

Amvaj-e-Bartar

نوسه دانستن = نوسه توانستن

# امواج باربار

۲۰

نخستین ماهنامه تخصصی مهندسی برق  
سال نهم / شماره چهارم / قیمت ۱۵۰۰ تومان



بنگاه های خصوصی؛ تفکر دولتی  
پای صحبت اسناد محمود کمره ای  
فناوری نانو و برخی کاربردهای آن در صنعت برق  
تحلیل هارمونیک شبکه انتقال و فوق توزیع خراسان  
خودپردازها و پایانه های نامطمئن دریافت و پرداخت  
لامپ های کم مصرف؛ اصلاح الگوی مصرف یا توقف تولید داخل  
وقتی خدمات انحصاری می شود

کیان ترانسفو؛ نوآوری و تولید در راستای حذف شبکه های فشار ضعیف

# امواج برتر

نخستین ماهنامه تخصصی مهندسی برق  
شماره ۴۰ / شهریور ماه ۱۳۸۸

صاحب امتیاز و مدیر مسئول :

مهندس غلامرضا یزدانی شوکاند  
مشاور مدیر مسئول: جمشید افشار  
جانشین مدیر مسئول: ملیحه یزدانی

دبیر علمی: مهندس مهدی رحمتی

شورای سردبیری:

دکتر سعید طوسی زاده

دکتر مصطفی عیدینی

مهندس کیومرث روزبهی

مهندس اسدا... صاحب علم

مهندس یحیی محمدی

مهندس غلامرضا یزدانی شوکاند

مدیر روابط عمومی: حسین ترابیان

مدیر بخش اشتراک: مرضیه بهنام فر

مسئول هماهنگی: عباس قاسمیان مقدم

سایر همکاران:

مجید فروزانمهر، معصومه ابراهیمی

صفحه آرایی و طرح جلد: مهسا سالارخراسانی

چاپ : شایسته (۰۵۱۱-۸۴۵۵۴۷۱)

مزف نو: «...همه را دوست بدارید  
تا همه شما را دوست بدانند.  
به زندگی لبخند بزنید  
چهره شما با لبخند زیباتر است.»

«ماهنامه امواج برتر نشریه ای مستقل است که با همکاری  
جمعی از صاحب نظران در سراسر کشور منتشر می شود و  
به هیچ سازمان و موسسه ای وابسته نیست.»

عمومی	محتوای
۲	فاز نخست: بنگاه‌های خصوصی؛ تفکر دولتی
۳	پای صحبت استاد: گفتگو با دکتر محمود کمره ای
گزارش و خبر	محتوای
۲۸	خودپردازها و پایانه های نامطمئن دریافت و پرداخت وقتی خدمات انحصاری می شود
۳۵	لامپ های کم مصرف؛ اصلاح الگوی مصرف یا توقف ...
۳۶	آشنایی با صنعت: الکترومغناطیس شیراز
۴۵	گونگون
۵۰	
مدیریت	محتوای
۴۰	مردانی که متفاوت می اندیشند: اندیشه های چارلز هندی
۴۴	درسی زیبا از: توماس ادیسون
۴۸	هفت درس از فرهنگ تجارت ژاپنی ها
کوتاه	محتوای
۱۹	رادارهای زمین نفوذ
۲۶	کارت هوشمند چند منظوره دولتی مالزی (MY KAD)
۲۹	نگاهی کوتاه به استفاده از: خطوط هوایی عایق شده
مفید	محتوای
۳۱	نگاهی به ۱۰ فناوری برتر آینده
۳۳	افسانه سفر به ماه
۵۶	کاربرد پژوهاک و پدیده داپلر در علوم مهندسی
تخصصی	محتوای
۹	فناوری نانو و برخی کاربردهای آن در صنعت برق
۱۴	تحلیل هارمونیک شبکه انتقال و فوق توزیع خراسان
۲۲	ارائه روشی جدید برای تهیه خودکار تصاویر کاریو تایپ...

از مطالب و نوشته های شما استقبال می کنیم:

- امواج برتر در استفاده، ویرایش و کوتاه کردن مطالب ارسالی آزاد بوده و مطالب ارسالی شما نزد ما به یادگار می ماند.
- نظرات و عقاید نویسندگان مطالب لزوماً دیدگاه امواج برتر نیست.
- استفاده از مطالب امواج برتر با ذکر منبع آزاد است.
- ترتیب آثار چاپ شده برحسب ملاحظات فنی و رعایت تناسب بوده و به معنای درجه بندی نیست.
- مقالات ارسالی از طریق پست الکترونیک به صورت PDF باشد.
- ترجمه ها همراه با نسخه اصلی ارسال شود.
- مسئولیت حقوقی آثار ارسالی بر عهده نویسندگان مقاله ها می باشد.

مشهد - بلوار دانشجو، دانشجو ۲۶، شماره ۱، واحد ۵

صندوق پستی ۱۶۸۸-۹۱۸۹۵

تلفن ۰۵۱۱-۸۹۴۰۱۲۱، شماره ۰۵۱۱-۸۹۴۰۱۲۱

امور اشتراک: ۰۵۱۱-۸۹۴۰۱۲۲

www.amvaj-e-bartar.com

www.amvaj-e-bartar.ir

e-mail : info@amvaj-e-bartar.com

# رادارهای زمین نفوذ

## (Ground Penetrating Radar: GPR)

ناصر حافظی‌مطلق / کارشناس فنی / گروه مهندسی برق دانشگاه فردوسی مشهد  
n\_hafezi@um.ac.ir

برخلاف تصور عمومی از رادار که حیطه وظایف آن صرفاً به جستجو در آسمان و یافتن اشیاء پرنده محدود می‌شود، نوعی از رادارها تحت عنوان رادار زمین‌نفوذ (GPR)، به منظور کاوش لایه‌های زمین طراحی شده‌اند. این رادارها عمدتاً از امواج الکترومغناطیسی در بازه فرکانسی VHF/UHF استفاده می‌کنند. از جمله استفاده‌های این نوع رادار، شناسایی لایه‌های زمین (تشخیص سنگ‌ها، خاک، یخ، آب، رخنه‌ها، فضای خالی و...) در کاربردهایی از جمله تحقیقات باستان‌شناسی، ژئوفیزیکی، جغرافیایی، زمین‌شناسی، لرزه‌نگاری، فلزیابی و همچنین راه‌سازی و مهندسی عمران است.

Depth Range (approximate)	Primary Antenna Choice	Secondary Antenna Choice	Appropriate Application
0-1.5 ft 0-0.5 m	1600 MHz	900 MHz	Structural Concrete, Roadways, Bridge Decks,
0-3 ft 0-1 m	900 MHz	400 MHz	Concrete, Shallow Soils, Archaeology
0-12 ft 0-9 M	400 MHz	200 MHz	Shallow Geology, Utilities, UST's, Archaeology
0-25 ft 0-9 m	200 MHz	100 MHz	Geology, Environmental, Utility, Archaeology
0-90 ft 0-30 m	100 MHz	Sub-Echo 40	Geologic Profiling
Greater than 90 ft or 30 m	MLF (80, 40, 32, 20, 16 MHz)	20 m	Geologic Profiling

جدول ۱- ارتباط فرکانس امواج ارسالی آنتن و عمق نفوذ

ب) فرکانس امواج ارسالی: فرکانس کمتر دارای عمق نفوذ بیشتری است. اما فرکانس‌های بالاتر قدرت تفکیک (Resolution) بیشتری دارند.

پ) توان امواج ارسالی: با توجه به این‌که هر چه توان ارسالی بیشتر باشد توان دریافتی بازتابیده نیز بیشتر خواهد شد، توان بالاتر در حکم نفوذ بیشتر است.

بیشترین عمق نفوذ مربوط به لایه‌های یخی است. امواج رادار زمین‌نفوذ می‌توانند تا چند صد متر در این لایه‌ها نفوذ کنند. عمق نفوذ در لایه‌های خاکی خشک حوالی چند متر (حداکثر ۱۵ متر) و در لایه‌های خاک رُس و در لایه‌های خاک دارای هدایت الکتریکی بالا (مانند خاک نمدار یا دارای نمک) حداکثر چند سانتیمتر است.

جدول (۱) نشان‌دهنده ارتباط فرکانس امواج ارسالی آنتن با عمق نفوذ و کاربرد رادار زمین‌نفوذ مربوطه است.

### کاربردهای عمده رادار زمین‌نفوذ

الف) زمین‌شناسی: در حوزه زمین‌شناسی کاربرد رادار زمین‌نفوذ



شکل ۱- نمونه‌ای از رادار زمین‌نفوذ

رادارهای زمین‌نفوذ نظیر سایر انواع رادار از یک آنتن به عنوان فرستنده و گیرنده استفاده می‌کنند. فرستنده امواج الکترومغناطیسی را به لایه‌های زمین می‌تاباند و در صورت وجود هرگونه تغییری در ضریب هدایت الکتریکی لایه‌ها، این تغییر توسط گیرنده تشخیص داده می‌شود.

تفاوت عمده رادار زمین‌نفوذ و SONAR (Sound Navigation and Ranging) در این است که SONAR از امواج صوتی استفاده کرده و قادر به تشخیص تغییرات امپدانس آکوستیکی لایه‌ها است. کاربرد SONAR در حوزه تحقیقات زمین‌شناسی بیشتر در حیطه لرزه‌نگاری است.

عمق نفوذ امواج رادار زمین‌نفوذ به سه عامل بستگی دارد: الف) ضریب هدایت الکتریکی لایه‌های زمین: هر چه هدایت بیشتر باشد نفوذ کمتر است به این دلیل که هدایت الکتریکی بیشتر، سبب اتلاف میزان بیشتری از انرژی به صورت حرارت خواهد شد. از طرف دیگر هدایت الکتریکی بالا سبب پراکندگی زیاد سیگنال (Scattering) خواهد شد.

بیشتر در حیطة شناسایی بستر سنگ‌ها، تشخیص منابع آب زیرزمینی، تشخیص لایه‌های یخ و ... است.

**ب) مهندسی عمران:** در حوزه زمین‌شناسی استفاده از رادار زمین‌نفوذ به عنوان یک روش غیر مخرب برای شناسایی ساختارهای زیر زمینی و مشخصات لایه‌های زمین استفاده می‌شود، این تحقیقات به‌ویژه در راه‌سازی و طراحی سازه‌ها، هم‌چنین ساختن بناهایی نظیر سد و پل اهمیت به‌سزایی دارد. کاربرد دیگر این نوع رادار در تحقیقات مهندسی، تشخیص نقشه‌های لوله‌کشی یا کابل‌های برق و مخابرات زیرزمینی است.

**پ) تحقیقات زیست‌محیطی:** در این حوزه از تحقیقات کاربرد این نوع رادار بیشتر در حوزه یافتن مکان مناسب در زیر زمین برای دفن مواد زائد از جمله زباله‌های شهری، مواد شیمیایی خطرناک و حتی زباله‌های اتمی و ... است. بدون شک یافتن مکان مناسب برای دفن این نوع مواد به نحوی که در ساختار زیست محیطی ایجاد

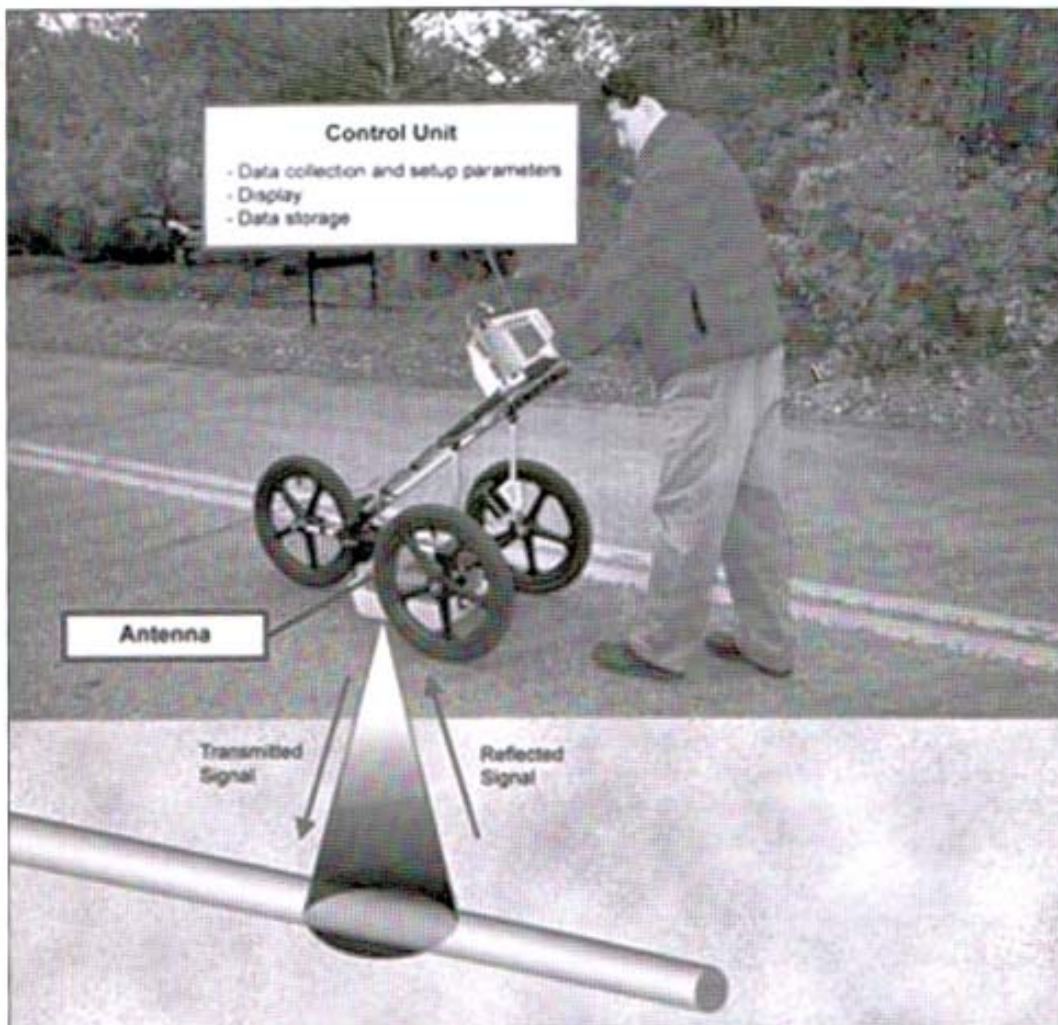
اختلال نکند اهمیت زیادی خواهد داشت.

**ت) باستان‌شناسی:** باستان‌شناسان از رادار زمین‌نفوذ برای یافتن نشانه‌های باستانی مدفون در زیر زمین از جمله اشیاء، مقبره‌ها و ... بهره می‌برند.

**ث) کاربردهای نظامی:** یکی از کاربردهای مهم رادارهای زمین‌نفوذ در حوزه مسائل نظامی، یافتن منابع زیرزمینی، تونل‌ها و مهمات منفجر نشده‌ای است که در زیرزمین قرار دارند.

### ترسیم نقشه سه بعدی لایه‌های زمین با استفاده از رادار زمین‌نفوذ

هر سطر از ماتریس داده‌های دریافتی توسط گیرنده رادار زمین‌نفوذ می‌تواند در حکم یک برش سطحی و به شکل یک تصویر دو بعدی از لایه‌های زمین تفسیر شود. مجموعه داده‌های جمع‌آوری شده از یک منطقه را می‌توان به صورت یک تصویر سه‌بعدی (Tomographic Image) ترسیم کرد.



شکل ۲- کاربرد رادار زمین‌نفوذ در تشخیص نقشه لوله‌های زیرزمینی

استاد محترم

۲۰

دکستین ماهنامه تخصصی مهندسی برق

شهریور ماه/ ۱۳۸۸



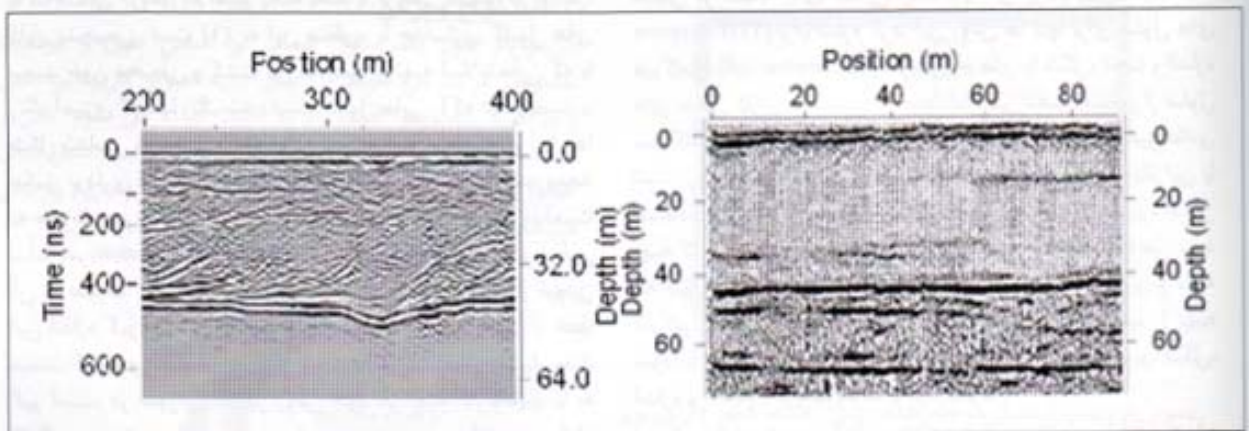
شکل ۳- کاربرد رادار زمین نفوذ در زمین‌های متفاوت

### محدودیت‌های رادار زمین نفوذ

بیشترین محدودیت رادار زمین نفوذ در زمین‌هایی است که دارای لایه‌های با ضرایب هدایت الکتریکی بالا هستند. همان‌گونه که پیش از این نیز اشاره شد این زمین‌ها سبب اتلاف حرارتی سیگنال و پراکندگی آن (Scattering) خواهند شد. محدودیت‌های دیگری نظیر نیاز به پردازش سیگنال، اتلاف توان بالا و ... نیز در این رادارها وجود دارد که در نسل‌ها و فن‌آوری‌های جدید سعی بر رفع این محدودیت‌ها است.

### مراجع:

- [1] Merrill Ivan Skolnik, Introduction to Radar Systems, 3rd Ed, McGraw-Hill Science Engineering, 2003
- [2] <http://www.geomatrix.co.uk/>
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Ground\\_penetrating\\_radar](http://en.wikipedia.org/wiki/Ground_penetrating_radar)
- [4] [http://www.echotech.com/ground\\_penetrating\\_radar.htm](http://www.echotech.com/ground_penetrating_radar.htm)
- [5] <http://www.geomodel.com/>
- [6] <http://www.g-p-r.com/>
- [7] <http://www.geophysical.com/WhatsGPR.htm>
- [8] Urlick, Robert J, Principles of underwater Sound, 3rd Ed, Peninsula Publishing, 1983



شکل ۴- تصاویر دو بعدی لایه‌های زمین که توسط رادار زمین نفوذ به دست آمده است. تصویر سمت چپ مربوط به زمینی با لایه‌های گرانیتی و تصویر سمت راست مربوط به زمینی با ماسه‌های نمدار است.

آموزش

مختصین ماهنامه تخصصی مهندسی برق

شهریور ماه/ ۱۳۸۸