



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی مهندسی

گروه برق

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی

رشته: مهندسی برق - مخابرات

عنوان:

رادارهای نفوذی زمین (GPR)

استاد راهنما:

مهندس امیرمهدی رضایی

نگارش:

فرشته ابراهیمی

شماره دانشجویی:

۸۵۴۴۲۲۰۳

زمستان ۱۳۹۱

بائشکر و قدر دانی از:

خانواده ی صبورم که مراد این راه پشیمان هستند

چکیده

رادار نفوذی زمین (GPR مخفف Ground Penetrating Radar) یکی از تکنولوژی هایی است که امروزه برای

تشخیص و شناسایی اشیاء فلزی و غیر فلزی زیر زمین مورد تحقیق میباشد، البته رادارهای نفوذی زمین واژه

فراگیری می باشد که کاربردهای زیادی را در برمی گیرد که همه آنها واقعاً تجسس زمین نیستند مانند

عکاسی از پشت دیوار.

آنتن های رادارهای نفوذی زمین عموماً به منظور عملکرد در پهن ترین باند ممکن طراحی شده اند و خیلی

کم از شکل موج پالس استفاده می کنند از این نظر دستگاه های رادارهای نفوذی زمین خیلی شبیه طراحی

های فعلی برای سیستم های فراباندپهن می باشند.

فرکانس مرکزی و پهنای باند سیگنالهای رادار های نفوذی زمین عوامل کلیدی عملکرد سیستم می باشد.

فرکانس های بالاتر برای حصول رزولوشن بالا تر برای تشخیص اشیاء با سایز کوچک مورد نیاز هستند و باند

های فرکانسی پایین تر برای تشخیص چیزی که در عمق زیادی دفن شده استفاده می شوند. از این رو،

سیستم رادار نفوذی زمین فراباندپهن که سیگنال های محرک را در زمانهای کوتاه ارسال می کند برای بهره

برداری از فرکانس های پایین و بالا به صورت توام مورد استفاده قرار می گیرد.

فهرست

صفحه

عنوان

فصل اول

۱

۲

۳

۳

۵

۶

۸

۱۰

۱۰

۱۱

۱۷

۱۸

۱۹

۱۹

۲۱

۲۴

۲۴

۲۵

۲۵

۲۷

۲۷

۲۹

۱-۱- مقدمه

۱-۲- نمونه ای از کاربردهای رادارهای نفوذی زمین

۱-۲-۱- رادارهای نفوذی زمین برای مقاصد مین رویی

۱-۲-۲- محل یابی تأسیسات زیر سطحی و بازرسی جاده ها

۱-۲-۳- باستان شناسی و زیست پزشکی (امور جنایی پلیسی)

۱-۲-۴- عکس برداری از بناهای ساخته شده

۱-۳- آنالیز و طراحی رادارهای نفوذی زمین

۱-۳-۱- شکل و ترکیب رادارهای نفوذی زمین نمونه

۱-۳-۲- انتشار امواج رادیویی در واسطه های پر اتلاف

۱-۳-۳- انتخاب شکل موج رادار

۱-۳-۴- دیگر معیارهای طراحی آنتن

۱-۴- المان های آنتن

۱-۴-۱- دو قطبی، بار مقاومتی دوقطبی و تک قطبی

۱-۴-۲- دو مخروطی و پایپون شکلی

۱-۴-۳- آنتن های شیپوری

۱-۴-۴- آنتن ویوالدی (Vivaldi)

۱-۴-۵- آنتن چاک دار با تغذیه ی CPW

۱-۴-۶- آنتن های حلزونی (مارپیچی)

۱-۵- شبیه سازی، آنالیز و اندازده گیری آنتن

۱-۵-۱- اندازه گیری آنتن

۱-۵-۲- تحلیل و شبیه سازی آنتن

۱-۶- نتیجه گیری ۳۱

فصل دوم ۳۲

۱-۲- امواج الکترومغناطیسی ۳۳

۲-۲- طول موج ۳۴

۱-۲-۲- Ac/Dc ۳۵

۲-۳- خصوصیات الکتریکی اجزا زمین شناسی ۳۵

۲-۴- مقاومت ویژه الکتریکی و هدایت الکتریکی ۳۶

۲-۵- خواص دی الکتریک ۳۷

۲-۵- جذب و میرایی ۳۸

۲-۶- ژرفاسنجی توسط امواج الکترومغناطیس ۴۰

۱-۲-۶- روشهای حوزه فرکانس (FDEM) ۴۳

۱-۱-۲-۶- جابجایی فرستنده به همراه گیرنده (اسلینگرام) ۴۴

۱-۲-۶-۱- اندازه گیری هدایت الکتریکی بدون تماس با زمین ۴۷

۱-۳-۲-۶- دیگر سامانه های FDEM ۴۹

۲-۲-۶- روشهای حوزه زمان (TDEM) ۴۹

۱-۲-۶-۲- حالت حلقه - حلقه ۵۰

۲-۷- تکنیک های برداشت الکترومغناطیسی ۵۱

۱-۲-۷- ژرفاسنجی ۵۱

۲-۷-۲- نیمرخ زنی ۵۲

۲-۸- تفسیر داده ها ۵۲

۱-۲-۸- داده های هم میزان ۵۲

۲-۸-۲- مدل جلو ۵۳

۳-۲-۸- روش معکوس ۵۳

۲-۹- رادار نفوذ کننده زمینی ۵۳

۱-۹-۲- مقایسه سرعت امواج رادار نفوذ کننده ۵۶

۲-۹-۲- ساختار رادارهای نفوذی زمین ۵۷

۱-۹-۲- بخش کنترل ۵۸

۲-۹-۲-۲- بخش آنتن ۵۸

۳-۹-۲- برداشت داده ۵۸

۴-۹-۲- تحلیل سرعت در رادارهای نفوذی زمین ۶۳

۱-۹-۲-۴- جسم مشخص مدفون ۶۳

۲-۹-۲-۴- آزمون در حال حرکت ۶۴

۳-۹-۲-۴- انکسار هذلولی ۶۷

۱۰-۲- عوامل و شرایط عملکرد رادارهای نفوذی زمین ۶۹

۱-۱۰-۲- مغناطیس جریانهای زمینی (MT) ۷۰

۲-۱۰-۲- منبع سیگنال MT ۷۰

۳-۱۰-۲- تاریخچه استفاده از روش MT ۷۲

۴-۱۰-۲- داده های روش MT ۷۲

۵-۱۰-۲- چگونگی اندازه گیری مقاومت ۷۳

۱-۱۱-۲- کاربردهای برداشت های الکترومغناطیس ۸۳

۱-۱۱-۲- برداشت های باستانشناسی ۸۳

۲-۱۱-۲- کاربردهای زمین شناسی ۸۴

۳-۱۱-۲- بررسی برف ویخ ۸۵

۴-۱۱-۲- کاربردهای مهندسی و زیست محیطی ۸۶

نصل سوم ۸۹

۱-۳- انواع آنتن های رادارهای نفوذی زمین ۹۰

۱-۳-۱- طراحی آنتن برای کاربردهای پزشکی ۹۰

۲-۳-۱- آنتن ها و پنل های فتوولتائیک ترکیبی ۹۰

۳-۱-۳- آنتن های پلاریزه شده بصورت دایروی با عملکرد بالا ۹۰

۳-۱-۴- آنتن های فشرده و راندمان بالای پلاریزه شده بصورت دایروی برای تجميع سیستم های مکان یابی بیسیم، ارتباطات و ردیابی تجهیزات ۹۱

۳-۱-۵- تکنیک بهینه سازی آنتن در حوزه ی زمان برای طراحی آنتن کوچک شده ۹۱

۳-۱-۶- آنتن های فراباند پهن تقویت شده برای کاربردهای رادار نفوذی زمین و تصویر برداری پزشکی ۹۲

۳-۱-۷- پنل آنتن سلولی و فتوولتاییک ترکیبی برای ساخت تجميع نمای خارجی ۹۲

۳-۱-۸- اصول طراحی آنتن برای سیستم های بیسیم چند بانده با قابلیت آرایش دوباره ۹۲

۳-۲- ساخت رادار تصویری نفوذ زمین با استفاده از یک آنتن تک قطبی فراباند پهن جدید کامپکت ۹۲

۳-۲-۱- پیکربندی یک سیستم فراباند پهن رادارهای نفوذی زمین ۹۳

۳-۲-۲- ژنراتور ضربه ۹۴

۳-۲-۳- آنتن فراباند پهن ۹۴

۳-۲-۴- تصویرسازی اهداف دفن شده ۹۴

۳-۲-۵- سیستم فراباند پهن رادارهای نفوذی زمین و تست عملکرد ۹۵

۳-۲-۵-۱- سیستم فراباند پهن رادارهای نفوذی زمین ایجاد شده ۹۵

۳-۲-۵-۲- میدان تست ۹۸

۳-۲-۵-۳- نتایج اندازه گیری ۹۸

۳-۲-۶- نتیجه گیری ۹۹

۳-۳- آنتن مسطح کامپکت برای کاربردهای فراباند پهن ۹۹

۳-۳-۱- طراحی و شکل آنتن ۱۰۱

۳-۳-۲- نتایج ۱۰۲

۳-۴- آنتن شیپوری دولبه ی TEM جدید برای استفاده های رادار نفوذ زمین ۱۰۵

۳-۴-۱- طراحی آنتن شیپوری TEM ۱۰۶

۳-۴-۲- مشخصات آنتن ۱۰۸

A تلفات بازگشتی: ۱۰۸

۳-۴-۳- شبیه سازی محیط رادارهای نفوذی زمین ۱۱۱

۳-۵-۳- آزمایش های رادارهای نفوذی زمین ۱۱۴

۳-۴-۴- نتیجه گیری ۱۱۶

۳-۵- آنتن توپ راگی برای کاربردهای فراباندپهن ۱۱۶

۳-۵-۱- اصول طراحی و ساخت ۱۱۷

۳-۵-۱-۱- ساختار آنتن ۱۱۷

۳-۵-۱-۲- تحلیل شبیه سازی ۱۱۸

۳-۵-۲- ساخت و آزمایش ۱۲۰

۳-۵-۳- نتیجه گیری ۱۲۵

۳-۶- آنتن های فراباند پهن مالتی رزونانت با حلقه های دایروی شکافدار ۱۲۶

۳-۶-۱- عملکرد و طراحی آنتن ۱۲۹

۳-۶-۲- نتایج تجربی و عددی ۱۳۳

۳-۶-۳- نتیجه گیری ۱۳۶

۳-۷- طراحی آنتن ویوالدی بیشتر برای رادار نفوذ زمینی تطبیقی چند حسگره ۱۳۶

۳-۷-۱- فرآیند PLTLM ۱۳۸

۳-۷-۲- طراحی آنتن ویوالدی دی الکتریک بارگذاری شده جزئی ۱۴۰

۳-۷-۳- بررسی، تحلیل و نتایج ۱۴۶

۳-۸- طراحی جدید آنتن مغناطیسی برای رادار نفوذ زمین ۱۴۹

۳-۸-۱- مفهوم "آنتن مغناطیسی" ۱۵۰

۳-۸-۲- طراحی آنتن مغناطیسی حفاظ دار ۱۵۶

۳-۸-۳- شبیه سازی عددی آنتن های مغناطیسی ۱۵۸

۳-۸-۴- بحث ۱۶۲

۳-۸-۵- نتیجه گیری ۱۶۳

۳-۹- آنتن جدید میله ی دی الکتریک فراباند پهن برای کاربردهای رادار نفوذ زمین ۱۶۳

۳-۹-۱- آنتن فراباندپهن با میله ی دی الکتریک ۱۶۵

۲-۳-مدل سازی عددی FDTD ۱۶۸

۳-۳-روش کالیبراسیون آنتن فراباندپهن میله ای ۱۷۳

۴-۳-مثال های اندازه گیری برای مین های دفن شده ی AP ۱۷۳

۵-۳-۹-خلاصه ۱۷۶

فصل چهارم ۱۷۷

۴- شبیه سازی آنتن های دوقطبی چاق ۱۷۸

۱-۴-مدلسازی آنتن دوقطبی فرابهن باند چاق ۱۷۸

۲-۴-مدلسازی دوقطبی چاق ۴۰۰ - ۸۰۰ MHz ۱۸۱

۳-۴-مدلسازی دوقطبی پوششدار چاق (Cased) با مقاومت های خاتمه دهنده در لبه ها ۱۸۶

۴-۴-ساخت و بازیابی آنتن ۱۹۴

۱-۴-۴-ساخت پوشش و دریچه آنتن ۱۹۴

۲-۴-۴-تغذیه بالن ۱۹۴

۳-۴-۴-مقاومت های خاتمه دهنده ۱۹۶

۴-۴-اندازه گیری تلفات بازگشتی ۱۹۶

۴-۴-تحلیل کوپلینگ ۱۹۸

۶-۴-۴-تشخیص اشیاء ۲۰۱

۷-۴-۴-نتیجه گیری ۲۰۳

۵-۴-نتیجه گیری و پیشنهاد ۲۰۴

۱-۵-۴-شبیه سازی های پاسخ زمانی گیرنده-فرستنده ی نفوذی زمین انجام گرفته در FEKO و نیز FDTD ۲۰۴

۲-۵-۴-مدلسازی دوقطبی رادارهای نفوذی زمین Fat ۲۰۴

۳-۵-۴-کارهای آینده ۲۰۵

منابع: ۲۰۶

۱-۱- مقدمه

رادارهای نفوذی زمین واژه فراگیری می باشد که کاربردهای زیادی را در برمی گیرد که همه آنها واقعاً تجسس زمین نیستند مانند عکاسی از پشت دیوار. آنتن های رادارهای نفوذی زمین عموماً به منظور عملکرد در پهن ترین باند ممکن طراحی شده اند و خیلی کم از شکل موج پالس استفاده می کنند از این نظر دستگاه های رادارهای نفوذی زمین خیلی شبیه طراحی های فعلی برای سیستم های فراباندپهن می باشند.

اما تأکید این بخش بر روی آنتن های رادارهای نفوذی زمین می باشد. این بخش به منظور این که وارد بحث رادارهای نفوذی زمین بشود، با تحقیقی درباره مواردی چند که رادارهای نفوذی زمین به کار گرفته شده است، شروع می شود. اگر چه کاربردهای مختلفی مورد بررسی قرار می گیرند اما اکثراً در ویژگی هایی که منجر به محدودیت هایی برای طراحان آنتن می شود، مشترکند. در بخش های بعدی تعدادی از طرح های آنتن پهن باند ارائه می گردد که در پی رفع این محدودیت ها هستند. این مباحث همراه با مطالبی درباره اندازه گیری آنتن ها و روش های تجزیه و تحلیل ارائه می گردد.

۲-۱- نمونه ای از کاربردهای رادارهای نفوذی زمین

۱-۲-۱- رادارهای نفوذی زمین برای مقاصد مین روبی

یکی از معروفترین کاربردهای رادارهای نفوذی زمین در مین روبی است (و دیگر مواد منفجره ی منفجر نشده) اثرات مخرب اجتماعی، انسانی، زیست محیطی و مالی مین ها در بسیاری از کشورهای جهان به توجه بیشتر روی روش های کاربری رادارهای نفوذی زمین برای فعالیت های مین روبی متمرکز شده است.

چالش تکنینی فوق العاده زیاد بوده و بعد از دهه های متمادی در جهت تحقق و بهبود بخشیدن به کاربری رادارهای نفوذی زمین، هنوز راه زیادی در پیش داریم. وقتی به سختی کار پی می بریم که بدانیم مین ها از نظر سختی، بزرگی و همین طور ضد تانک یا ضد نفر بودن با هم متفاوتند و در عمق کمی از زمین کاشته می شوند. مین ها در میان پوشش های گیاهی گوناگون و انواع مختلف خاک و به صورت سطحی با عمق کم کار

گذاشته می شوند.



۱-۱- مین های ضد نفر و ضد تانک و ابعاد آن

امر دیگری که کار اکتشاف را سخت تر می سازد این است که خاک خود غیر یکنواخت و ناهمگون می باشد. از زمین های ماسه ای خشک گرفته (که تضادی دی الکترویک ضعیفی بین زمین و محیط اطرافش را باعث می شود) تا زمین های مرطوب رسی (که در آن علائم رادار فرسایش بسیار زیادی دارند). مثالی را که در

شکل ۱.۲ نشان داده شده ببینید. گوناگونی حاصله از امیدانس، فرسایش امواج، و سرعت انتشار در ماده واسطه (منظور زمین) کار ردیابی و اکتشاف را بیش از پیش سخت تر می سازد.



۲-۱- میدان مین بعد از بارش باران

یکی از چالش ها منحصر به این کاربرد است: مین ها مواد منفجره ای هستند که به سهولت و با فشار یا

حرکت بر روی زمین عمل می کنند و منفجر می شوند. این موضوع مانع از عملیات با دست می گردد.

بنابراین فرو کردن آنتن در زمین یا در بعضی مواقع تماس آنتن با زمین غیر عملی و نشدنی است. بنابراین

سیستم آنتن باید به صورت آویزان در روی سطح مورد نظر باشد و به هنگام انتقال امواج، بی تردید انعکاس

فوق العاده شدیدی را از ماده واسطه (هوا یا زمین) تجربه خواهد کرد. شکل ۱.۳ را ببینید.



۳-۱- عملیات آموزشی جستجوی فلزات با رادارهای نفوذی زمین

کاربردهای دیگر رادارهای نفوذی زمین با چنین خطری رو به رو نیستند اما در هر موردی که آنتن باید متحرک باشد، حتماً باید بین آنتن و سطح مورد نظر، فاصله ای در نظر گرفته شود تا آسیبی به آنتن نرسد.

۲-۲-۱- محل یابی تأسیسات زیر سطحی و بازرسی جاده ها

محل یابی تأسیسات زیر سطحی مورد بسیار مهمی می باشد (لوله ها و یا کابل های گاز، آب فاضلاب، برق و مخابرات) که سالانه میلیاردها دلار هزینه دارد. به اهمیت این مطلب می توان توسط گزارشی در همین مورد و در کولورادو پی برد. این گزارش به هزینه ۲/۵ میلیون کرونی برای شناسایی محل تأسیسات زیرسطحی اشاره دارد که در سال ۱۹۹۸ انجام گرفته که در همان سال یک شرکت محلی حدود ۳ میلیون دلار هزینه کرده است.

بعضی از تأسیسات زیر زمینی غیر فلزی می باشند که مشکل مضاعف ایجاد می کنند. خساراتی که ممکن است در اثر گودبرداری یا کار ساخت و ساز به وجود آید زیاد و در بعضی مواقع فاجعه بار است.

ابعاد اهداف مورد نظر عموماً بزرگتر از فرایند مین روبی است و در هر مورد ممکن است طول لوله های

تأسیساتی بسیار زیاد باشد. ویژگی های زمین اساساً یکسان هستند و اگر چه خطر انفجار منتفی است ولی با

این حال عملیات بدون تماس، مطلوب است چون زمان مسئله‌ی مهمی می‌باشد و از این رو عملیاتی که از طریق سکوی متحرک صورت پذیرد مورد نظر می‌باشد.

علاوه بر کشف لوله‌های زیرزمینی، کشف نشتی از لوله‌ها نیز به خاطر دلایل زیست محیطی دارای اهمیت می‌باشد، در ارتباط با این مطلب کاربرد رادارهای نفوذی زمین برای کشف اتلاف و هدر رفت‌های خطرناک مانند تانکرهای زیرزمینی، نشت آلوده‌کننده‌ها و زباله‌دانی‌های زیر خاکی، حائز اهمیت می‌باشد.

بازرسی وضعیت پیاده‌روها و جاده‌ها موضوعی در این دست به شمار می‌رود که در آن تعیین ضخامت لایه‌های مختلف مهم‌تر از عکس برداری از تأسیسات زیرزمینی است. همان‌طور که در تصویر ۱-۴ نشان داده شده است رادارهای نفوذی زمین قابلیت ارائه‌ی اطلاعات سنجشی با سرعت بالا را داشته و این امر برای جلوگیری از اختلال در عبور و مرور است.



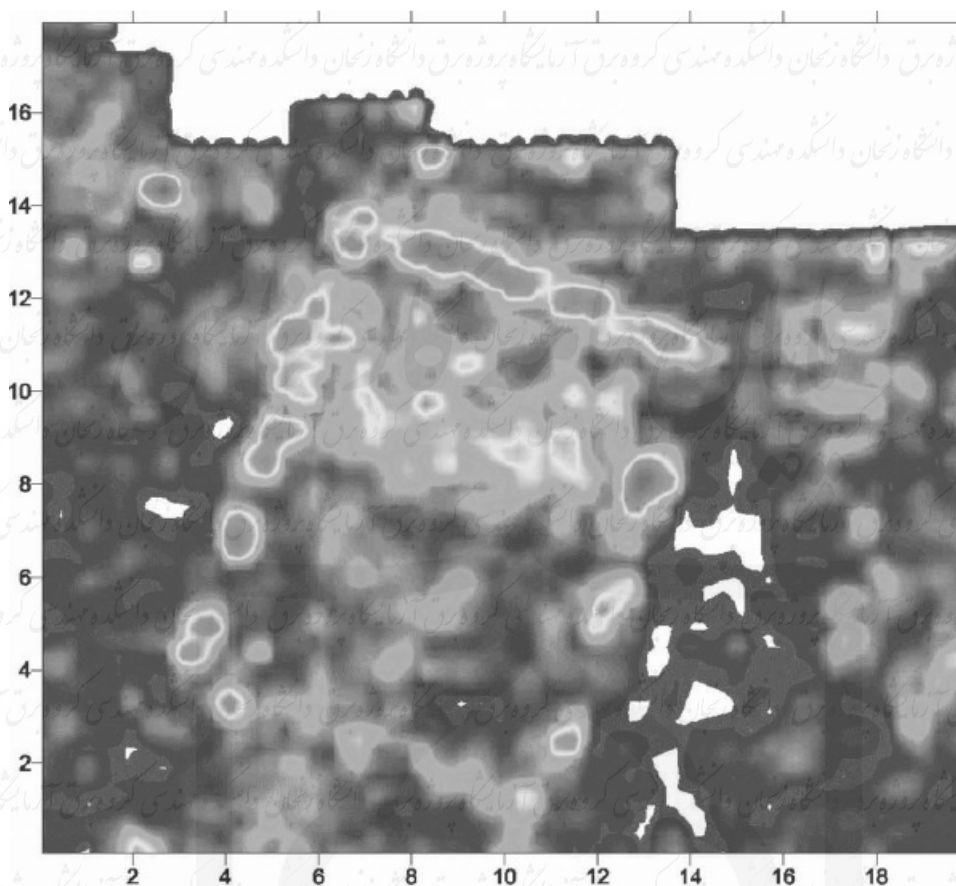
۴-۱- آزمایش رادارهای نفوذی زمین در تعیین ضخامت جاده

۳-۲-۱- باستان‌شناسی و زیست‌پزشکی (امور جنایی پلیسی)

استفاده از رادارهای نفوذی زمین در باستان‌شناسی روش بسیار با ارزش و منحصر به فردی را به منظور نقشه برداری از زمین بدون حفاری زمین ارائه می‌دهد که به صورت سه بعدی (۳D) می‌باشد. رادارهای نفوذی زمین در مواردی مانند اهرام ثلاثه مصر در قاهره و هم چنین جنگل‌های تندرا در سیبری به کار گرفته شده است.



۵-۱- نقشه برداری با رادار نفوذی زمین در منطقه ی اکتشافی پترا



۶-۱- عکس رادار نفوذی زمین در عمق یک متری زمین در منطقه ی اکتشافی پترا

در امور زیست پزشکی مربوط به پلیس نیز استفاده از رادارهای نفوذی زمین مفید بوده که برای یافتن اجساد زیر خاک همان طوری که در جنایت معروف West در بریتانیا به کار برده شد، مثرثمر می باشد. اکثراً یافتن جسد مدفون در زیر خاک به صورت غیر مستقیم می باشد زیرا بافت های در حال فساد بدن مرده تضاد چندانی با خاک مجاور ندارند و رادارهای نفوذی زمین فقط می تواند از اختلالاتی که در کار رادار پیش می آید (در مقایسه با زمین معمولی) پی به وجود جسد ببرد.

۴-۲-۱- عکس برداری از بناهای ساخته شده

همان طور که در تصویر ۷-۱ نشان داده می شود از سیستم های رادارهای نفوذی زمین برای پی بردن به شرایط سازه های بتنی و تشخیص محل آرماتورها استفاده می شود که این امر مدت هاست اختراع شده و در بازرسی پل ها و باند فرودگاه ها به کار گرفته شده است.



۷-۱- بازرسی دال بتنی پل توسط رادار نفوذی زمین

نفوذ و کاوش در دیوارهای سازه ای و غیر سازه ای و امکان عکس برداری از پشت دیوار مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته است. مقدار آب کم موجود در این سازه ها برای انتشار امواج رادیویی، شرایط بسیار مناسبی را ایجاد می کند. از سیستم رادارهای نفوذی زمین برای کاربردهای نظامی و هم چنین حصول اطمینان از اجرای قانون نیز استفاده شده است. امید است که مباحث مطرح شده، ایده هائی را درباره زمینه های گسترده ای که رادارهای نفوذی زمین می توانند به کار گرفته شوند بنمایاند. در کل می توان گفت که شباهت های مهمی بین کلیه موارد کاربرد رادارهای نفوذی زمین وجود دارد: یعنی اینکه موج رادیویی باید از میان یک واسطه متراکم که معمولاً از آنتن های فرستنده و گیرنده فاصله دارد، انتقال یابد. مواد و اجزای تشکیل دهنده این واسطه همیشه هم گون و یکنواخت نیست.

تشابه دیگر بین کاربردهای رادارهای نفوذی زمین این است که در تمامی آنها هدف مورد نظر در مقایسه با محیط اطرافش ثابت می باشد (به استثنای تصویر برداری از پشت دیوار که انسان ها هدف می باشند). محیط اطراف شی مورد نظر بازتاب هائی تولید می کنند که پرازیت نامیده می شود و با علائم مورد نظر دریافتی

تداخل می نمایند (محیط های اطراف مانند سطح زمین، پوشش گیاهی، آوار روی زمین، غیر همگونی خاک و هر چیزی که شاخص انکساری متفاوتی را نسبت به موج ارسال شده ایجاد می نماید).

برخلاف کاربردهای دیگر رادار، برای این که بتوان شکل موج های مطلوب را از پارازیت تشخیص داد وجود ندارد و این امر خود گویای مشکلاتی است که در سیستم های رادارهای نفوذی زمین با آن رو به رو هستیم.

مهم ترین تشابه بین کاربردهای گوناگون رادارهای نفوذی زمین حالتی است که همه انواع رادارهای نفوذی زمین به دنبال دست یابی به تصاویری با وضوح بالا هستند، این امر باعث می شود که کلیه کاربردهای

رادارهای نفوذی زمین با استفاده از پهنای باند گسترده صورت گیرد. برخلاف عملیات هوایی، در عملیات زمینی بهره گیری از پهنای باند گسترده توسط ویژگی های انتشار امواج رادیویی RF زمین به دشت محدود

می گردد، و بسیاری از سیستم های رادارهای نفوذی زمین به صورت متوازن، بین وضوح و عمق کاوش طراحی میگردند. در بخش بعد این موضوع مورد بررسی قرار گرفته است.

۳-۱- آنالیز و طراحی رادارهای نفوذی زمین

۳-۱-۱- شکل و ترکیب رادارهای نفوذی زمین نمونه

یک مورد نمونه دو بعدی در تصویر شماره ۱.۸ نمایش داده شده است. سیستم های رادارهای نفوذی زمین عموماً مشتاق و طالب اهدافی هستند که در عمق کمی در زمین باشند (مثلاً مین در عمق ۱۰ سانتی متری

کار گذاشته می شود) و به همین خاطر از ۲ آنتن مجزا برای فرستادن و دریافت امواج استفاده می کنند، این کار به خاطر پرهیز از تبدیل های خیلی سریع RF می باشد که وقتی از یک آنتن استفاده شود، مطلوب

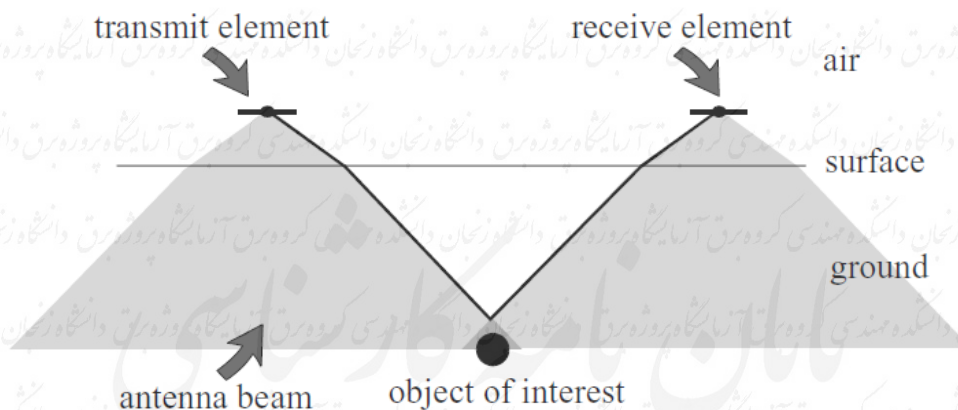
نیست. این نوع سیستم راداری را دو وضعیته می نامند. اگر چه در عمل احتمالاً هر دوی آنتن ها در حرکت می باشند (معمولاً حرکت یکسان) و در حقیقت این احتمال وجود دارد که بیش از یک جفت آنتن برای

فرستادن و دریافت امواج مورد استفاده قرار گیرند.

آنتن های فرستنده و گیرنده معمولاً در هوا قرار گرفته اند. بنابراین زمین یک واسطه با خاصیت دی الکتریک بیشتری نسبت به هوا می باشد، بنابراین همان طور که در شکل ۸-۱ نشان داده شده است، الگوهای تابشی در

هوا توسط انکسار و شکست در سطح زمین باریک تر می شوند یعنی کم پهنای می شوند. انرژی RF که از آنتن فرستنده می تابد با هر ناپیوستگی در امپدانس موج منعکس می شود و به آنتن گیرنده منتقل می شود. به

شرط آن که الگوهای هر دو آنتن در این نقطه با هم منطبق باشند. این امر به شکل گیری تصویر می انجامد.



۸-۱- نمونه ای از آنتن رادارهای نفوذی زمین

(در شکل ۸-۱ الگوهای مربوط به شکل مناطق پررنگ نشان داده شده است). انطباق این دو الگو البته امری پیچیده است مخصوصاً وقتی که کوپلینگ میدان نزدیک، وجود داشته باشد البته الگو در یک عمق ثابت کاملاً کوتاه نمی شود. شکل ۸-۱ وابستگی بین فاصله از سطح، الگوی تابش فرستنده و توانایی پوشش دادن آن در زمین (در عمق های مختلف) را نشان می دهد.

تصاویر دارای وضوح بالا ممکن است تا اندازه ای با استفاده از پرتو های باریک آنتن با تکنیک های متداول ترکیبی به دست آیند اما وضوح عمقی اکثراً وابسته به باند پهن شکل موج دریافتی می باشد. یا به عبارت دیگر هر چه پالس دریافتی باریک تر باشد، با دقت بیشتری میتوان مبدأ انعکاس را تعیین کرد. باندهای پهن عملیاتی و کاربردی هم می توانند در کاهش پارازیت ها موثر باشند، چون که به منظور حذف کردن سیگنال های منعکس شده که دارای دامنه های متفاوت می باشند می توان از حوزه ی زمانی استفاده کرد. بنابراین زمین معمولاً یک واسطه فرسایشی می باشد و این عامل دامنه فرکانس هائی را که مورد استفاده قرار می گیرند، محدود می سازند.

۲-۳-۱- انتشار امواج رادیویی در واسطه های پراتلاف

برخلاف اکثر کاربردهای آنتن ها، آنتن رادارهای نفوذی زمین باید در یک محیط پراتلاف نیمه فضائی تابانده شود. انتشار امواج رادیویی در محیط های پراتلاف در کتب مربوطه آورده نشده است. این مطلب با استفاده از معادلات ماکسول در همین جا ارائه می گردد. کسانی که بیشتر به نتایج علاقه دارند تا به حاشیه، می توانند فقط به عباراتی که در مورد معادلات عمق پوستی آمده است بپردازند. (معادلات عمق پوستی توضیح داده خواهد شد ۱-۱۵ و ۱-۷)

های دوقطبی چاق در واقعیت نیز قادر به ارسال و تشخیص پاسخ از اجسام دفن شده در ماسه هستند. این تحقیق نشان داد که FEKO، ابزاری عملی برای شبیه سازی آنتن های فراباندپهن می باشد. استفاده ی آن از تابع Green برای محاسبه زیرلایه ی دی الکتریک بیان های خوبی از چگونگی تاثیر المان های طراحی، ضریب بازتاب ها و راندمان آنتن ارایه می کند.

۳-۵-۴- کارهای آینده

آزمایش های رادارهای نفوذی زمین زیر را میتوان برای بهبود عملکرد آنتن انجام داد:

۱. جعبه ی ماسه ای با سطح مساحت بزرگتر میتوان ساخت تا آزمایش بزرگتری را از تشخیص شیء با وقفه های نمونه ی بیشتری برای بهتر شدن نتیجه انجام داد.
۲. شکل های متفاوتی از جسم فلزی را میتوان برای مقایسه ی تغییرات پاسخ منتشر شده دفن کرد.
۳. کار بیشتری از میدانرادهای نفوذی زمین، نظیر تشخیص لوله ها و حفره های زیر سطحی را میتوان برای آزمایش عملی برای آنتن ها در کاربرد های واقعی انجام داد.
۴. روش های ساخت مختلفی را برای این آنتن می توان انجام داد و مواد دی الکتریک متعددی را برای بهبود استحکام دوقطبی پوششدار چاق مورد بررسی قرار داد.

منابع:

[۱] کتاب الکترومغناطیس ، ترجمه بهرام محقق.

[۲] B.B. Mandelbrot, The fractal geometry of nature, Freeman, New York, ۱۹۸۳.

[۳] D.L. Jaggard, Fractal electrodynamics: from super antennas to superlattices, Fractals in Engineering, J. Le'vy Ve'hel, E. Lutton, C. Tricot (Eds.), Berlin, Germany ۱۹۹۷, pp.

۲۰۴-۲۲۱.

[۴] C. Bruns, P. Leuchtmann, R. Vahldieck, Analysis and Simulation of a ۱-۱۸-GHz Broadband Double-Ridged Horn Antenna, in Transactions on Electromagnetic Compability, vol.

۴۵, no. ۱, February ۲۰۰۳.

[۵] D. Baumann, C. Fumeaux, P. Leuchtmann, R. Vahldieck, Finitevolume time-domain (FVTD) modeling of a broadband doubleridged horn antenna, International Journal of Numerical Modeling ۲۰۰۴, no. ۱۷, pp. ۲۸۵-۲۹۸.

[۶] Z. N. Chen, "Novel bi-arm rolled monopole for UWB applications," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. ۵۳, no. ۲, pp. ۶۷۲-۶۷۷, Feb ۲۰۰۵.

[۷] J. Liang, C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Study of a printed circular disc monopole antenna for UWB systems," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. ۵۳, no. ۱۱, pp.

۳۵۰۰-۳۵۰۴, Nov. ۲۰۰۵.

[۸] J. Liang, L. Guo, C. C. Chiau, X. Chen, and C. G. Parini, "Study of CPW-fed circular disc monopole antenna," IEE Proc. Microw., Antennas Propag., vol. ۱۵۲, no. ۶, pp. ۵۲۰-۵۲۶, Dec. ۲۰۰۵.

[۹] Q. Wu, R. H. Jin, J. P. Geng, and M. Ding, "CPW-fed quasi circular monopole with very wide bandwidth," Electron. Lett., vol. ۴۳, no. ۲, pp. ۶۹-۷۰, Feb. ۲۰۰۷.

[۱۰] M. Ding, R. H. Jin, J. P. Geng, and Q. Wu, "Design of a CPW-fed ultrawide band fractal antenna," *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. ۴۹, no. ۱, pp. ۱۷۳–۱۷۶, Jan. ۲۰۰۷.

[۱۱] K. Chang, *Microwave Ring Circuits and Antennas*. New York: Wiley, ۱۹۹۶.

[۱۲] J. S. Chen, "Dual-frequency annular-ring slot antennas fed by CPW feed and microstrip line feed," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. ۵۳, no. ۱, pp. ۵۶۹–۵۷۱, Jan. ۲۰۰۵.

[۱۳] C. Oestges and A. Paulraj, Beneficial impact of channel correlations on MIMO capacity, *Electron Lett* ۴۰ (۲۰۰۴), ۶۰۶–۶۰۸.

[۱۴] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Second Edition ed: John Wiley and Sons, ۱۹۹۷.

[۱۵] Brown and Woodward, "Experimentally determined radiation characteristics of conical and triangular antennas," *RCA Rev*, vol. ۱۳, pp. ۴۲۵–۴۵۲, ۱۹۵۲.

[۱۶] I. D. Longstaff, D. A. Noon, C. J. Leat, G. F. Stickley, and M. Cherniakov, "Ground Penetrating Radar," *United States Patent, Groundprobe Pty Ltd, US, US ۶,۶۶۴,۹۱۴ B۲*,

۲۰۰۳.

[۱۷] FCC, "Title ۴۷ of the Code of Federal Regulations, Part ۱۵ - Radio Frequency Devices," *US Federal Communications Commission*, ۲۲ July, ۲۰۰۳

[۱۸] C. J. Leat, "Modelling and Design of GPR Antennas," *Ph.D. Thesis in Department of Computer Science and Electrical Engineering: University of Queensland, Australia*, pp. ۲۱۶, ۱۹۹۹.

[۱۹] S. A. Arcone, "Numerical Studies of the Radiation Patterns of Resistively Loaded Dipoles," *Journal of Applied Geophysics*, vol. ۳۳, pp. ۳۹-۵۲, ۱۹۹۵.

[۲۰] S. Ebihara and M. Sato, "Music algorithm for a directional borehole radar using a conformal array antenna," presented at Seventh International Conference on Ground-Penetrating Radar, University of Kansas, Lawrence, Kansas, USA, May ۲۷-۳۰, ۱۹۹۸.

[۲۱] S. Ebihara, M. Sato, and H. Niitsuma, "Estimation of Wave Polarization in Directional Borehole Radar Measurements with the MUSIC algorithm," presented at The Third Well Logging Symposium of Japan, P, Chiba, Japan, September ۲۵-۲۵, ۱۹۹۷.

[۲۲] EMSS, "FEKO User's Manual, Suite ۴.۱ (FEKO ۴۶.۲۵۵, PREFEKO ۲۶.۷۰-۵۷ and later)," EM Software & Systems-S.A. (Pty) Ltd, ۳۲ Techno lane, Technopark, Stellenbosch, ۷۶۰۰, South Africa, ۲۲ July, ۲۰۰۳.

[۲۳] R. F. Procter, "Input impedance of a horizontal dipole aerial at low height above ground," *Proc. Inst. Elect. Eng.*, pp. ۱۸۸-۱۹۰, ۱۹۵۰.

A. S. Abul-Kassem, "Experimental study of the characteristics of a horizontal antenna above a dissipative homogeneous earth," M.S. thesis, Dept. Elect. Eng., Univ. Colorado, Denver, CO, ۱۹۷۲.

P. Hayes, "Electromagnetic behavior of transmission lines and resonant wires very near a lossy dielectric interface," Ph.D. dissertation, ElectroScience Lab., The Ohio State Univ., Columbus, OH, ۱۹۸۳.

[۲۴] C.-C. Chen, S. Nag, W. D. Burnside, J. Halman, K. Shubert, and L. Peters, Jr., "A stand-off focused-beam land mine radar," *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, vol. ۳۸, pp. ۵۰۷-۵۱۴, Jan. ۲۰۰۰.

[۲۵] J. M. Bourgeois and G. S. Smith, "A complete electromagnetic simulation of the separated-aperture sensor for detecting buried land mines," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. ۴۶, pp. ۱۴۱۹-۱۴۲۶, Oct. ۱۹۹۸.

Y. Nishioka, O. Maeshima, T. Uno, and S. Adachi, "FDTD analysis of resistor-loaded bow-tie antennas covered with ferrite-coated conductivity cavity for subsurface radar," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. ۴۷, pp. ۹۷۰-۹۷۷, June ۱۹۹۹.

T. P. Montoya and G. S. Smith, "Land mine detection using a ground penetrating radar based on resistively loaded vee dipoles," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. ۴۷, pp. ۱۷۹۵-۱۸۰۶, Dec. ۱۹۹۹.

[۲۶] J. R. Carson, S. P. Mead, and S. A. Schelkunoff, "Hyper-frequency wave guides—Mathematical theory," Bell Syst. Tech. J., vol. XV, pp. ۳۱۱-۳۳۳, ۱۹۳۶.

C. H. Chandler, "An investigation of dielectric rod as wave guide," J. Appl. Phys., vol. ۲۰, pp. ۱۱۸۸-۱۱۹۲, ۱۹۴۹.

W. M. Elsasser, "Attenuation in a dielectric circular rod," J. Appl. Phys., vol. ۲۰, pp. ۱۱۹۳-۱۱۹۶, ۱۹۴۹.

[۲۷] W. M. Elsasser, "Attenuation in a dielectric circular rod," J. Appl. Phys., vol. ۲۰, pp. ۱۱۹۳-۱۱۹۶, ۱۹۴۹.

[۲۸] G. E. Mueller and W. A. Tyrrell, "Polyrod antennas," Bell Syst. Tech. J., vol. XXVI, pp. ۸۳۷-۸۵۱, ۱۹۴۷.

[۲۹] R. B. Watson and C. W. Horton, "The radiation pattern of dielectric rods—Experiment and theory," J. Appl. Phys., vol. ۱۹, pp. ۶۶۱-۶۷۰, ۱۹۴۸.

[۳۰] J. J. Panakel and G. E. Mueller, "An investigation of polystyrene rod antennas," Antenna Lab., The Ohio State Univ., Columbus, OH, Tech. Rep. ۵۱۰-۱۱, June ۱۹۵۴.

G. E. Mueller, "Dielectric antennas," Antenna Lab., The Ohio State Univ., Columbus, OH, Tech. Rep. ۴۳۴-۵, Feb. ۱۹۵۲.

[۳۱] A. Taflove and M. E. Brodwin, "Numerical solution of steady-state electromagnetic scattering problems using the time-dependent Maxwell's equations," IEEE Trans. Microwave Theory Tech, vol. ۲۳, pp. ۶۲۳-۶۳۰, Aug. ۱۹۷۵.

[۳۲] A NEW MAGNETIC ANTENNA DESIGN FOR GROUND PENETRATING RADAR

Patrick T. Bellett^(۱) and Christopher J. Leat^(۲), Nick V. Shuley^(۳)

[۳۳] A New Ultrawide-Bandwidth Dielectric-Rod Antenna for Ground-Penetrating Radar Applications
Chi-Chih Chen, Member, IEEE, Kishore Rama Rao, and Robert Lee, Senior Member, IEEE

[۳۴] GPR Propagation Simulation and Fat Dipole Antenna Design
Tai-Lin Greg Chen

[۳۵] Compact Planar Antenna for UWB Applications
Rezaul Azim^(۱), Mohammad Tariqul Islam^(۲) and Norbahiah Misran^(۳)

[۳۶] A New TEM Double-ridged Horn Antenna for Ground Penetrating Radar Applications
A. Teggatz, A. Jöstingmeier and A. S. Omar

[۳۷] Small Rugby Ball Antenna for UWB Application
Pipat Kongmuang, Amnoi Ruengwaree

[۳۸] ULTRA-WIDEBAND VIVALDI ANTENNA DESIGN FOR MULTISENSOR ADAPTIVE GROUND-PENETRATING IMPULSERADAR
Ahmet Serdar Turk

[۳۹] Communications Ultrawideband (UWB) Antennas With Multiresonant Split-Ring Loops
G. M. Yang, R. H. Jin, G. B. Xiao, C. Vittoria, V. G. Harris, and N. X. Sun

[۴۰] ULTRA-WIDEBAND ANTENNAS AND PROPAGATION FOR COMMUNICATIONS,

RADAR AND IMAGING Edited by: Ben Allen

University of Oxford, UK & Mischa Dohler & France Télécom R&D, France & Ernest E. Okon & BAE Systems Advanced Technology Centre, UK & Wasim Q. Malik & University of Oxford, UK & Anthony K. Brown & University of Manchester, UK & David J. Edwards & University of Oxford, UK.