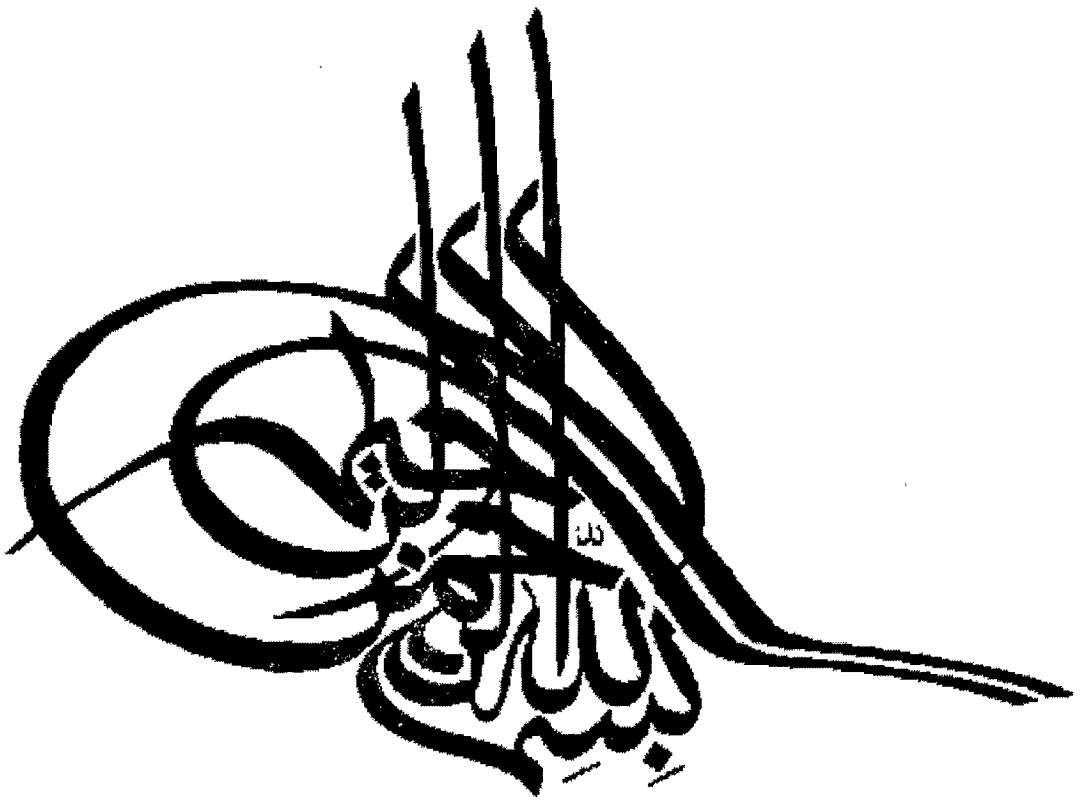
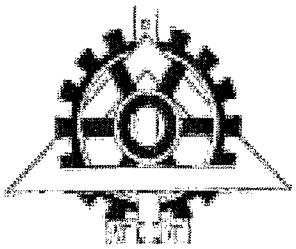
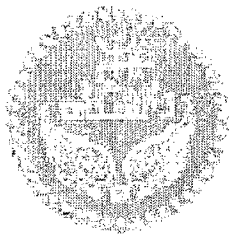


٩٣٩٩٢





دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر

بررسی پراکندگی امواج الکترومغناطیسی با شکل موج کد شده توسط اجسام زیر زمین

نگارش:

سید مهرداد ساویز

اساتید راهنما:

آقای دکتر محمود شاه‌آبادی- آقای دکتر محمود کمره‌ای

استاد مشاور:

آقای دکتر رضا فرجی دانا

۱۳۸۷ /۲/ ۱۲

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ

مهندسی برق-گرایش مخابرات میدان

شهریور ماه ۱۳۸۶

۴۳۹۹۳

دانشگاه تهران

پردیس دانشکده های فنی

دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد در رشتهٔ مهندسی برق-گرایش مخابرات میدان

عنوان:

بررسی پراکندگی امواج الکترومغناطیسی با شکل موج کد شده توسط اجسام زیر زمین

نگارش:

سید مهرداد ساویز

این پایان‌نامه در تاریخ ۱۳۸۶/۰۷/۰۴ در مقابل هیأت داوران دفاع گردید و مورد تصویب قرار گرفت.

معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی پردیس دانشکده‌های فنی: دکتر جواد فیض

رئیس دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر: دکتر پرویز جبه دار مارالانی

معاون پژوهشی و تحصیلات تکمیلی دانشکدهٔ مهندسی برق و کامپیوتر: دکتر سعید نادر اصفهانی

اساتید راهنما: دکتر محمود شاه‌آبادی و دکتر محمود کمره‌ای

استاد مشاور: دکتر رضا فرجی دانا

عضو هیأت داوران: دکتر جلیل راشد محصل

عضو هیأت داوران: دکتر فرخ آرزم

عضو هیأت داوران: دکتر خلج امیرحسینی

۱۳۸۷ /۲/ ۱۲

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب سید مهرداد ساویز تأیید می‌نمایم که مطالب مندرج در این پایان نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آنها استفاده شده، مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان نامه قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پردیس دانشکده‌های فنّی دانشگاه تهران می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو : سید مهرداد ساویز

امضای دانشجو :

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم

و در ورای قرون و اعصار، به همه آنان که بنیادی نیکو برای بشریت به یادگار نهادند...

قدردانی

از اساتید گرامی‌ام، جناب آقای دکتر محمود شاه‌آبادی، جناب آقای دکتر محمود کمره‌ای و جناب آقای دکتر رضا فرجی دانا برای زحماتی که در هدایت این پروژه متحمل شده‌اند تشکر می‌کنم و ضمن آرزوی سلامتی، توفیق روزافزون آنان را در کار تحقیق و پیشبرد علمی کشور از خدای توانای مهربان خواستارم. در لحظات دشواری کار و سختی‌های آن، آن‌چه همواره انگیزه و مشوقم برای ادامه و تکمیل آن بوده امید به نهادن پایه‌ای مؤثر برای تحقیق در زمینه‌های جدید و از آن جمله زنده‌یابی در آوار بوده است. شایسته است در این‌جا از استاد بزرگوارم در دوره کارشناسی، در دانشگاه علم و صنعت ایران، آقای دکتر چلداوی که با علاقه و تعهد این موضوع را در آن دوره پیشنهاد و پشتیبانی کردند تشکر نمایم.

پدر و مادر دانشمند و مهربانم در تمام دوران تحصیل اینجانب، با صبر، مهربانی و دانش و ژرف‌نگری راهنمای من بوده‌اند. آنان نه تنها در پیشه معلمی خویش، بلکه در زندگی و نگاه صحیح به دنیا نیز بهترین آموزگار بوده‌اند و به حق بزرگ‌ترین سهم را در تمام دستاوردهای اینجانب دارند .

در دوران حضور مستمر در آزمایشگاه از مشاوره و کمک بی چشم‌داشت دوستان بسیاری سود برده‌ام، آقایان عسگرپور، غفاری، فرمهینی، حقگو، میلادی، قلی‌پور و عباس-عظیمی و دوستان دیگر همگی به گردن اینجانب حق دارند.

و در نهایت در کنار تقدیر و سپاس فراوان، از اساتید بزرگوارم در دانشگاه تهران، برای تمامی آن‌چه که می‌توانست بهتر از این باشد که هست، صمیمانه پوزش می‌طلبم. امید که در راه مشترکی که به سوی آینده و اهداف بزرگ آن داریم، یاور بهتری برای آنان و خدمتگزار بهتری برای خانواده، شهر، کشور و بشریت باشم.

این پایان‌نامه تحت حمایت مرکز تحقیقات مخابرات ایران اجرا شده است. نویسنده مراتب قدردانی صمیمانه خود را نسبت به این مرکز ابراز داشته، برای اعضای آن آرزوی توفیق دارد.

چکیده

در این پایان‌نامه تشخیص اشیا (آشکارسازی حضور آن‌ها) بر اساس ویژگی‌های سیگنال پراکنده شده از آن‌ها و در کنار آن مسأله زنده‌یابی مورد بررسی قرار گرفته است.

در ابتدا، پس از مروری بر روش S.E.M. (Singularity Expansion Method) و کاربرد آن در تشخیص اشیاء، به بررسی برخی از تحقیقات اخیر در زمینه تعیینE-pulse برای معاینه محیط‌های چندلایه می‌پردازیم. برخی از کارهای انجام شده در این زمینه مورد مطالعه قرار گرفته و گفتاری به بررسی قطب‌های غیرفیزیکی، اثر، منشأ و روش حذف آن‌ها اختصاص داده شده است. ارائه چند مثال مبتنی بر شبیه‌سازی محیط چندلایه یا کره هادی کامل نشان می‌دهد که چگونه پاسخ حوزه زمان می‌تواند بر اساس قطب‌های پراکندگی واقعی (فیزیکی) برون‌یابی شود.

در گام بعد، نتایج چند شبیه‌سازی مبتنی بر FDTD برای مدل‌های ساده‌ای از مصدوم و آوار ارائه می‌گردد. سیگنال دریافتی در دو حالت مربوط به تنفس (حالتی که قفسه سینه مصدوم منقبض است و حالتی که قفسه سینه مصدوم منبسط شده است) با هم مقایسه می‌گردد. سپس یک مدل دی‌الکتریک همگن از بدن انسان تحت تابش یک جبهه موج تخت بررسی شده و سیگنال‌های دریافتی در دو حالت به دست آمده‌اند. دستاورد جدید این کار طرح این نکته است که تغییرات سیگنال پراکنده شده به عقبsignal (backscattered) ممکن است صرفاً به علت تغییر مسافت فرستنده و مانع (ناشی از حرکت سینه در عمل تنفس) نباشد بلکه تغییر در فرکانس‌های طبیعی پراکنده‌گر (ناشی از تغییر حجم قفسه سینه) نیز در این تفاوت دخیل باشد. نتایج به دست آمده مؤید این مطلب است.

اهمیت این نتیجه آن است که می‌تواند منجر به مدلی برای سیگنال پراکندگی شود تا با پردازش مبتنی بر مدل، حساسیت آشکارسازی افزایش یابد. از آن‌جا که تنفس عملی تناوبی است، انتظار می‌رود که تغییرات مشاهده شده بین سیگنال‌ها نیز تناوبی باشد. بنابراین یک سیستم زنده‌یاب می‌تواند مثلاً در رشته‌ای متوالی از سیگنال‌های دریافتی ثبت شده، یک تغییر تناوبی بر اساس مدل یاد شده را جستجو کند.

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه

فصل اول : اهداف ۱

۱-۱ اهداف و روش‌های اجرایی ۲

۱-۲ ساختار پایان‌نامه ۲

فصل دوم : کاربرد امواج الکترومغناطیسی در بررسی محیط و اجسام ۴

۲-۱ نگاهی به چند زمینه کاربردی ۵

۲-۱-۱ مسائل پراکندگی معکوس ۵

۲-۱-۲ مسائل تشخیص، شناسایی و تفکیک ۷

۲-۱-۳ تصویربرداری الکترومغناطیسی ۸

۲-۱-۴ حسگری الکترومغناطیسی ۱۰

فصل سوم : مسأله زنده‌یابی ۱۳

۳-۱ مقدمه ۱۴

۳-۲ روش‌های زنده‌یابی الکترومغناطیسی گزارش شده تا به امروز ۱۵

۳-۲-۱ تشخیص حرکت با امواج CW ۱۶

۳-۲-۲ تشخیص حرکت با امواج فوق پهن- باند ۱۸

۳-۲-۳ تشخیص انسان مدفون شده در بهمن (رهیافت شناسایی شکل موج) ۲۰

۳-۲-۴ سایر روش‌ها ۲۳

فصل چهارم : مدل‌های پراکندگی و مدل S.E.M. ۲۵

۴-۱ مفهوم مدل پراکندگی ۲۶

۴-۲ مدل پراکندگی S.E.M ۲۹

۴-۲-۱ محاسبه قطب‌ها با داشتن سیگنال‌های زمانی ۳۲

۴-۲-۲ قطب‌های پارازیتی (غیرفیزیکی) ۳۳

۴-۲-۳ مسأله نویز در کاربرد عملی ۳۶

۴-۲-۴ روش‌های محاسبه E-Pulse ۳۷
۴-۲-۵ به دست آوردن قطب‌ها از روی E-Pulse ۴۲
۴-۲-۶ تحقیقات جدید مبتنی بر E-Pulse ۴۲
۴-۲-۷ استخراج قطب‌های پراکندگی یک کره هادی کامل سه بعدی ۵۳

فصل پنجم : رهیافت‌های جدید برای زنده‌یابی ۵۷
۵-۱ مقدمه ۵۸
۵-۲ شبیه‌سازی‌های مقدماتی آوار و مصدوم به روش FDTD ۵۹
۵-۳ استفاده از تغییر تشدیدهای طبیعی بدن در زنده‌یابی ۶۲
۵-۴ کاربرد رادار FMCW در زنده‌یابی از طریق تشخیص حرکت ۶۹

فصل ششم : نتیجه گیری و پیشنهادهایی برای کارهای آتی ۷۷
نتیجه‌گیری ۷۸

ضمیمه ۱ : نیازهای موجود در زمینه زنده‌یابی در ایران ۸۱

ضمیمه ۲ : رادار FMCW ۸۴

ضمیمه ۳ : خواص الکترومغناطیسی مصالح ساختمانی و بافت‌های بدن ۸۷

فهرست منابع ۹۱

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... صفحه

شکل ۲-۱: نمونه برداری از میدان پراکنده ۶
شکل ۲-۲ : ارسال و دریافت در امتداد یک مسیر ۸
شکل ۲-۳ : تصویر به دست آمده از مدولاسیون روشنایی برای سیگنال‌های متوالی در شکل ۲-۲ ..... ۹
شکل ۲-۴: ساختار یک رادار FMCW برای اندازه‌گیری ارتفاع و سطح مایع در مخزن ۱۱
شکل ۳-۱: دسته‌بندی روش‌های الکترومغناطیسی در زنده‌یابی ۱۵
شکل ۳-۲: ایجاد تفاوت فاصله در اثر تنفس مصدوم ۱۶
شکل ۳-۳: نمایش بلوکی سیستم زنده‌یاب تک فرکانس ۱۷
شکل ۳-۴: طیف سیگنال ارسالی ۱۸
شکل ۳-۵: شکل موج‌های بازتابی از بدن انسان ۱۹
شکل ۳-۶: طیف بازتاب از بدن انسان (اندازه‌گیری) ۱۹
شکل ۳-۷: تغییرات مشخصه طیفی سیگنال‌های حاصل از ۲۵۶ بار نمونه‌گیری ۲۰
شکل ۳-۸: تصویر به دست آمده از اجسام مختلف ۲۱
شکل ۳-۹: موجک‌های متناظر هر یک از اجسام ۲۱
شکل ۳-۱۰: مدل‌سازی ساده برخورد موج با چند لایه ۲۲
شکل ۳-۱۱: ساختار آزمایش، تصویر غیر متمرکز به دست آمده و نتایج پردازش آن ۲۳
شکل ۴-۱: مدل رادار و مخابرات ۲۷
شکل ۴-۲: هندسه مسأله ۳۱
شکل ۴-۳: هادی کامل با پوشش دی‌الکتریک ۴۳
شکل ۴-۴: مدل خط انتقالی برای محیط چندلایه ۴۶
شکل ۴-۵: پالس ارسالی و دریافتی ۴۶
شکل ۴-۶: پاسخ بازتابی و E-pulse ۴۷
شکل ۴-۷: استخراج قطبها از پاسخ زمانی ۴۷
شکل ۴-۸: بازسازی سیگنال فیزیکی ۴۸
شکل ۴-۹: کانولوشن سیگنال با E-pulse متناظر و غیر متناظر آن ۵۲
شکل ۴-۱۰: تغییرات *EDNa* به ازای انحراف (a) ضریب دی‌الکتریک یا (b) ضخامت لایه ۵۲
شکل ۴-۱۱: پالس گاوسی تحریک ۵۳
شکل ۴-۱۲: پاسخ به ازای سیگنال تحریک نشان داده شده در شکل۴-۱۱ ..... ۵۴
شکل ۴-۱۳ : پاسخ یک کره PEC با مشخصات مورد اشاره ۵۴
شکل ۴-۱۴: نتایج به دست آمده برای پراکندگی از کره هادی کامل به شعاع ۱ cm ۵۵
شکل ۴-۱۵: قطب‌های به دست آمده ۵۶

شکل ۵-۱: مدل‌های اول، دوم و سوم برای مصدوم و آوار ۶۰
شکل ۵-۲: پاسخ مدل اول در دو حالت ۶۱
شکل ۵-۳ : پاسخ مدل دوم در دو حالت ۶۱
شکل ۵-۴ : پاسخ مدل سوم در دو حالت ۶۲
شکل ۵-۵: ابعاد مدل سه بعدی دی‌الکتریک برای بدن انسان ۶۵
شکل ۵-۶: تابش موج تخت به مدل و ناحیه محاسباتی در روش F.I.T ۶۶
شکل ۵-۷: نتایج شبیه‌سازی برای مدل اول ۷۰
شکل ۵-۸: نتایج شبیه‌سازی برای مدل دوم ۷۱
شکل ۵-۹: وضعیت فرضی مصدوم برای محاسبه تلف ۷۱
شکل ۵-۱۰: مقایسه گستره دینامیکی در (الف) رادارهای پالسی و (ب) رادارFMCW ۷۵

فهرست جدولها

عنوان ..... صفحه

جدول ۴-۱: مفاهیـم هم ارز بین مخابرات و رادار ۲۸
جدول ۵-۱: انتخاب پارامترهای مدل : ماهیچه دمای ۳۷ درجه سانتیگراد ۶۴
جدول ۵-۲: مدل کردن حرکت قفسه سینه ۶۴
جدول ۵-۳: پارامترهای روش به کار رفته ۶۶
جدول ۵-۴: پنجره‌های مختلف و سطح لب جانبی آن‌ها ۷۴

فصل اول

اهداف

۱-۱ اهداف و روش‌های اجرایی

می‌دانیم که کشورمان کشوری زلزله‌خیز است و به لحاظ آماری هر ده سال رخداد زلزله‌ای با بزرگی ۷ درجه در مقیاس ریشتر در آن انتظار می‌رود[1]. با توجه به عدم استحکام بسیاری از بناهای مسکونی در کشور، معمولا بعد از روی‌دادن چنین زلزله هایی افراد زیادی در زیر آوار به دام می‌افتند. کارهای آماری بر روی حوادث گذشته نشان می‌دهد که مصدومین در زیر آوار به طور میانگین ۷۲ ساعت زنده می‌مانند. به همین جهت لازم است نیروهای جست‌وجو و نجات به ابزارهای سریع و قابل اطمینانی برای یافتن این افراد مجهز گردند.

استفاده از **روش‌های الکترومغناطیسی** برای زنده‌یابی، سابقه کوتاهی دارد و بر اساس اطلاعات نگارنده اولین گام‌های آن با معرفی زنده‌یاب داپلری در سال ۲۰۰۰ میلادی برداشته شده است[۲]. اگرچه روش‌های مبتنی بر امواج عمدتاً عمق تشخیص محدودی دارند اما از سرعت بالایی برخوردارند. این پایان‌نامه عمده مشارکت علمی خود را در طرح یک راه حل جدید الکترومغناطیسی برای زنده‌یابی می‌داند و با معرفی پردازش سیگنال مبتنی بر مدل‌های پراکندگی موج، زمینه‌های تحقیقاتی جدیدی را نیز ترسیم می‌نماید.

این پایان‌نامه به خصوص در فصول آخر حاوی چند ایده جدید وبسیار ارزشمند است که طی همین تحقیق به دست آمده و هریک می‌تواند زمینه کار گسترده علمی و تحقیقاتی در آینده نزدیک باشند.

۱-۲ ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه دارای ۶ فصل است. پس از معرفی اهداف در فصل اول، در فصل دوم نگرش وسیعی به کاربردهای الکترومغناطیس با تکیه بر اجسام مدفون ارائه می‌شود. مرور جامعی بر روش‌های زنده‌یابی موضوع فصل سوم است. در این نقطه تشریح مطالعات اولیه پایان می‌یابد و شرح مقدمات بیان ایده این پایان‌نامه آغاز می‌شود. در فصل چهارم، مدل‌های پراکندگی با تکیه بر مدل .S.E.M و ابزار محاسباتی وابسته به آن تشریح شده و قطب‌های پراکندگی برای دو مثال جداگانه محاسبه و با

[1] برای مشاهده مرجع این آمار و آمار مشابه دیگر به مرجع[۱] مراجعه فرمایید.

منابع معتبر مقایسه شده‌اند. فصل پنجم ایده‌های جدیدی را در زمینه زنده‌یابی در آوار عرضه کرده و جهت‌گیری‌های مناسب را برای ادامه کار در هر یک نشان می‌دهد. نهایتاً فصل ششم با نتیجه‌گیری از مطالب ارائه شده، راهکارهای آینده را ترسیم می‌کند.

فصل دوم

کاربرد امواج الکترومغناطیس در بررسی محیط و اجسام

۲-۱ نگاهی به چند زمینه کاربردی

با توجه به این که روش‌های زنده‌یابی مایکروویو در چند حوزه کاربردی جداگانه در الکترومغناطیس ثبت شده‌اند، برای نشان دادن روش‌های مطرح شده در این تحقیق لازم است که نگاهی جامع به این چند زمینه کاربردی داشته باشیم. امواج الکترومغناطیس از یک سو در مخابره پیام، انتقال توان، و کنترل ابزار نقش دارند و از سوی دیگر در بررسی مواد و محیط اطراف. برخی از زمینه‌های متمایز در اکتشاف و بررسی محیط و مواد عبارتند از:

۱- مسائل پراکندگی معکوس[۱]

۲- مسائل تصویربرداری[۲]

۳- مسائل تشخیص، تفکیک و شناسایی[۳]

۴- مسائل سنجش و حسگری الکترومغناطیسی[۴]

این فصل می‌کوشد به اختصار و با تکیه بر کاربردهای مرتبط با اجسام مدفون این چهار زمینه را معرفی کند.

۲-۱-۱ مسائل پراکندگی معکوس

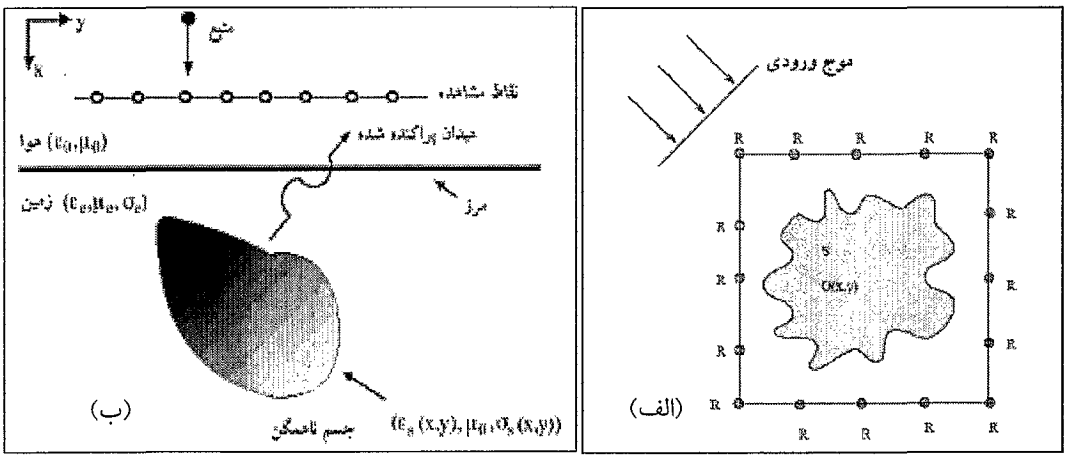
هر مساله الکترومغناطیسی دارای سه عامل اصلی منبع تحریک، مشخصات الکترومغناطیس فضا (شامل تعریف جسم یا اجسام پراکنده‌گر) و میدان‌های الکترومغناطیسی در نقاط اندازه‌گیری است. در مسأله پراکندگی مستقیم منبع و مشخصه فضا معلوم بوده، و هدف یافتن میدان‌های پراکنده شده می‌باشد.مسائل پراکندگی معکوس می‌کوشند که با داشتن میدان پراکنده از جسم در یک ناحیه مشخص و دانستن میدان تحریک، شکل و خواص الکترومغناطیسی فضا را تعیین نمایند[۵]. تعداد

---

[1] Inverse Scattering Problems
[2] Imaging Problems
[3] Detection, Discrimination, and Identification Problems
[4] Electromagnetic Sensing
[5] در حقیقت مسائل پراکندگی معکوس دو دسته‌اند و تعریف بالا تنها یکی از این دو مسأله را متناسب با اهداف این تحقیق مطرح می‌کند. دسته دیگر عبارتست از مسائل منبع معکوس که در آن میدان‌های اندازه‌گیری شده و اجسام درون ناحیه معلومند و منبع مجهول می‌باشد.

مجهولات در چنین مسائلی معمولا بسیار زیاد است و حل آن‌ها نیز محتاج اطلاعات کافی از میدان-های پراکنده در گستره مکان یا در فرکانس‌های مختلف است. شکل (۲-۱) یک آرایش مورد استفاده در فرمول‌بندی مسائل پراکندگی معکوس را نشان می‌دهد. ثبت اطلاعات در هر گیرنده می‌تواند در یک فرکانس، چند فرکانس یا به صورت شکل موج زمانی صورت گیرد و برای هر حالت الگوریتم‌های متنوعی وجود دارد که هر یک مبتنی بر برخی فرض‌های ساده کننده هستند. به عنوان مثال به کار بردن روش بورن زمانی مناسب است که تضاد بین ضریب دی‌الکتریک جسم پراکنده‌گر با محیط اطرافش اندک باشد. روش‌های بهینه‌سازی، روش منابع نقطه‌ای، و روش منابع تکین برخی از روش-های مطرح در این زمینه هستند .

الگوریتم‌های فراوانی برای حل مسأله با تحریک تک فرکانس وجود دارد، و اخیراً توجه زیادی به استفاده از تحریک حوزه زمانی شده است، که پاسخ به دست آمده در آن اطلاعات بیشتری در بر دارد. بدیهی است که در صورت عدم اعمال کنترل بر اطلاعات به دست آمده در این حالت، فراوانی اطلاعات و گاهی اطلاعات زائد می‌تواند منجر به عدم موفقیت الگوریتم گردد.



شکل ۲-۱: نمونه برداری از میدان پراکنده(الف)با دسترسی به تمام زوایا (ب) بدون دسترسی به تمام زوایا[۳]

مسائل پراکندگی معکوس با پراکنده‌گر دی‌الکتریک برای تشخیص مین‌های پلاستیکی (این مین‌ها با دستگاه‌های فلزیاب کشف نمی‌شوند)، تصویربرداری پزشکی و یافتن و بررسی خواص تومورهای سرطانی، تست غیر مخرب سازه‌های بتونی، از جمله کاربردهای مورد توجه هستند. با این حال به دلیل رهیافت تحلیلی در مسأله پراکندگی معکوس و بار محاسباتی سنگین، و نیز محدود بودن

نقاط اندازه‌گیری با اطلاعات مستقل در شرایط عملی، رهیافت ساده‌تر "تصویربرداری" در بسیاری از زمینه‌های کاربردی، جانشین حل مسأله پراکندگی معکوس شده است.

۲-۱-۲ مسائل تشخیص، شناسایی و تفکیک

این رهیافت‌ها عموماً حجم اطلاعات کم‌تری را طلب می‌کنند و شاید از این دیدگاه ساده‌تر از سایر موارد باشند. در بسیاری از پیاده‌سازی‌های عملی، کتابخانه‌ای محدود از اجسام در حافظه سیستم وجود دارد و سیستم خواص سیگنال دریافتی را با خواص سیگنال‌های ذخیره شده در آن کتابخانه مقایسه می‌کند تا ماهیت جسم را تشخیص دهد.

منظور از تشخیص آن است که حضور یا عدم حضور جسمی با دسته‌ای از خواص معلوم در حضور نویز و بازتاب‌های اشیای دیگر (که مورد نظر نیستند) با موفقیت تعیین شود. ممکن است این دسته از خواص معلوم از ابتدا جسم را در بین یک مجموعه اشیای از پیش فرض شده کاملا مشخص کنند(شناسایی نیز همزمان صورت گیرد) یا آن که این خواص برای شناسایی جسم کافی نباشند و لازم باشد مراحل دیگری نیز برای شناسایی طی شود. در هر یک از دو حالت، تلاش‌های انجام شده در این مورد بیشتر بر بالا بردن *نسبت سیگنال به نویز در خروجی گیرنده برای آن هدف مشخص* متمرکز بوده و بر این مبنا مفهوم فشرده‌سازی پالس (Pulse Compression) و فیلترهای تطبیق‌شده مطرح شدند[۴].

این روش‌ها ممکن است ورودی خود را از روش‌های پراکندگی معکوس یا تصویربرداری تأمین کنند یا آن‌که پارامترهایی را از سیگنال‌های حوزه زمانی دریافتی از هدف در یک یا چند زاویه استخراج کنند.

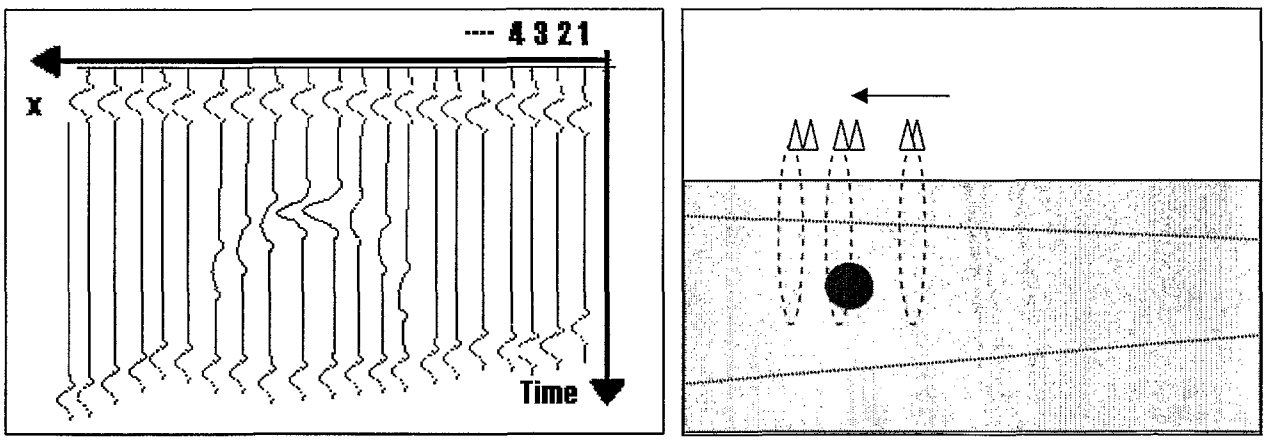
مفهوم تمیز قدری ظریف‌تر است و به معنای امکان تمیز دادن بین اشیایی است که خواص نزدیک به هم دارند، و در برخی مراجع از آن به عنوان امکان حذف سیگنال‌های مزاحم با خواص مشابه سیگنال بازتابی[1] از هدف مطلوب یاد شده است[۴]. مجددا ممکن است این مرحله در صورت کافی بودن خواصی که ملاک تمیز هستند، به شناسایی نیز منجر شود. در غیر این صورت به مرحله سوم می‌رسیم که شناسایی هدف است.

[1] Target-like Clutter

شناسایی اهداف که سخت‌ترین کار یک سیستم به شمار می‌رود، بر حسب نوع کاربرد معانی متفاوتی پذیرفته که وجه مشترک همه آن‌ها کسب حداکثر اطلاعات ممکن درباره جسم است تا جایی که منجر به درک چیستی آن گردد. در مسائل پزشکی این چیستی به معنای شناخت ابعاد و چگالی تومور، و در مسائل مین‌یابی به معنای تعیین نوع مین برای درک نحوه استخراج بی‌خطر آن و در مسائل نظامی به معنای تشخیص مدل یک وسیله پس از تشخیص نوع آن (مثلا موشک) خواهد بود[۴].

۲-۱-۳ تصویربرداری الکترومغناطیسی

تصویربرداری[1] از زیر زمین عموماً به معنای ارسال پالس و کنار هم قرار دادن شکل موج‌های زمانی به دست آمده در نقاط نمونه گیری متعدد در سطح زمین و سپس پردازش آن‌ها برای رسیدن به یک تصویر دو بعدی است که از اعمال مدولاسیون روشنایی بر حسب دامنه این سیگنال ها به دست می‌آید (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲ : ارسال و دریافت در امتداد یک مسیر

[1] ما در این جا صرفاً به تصویربرداری اجسام مدفون می‌پردازیم.