

شناسایی تأسیسات سطحی با استفاده از روش GPR و تکنیک Line Trac

ریحانه فائقی^۱، امید حدادی^۲

کارشناسی ارشد، شرکت پیشگام تجهیز بنیان، payesh.ptbi@gmail.com

دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه فیزیک زمین، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران omid.haddadi1991@ut.ac.ir

چکیده

آشکارسازی تأسیسات زیرسطحی و آگاهی از مشخصات و محل دفن دقیق آن‌ها یکی از چالش‌هایی است که مهندسان تأسیسات همواره با آن مواجه هستند. گسترش شهرها و به واسطه آن نیاز به توسعه شبکه‌های تأسیساتی و رفاهی جدید و همچنین نیاز به تعمیر و نگهداری از شبکه‌های قدیمی تر، تعیین محل دقیق آن‌ها را بسیار پراهمیت ساخته است. در این راستا روش‌های غیر مخرب به منظور صرفه جویی در وقت و هزینه و همچنین کاهش اختلال‌های ناشی از حفاری‌های بی مورد در مناطق شهری، مورد توجه بسیاری از مهندسان این رشته قرار گرفته است. یکی از روش‌های ژئوفیزیک نزدیک سطح که در سال‌های اخیر در این زمینه موفقیت‌هایی حاصل کرده، روش GPR است. هدف از انجام این تحقیق، شناسایی تأسیسات زیر سطحی در امتداد خط لوله انتقال پساب بوده که آنومالی‌های مختلف مانند کانال‌های پوشیده شده، لوله آب یا گاز و کابل‌های برق مشخص و به تصویر در آمدند.

واژه‌های کلیدی: رادار نفوذی زمین (GPR)، تأسیسات مدفون، پردازش، کابل برق، ردیابی خط (Line Trac)

Identification of surface installations using the GPR method and Line Trac technique

Faeghi.R¹, Haddadi.O²

¹ M. Sc., Pishgam Tajhiz Bonyan Company (PTB), Tehran, Iran

² M. Sc. Student, Institute of Geophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Underground facility detection and awareness of their characteristics and their precise landfill are one of the challenges faced by engineering engineers. The expansion of cities and the need to develop new networking and welfare systems, as well as the need for maintenance of older networks, has made it very important to locate their exact location. In this regard, many non-destructive methods have been considered by many engineers in order to save time and money, as well as reduce the disruption caused by unplanned excavations in urban areas. One of the near-surface geophysical methods, which has gained success in recent years, is the GPR method. The purpose of this investigation was to identify sub-surface installations along the wastewater pipeline, which identified and illustrated various anomalies, such as covered channels, water or gas pipes, and electrical cables.

Keywords: Ground penetrating radar (GPR), Buried facilities, Processing, Power Cable, Line Trac

۱ مقدمه

امروزه توسعه شبکه‌های تأسیساتی و رفاهی به واسطه گسترش شهرها و جمعیت آن‌ها، امری اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد. این امر نیاز روزافزون بشر به بهره‌وری از محیط‌های زیرسطحی را سبب شده است. کانال‌ها و آبراهه‌ها، شبکه‌های آب و فاضلاب شهری، لوله‌های انتقال گاز و خطوط ارتباطی مدفون در خاک از جمله تأسیساتی هستند که عموماً نقشه‌های دقیق و روزآمد از محل دفن آن‌ها در دسترس نیست. ساخته شدن این تأسیسات از سوی شرکت‌ها و پیمانکاران گوناگون و نبود آگاهی از محل دفن دقیق این گونه ساختارها، طراحی و ساخت شبکه‌های جدید را مشکل و پیچیده می‌کند. از طرفی آگاهی از توزیع شبکه‌های تأسیساتی به منظور مدیریت شبکه و نیاز به تعمیر و نگهداری از شبکه‌های با طول عمر زیاد، تعیین محل دقیق این گونه ساختارها را بسیار پراهمیت ساخته است.

در این راستا به منظور کاهش اختلالات ناشی از حفاری‌های بی مورد در مناطق شهری، روش‌های غیر مخرب مورد توجه بسیاری از مهندسان تأسیسات قرار گرفته است. در این میان روش GPR به منزله یکی از روش‌های نوین ژئوفیزیک کم عمق، موفقیت‌های قابل توجهی حاصل کرده و در سال‌های اخیر تحقیقات بسیاری در این خصوص در نقاط گوناگون دنیا دیده می‌شود.

۲ روش تحقیق

دستگاه‌های GPR با تولید و انتشار تپ‌های ناپیوسته الکترومغناطیسی در محیط تحت بررسی، ناپیوستگی‌های الکتریکی را آشکارسازی می‌کنند. شکل و پهنای نوار تابعی از مشخصات آنتن مورد استفاده GPR بسامد تپ برای تولید این تپ‌ها است. عموماً این آنتن‌ها را با توجه به بسامد مرکزی تپ تولید شده، نام‌گذاری می‌کنند. انتخاب آنتن‌ها برای برداشت، با در نظر گرفتن شرایط زیرسطحی، مشخصات هدف مورد بررسی (هندسه و ابعاد)، عمق نفوذ و تفکیک مورد نظر تعیین می‌شود. زمانی که تپ الکترومغناطیسی گسیل شده از آنتن فرستنده به یک ناپیوستگی الکتریکی برخورد می‌کند، بخشی از آن از فصل مشترک عبور می‌کند و بخشی بازتاب می‌شود. این امر ناشی از تغییر امپدانس (Impedance) امواج الکترومغناطیسی در فصل مشترک دو محیط است (پاراسنیس، ۱۹۹۷). مقدار انرژی بازتابی و عبوری و همچنین مقدار انرژی اتلاfi (مستهلك شده) بستگی به خواص الکتریکی مواد در دو طرف فصل مشترک دارد. اگر زمان رفت و برگشت موج الکترومغناطیسی بعد از بازتاب از اهداف زیرسطحی اندازه‌گیری شود، می‌توان عمق هدف مورد نظر را با استفاده از رابطه (۱) بدست آورد (پاراسنیس، ۱۹۹۷):

$$D = \frac{V_t}{2} \quad (1)$$

که D عمق هدف، t زمان متناظر با آن در مقطع زمانی GPR و V سرعت امواج الکترومغناطیسی GPR تا هدف زیرسطحی است. در صورتی که فاصله بین آنتن‌ها در مقایسه با عمق هدف کوچک باشد، این رابطه با دقت خوبی عمق هدف زیرسطحی را نشان می‌دهد. سرعت امواج GPR در محیط‌های زیرسطحی با رابطه (۲) محاسبه می‌شود (نیل، ۲۰۰۴):

$$V = \frac{C_0}{\sqrt{\epsilon_r \mu_r \frac{1 + \sqrt{1 + (\sigma/\epsilon\omega)^2}}{2}}} \quad (2)$$

که C0 سرعت موج الکترومغناطیسی در هوا، ϵ_r گذردهی نسبی محیط نسبت به هوا، μ_r نشان دهنده تراوایی مغناطیسی نسبی و ω بسامد زاویه‌ای تپ GPR است. عبارت $\sigma/\epsilon\omega$ که به فاکتور اتلاف (Loss factor) معروف است، در محیط‌های کم اتلاف مانند شن و ماسه‌های خالص نزدیک به صفر و صرف نظر کردنی است (جدول ۱).

جدول ۱. مشخصات الکترومغناطیسی مواد (دیویس و آنان، ۱۹۹۴- ژنگ و مکان، ۱۹۹۷)

نوع ماده	تراوایی نسبی ϵ_r	رسانندگی σ (mS/M)	سرعت V (M/nS)	میرایی (dB/M)
هوا	۱	۰	۰/۳	۰
آب شیرین	۸۰	۰/۵	۰/۰۳۳	۰/۱
فلز	۳۰۰	10^{10}	۰/۰۱۷	-
بتن	۴-۱۰	۱-۱۰	۰/۱	۲-۱۲
ماسه خشک	۳-۵	۰/۰۱	۰/۱۵	۰/۰۱
سیلت	۵-۳۰	۱-۱۰۰	۰/۰۷	۱-۱۰۰
رس	۵-۴۰	$2-10^2$	۰/۰۶	۱-۳۰۰

دستگاه GPR دارای یک مولد سیگنال، یک فرستنده و یک گیرنده می‌باشد. امواج الکترومغناطیسی توسط فرستنده به داخل زمین فرستاده می‌شوند. بخشی از انرژی امواج در برخورد با فصل مشترک‌های زیرسطحی منعکس و یا پخش و بخشی از انرژی در لایه‌ها و یا اشیاء مدفون نفوذ می‌کند. در این تحقیق در محدوده مورد مطالعه، برداشت داده‌های GPR توسط دستگاه UtilityScan با فرکانس ۳۵۰ مگاهرتز ساخت شرکت GSSI آمریکا صورت گرفته است. این دستگاه در سال ۲۰۱۷ وارد بازار شده و آخرین تکنولوژی روز دنیا را در طراحی و ساخت این محصول به کار گرفتند تا تمامی نواقص دستگاه‌های موجود پوشش داده شود.

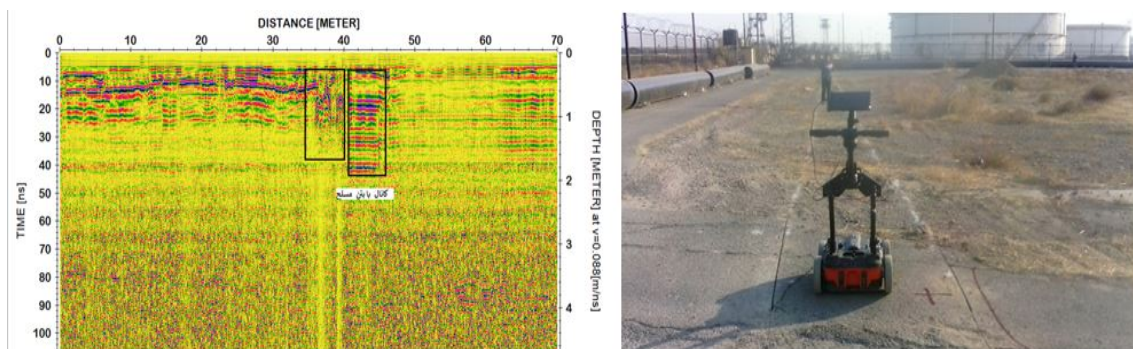
در این دستگاه علاوه بر آنتن GPR، سیستم Line Trac نیز تعبیه شده است. این سیستم می‌تواند به عنوان یک مکمل برای شناسایی کابل‌های برق مورد استفاده قرار گیرد. شکل ۱ دستگاه مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه پالایشگاه نفت تهران واقع در جنوب شرقی تهران می‌باشد. هدف از انجام پروژه شناسایی تأسیسات زیر سطحی در امتداد خط لوله انتقال پساب می‌باشد. برای این منظور برداشت ژئورادار در محدوده‌ی مورد نظر به طول حدود ۱۲۰۰ متر انجام شد.



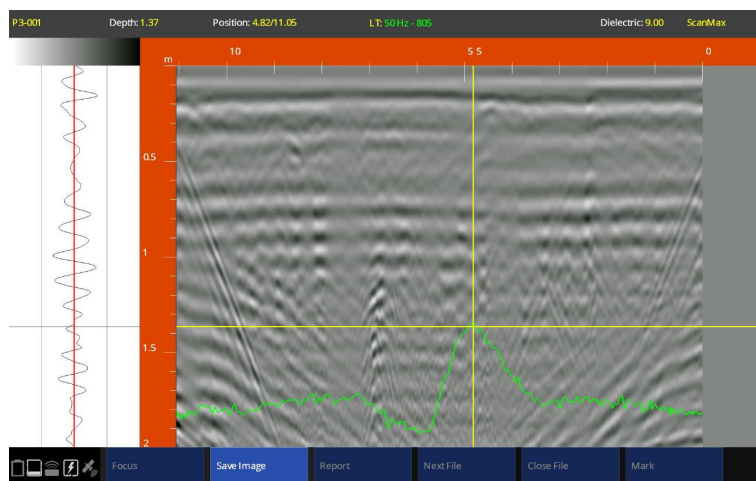
شکل ۱. شمایی از دستگاه GPR آنتن ۳۵۰ مگاهرتز مدل UtilityScan.

۳ نتیجه‌گیری

پس از انجام داده برداری و پردازش با استفاده از نرم افزار reflex و اعمال فیلترهای مختلف، آنومالی‌های مختلف شناسایی شدند. از جمله این آنومالی‌ها می‌توان به کانال‌های پوشیده شده، لوله آب یا گاز و کابل‌های برق اشاره کرد. به عنوان مثال در شکل ۲ کانال بتنی مسلح بر روی تصویر پردازش شده نشان داده شده است.



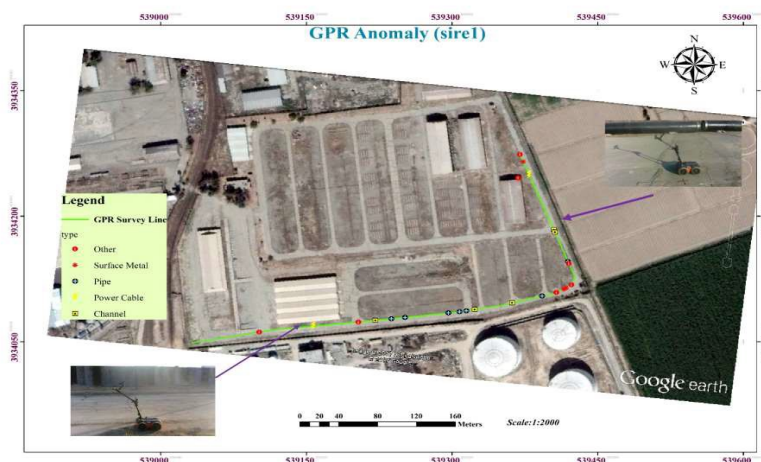
شکل ۲. محل برداشت (تصویر سمت راست) و مقطع مربوط به همان پروفیل (تصویر سمت چپ)



شکل ۳. محل کابل برق با استفاده از تکنیک Line Trac

همانگونه که اشاره شد، دستگاه GSSI مجهز به تکنولوژی Line Trac می‌باشد که از این تکنولوژی به خوبی در شناسایی کابل‌های برق در این محدوده استفاده گردیده که در شکل ۳ مقطع مربوط به شناسایی کابل برق در مسیر برداشت نشان داده شده است.

در نهایت آنومالی‌های شناسایی شده در محیط GIS دسته بندی شده و موقعیت مکانی هر یک از آنومالی‌ها بر روی تصویر ماهواره‌ای منطقه مشخص شده است (شکل ۲).



شکل ۴. موقعیت پروفیل‌ها و آنومالی‌های مشخص شده

منابع

محمدی ویژه، م.، کامکار روحانی، ا.، ۱۳۹۲، آشکارسازی تأسیسات زیرسطحی و تحلیل مشخصه‌های تپ GPR: مجله ژئوفیزیک ایران، ۷، (۴)، ۱۱۷-۱۳۳.

Parasnis, D. S., 1997, Principles of Applied Geophysics: Chapman and Hall.

Neal, A., 2004, Ground penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress: Earth-Science Reviews, **66**, 261-330.

Davis, J. L., and Annan, A. P., 1989, Groundpenetrating radar for high resolution mapping of soil and rock stratigraphy: Geophysical Prospect., **37**, 531-551.

Zeng, X., and McMechan, G. A., 1997, GPR characterization of buried tanks and pipes: Geophysics, **62**(3), 797-806.