بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه یزد

دانشکده‌ی مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی برق

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

مهندسی برق مخابرات سیستم

آشکارسازی فازی سیگنال‌های رادار

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا تابان

استاد مشاور:

دکتر حمزه ترابی

پژوهش و نگارش:

سیده مریم کریمیان موسوی

اسفند ۱۳۹۲

کلیه‌ی حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه / رساله متعلق به دانشگاه یزد است و هرگونه استفاده از نتایج علمی و عملی از این پایان‌نامه / رساله برای تولید دانش فنی، ثبت اختراع، ثبت اثر بدیع هنری، همچنین چاپ و تکثیر، نسخه‌برداری، ترجمه و اقتباس و ارائه مقاله در سمینارها و مجلات علمی از این پایان‌نامه / رساله منوط به موافقت کتبی دانشگاه یزد است.

تقدیم به:

پدرم که به من آموخت چگونه در عرصه زندگی ایستادگی را تجربه نمایم

و

مادر دلسوز و مهربانم که در دامان گهربارش، لحظه های مهربانی را به من آموخت.

تقدیر و تشکر:

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند.

از استاد راهنمای ارجمند و بزرگوارم جناب آقای دکتر محمد رضا تابان، که با سعه صدر در راه کسب علم و معرفت آنچه در توان داشتند برای من انجام دادند و پیمودن این مسیر بدون دلسوزی ها و راهنمایی های ارزنده ایشان ممکن نبود کمال قدردانی و تشکر را دارم.

همچنین از استاد مشاور بزرگوارم، جناب آقای دکتر حمزه ترابی که از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ ننمودند، بسیار سپاسگزارم.

چکیده

در این پایان‌نامه به آشکارسازی سیگنال‌های رادار در کلاتر گوسی با بکارگیری از قابلیت های منطق فازی پرداخته شده‌است که به دو مبحث قابل تقسیم است. در مبحث اول به آشکارسازی CFAR پرداخته شده‌است. یکی از مسائل مهم در آشکارسازی سیگنال رادار، آشکارسازی هدف در نویز و کلاتر غیر ایستان با شرط ثابت نگه‌داشتن احتمال هشدار غلط است که به آن آشکارسازی CFAR می‌گویند. در صورتی‌که پارامترهای کلاتر نامشخص باشند برای رسیدن به خاصیت CFAR باید این پارامترها را تخمین زد. سپس با استفاده از این پارامترها سطح آستانه‌ی آشکارساز محاسبه می‌شود و در نهایت عمل آشکارسازی انجام می‌گیرد. اما عواملی همچون لبه‌ی کلاتر و یا اهداف تداخلی باعث بروزخطا در محاسبه‌ی سطح آستانه و در نتیجه باعث افت عملکرد آشکارساز می‌شوند. لذا برآنیم تا با ارائه روش‌هایی مبتنی بر سیستم استنتاج فازی و با توجه به شرایط مختلف محیط، از آشکارسازی مناسب، که اثر این ناهمگنی‌ها را در محاسبه‌ی سطح آستانه به حداقل می‌رساند و در عین حال کمترین اتلاف اطلاعات را دارا می‌باشد استفاده نماییم. در آشکارسازی CFAR در محیط همگن، بهترین آشکارساز، CA-CFAR می‌باشد. اما عملکرد این آشکارساز درحضور ناهمگنی محیط با افت شدید مواجه می‌شود. بنابراین به معرفی آشکارساز قدرتمندی می‌پردازیم که پس از حذف کامل تمام سلول‌های ناهمگن از روش آشکارساز CA-CFAR، جهت تخمین سطح آستانه استفاده می‌کند. در نتیجه این آشکارساز دارای عملکرد بسیار بالایی در حضور هر نوع ناهمگنی در محیط می‌باشد. در مبحث دوم به مسأله آشکارسازی سیگنال راداری بر اساس تئوری آشکارسازی پرداخته شده در حالی‌که فرض می شود پارامترهای سیگنال هدف مقادیر معلومی داشته ولی دارای عدم قطعیت می‌باشند. روش آشکارسازی پیشنهادی بر پایه آزمون فرضیه‌ی فازی، از توابع عضویت در فرضیه استفاده کرده وسپس از آشکارساز نیمن‌پیرسون فازی برای این آزمون فرضیه استفاده می نماید. نتایج شبیه‌سازی نشان می دهد که در شرایط عدم قطعیت، آشکارساز پیشنهادی نسبت به آشکارساز کلاسیک غیر فازی بهتر عمل می‌کند.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

۱-۱- پیشگفتار ۲

۱-۲- ساختار پایان‌نامه ۶

فصل دوم: تئوری آشکارسازی در رادار

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- طراحی آشکارساز رادار ۱۰

۲-۳- معیارهای آشکارسازی ۱۲

۲-۳-۱- معیار نیمن‌پیرسون ۱۳

۲-۴- انواع آزمون فرضیه ۱۴

۲-۴-۱- آزمون فرضیه‌ی ساده ۱۴

۲-۴-۲- آزمون فرضیه‌ی مرکب ۱۴

۲-۵- آشکارساز بهینه..... ۱۵

۲-۶- آشکارساز شبه‌بهینه..... ۱۵

۲-۶-۱- آشکارساز UMP ۱۶

۲-۶-۲- آشکارساز GLR ۱۶

۲-۷- آشکارسازهایی با ساختار معین ۱۷

۲-۷-۱- آشکارساز خطی..... ۱۷

۲-۷-۲- آشکارساز مربعی ۱۸

۲-۸- مدل‌سازی سیگنال..... ۱۸

۲-۸-۱- مدل سورلینگ صفر ۱۹

۲-۸-۲- مدل سورلینگ I: ۱۹

۲-۸-۳- مدل سورلینگII: ۲۰
۲-۸-۴- مدل سورلینگIII: ۲۰
۲-۸-۵- مدل سورلینگVI: ۲۱
۲-۹- مدل‌سازی تداخل ۲۱

فصل سوم: آشکارسازی CFAR

۳-۱- مفاهیم اولیه..... ۲۴
۳-۲- تقسیم بندی روش‌های مختلف ۲۶
۳-۳- معیارهای مقایسه‌ی آشکارسازهای CFAR..... ۲۶
۳-۳-۱- تلفات CFAR ۲۷
۳-۳-۲- متوسط سطح آستانه‌ی آشکارسازی ADT..... ۲۷
۳-۴- آشکارساز CFAR درمحیط گوسی ۲۷
۳-۴-۱- آشکارسازCA-CFAR ۲۹
۳-۴-۲- آشکارسازهای GO-CFAR و SO-CFAR..... ۳۰
۳-۴-۳- آشکارسازهای OS-CFAR، OSGO-CFAR و OSSO-CFAR..... ۳۲
۳-۴-۴- آشکارسازهای CCA-CFAR وCGO-CFAR ۳۳
۳-۴-۵- آشکارسازهای TM-CFAR وVTM-CFAR ۳۴
۳-۴-۶- پردازشگرVI-CFAR ۳۵
۳-۴-۷- آشکارسازهای CFAR با استفاده از منطق فازی ۳۹

فصل چهارم: منطق فازی و سیستم استنتاج فازی

۴-۱- منطق فازی ۴۲
۴-۱-۱- مقدمه ۴۲
۴-۱-۲- متغیرهای زبان شناختی: ۴۳
۴-۱-۳- تابع عضویت و مجموعه‌ی فازی..... ۴۳

۴-۱-۴- عملگرهای فازی ۴۵
۴-۲- استنتاج فازی ۴۶
۴-۲-۱- توابع استلزام و روشهای فازی زدایی ۴۷
۴-۲-۱-۱- عملگر نرم T. ۴۷
۴-۲-۱-۲- عملگر نرم کمکی T^* ۴۸
۴-۲-۱-۳- روش‌های فازی زدایی..... ۴۹
۴-۲-۲- طبقه بندی روش‌های استنتاج فازی ۵۰
۴-۲-۲-۱- روش مستقیم ممدانی..... ۵۱
۴-۲-۲-۲- روش TSK..... ۵۳
۴-۲-۲-۳- روش ساده شده..... ۵۵

فصل پنجم: آشکارسازهای پیشنهادی فازی و غیرفازیCFAR

۵-۱- مقدمه ۵۸
۵-۲- آشکارساز FVCO2-CFAR ۵۹
۵-۲-۱-مدل آشکارساز ۵۹
۵-۲-۲- سیستم استنتاج فازی آشکارساز ۶۳
۵-۲-۲-۱- روش استنتاج ممدانی..... ۶۳
۵-۲-۲-۲- روش استنتاج ساده شده..... ۶۷
۵-۲-۳- نتایج شبیه سازی..... ۶۸
۵-۳- آشکارساز FVCO4-CFAR..... ۷۲
۵-۳-۱-مدل آشکارساز ۷۲
۵-۳-۲- سیستم استنتاج فازی آشکارساز ۷۳
۵-۳-۳- نتایج شبیه‌سازی..... ۷۷
۵-۴- آشکارساز FVTM-CFAR ۸۳

۵-۴-۱- مدل آشکارساز ۸۳
۵-۴-۲- سیستم استنتاج فازی آشکارساز ۸۴
۵-۴-۳- نتایج شبیه سازی ۸۹
۵-۵- آشکارساز CNC-CFAR ۹۵
۵-۵-۱-مدل آشکارساز ۹۵
۵-۵-۲-الگوریتم‌های آشکارساز ۹۷
۵-۵-۳- نتایج شبیه‌سازی ۱۰۵
۵-۶- مقایسه آشکارسازهای پیشنهادی ۱۱۳
۵-۷- خلاصه فصل ۱۱۷

فصل ششم :آشکارسازی فازی نیمن پیرسون

۶-۱- آمار و احتمال فازی ۱۲۰
۶-۱-۱- مقدمه..... ۱۲۰
۶-۱-۲- دسته بندی آزمون فرضیه‌های آماری در محیط فازی ۱۲۰
۶-۱-۳- آزمون فرضیه های فازی ۱۲۱
۶-۱-۳-۱- فرضیه های فازی..... ۱۲۱
۶-۱-۴- تعاریف مقدماتی..... ۱۲۳
۶-۱-۵- لم نیمن پیرسون برای آزمون فرضیه های فازی..... ۱۲۴
۶-۲- آشکارسازی فازی در رادار..... ۱۲۵
۶-۲-۱- مقدمه..... ۱۲۵
۶-۲-۲- عدم قطعیت در سیگنال های مخابراتی..... ۱۲۶
۶-۲-۲-۱- مدل سیستم..... ۱۲۶
۶-۲-۲-۲- تحقق آشکارساز نیمن پیرسون فازی برای مسأله..... ۱۲۸
۶-۲-۲-۳- نتایج شبیه سازی..... ۱۳۰

۶-۲-۳- عدم قطعیت در توان هدف در مدل سورلینگI ۱۳۲
۶-۲-۳-۱- مدل سیستم..... ۱۳۲
۶-۲-۳-۲- تحقق آشکارساز فازی برای مسأله..... ۱۳۴
۶-۲-۴- نتایج شبیه‌سازی ۱۳۶
۶-۳- خلاصه فصل ۱۳۸
فصل هفتم : نتیجه‌گیری و پیشنهادها
۷-۱- نتیجه‌گیری ۱۴۰
۷-۲-پیشنهادها..... ۱۴۱
منابع و مراجع..... ۱۴۳

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: نحوه‌ی سلول‌بندی در رادار ۳

شکل ۲-۱: خطاهای آشکارسازی، خطای ناشی از گم کردن سیگنال هدف (با Thr1) خطای ناشی از هشدار غلط (با Thr2) ۱۲

شکل ۳-۱: موقعیت سلول‌های پنجره‌ی مرجع حول سلول تحت آزمون ۲۵

شکل ۳-۲: ساختار یک آشکارساز CFAR ۲۸

شکل ۳-۳ :ساختار پردازشگرهای SO-CFAR, GO-CFAR, CA-CFAR ۳۱

شکل ۳-۴: ساختار آشکارساز OS-CFAR ۳۳

شکل ۴-۱:مثالی از تابع مشخصه‌ی مجموعه‌ی غیرفازی A ۴۴

شکل ۴-۲: مثالی از مجموعه‌ی فازی اعداد نزدیک به صفر ۴۵

شکل ۴-۳: ساختار سیستم استنتاج فازی ۴۷

شکل ۴-۴: انواع روش‌های فازی زدایی[۳۸] ۵۰

شکل ۴-۵: طبقه بندی روش‌های استنتاج فازی ۵۰

شکل ۴-۶: تابع عضویت برای متغیر ورودی x (شکل الف)، تابع عضویت برای متغیر ورودی y (شکل ب)، تابع عضویت برای متغیر خروجی z (شکل ج)، ۵۱

شکل ۴-۷: نمایش روند سیستم استنتاج ممدانی ۵۳

شکل ۵-۱: تابع مشخصه آماره VI ۶۰

شکل ۵-۲: تابع عضویت فازی برای آماره VI ۶۱

شکل ۵-۳: تابع عضویت فازی برای آماره MR ۶۱

شکل ۵-۴:ساختار آشکارساز FVCO2-CFAR ۶۳

شکل ۵-۵: تابع عضویت برای ضرایب c_i ۶۴

شکل ۵-۶ : نمایش قواعد استنتاج فازی و نحوه‌ی محاسبه‌ی خروجی‌ها برای ورودی‌های $(vi_{A0}=2.38, vi_{B0}=1.57, mr_0=1.48)$ ۶۷
شکل ۵-۷: نمودار P_{fa} برحسب سطح آستانه درN های متفاوت برای۶۹ آشکارساز FVCO2-CFAR ۶۹
شکل ۵-۸: نمودار P_{fa} در برابر توان نویز برای آشکارساز FVCO2-CFAR در P_{fa}=0.001 و P_{fa}=0.0001 ..... ۶۹
شکل ۵-۹: مقایسه‌ی نمودار P_d بر حسب SCR آشکارساز پیشنهادی و آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در محیط همگن به ازای $P_{fa}=10^{-4}$ و N=36 ..... ۷۰
شکل ۵-۱۰: نمودار P_d برحسب SCR در حضور یک هدف تداخلی برای آشکارساز FVCO2-CFAR در مقایسه با آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR به ازای$P_{fa}=10^{-4}$ و N=36 ..... ۷۱
شکل ۵-۱۱: نمودار P_d برحسب SCR در حضور پنج هدف تداخلی در دو نیم‌پنجره برای آشکارساز FVCO2-CFAR در مقایسه با آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR به ازای $P_{fa}=10^{-4}$ و N=36 ..... ۷۱
شکل ۵-۱۲: نمایش تقسیم‌بندی پنجره‌ی مرجع به چهار زیر پنجره در آشکارساز FVCO4-CFAR ۷۲
شکل ۵-۱۳: ساختار آشکارساز FVCO4-CFAR..... ۷۶
شکل ۵-۱۴: نمودار P_{fa} برحسب سطح آستانه درNهای متفاوت برای آشکارساز FVCO4-CFAR
شکل ۵-۱۵: نمودار P_{fa} در برابر توان نویز در$P_{fa}=10^{-3}$ و $P_{fa}=10^{-4}$ برای آشکارساز FVCO4-CFAR ۷۸
شکل ۵-۱۶: مقایسه‌ی نمودار احتمال آشکارسازی بر حسب SCR آشکارسازهای FVCO4-CFAR و VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در محیط همگن به ازای N=36 و$P_{fa}=10^{-4}$ ۷۸

شکل ۵-۱۷: نمودار احتمال آشکارسازی برحسب SCR آشکارساز FVCO4-CFAR و آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۱ام، برایCNR=13db و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۷۹
شکل ۵-۱۸: مقایسه‌ی نمودار P_{fa} بر حسب لبه‌ی کلاتر آشکارساز FVCO4-CFAR و آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در ناهمگنی ناشی از مرز کلاتر برای CNR=13db و $P_{fa}=10^{-3}$ و $N=36$ ۸۰
شکل ۵-۱۹: مقایسه‌ی نمودار P_d بر حسب لبه‌ی کلاتر آشکارساز FVCO4-CFAR و آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در ناهمگنی ناشی از مرز کلاتر برای CNR=13db و $P_{fa}=10^{-3}$ و SCR=20db و $N=36$ ۸۰
شکل ۵-۲۰: مقایسه‌ی نمودار احتمال آشکارسازی برحسب SCR آشکارساز FVCO4-CFAR و آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در حضور چهار هدف تداخلی در دو نیم پنجره و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۸۱
شکل ۵-۲۱: مقایسه‌ی آشکارساز FVCO4-CFAR و آشکارسازهای VI-CFAR و CA-CFAR و OS-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۴ام در یک نیم‌پنجره و دو هدف تداخلی در نیم پنجره دیگر،CNR=13db و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۸۲
شکل ۵-۲۲:مقایسه‌ی عملکرد آشکارساز FVCO4-CFAR در دو تابع عضویت ذوزنقه‌ای(trap) و گوسی(Gauss) در لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۲ام و$P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۸۳
شکل ۵-۲۳: تابع عضویت برای آماره‌ی *VI* در آشکارساز FVTM-CFAR ۸۶
شکل ۵-۲۴: تابع عضویت برای آماره‌ی *MR* در آشکارساز FVTM-CFAR ۸۶
شکل ۵-۲۵: تابع عضویت برای OML_A و OML_B ۸۷
شکل ۵-۲۶: تابع عضویت برای ضرایب k_i ۸۷
شکل ۵-۲۷: نمودار P_{fa} در برابر توان نویز در$P_{fa}=10^{-3}$ و $P_{fa}=10^{-4}$ برای آشکارساز FVTM-CFAR ۹۰

شکل ۵-۲۸: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR، TM-CFAR و VI-CFAR در محیط همگن و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۹۰
شکل ۵-۲۹: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR، TM-CFAR و VI-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۲ام و CNR=13db و$P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$..... ۹۱
شکل ۵-۳۰: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب لبه‌ی کلاتر آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در ناهمگنی ناشی از مرز کلاتر درCNR=13db و $P_{fa}=10^{-3}$و SCR=20db و $N=36$..... ۹۲
شکل ۵-۳۱: مقایسه‌ی نمودار P_{fa} بر حسب لبه‌ی کلاتر آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR، TM-CFAR و VI-CFAR در ناهمگنی ناشی از مرز کلاتر برای CNR=13db و $P_{fa}=10^{-3}$و $N=36$ ۹۲
شکل ۵-۳۲: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR، TM-CFAR و VI-CFAR در حضور چهار هدف تداخلی در دو نیم‌پنجره. $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$..... ۹۳
شکل ۵-۳۳: مقایسه‌ی نمودار P_d بر حسب SCR آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR، TM-CFAR و VI-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۱ام در یک نیم‌پنجره و دو هدف تداخلی در نیم‌پنجره دیگر،CNR=13db و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۹۴
شکل ۵-۳۴: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز FVTM-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR، TM-CFAR و VI-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول۳۰ام و ۴ هدف تداخلی در دو نیم‌پنجره، CNR=13db و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۹۴
شکل ۵-۳۵: ساختار آشکارساز CNC-CFAR ۹۶
شکل ۵-۳۶: بلوک دیاگرام الگوریتم Base ۹۸
شکل ۵-۳۷: نمایش حالت لبه‌ی کلاتر نزدیک سلول تحت آزمون..... ۹۹
شکل ۵-۳۸: الگوریتم M_2 ..... ۱۰۰

شکل ۵-۳۹: نمایش ناهمگنی درنیم‌پنجره‌ی موخر ۱۰۱
شکل ۵-۴۰: الگوریتم M_4 ..... ۱۰۲
شکل ۵-۴۱: نمایش ناهمگنی در نیم‌پنجره‌ی موخر ۱۰۲
شکل ۵-۴۲: الگوریتم Back ۱۰۳
شکل ۵-۴۳: نمایش ناهمگنی در هر دو نیم‌پنجره مقدم و موخر ۱۰۴
شکل ۵-۴۴: نمودار P_{fa} در برابر توان نویز در P_{fa}=0.001 و P_{fa}=0.0001 برای آشکارساز CNC-CFAR ۱۰۶
شکل ۵-۴۵: مقایسه‌ی نمودار P_d بر حسب SCR آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در محیط همگن به ازای P_{fa} =10^{-4} و N=36..... ۱۰۷
شکل ۵-۴۶: مقایسه‌ی P_d بر حسب لبه‌ی کلاتر در ناهمگنی ناشی از مرز کلاتر آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR برای P_{fa}=10^{-3} ، N=36 و CNR=18db و SCR=30db ۱۰۸
شکل ۵-۴۷: مقایسه‌ی نمودار P_{fa} بر حسب لبه‌ی کلاتر در ناهمگنی ناشی از مرز کلاتر آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR برای CNR=18db، P_{fa}=10^{-3} و N=36 ..... ۱۰۸
شکل ۵-۴۸: نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر درسلول ۱۴ام، N=36، P_{fa}=10^{-4} و CNR=20db ۱۰۹
شکل ۵-۴۹: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در حضور پنج هدف تداخلی در دو نیم‌پنجره وP_{fa}=10^{-4} ، N=36 ..... ۱۱۰
شکل ۵-۵۰: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای CA-CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۱ام و دو هدف تداخلی در نیم‌پنجره‌ی موخر و CNR=13db و P_{fa}=10^{-4}، N=36..... ۱۱۰

شکل ۵-۵۱: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای-CA CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در حضور لبه‌ی کلاتردر سلول۳۰ ام و ۴ هدف تداخلی در دو نیم‌پنجره و$CNR=13db$ و$P_{fa}=10^{-4}$ ، $N=36$ ۱۱۱
شکل ۵-۵۲: مقایسه‌ی نمودار P_{fa} برحسب لبه‌ی کلاتر در CNR های متفاوت برای CNC-CFAR به ازای $P_{fa}=10^{-3}$ و $N=36$ ۱۱۲
شکل ۵-۵۳ :مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارساز CNC-CFAR با آشکارسازهای-CA CFAR، OS-CFSR و VI-CFAR در حضور دو لبه‌ی کلاتر در سلول ۶ام و سلول ۲۷ام با $CNR_1=15db$، $CNR_2=18db$، $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۱۱۳
شکل ۵-۵۴: مقایسه‌ی نمودار P_{fa} برحسب لبه‌ی کلاتر برای آشکارسازهای پیشنهادی به ازای $CNR=16db$، $N=36$ و $P_{fa}=10^{-3}$ ۱۱۴
شکل ۵-۵۵: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب لبه‌ی کلاتر برای آشکارسازهای پیشنهادی در $CNR=16db$، $SCR=20db$،$P_{fa}=10^{-3}$ و $N=36$ ۱۱۴
شکل ۵-۵۶: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR برای آشکارسازهای پیشنهادی در حالت ۵ هدف تداخلی در$P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۱۱۵
شکل ۵-۵۷: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب آشکارسازهای پیشنهادی SCR در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول ۱۱ام و دو هدف تداخلی در نیم‌پنجره‌ی موخر و $CNR=13db$ و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۱۱۶
شکل ۵-۵۸: مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SCR آشکارسازهای پیشنهادی در حضور لبه‌ی کلاتر در سلول۳۰ام و ۴ هدف تداخلی در دو نیم‌پنجره و $CNR=13db$ و $P_{fa}=10^{-4}$ و $N=36$ ۱۱۶
شکل ۶-۱: توابع عضویت برای الف) آزمون فرضیه‌ی A ، ب) توابع عضویت برای آزمون فرضیه‌ی B،ج) توابع عضویت برای آزمون فرضیه‌ی کلاسیک ۱۲۳
شکل ۶-۲: نمودار تابع عضویت مثلثی برای S تحت دو فرضیه‌ی H_0 و H_1..... ۱۲۸
شکل ۶-۳ : مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SNR برای آشکارساز فازی و آشکارساز کلاسیک برای $P_{fa}=0.001, N=10, \sigma 2=1$ ۱۳۰

شکل ۶-۴:نمودار ROC برای مقایسه‌ی آشکارساز فازی و کلاسیک در SNR=5 و SNR=2 در r=0.5,σ^2=1،N=10 ..... ۱۳۱
شکل ۶-۵ : نمودار ROC برای مقایسه‌ی آشکارساز فازی و کلاسیک در عدم قطعیت (r) متفاوت درσ^2=1،N=10, SNR=2 ..... ۱۳۱
شکل ۶-۶ :مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SNR برای آشکارساز فازی در عدم قطعیت‌های متفاوت و آشکارساز GLR برای N=5، σ^2=1 ..... ۱۳۲
شکل ۶-۷: نمایش صعودی بودن نسبت درستنمایی در (۶-۴۰) نسبت به آماره‌ی آزمون ۱۳۵
شکل ۶-۸ : مقایسه‌ی نمودار P_d برحسب SNR برای آشکارساز فازی و آشکارساز کلاسیک برای P_{fa}=0.001,N=10,σ2=1 به ازای مقادیر مختلف عدم قطعیت توان دامنه هدف ۱۳۷
شکل ۶-۹ : نمودار ROC برای مقایسه آشکارساز فازی و کلاسیک به ازای مقادیر مختلف عدم قطعیت توان دامنه هدف (r) درσ^2=1, N=10, SNR=2 db ۱۳۷

فهرست جداول

جدول ۳-۱)محاسبه‌ی آستانه‌ی آشکارسازی برای VI-CFAR ۳۷

جدول ۵-۱) مجموعه‌ی قواعد تنظیم شده برای آشکارساز FVCO2-CFAR.....۶۵

جدول ۵-۲) ضرایب K_{MR} و K_{VI} برای آشکارساز VI-CFAR ۶۸

جدول ۵-۳) مجموعه قواعد تنظیم شده برای آشکارساز FVCO4-CFAR..... ۷۵

جدول ۵-۴) مجموعه قواعد تنظیم شده برای آشکارساز FVTM-CFAR ۸۸

جدول ۵-۵) محاسبه‌ی سطح آستانه برای آشکارسازCNC-CFAR ۱۰۵

جدول ۵-۶) ضرایب K_{MR} و K_{VI} برای آشکارساز CNC-CFAR ۱۰۶

فصل اول

مقدمه