دانشگاه یزد
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر
گروه مهندسی مخابرات

پایان‌نامه
برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی برق-مخابرات

کاربرد الگوریتم MUSIC در تکنیک معکوس‌زمانی به منظور مکان‌یابی اهداف

استاد راهنما:
دکتر منصور نخکش

استاد مشاور:
دکتر جمشید ابویی

پژوهش و نگارش:
محمد روان

اسفند ۱۳۹۰

این پایان نامه طی قرارداد شماره ۵۰۰/۱۸۱۶۳/ت تحت حمایت مالی موسسه تحقیقات ارتباطات و فناوری اطلاعات می‌باشد.

ای مادر

تو مورد ستایشی اگر من لایق ستایش کردن نباشم

تقدیم به مادر عزیزتر از جانم

نمونه کامل فداکاری و گذشت و دریای بیکران محبت که هر چه دارم از اوست

و به خواهرم

مشوق دلسوز و مهربانم

و به روح بزرگ پدرم

که یادش همواره در قلبم جاریست

تقدیر و تشکر

خداوند بزرگ را سپاسگزارم که به من عنایت فرمود تا در راه کسب علم قدم کوچکی بردارم.

این پایان نامه به یاری خداوند متعال و راهنمایی‌ها و کمک‌های اساتید محترم دانشگاه یزد و دلجویی‌ها و تشویق‌های خانواده عزیزم به پایان رسید. در این پایان نامه از راهنمایی‌ها و توجهات استاد گرامی جناب آقای دکتر نخکش و همفکری‌های جناب آقای دکتر ابویی و همچنین راهنمایی‌های جناب آقای دکتر تدین و جناب آقاب دکتر تابان و کمک‌های جناب آقای دکتر حدادی کمال تشکر را به عمل می‌آورم.

فهرست مطالب

فهرست شکل‌ها..... ح

فهرست جدول‌ها..... س

واژه نامه..... ش

فصل اول: مقدمه ۱

۱-۱ کلیات..... ۱

۱-۲ ساختار پایان‌نامه..... ۴

فصل دوم : تئوری مباحث الکترومغناطیس و معرفی الگوریتم MUSIC..... ۶

۲-۱ مقدمه..... ۶

۲-۲ تئوری معادلات موج..... ۷

۲-۳ معکوس زمانی..... ۱۳

۲-۳-۱ مقدمه..... ۱۳

۲-۳-۲ معرفی معکوس زمانی..... ۱۴

۲-۴ الگوریتم MUSIC..... ۱۶

۲-۴-۱ MUSIC بر مبنی معکوس زمانی در حالت گیرندگی..... ۱۸
۲-۴-۲ MUSIC بر مبنی معکوس زمانی در حالت فرستندگی..... ۱۹
۲-۴-۳ MUSIC بر مبنی معکوس زمانی در حالت فرستندگی و گیرندگی..... ۱۹
فصل سوم: معرفی MDL..... ۲۴
۳-۱ **مقدمه**..... ۲۴
۳-۲ **فشردگی داده‌ها**..... ۲۶
۳-۳ **پیچیدگی کولموگروف و بیان مفهومی MDL ایده‌آل**..... ۲۸
۳-۴ **بیان مفهوم MDL کاربردی**..... ۲۹
۳-۴-۱ مقدمه..... ۲۹
۳-۴-۲ MDL و انتخاب مدل..... ۲۹
۳-۵ **مفهوم MDL خام**..... ۳۱
۳-۶ **انتخاب مدل توسط MDL خام**..... ۳۲
۳-۶-۱ تعیین L(D|H)..... ۳۲
۳-۶-۲ تعیین L(H)(حالت MDL خام)..... ۳۳
۳-۷ **فلسفه MDL**..... ۳۳
۳-۸ **بیان ریاضی MDL**..... ۳۶
۳-۸-۱ کدهای پیشوندی..... ۳۶
۳-۸-۲ نامساوی کرافت..... ۳۸
۳-۸-۳ تعریف جدید تابع طول کد..... ۴۰
۳-۸-۴ نامساوی اطلاعات..... ۴۳
۳-۹ **بیان فرم بسته MDL خام**..... ۴۵
۳-۹-۱ طول توصیف داده به شرط فرضیه معلوم L(D|H)..... ۴۵
۳-۹-۲ طول توصیف فرضیات(L(H))..... ۴۶
فصل چهارم: تعیین تعداد پراکنده‌گرها با استفاده از روش‌های مبتنی بر تئوری اطلاعات و حداقل طول توصیفی..... ۵۰

۴-۱ **مقدمه** ۵۰
۴-۲ **بیان ریاضی مسئله** ۵۱
۴-۳ **تعیین تعداد منابع با استفاده از** MDL ۵۵
۴-۳-۱ MDL و تعیین تعداد منابع ۵۵
۴-۳-۲ تعیین تابع چگالی احتمال و فرم بسته MDL خام در تعیین تعداد اهداف ۵۶
۴-۴ MDL **تصحیح شده** ۶۱
۴-۵ **تخمین‌گر** RMDL ۶۳
۴-۵-۱ فرم کلی RMDL ۶۳
۴-۵-۲ تخمین پارامترهای مجهول در RMDL ۶۵
۴-۶ **معیار** MDL **بدون درنظر گرفتن پارامترهای نامربوط** ۶۶
۴-۶-۱ انتخاب تابع درست‌نمایی ۶۷
۴-۶-۲ تخمین پارامترهای مجهول ۶۸
۴-۶-۳ معیار تعیین تعداد اهداف با استفاده از تابع چگالی وانگ ۶۹
فصل پنجم: شبیه سازی الگوریتم‌های تخمین تعداد منابع ۷۴
۵-۱ **مقدمه** ۷۴
۵-۲ **جمع‌آوری داده‌های واقعی** ۷۴
۵-۳ **تولید داده‌های شبیه‌سازی شده** ۷۸
۵-۳-۱ حالت منطبق ۷۸
۵-۳-۲ حالت غیر منطبق ۷۹
۵-۴ اعمال MDL **به داده‌های شبیه‌سازی** ۷۹
۵-۴-۱ اعمال MDL به داده‌های شبیه‌سازی حالت منطبق ۷۹
۵-۴-۲ اعمال MDL بر داده‌های شبیه‌سازی حالت نامنطبق ۸۳
۵-۴-۳ عملکرد MDL در حضور نویز سفید گوسی ۸۶
۵-۵ **عملکرد** MDL **بر داده‌های واقعی** ۹۰

۵-۶ **عملکرد** MDL **اصلاح شده برروی داده‌های واقعی**..... ۹۳
۵-۷ **عملکرد** RMDL **بر داده شبیه‌سازی شده**..... ۹۵
۵-۷-۱ حالت بدون نویز..... ۹۵
۵-۷-۲ حالت وجود نویز سفید گوسی..... ۹۷
۵-۸ **عملکرد** RMDL **بر داده‌های واقعی**..... ۹۸
۵-۹ **عملکرد** Wong MDL **برروی داده شبیه‌سازی شده**..... ۱۰۰
۵-۹-۱ عملکرد Wong MDL برروی داده شبیه‌سازی شده در حالت بدون نویز..... ۱۰۱
۵-۹-۲ عملکرد Wong MDL برروی داده شبیه‌سازی شده در حالت وجود نویز سفید گوسی..... ۱۰۲
۵-۱۰ **عملکرد** Wong MDL **برداده‌های واقعی**..... ۱۰۳
۵-۱۱ **مقایسه عملکرد** MDL **و** RMDL **و** Wong MDL..... ۱۰۴
۵-۱۱-۱ مقایسه عملکرد MDL و RMDL و Wong MDL براساس تغییرات SNR..... ۱۰۴
۵-۱۱-۲ مقایسه عملکرد MDL و RMDL و Wong MDL براساس سطح نویز گیرنده‌ها..... ۱۰۸
۵-۱۱-۳ مقایسه پیچیدگی Crude MDL و Wong MDL و RMDL..... ۱۱۱
فصل ششم: بهبود مکان‌یابی در تصویربرداری مایکروویو..... ۱۱۲
۶-۱ **مقدمه**..... ۱۱۲
۶-۲ **بهبود** MDL..... ۱۱۲
۶-۲-۱ بررسی عملکرد MDL بهبود یافته درحالت بدون نویز..... ۱۱۷
۶-۲-۲ بررسی عملکرد MDL بهبود یافته در حضور نویز گوسی سفید..... ۱۱۹
۶-۳ **بهبود مکانیابی پراکنده‌گرها با استفاده از روش مبتنی بر افزایش طول بردار مشاهدات در داده‌های واقعی**..... ۱۲۰
فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها..... ۱۲۳

۷-۱ نتیجه‌گیری ۱۲۳
۷-۲ پیشنهادها ۱۲۶
فهرست منابع و مآخذ ۱۲۹

فهرست شکل‌ها

شکل(۲-۱): سیگنال های معکوس زمانی شده و ارسال مجدد آن ها به منبع..... ۱۴

شکل(۲-۲): معکوس زمانی تا 2n تکرار..... ۱۶

شکل (۲-۳): عملکرد مطلوب الگوریتم MUSIC در مکان‌یابی ۳ پراکنده‌گر..... ۲۱

شکل (۲-۴): عملکرد نامطلوب الگوریتم MUSIC، ناشی از تخمین نادرست ۲ پراکنده‌گر به جای ۳ پراکنده‌گر و مکان‌یابی آنها..... ۲۲

شکل (۳-۱): دنباله‌های صفر و یک مربوط به مثال (۳-۱)..... ۲۶

شکل(۳-۲): روش‌های توصیف در بیان رابطه نقاط موجود در فضا الف) رگرسیون خطی ب)چند جمله‌ای از درجه n-1 ج) چندجمله‌ای با انطباق کم..... ۳۰

شکل(۳-۳): دنباله‌های ناشی از رشته‌ای به طول n..... ۳۷

شکل (۳-۴): کدکردن k با استفاده از کد پیشوندی..... ۴۱

شکل(۴-۱): راستای ورود سیگنال ناشی از d هدف در محیطی شامل p سنسور خطی گیرنده..... ۵۳

شکل(۴-۲): اعمال تخمینگر ML و MDL بر روی داده شبیه سازی شده از سه پراکنده‌گر در فرکانس 2GHZ، بدون وجود نویز..... ۶۲

شکل(۴-۳): مقایسه تابع درستنمایی L_1 و Λ در SNR=20dB..... ۷۲

شکل(۴-۴): مقایسه احتمال خطای MDL و روش وانگ(C) برحسب SNRهای مختلف برای سه هدف..... ۷۲

شکل(۵-۱): محل قرارگیری دی‌الکتریک‌ها در داده‌های واقعی برای حالت (الف) یک پراکنده‌گر و (ب) دو پراکنده‌گر..... ۷۵

شکل (۵-۲): نمونه دستگاه تصویربردارمایکروویو..... ۷۵

شکل (۵-۳): نحوه جمع‌آوری داده واقعی تصویربرداری مایکروویو..... ۷۶

شکل(۵-۴): نحوه قرار گیری آنتن‌های فرستنده و گیرنده در حالت غیر منطبق..... ۷۷

شکل(۵-۵): نحوه قرار گیری آنتن‌های فرستنده و گیرنده در حالت منطبق..... ۷۹

شکل (۵-۶): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده یک پراکنده‌گر..... ۸۰

شکل (۵-۷): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده دو پراکنده‌گر..... ۸۱

شکل (۵-۸): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده سه پراکنده‌گر..... ۸۲

شکل (۵-۹): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده پنج پراکنده‌گر..... ۸۳

شکل (۵-۱۰): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده یک پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۸۴

شکل (۵-۱۱): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده دو پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۸۴

شکل (۵-۱۲): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده سه پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۸۵

شکل (۵-۱۳): تغییرات MDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده پنج پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۸۶

شکل (۵-۱۴) :عملکرد MDL برداده‌های شبیه‌سازی شده ناشی از یک پراکنده‌گر براساس تغییرات SNR..... ۸۷

شکل(۵-۱۵): عملکرد MDL برداده‌های شبیه‌سازی شده ناشی از دو پراکنده‌گر براساس تغییرات SNR..... ۸۷

شکل(۵-۱۶): عملکرد MDL برداده‌های شبیه‌سازی شده ناشی از سه پراکنده‌گر براساس تغییرات SNR..... ۸۸

شکل(۵-۱۷): عملکرد MDL برداده‌های شبیه‌سازی شده ناشی از پنج پراکنده‌گر براساس تغییرات SNR..... ۸۸

شکل(۵-۱۸): عملکرد MDL برداده‌های شبیه‌سازی شده ناشی از ۱۸ آنتن فرستنده و ۷۲ آنتن گیرنده و در حضور سه پراکنده‌گر براساس تغییرات SNR..... ۸۹

شکل (۵-۱۹): مدل در نظر گرفته شده برای سنسورهای فرستنده و گیرنده در داده واقعی..... ۹۱

شکل(۵-۱۹): اعمال MDL برداده‌های واقعی با در نظر گرفتن گیرنده‌های مشترک (الف) در حضور یک پراکنده‌گر (ب) در حضور دو پراکنده‌گر..... ۹۲

شکل (۵-۲۰): عملکرد MDL اصلاح شده در بخش ۴ بر روی داده واقعی به منظور تعیین تعداد پراکنده‌گرها، به ازای تغییرات α. (الف) یک پراکنده‌گر و (ب) دو پراکنده‌گر..... ۹۳

شکل(۵-۲۱): معیار MDL اصلاح شده بر حسب تعداد پراکنده‌گرها در داده واقعی برای (الف) یک پراکنده‌گر و (ب) دو پراکنده‌گر..... ۹۴

شکل(۵-۲۲): تغییرات RMDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده یک پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۹۶

شکل(۵-۲۳): تغییرات RMDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده دو پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۹۶

شکل(۵-۲۴): تغییرات RMDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده سه پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۹۷

شکل(۵-۲۵): تغییرات RMDL نسبت به تعداد پراکنده‌گرها ناشی از اعمال آن به داده‌های شبیه‌سازی شده پنج پراکنده‌گر در حالت غیر منطبق..... ۹۷

شکل(۵-۲۶): عملکرد RMDL برداده‌های شبیه‌سازی شده ناشی از یک، دو، سه و پنج پراکنده‌گر براساس تغییرات SNR در فرکانس 2GHz..... ۹۸

شکل (۵-۲۷): عملکرد RMDL برداده‌های واقعی (الف) در حضور یک پراکنده‌گر (ب) در حضور دو پراکنده‌گر..... ۹۹

شکل(۵-۲۸): مقایسه تابع درستنمایی MDL و Wong MDL در تخمین تعداد پراکنده‌گرهای داده‌های شبیه‌سازی ناشی از سه پراکنده‌گر و در فرکانس 2GHz..... ۱۰۰

شکل (۵-۲۹): نتایج حاصل از اعمال Wong MDL به داده‌های شبیه‌سازی در فرکانس 2GHz..... ۱۰۱

شکل(۵-۳۰): عملکرد Wong MDL بر داده‌های شبیه‌سازی شده براساس احتمال تخمین درست نسبت به تغییرات SNR در فرکانس 2GHz..... ۱۰۲

شکل(۵-۳۱): عملکرد Wong MDL بر داده‌های واقعی (الف) در حضور یک پراکنده‌گر (ب) در حضور دو پراکنده‌گر..... ۱۰۳

شکل(۵-۳۲): مقایسه عملکرد Crude MDL, RMDL, Wong MDL برحسب SNR در فرکانس 2GHZ و یک پراکنده‌گر..... ۱۰۵

شکل(۵-۳۳): مقایسه عملکرد Crude MDL, RMDL, Wong MDL برحسب SNR در فرکانس 2GHZ و دو پراکنده‌گر..... ۱۰۵

شکل(۵-۳۴): مقایسه عملکرد Crude MDL, RMDL, Wong MDL برحسب SNR در فرکانس 2GHZ و سه پراکنده‌گر..... ۱۰۶

شکل(۵-۳۵): مقایسه عملکرد Crude MDL, RMDL, Wong MDL برحسب SNR در فرکانس 2GHZ و پنج پراکنده‌گر..... ۱۰۶

شکل(۵-۳۶): عملکرد Crude MDL, RMDL, Wong MDL برای تعداد فرستنده‌های کم در SNR=150dB و فرکانس 2GHz و تعداد سه پراکنده‌گر..... ۱۰۷

شکل(۵-۳۷): مقایسه عملکرد Crude MDL, RMDL, Wong MDL نسبت به تغییرات SNR برای تعداد فرستنده‌های کم، در محیطی شامل ۳ پراکنده‌گر و فرکانس 2GHz..... ۱۰۸

شکل(۵-۳۸): عملکرد Crude MDL, Wong MDL , RMDL نسبت به پارامتر تغییرات سطح نویز گیرنده‌ها (ρ) در محیطی شامل سه پراکنده‌گر، فرکانس 2GHz و SNR=20dB ۱۱۰

شکل(۶-۱): بررسی عملکرد قسمت جریمه MDL بهبودیافته در حالت بدون نویز برای، (الف) یک پراکنده‌گر، (ب) دو پراکنده‌گر (ج) سه پراکنده‌گر و (د) پنج پراکنده‌گر..... ۱۱۸

شکل(۶-۲): مقایسه قسمت جریمه جدید بدست آورده شده در MDL بهبودیافته با قسمت جریمه Crude MDL برای سه پراکنده‌گر و در فرکانس 2GHz در حالت بدون نویز..... ۱۱۹

شکل (۶-۴): مقایسه عملکرد Crude MDL و Refined MDL در حضور ۳ پراکنده‌گر و فرکانس 2GHZ براساس تغییرات SNR..... ۱۲۰

شکل(۶-۵): مقایسه تعیین محل پراکنده‌گرها در داده‌های واقعی تصویربرداری مایکروویو در حضور یک پراکنده‌گر و فرکانس 2GHz با در نظر گرفتن، (الف) گیرنده‌های مشترک و (ب) افزایش طول بردار مشاهدات..... ۱۲۲

شکل(۶-۶): مقایسه تعیین محل پراکنده‌گرها در داده‌های واقعی تصویربرداری مایکروویو در حضور دو پراکنده‌گر و فرکانس 2GHz با در نظر گرفتن (الف) گیرنده‌های مشترک و (ب) افزایش طول بردار مشاهدات..... ۱۲۲

شکل (۷-۱): نتایج حاصل از اعمال MDL به داده‌های واقعی برای ۱ و ۲ پراکنده‌گر در فرکانس 2GHz، در حالتی‌که طول مشاهدات آنها در هرمرحله افزایش یافته باشد..... ۱۲۷

فهرست جداول

جدول(۵-۱): مشخصات یک پراکنده‌گر در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو ۸۰

جدول(۵-۲): مشخصات دو پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو ۸۰

جدول(۵-۳): مشخصات سه پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو ۸۱

جدول(۵-۴): مشخصات پنج پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو ۸۲

جدول(۵-۵): مشخصات یک پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو حالت نامنطبق ۸۳

جدول(۵-۶): مشخصات دو پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو حالت نامنطبق ۸۴

جدول(۵-۷): مشخصات سه پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو حالت نامنطبق ۸۵

جدول(۵-۸): مشخصات پنج پراکنده‌گرها در داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو حالت نامنطبق ۸۵

جدول (۵-۹): شماره و محل قرارگیری سنسورهای فرستنده و گیرنده در مدل داده واقعی ۹۱

جدول (۵-۱۰): مقایسه میزان پیچیدگی Crude MDL, RMDL, Wong MDL ۱۱۱

واژه نامه

عنوان کامل	علامت اختصاری
Born Approximation	BA
Complex Permitivity	CP
Cramer Rao Lower Bound	CRLB
Diffraction Tomography	DT
Eigen Value Decomposition	EVD
Ground Penetrating Radar	GPR
Least Square	LS
Matrix Laboratory	MATLAB
Model Based Inversion	MBI
Minimum Description Length	MDL
Microwave Imaging	MI
Method Of Moment	MOM
Multi Static Response	MSR
Multiple Signal Classification	MUSIC
Normalized Maximum Likelihood	NML
Robust Minimum Description Length	RMDL
Renormalized Maximum Likelihood	RNML
Serial Interference Cancellation	SIC
Singular Values Decomposition	SVD

TR	Time Reversal
TRA	Time Reversal Array
UB	Unbiased
ULA	Uniform Linear Arrays

چکیده:

الگوریتم MUSIC[1] الگوریتمی مطرح در تصویربرداری مایکروویو برای مکان‌یابی اهداف (پراکنده‌گرها) می‌باشد. این الگوریتم نسبت به بازتاب‌های چندگانه بین پراکنده‌گرها مستحکم بوده و تفکیک‌پذیری خوبی در مکان‌یابی آن‌ها ارائه می‌دهد. الگوریتم MUSIC جهت مکانیابی دقیق به تعیین صحیح تعداد پراکنده‌گرها نیاز دارد. تشخیص تعداد پراکنده‌گرها، بر مبنای تعیین تعداد مقادیر ویژه فضای سیگنال انجام می‌پذیرد، که این کار در صورت عدم وجود نویز به راحتی با نگاه کردن به مقادیر ویژه ماتریس داده‌ها و جداسازی آن‌ها امکان‌پذیر است. وجود نویز و بازتاب‌های چندگانه بین پراکنده‌گرها باعث می‌شود تا مقادیر ویژه فضای نویز و فضای سیگنال به هم نزدیک شده و تشخیص تعداد پراکنده‌گرها را با مشکل مواجه نماید. تحت این شرایط بکارگیری روش‌های تخمین می‌تواند مؤثر واقع شود. لذا در این پایان‌نامه، با توجه به عملکرد خوب تخمین‌گر MDL[2] در تخمین تعداد منابع جهت تعیین راستای ورود سیگنال، روش‌های مبتنی بر آن برای حل مشکل مذکور،مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. در این پایان‌نامه به بررسی سه تخمین‌گر MDL, Wong MDL, RMDL[3] جهت تخمین تعداد پراکنده‌گرها در داده‌های تصویربرداری مایکروویو می‌پردازیم. شبیه‌سازی‌های انجام شده عملکرد مطلوب MDL را برای داده‌های شبیه‌سازی شده تصویربرداری مایکروویو در حالت حضور نویز سفید گوسی نشان می‌دهد. جهت بهبود عملکرد MDL در SNRهای پایین، در حضور نویز سفید گوسی، از روش Wong MDL استفاده نمودیم و با انجام شبیه‌سازی‌های مربوطه، در این حالت بهبود در تخمین تعداد پراکنده‌گرها نسبت به MDL برای SNRهای پایین مشاهده کردیم. از طرفی از آنجا که عملکرد MDL و Wong MDL در حضور نویز غیر سفید با مشکل مواجه می‌شود، تخمین‌گر RMDL که یک تخمین‌گر مستحکم در برابر غیر سفید بودن نویز است، برای حل این مشکل استفاده می‌شود. براساس شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان می‌دهیم که برای نویز غیر سفید RMDL عملکرد مطلوبی در تخمین تعداد پراکنده‌گرها نسبت به MDL و Wong MDL دارد و همچنین مشکل

---

[1] Multiple Signal Classification
[2] Minimum Description Length
[3] Robust Minimum Description Length

این دو تخمین‌گر را در SNRهای بالا برای تعداد مشاهدات کم برطرف می‌کند. عملکرد سه تخمین‌گر فوق برای داده‌های شبیه‌سازی شده بررسی شد و شبیه‌سازی‌های انجام شده نشان‌دهنده عملکرد مطلوب آنها برروی داده‌های شبیه‌سازی شده می‌باشد. ولی مشاهده شد که با توجه به شرایط موجود در داده‌های واقعی از جمله غیرسفید بودن نویز و کم بودن تعداد مشاهدات، این روش‌ها برروی داده‌های واقعی عملکرد مطلوبی ندارند. به منظور تخمین تعداد پراکنده‌گرها در داده‌های واقعی، روش MDL تصحیح شده را بیان نمودیم که در آن ضریب قسمت جریمه MDL را با استفاده از شبیه‌سازی بدست آوردیم. شبیه‌سازی‌های انجام شده تأیید کننده عملکرد مطلوب این روش در تخمین تعداد پراکنده‌گرها در داده‌های واقعی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تصویربرداری مایکروویو، پراکنده‌گر، الگوریتم MUSIC، MDL، RMDL، Wong MDL

فصل اول:

مقدمه

۱-۱-کلیات

تصویربرداری سینه با استفاده از پرتونگاری مایکروویو[1]، شامل تخمین توزیع خصوصیات دی‌الکتریک سینه بیمار با استفاده از یک سری محاسبات و اندازه گیری‌ها بر روی امواج پراکنده شده از بافت مورد نظر، ناشی از هدایت امواج الکترومغناطیس در باند مایکروویو (۳۰۰ مگاهرتز تا ۳۰ گیگا هرتز) به درون سینه می باشد. روش تابش انرژی به یک شیء از جهت‌های متفاوت و جمع‌آوری اطلاعات حاصل از عبور یا انعکاس انرژی و فرم دهی یک تصویر از سطح‌مقطع شیء به کمک این اطلاعات، توموگرافی نامیده می شود. این روش، از دهه ۹۰ تاکنون در مهندسی پزشکی مطرح شده و ساخت دستگاه‌های نمونه MI[2]، پتانسیل بالای کاربردی آن را نشان داده است. این روش توسط پژوهشگران ژئوفیزیک، از دهه ۸۰ به بعد، برای تست‌های غیرمخرب[3] بر روی زمین، جهت مصارف نظامی از قبیل هالوگرافی داده‌های رادار، در پردازش داده‌های GPR[4]، بیوپزشکی، مهندسی عمران و کنترل ساختارهای فلزی عمیق به منظور آشکارسازی عیوب، تغییرات یا شکاف‌های ایجاد شده در این ساختارها، تشخیص ساختار کریستال، بررسی

---

[1] Microwave Tomography
[2] Microwave Imaging
[3] Noninvasive
[4] Ground Penetrating Radar