شانزدهمین کنگره علوم خاک ایران

دانشگاه زنجان، ۵ تا ۷ شهریور ۱۳۹۸

محور مقاله: فناوری‌های نوین در علوم خاک

شناسایی ریشه درخت داغداغان با استفاده از رادار نافذ زمین

مونا شیخی [*۱]، حسینعلی بهرامی [۲]، علیرضا علیاری [۳]، سهام میرزایی [۴]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۲] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

[۳] کارشناس ارشد، شرکت دانش بنیان زمین آب پی، تهران

[۴] دانشجوی دکتری گروه سنجش از دور و GIS دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده

با توجه به نقش حیاتی ریشه‌ها در اکوسیستم، شناسایی ریشه‌ها ضروری می‌باشد. روش‌های سنتی مانند حفاری برای شناسایی ریشه‌ها مخرب و زمان‌بر است و نیروی کار زیادی را می‌طلبد. رادار نفوذی زمین روشی غیرمخرب است که قابلیت نفوذ در لایه‌های زیرزمین را دارد. هدف از این تحقیق ارزیابی امکان‌پذیری استفاده از GPR برای شناسایی ریشه درخت داغداغان تحت شرایط محیط طبیعی می‌باشد. در این مطالعه ریشه درخت داغداغان با استفاده از دستگاه GPR (AKULA 9000) با آنتن فرکانس مرکزی ۷۰۰ مگاهرتزی اسکن شد. پس از پردازش و تفسیر رادارگرام، ریشه‌های درخت داغداغان شناسایی و با استفاده از داده‌های حفاری نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت. به دلیل تاثیرگذاری بالای شوری، رطوبت و بافت خاک بر پالس‌های راداری، این موارد در خاک تاج پوشش درخت اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در خاک بافت لوم شنی و رطوبت ۵.۶۶ درصدی و شوری ۲.۴۲ds/m با آنتن ۷۰۰ مگاهرتز ریشه‌های درخت داغداغان تا عمق ۵۰ سانتی‌متر قابل شناسایی هستند و با افزایش عمق سیگنال میرا می‌شود و قابلیت آشکارسازی ریشه‌ها از دست می‌رود.

کلمات کلیدی: خاک، درخت داغداغان، ریشه درخت، GPR

مقدمه

ریشه‌ها نقش حیاتی در جذب آب و موادغذایی، حمایت‌های مکانیکی از خاک، ذخیره منابع (آب، کربوهیدرات و مواد غذایی) و واسطه تعامل با باکتری‌های بیماری‌زا و سودمند در گیاهان و چرخه بیوژئوشیمیایی در اکوسیستم را به عهده دارند. (رش وهمکاران، ۲۰۰۳. روبن و همکاران ۲۰۰۷. براسارد و همکاران، ۲۰۱۱). از دیدگاه اکولوژیکی ریشه‌های بزرگ یک نقش مهم در ترسیب کربن بازی می‌کنند و کربن را به خاک و محیط اطراف آن اضافه می‌کنند که بر بهره‌وری و تولید کربن دی‌اکسید در طولانی مدت اثرگذار است (رش و همکاران، ۲۰۰۳). رشد ریشه درختان نزدیک به ساختمان-ها و بناهای تاریخی بطور مستقیم یا غیرمستقیم می‌تواند باعث آسیب‌های زیرساختی شود و ضرورت استفاده از ابزارهایی برای تشخیص و رفع آن ایجاب می‌کند. در فصل تابستان ریشه درختان در حال رشد نزدیک به ساختمان‌ها و بناهای تاریخی می‌توانند به پایه ساختمان‌ها نفوذ کنند، به این دلیل که به دنبال آب بیشتر در محیط خاک هستند (باتنور و همکاران، ۲۰۰۱). شناسایی ریشه درختان با استفاده از رادار نافذ زمین برای معابر شهری و محل رفت و آمد در پیاده‌روها نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. زیرا رشد بیش از حد ریشه درختان باعث شکستن پوشش سطح زمینی می‌شود، خساراتی را ایجاد می‌کند و باعث ایجاد نمای نامناسب در فضای شهری می‌شود. همچنین در نزدیکی ساختمان‌ها و بناهای تاریخی رشد ریشه درختان برای دسترسی بیشتر به رطوبت ممکن است به فضای زیر ساختمان‌ها برسد و به پایه آنها آسیب برساند (باتنور و همکاران، ۲۰۰۳). در کشاورزی نیز شناخت نوع ریشه درختان و یا گیاهان زراعی برای مناطق خشک و کم آب می‌تواند کمک بزرگی به مصرف آب و صرفه‌جویی در آن ایجاد کند و گیاهانی انتخاب شود که عمق بیشتری داشته باشند و به‌راحتی به رطوبت خاک دسترسی پیدا کنند (لیو و همکاران، ۲۰۱۶). عملکرد سنتی برای شناسایی ریشه درختان (مثل هسته‌های خاکی و ترانشه‌ها) اطلاعات دقیق و معقول از ریشه را تهیه کرده است، اما این روش‌ها در طبیعت مخرب هستند و کاری فشرده، سخت و زمان‌بر است (باتنور و همکاران، ۲۰۰۳. گو و همکاران ۲۰۱۳). رادار نافذ زمین (Ground Penetrating Radar) یک وسیله غیرمخرب است که بطور گسترده برای نشان‌دادن زیرسطح و نظارت در مهندسی شهری، باستان‌شناسی، پزشکی قانونی، تشخیص محل احداث تونل، افق‌های محدودکننده در خاک، لایه‌های سنگی، سنگ‌بستر، ریشه درختان، سطح آب و تشخیص لوله‌ها و کابل‌ها قابل استفاده می‌باشد

[*] ایمیل نویسنده مسئول: Mona.sheikhi@modares.ac.ir

(جول، ۲۰۰۸). هنگام برداشت داده با GPR، فرکانس بالایی از انرژی الکترومغناطیسی تولید شده به وسیله آنتن فرستنده به داخل زمین پخش می‌شود. وقتی‌که امواج رادار از اجسام با خصوصیات الکتریکی متفاوت عبور می‌کند، انعکاس تولید می‌شود (الهاگری، ۲۰۰۷). سپس بخشی از انرژی که به سطح منعکس شده است، به وسیله آنتن گیرنده ثبت می‌شود. باقی‌مانده انرژی به بخش‌های عمیق‌تر منتشر می‌شود تا زمانیکه بطور کامل تضعیف شود (بارتون و مونتاگو، ۲۰۰۴). بطور کلی مطالعات کمی وجود دارند که از GPR برای پیدا کردن و شناسایی ریشه درختان استفاده شده است. بنابراین هدف از این تحقیق، ارزیابی GPR با آنتن ۷۰۰ مگاهرتز به عنوان ابزار سریع و غیرمخرب برای تشخیص ریشه درخت داغداغان، قابل اطمینان بودن و عوامل تاثیرگذار بر آن است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش بر روی درخت داغداغان با نام علمی *Celtis oustralis* با سن ۲۳ سال در دانشکده کشاورزی تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۷ اتوبان تهران-کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۵۲ متر از سطح دریا با اقلیم نیمه خشک انجام شد. شناسایی ریشه درخت مورد نظر با استفاده دستگاه GPR مدل AKULA 9000 ساخت کشور سوئد با فرکانس آنتن مرکزی ۷۰۰ مگاهرتز در این طرح مورد بررسی قرار گرفت. برای برداشت داده از ریشه درخت داغداغان، شبکه‌بندی مربع مورد آزمایش با متراژ ۳ × ۳ متر با فواصل ۳۰سانتی‌متر دور درخت با استفاده از پودر سنگ ایجاد شد. سپس دستگاه GPR کالیبره شد و داده هر خط برداشت شد. (شکل ۱). پس از برداشت داده مقداری از خاک تاج پوشش درخت داغداغان برای آزمایش شوری، رطوبت و بافت خاک که در نفوذ سیگنال GPR تاثیرگذار است برداشته شد. داده‌های برداشت شده با استفاده از نرم‌افزار Reflex W نسخه ۷.۵ پردازش شدند. پردازش‌ها شامل استانداردکردن رادارگرام، حذف نویزهای موجود، تقویت سیگنال و مهاجرت بودند. پس از آن داده‌های پردازش شده تفسیر شدند و با استفاده از ترانشه ایجاد شده در حد فاصل ۳ متر از درخت مورد نظر و با ۱.۲ متر عمق مورد بررسی قرار گرفتند.

شکل ۱. برداشت داده از ریشه درخت داغداغان

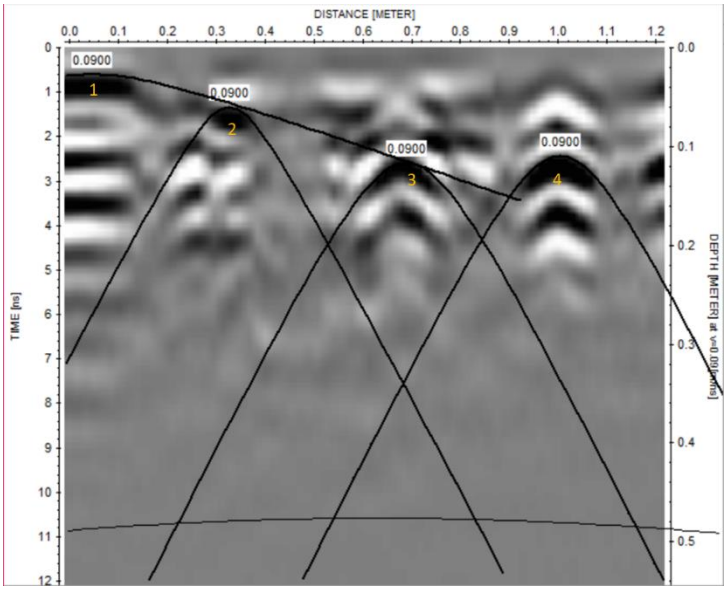
نتایج و بحث

نتایج مربوط به خاک موردنظر (بافت، شوری و رطوبت) در جدول (۱) ارائه گردیده است. خاک مورد بررسی دارای بافت لوم شنی با میزان ۱۰ درصد رس بوده است. همچنین شوری با میزان کمتر از ۴ ds/m و رطوبت خاک با میزان ۵.۶۶ درصد برآورد شده است. افزایش این ۳ عامل در خاک باعث میرایی سیگنال می‌شود و باعث می‌شود که عمق نفوذ سیگنال GPR کاهش پیدا کند.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

بافت خاک	شن (در صد)	سیلت (در صد)	رس (در صد)	شوری (dS/m)	رطوبت (درصد)
لوم شنی	۷۶	۱۴	۱۰	۲.۴۲	۵.۶۶

پس از پردازش رادارگرام، هذلولی‌های موجود در هر یک از رادارگرام‌ها مشخص و سپس تفسیر شدند. نتایج رادارگرام نشان داد که ریشه‌ها تا عمق ۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین قابل شناسایی هستند و به دلیل میرا شدن سیگنال در عمق‌های پایین‌تر ریشه‌ها در عمق‌های سطحی قابل شناسایی هستند. در جهت عمودی رادارگرام سمت چپ نشان دهنده عمق و در سمت راست رادارگرام نشان‌دهنده زمان رفت و برگشت سیگنال می‌باشد. هریک از هذلولی‌ها نماینده وجود یک ریشه در خاک می‌باشد که با شماره‌گذاری در شکل ۲ نشان داده شده است. نوک هر هذلولی نشان‌دهنده مکان اصلی هر ریشه می‌باشد. به دلیل وجود رطوبت در ریشه و خاک اطراف ریشه، رینگینگ ایجاد می‌شود. ۴ ریشه در رادارگرام موردنظر شناسایی شد. هذلولی کشیده شده در شماره ۱ به معنی ریشه‌ای است که GPR بصورت هم جهت با ریشه حرکت کرده است. این هذلولی با منحنی که دارای زاویه ۱۰ درجه است کاملا منطبق شده است این ریشه در سطح زمین قرار داشت و به عنوان داده‌ی زمینی در نظر گرفته شده بود. هذلولی‌های شماره ۲، دو ریشه‌ای هستند که در کنار همدیگر قرارگرفته‌اند. هذلولی شماره ۳ ریشه‌ای در جهت دیگر بر روی ریشه موردنظر قرار گرفته است. هذلولی شماره ۴ در عمق پایین‌تر قرار دارد و با منحنی ۹۰ درجه کاملا منطبق است. یعنی ریشه با حرکت GPR زاویه ۹۰ درجه ایجاد کرده است. سرعت امواج هنگام عبور از اشیاء مختلف متغیر است و با توجه به ثابت دی‌الکتریک هر شیء این سرعت تغییر می‌کند. بنابراین برای تشخیص اشیاء مختلف در رادارگرام از تغییر سرعت موج استفاده می‌شود. برای تشخیص در رادارگرام هر شیء سرعت مشخصی دارد. سرعتی که برای تشخیص هذلولی‌هایی که به عنوان ریشه درخت از سنگ و یا اشیاء دیگر در نظر گرفته شد، عدد ۰/۰۹ بود. با افزایش عمق سیگنال ضعیف شده تا وقتی‌که سیگنال میرا شود و عملا داده‌ای در عمق پایین‌تر دیده نمی‌شود. در این طرح ریشه‌های کوچکتر از ۳ سانتی‌متر قابل شناسایی نبودند و فقط ساختار ریشه‌های بزرگتر از ۳ سانتی‌متر با استفاده از فرکانس آنتن مرکزی ۷۰۰ مگاهرتز قابل تشخیص‌اند.



شکل ۲. پردازش داده با استفاده از نرم‌افزار Reflex W

وقتی‌که زاویه ریشه با جهت حرکت GPR ۹۰ درجه باشد، بهترین رزولوشن از ریشه در رادارگرام ایجاد می‌شود و یک هذلولی واضح نمایان می‌شود. هرچه زاویه بین جهت ریشه و جهت حرکت GPR کمتر از ۹۰ درجه باشد این امر باعث ایجاد هذلولی با نوک صاف ایجاد می‌شود. اما وقتی جهت هر دو یکسان باشد نوع هذلولی بوجود آمده بصورت صاف و امتداد دار در رادارگرام ایجاد می‌شود (باتنور و همکاران، ۲۰۰۱. بارتون و مونتاگو، ۲۰۰۴). با ترکیب کردن فرکانس‌های مختلف در محدوده ۴۰۰ مگاهرتز تا ۱.۵ گیگاهرتز، ممکن است دقت در تشخیص ریشه‌های بزرگتر از ۵ میلی‌متر بیشتر شود (هیرانو و همکاران، ۲۰۰۹). اگرچه ریشه‌هایی با قطر کمتر از ۵ میلی‌متر که شاخص‌های خوبی از استرس محیطی هستند (هیرانو و همکاران ۲۰۰۹) با استفاده از GPR قابل شناسایی نیستند (استوور و همکاران، ۲۰۰۷). بهترین حالت برای برداشت داده از ریشه درختان زمانی است که خاک اطراف ریشه خشک باشد ولی وجود رطوبت در ریشه‌ها برای شناسایی آن‌ها ضروری می‌باشد (هیرانو و همکاران، ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که در هنگام برداشت داده، اشیاء دیگر مانند سنگ و کلوخه و ریشه‌هایی که در نزدیکی یکدیگر قرار گرفته‌اند ممکن است باعث پیچیدگی در تفسیر رادارگرام شوند. اما با شناخت نوع هذلولی تشکیل شده در رادارگرام و تفکیک سنگ از ریشه می‌توان پیچیدگی در هنگام تفسیر رادارگرام را کاهش داد. بطور کلی با توجه به غیرمخرب بودن آن، زمان‌بر نبودن و تکرارپذیری اندازه‌گیری‌ها می‌توان از این دستگاه برای ارزیابی ریشه‌های زراعی و درختان مختلف استفاده کرد. ۳ عامل رطوبت، شوری و رس خاک در نفوذ سیگنال GPR تاثیرگذار هستند و در هنگام برداشت داده بهتر است در خاکی داده برداشت شود که شنی خشک باشد. اما در شرایط محیط طبیعی با استفاده از آنتن‌های مختلف می‌توان از ریشه درختان داده برداشت کرد. بنابراین می‌توان از این مطالعه نتیجه گرفت که از GPR با توجه به غیرمخرب و سریع بودن آن برای شناسایی ریشه‌ها و جهت آن‌ها در محیط طبیعی می‌توان استفاده کرد.

منابع

al Hagrey, S. A. 2007. Geophysical imaging of root-zone, trunk, and moisture heterogeneity. Journal of Experimental Botany, 58(4), 839–854.

Barton, C. V. M. and Montagu, M. K. 2004. Detection of tree roots and determination of root diameters by ground penetrating radar under optimal conditions. Tree Physiol, 24, 1323-1331. doi:10.1093 /treephs/24.12.1323.

Brassard B. W. C. H., Bergeron, Y. and Pare, D. 2011. Coarse root biomass allometric for Abies balsama, Picea mariana, Pinus banksiana, and Populus tremuloides in the boreal forest of Ontario, Canada, Biomass Bioenergy. Biomass Bioenergy, 35, 4189-4196. doi:10.1016/j.biombioe 2011.06.045.

Butnor, J. R. D. J., Kress, L., Cohen, S. and Johnsen, K. H. 2001. Use of ground-penetrating radar to study tree roots in the southeastern United States. tree physiol, 21, 1269-1278. doi:10.1093/treephs/21.17.1269.

Butnor J. R. D. J., Johnson, K. H., Samuelson, L., Stokes, T. and Kress, L. 2003. Utility of ground-penetrating radar as a root biomass survey tool in forest systems. Soil Sci Soc Am J, 67, 1607-1615. doi:10.2136/sssaj2003.1607.

Hirano, Y., Dannoura, M., Aono, K., Igarashi, T., Ishii, M., Yamase, K., and Kanazawa, Y. 2009. Limiting factors in the detection of tree roots using ground-penetrating radar. Plant and Soil, 319(1-2), 15.

Guo, L., Chen, J., Cui, X., Fan, B. and Lin, H. 2013. Application of ground penetrating radar for coarse root detection and quantification: a review. Plant and soil, 362(1-2), 1-23 .

Jol, H. M. E. 2008. Ground penetrating radar theory and applications. elsevier.

Liu, X., Dong, X. and Leskovar, D. I. 2016. Ground penetrating radar for underground sensing in agriculture: A review. Int Agrophys, 30, 533–543.

Resh, S. C., Battaglia, M., Worledge, D., & Ladiges, S. 2003. Coarse root biomass for eucalypt plantations in Tasmania, Australia: sources of variation and methods for assessment. Trees, 17(5), 389-399 .

Reubens, B., Poesen, J., Danjon, F., Geudens, G., and Muys, B. 2007. The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. Trees, 21(4), 385-402 .

Stover, D. B., Day, F. P., Butnor, J. R. and Drake, B. G. 2007. Effect of elevated Co_2 on coarse- root biomass in Florida scrub detected by ground- penetrating radar. Ecology, 88(5), 1328-1334.l

16th Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019

Topic for submission: Novel Technologies in Soil Science

Celtis oustralis tree root detection using ground penetrating radar

Sheykhi[*1], M., Bahrami, H.A.,[2] Aliyari, A.R.,[3] Mirzaei, S.[4]

[1] M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[2] Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture University of Tarbiat Modares, Iran

[3] Managing director, Z.A.P Consulting Engineers, Tehran, Iran

[4] PhD. Student, Department of Remote Sensing & GIS University of Tehran, Iran

Abstract

Root structure detection is of high importance, because of the role they have in ecosystem. Traditional root detection methods like excavation are destructive and time consuming and need a lot of work force. Ground Penetration Radar (GPR) is the non-distractive method that could penetrate to sublayers. This study aims to use GPR to detect *Celtis oustralis* root under natural condition. The GPR system (AKULA 9000) with 700 MHz antenna was used to collect data. After preprocessing and radargram interpretation, *Celtis oustralis* roots were detected and validated with the field data. Soil salinity, texture and moisture were measured for soil sample of *Celtis oustralis* canopy, because these parameters have high impact on radar signal. The results show that *Celtis oustralis* roots could be detected successfully by GPR with 700 MHz antenna, in sandy loam soil with 5.66% moisture and 2.42 dS/m salinity up to 50 cm depth. After this depth the signal is attenuated and root detection is not possible.

Keywords: *Celtis oustralis*, Soil. Tree root, GPR.

[*] Corresponding author, Email: mona.sheikhi@modares.ac.ir