ra đa xuyên đất là khả thi và tương đối tiết kiệm do không phải phá hủy cấu tạo địa hình, địa chất. Thiết bị quan trắc có thời hạn sử dụng lâu dài,

làm việc liên tục, dễ sử dụng.

Tuy nhiên tính hiệu quả của phương pháp phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Trên đây đã nêu ra những trở ngại chính trong việc áp dụng phương pháp radar xuyên đất và một số phương án khắc phục, nhằm tăng hiệu quả của việc dò tìm hố tử thần. Nhìn chung phương pháp dò tìm hố tử thần bằng GPR là rất có triển vọng và nên được nghiên cứu nhằm tiến tới áp dụng rộng rãi ở Việt Nam.

### **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Kuwano, R., *A case study of ground cave-in due to subsurface erosion in old land fill*, in 6<sup>th</sup> International conference of scour and erosion. 2012: Paris.
2. Bullock, P.J. and A. Dillman. *Sinkhole detection in florida using GPR and CPT*. in *Geophysics 2003 Technical Agenda*. 2003. Florida: Florida Department of Transportation.
3. Daniels, D.J., *Ground penetrating radar*, ed. 2<sup>nd</sup>. 2004, London: The Institution of Electrical Engineers.
4. Jol, H.M., *Ground penetrating radar: Theory and Application*. 2009, Amsterdam: Elsevier Science.
5. Eaves, J.L. and E.K. Reedy, *Principles of Modern Radar*. 1987, New York: Van Nostran Reinhold.

### **Summary**

#### **IMPROVEMENT IN SINKHOLE DETECTION BY GROUND PENETRATING RADAR**

*Sinkhole is a serious hazard to life and property. With the development of infrastructure in Vietnam, sinkhole appeared more frequently and seriously. The most effective and efficient method to detect sinkhole at early age is using ground penetrating radar. However, in some case, the accuracy of sinkhole detection is limited. In this paper, a brief introduction about technical problems and their solution for improvement in sinkhole detection is given.*

**Key words:** *sinkhole, ground penetrating radar, electromagnetic wave, reverberating body.*

---

Người phản biện: **PGS.TS. Nguyễn Hồng Nam**

BBT nhận bài: 20/9/2012

Phản biện xong: 10/10/2012