دانشگاه صنعتی شیراز

دانشکده مهندسی برق و الکترونیک گروه مخابرات

پایان نامه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی برق گرایش مخابرات - سیستم

شنود رادارهای FMCW با استفاده از تبدیل وینر– ویل

نگارش:

سید محمد حسینی

استاد راهنما:

دکتر رضا محسنی

استاد مشاور:

دکتر صادق صمدی

شهریور ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

بسمه تعالی

شنود رادارهای FMCW با استفاده از تبدیل وینر- ویل

پایان نامه ارائه شده به عنوان بخشی از فعالیتهای تحصیلی

نگارش:

سید محمد حسینی

برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

گروه مخابرات دانشکده مهندسی برق و الکترونیک
دانشگاه صنعتی شیراز

ارزیابی پایان نامه توسط هیات داوران با درجه: عالی

دکتر رضا محسنی استادیار در رشته مهندسی برق- مخابرات سیستم (استاد راهنما)

دکتر صادق صمدی استادیار در رشته مهندسی برق- مخابرات سیستم (استاد مشاور)

دکتر محسن اسلامی استادیار در رشته مهندسی برق- مخابرات سیستم (داور)

دکتر جواد حقیقت استادیار در رشته مهندسی برق- مخابرات سیستم (داور)

مدیر امور آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشگاه:

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

اینجانب سید محمد حسینی دانشجوی رشته مهندسی برق- مخابرات سیستم مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد به شماره دانشجویی ۹۰۱۱۴۰۶۵ تأیید می نماید کلیه نتایج این پایان نامه/رساله، بدون هیچگونه دخل و تصرف ، حاصل مستقیم پژوهش صورت گرفته توسط اینجانب است. در مورد اقتباس مستقیم و غیر مستقیم از سایر آثار علمی، اعم از کتاب، مقاله، پایان نامه با رعایت امانت و اخلاق علمی، مشخصات کامل منبع مذکور درج شده است.

در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص مقامات ذی صلاح دانشگاه صنعتی شیراز، مطابق قوانین و مقررات مربوط و آئین نامه های آموزشی، پژوهشی و انضباطی عمل خواهد شد و اینجانب حق هرگونه اعتراض و تجدیدنظر را، نسبت به رأی صادره، از خود ساقط می کند. همچنین، هرگونه مسئولیت ناشی از تخلف نسبت به صحت و اصالت نتایج مندرج در پایان نامه/رساله در برابر اشخاص ذی نفع (اعم از حقیقی و حقوقی) و مراجع ذی صلاح (اعم از اداری و قضایی) متوجه اینجانب خواهد بود و دانشگاه صنعتی شیراز هیچ گونه مسئولیتی دراین زمینه نخواهند داشت.

تبصره ۱- کلیه حقوق مادی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شیراز است.

تبصره ۲- اینجانب تعهد می نماید بدون اخذ مجوز از دانشگاه صنعتی شیراز دستاوردهای این پایان نامه/ رساله را منتشر نکند و یا در اختیار دیگران قرار ندهد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: سید محمد حسینی

تاریخ و امضاء

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

کلیه حقوق مادی و معنوی مترتب بر نتایج پایان نامه متعلق به دانشگاه و انتشار نتایج نیز تابع مقرارت دانشگاهی است و با موافقت استاد راهنما به شرح زیر، بلامانع است:

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.

☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ..... ممنوع است.

نام استاد راهنما:

دکتر رضا محسنی

تاریخ:

امضا:

تقدیم به :

وجود محترم پدر و مادرم که، نه میتوانم موهایشان را که در راه عزت من سفید شد، سیاه کنم و نه برای دستهای پینه بسته شان که ثمره تلاش برای افتخار من است، مرهمی دارم . پس خدایا توفیقم ده که هر لحظه شکر گزارشان باشم و ثانیه های عمرم را در عصای دست بودنشان بگذرانم.

تشکر و قدردانی:

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید.

بدون شک جایگاه و منزلت معلم، اجّل از آن است که در مقام قدردانی از زحمات بی شائبه ی او،با زبان قاصر و دست ناتوان، چیزی بنگاریم. اما از آنجایی که تجلیل از معلم، سپاس از انسانی است که هدف و غایت آفرینش را تامین می‌کند و سلامت امانت‌هایی را که به دستش سپرده‌اند، تضمین؛ اکنون که این رساله به پایان رسیده است برخود فرض می دانم که بر حسب وظیفه و از باب " من لم یشکر المنعم من المخلوقین لم یشکر اللّه عزّ و جلّ " از استاد ارجمند جناب آقای دکتر رضا محسنی که در به پایان رساندن این پایان‌نامه ما را از راهنمایی‌های خود بی‌بهره نگذاشتند کمال تشکر را بنمایم و از خداوند منان توفیق بیشتر برای ایشان را درخواست کنم.

چکیده

شنود رادارهای FMCW با استفاده از تبدیل وینر- ویل

نگارش:

سید محمد حسینی

در میادین جدید نبرد استفاده از سیستمهای ESM[1]، RWR[2] و موشکهای ARM[3] محدودیت زیادی را برای عملکرد رادارها ایجاد می‌نمایند. بنابراین رادارهایی که برای دستیابی به برد بلند از توان بالایی استفاده می‌کنند چون براحتی توسط دشمن قابل کشف هستند، کارایی خود را از دست می‌دهند و بایستی رادارهایی استفاده شوند که بتوانند کارایی سیستمهای شنود دشمن را کاهش دهند. ازاینرو قابلیت شنود کم یا LPI[4] بودن به عنوان یک فاکتور مهم در رادارهای نظامی تبدیل گردیده است. از سوی دیگر به موازات LPI شدن رادارها، سیستم‌های شنود نیز بایستی با اصلاح عملکرد خود قابلیت آشکارسازی و مواجهه با چنین رادارهایی را پیدا نمایند.

اکثر رادارهای LPI از سیگنالینگ FMCW برای کاهش احتمال شنود خود استفاده می‌کنند بنابراین در این پایان‌نامه به بحث شنود یا آشکارسازی این سیگنال‌ها می‌پردازیم. دو ساختار مختلف برای آشکارسازی این سیگنال‌ها یکی مبتنی بر تبدیل وینر-ویل[5] و دیگری مبتنی بر تبدیل چوی- ویلیامز[6] معرفی می‌شود که هر دو از تبدیلهای زمان-فرکانس غیرخطی هستند. عملکرد این آشکارسازها در سناریوهای مختلفی که در گیرنده شنود قابل تصور است مورد بررسی قرار گرفته و با آشکارساز رادیومتری که از تکنیکهای مرسوم جهت کشف سیگنالهای راداری می‌باشد مقایسه می‌شوند. شبیه‌سازیهای انجام شده نشان می‌دهند که آشکارسازهای پیشنهادی می‌توانند به عملکردی بهتر از آشکارساز رادیومتری دست یابند. این در حالی است که با بهره‌گیری از تبدیل-های وینر-ویل و چوی-ویلیامز امکان تخمین پارامترهای سیگنال ورودی نیز فراهم می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آشکارسازی، رادارLPI، شنود، توزیع وینر-ویل و توزیع چوی- ویلیامز

---

[1] - Electronic Support Measure

[2] - Radar Warning Receiver

[3] - Anti Radiation Missile

[4] - Low Probability of Intercept

[5] -Wigner-Ville Transform

[6] - Choi-Willimas Transform

فهرست مطالب

۱فصل اول: مقدمه **۱**

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- تعریف رادار LPI ۵

۱-۳- ساختار پایان‌نامه ۷

۲.فصل دوم: بررسی تکنیکهای مورد استفاده جهت افزایش قابلیت LPI در رادار **۹**

۲-۱- مقدمه ۱۰

۲-۲- تکنیک‌های مورد استفاده جهت افزایش قابلیت LPI در رادار ۱۱

۲-۲-۱- ویژگیهای مربوط به آنتن ۱۱

۲-۲-۲- ویژگیهای مربوط به سیگنال ارسالی ۱۳

۲-۲-۳- مدیریت توان ۱۶

۲-۲-۴- ملاحظات فرکانس حامل ۱۷

2-3- سیگنال‌های مورد استفاده در رادار LPI ۱۸

۲-۳-۱- فشرده‌سازی پالسی ۱۸

۲-۴- رادار FMCW ۲۷

۲-۵- معرفی رادار PILOT و ارزیابی قابلیت شنود آن توسط گیرنده های شنود مرسوم ۳۵

۲-۶- نتیجه‌گیری ۳۷

۳.فصل سوم: روشهای شنود رادارهای LPI **۳۸**

۳-۱- مقدمه ۳۹

۳-۲- روش آشکارسازی رادیومتری ۴۶

۳-۳- تبدیل وینر-ویل ۵۰

۳-۳-۱- تابع ابهام ۵۱

۳-۳-۲- تعریف توزیع وینر-ویل ۵۲

۳-۳-۳- توزیع وینر-ویل گسسته ۵۵
۳-۳-۴- ویژگی‌های توزیع وینر-ویل ۵۷
۳-۴- توزیع چویی-ویلیامز ۶۶
۳-۵- آزمون GLR جهت کشف سیگنال FMCW از دید گیرنده شنود ۷۰
۳-۶- نتیجه‌گیری ۷۴

٤.فصل چهارم: نتایج شبیه سازی ها **۷۵**

۴-۱- مقدمه ۷۶
۴-۲- بررسی تبدیل وینر-ویل سیگنال FMCW ۷۶
۴-۳- بررسی تبدیل چویی ویلیامز سیگنال FMCW ۸۱
۴-۴- بررسی تبدیل وینر-ویل و چویی-ویلیامز سیگنال FMCW با تکنیک پرش فرکانسی ... ۸۳
۴-۵- بررسی عمکرد آشکارساز سیگنال FMCW ۸۸
۴-۵-۱- ساختار آشکارسازهای پیشنهادی مبتنی بر WVD و CWD ۸۸
۴-۵-۲- منحنی عملکرد آشکارسازی گیرنده راداری ۸۹
۴-۵-۳- منحنی عملکرد آشکارساز گیرندههای شنود ۹۱
۴-۶- نتیجه‌گیری ۱۱۱

۵.فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهادها **۱۱۲**

۵-۱- مروری بر مباحث مطرح در پایاننامه ۱۱۳
۵-۲- پیشنهادات برای تحقیقات آینده ۱۱۴

مراجع **۱۱٦**

پیوست‌ها **۱۲۰**

فهرست شکل‌ها

شکل ۱-۱ : سناریوی رادار LPI و گیرنده شنود ۷

شکل ۲-۱ : نمونه شکل پترنهای اسکن LPI : الف) اسکن فرستنده-گیرنده ب) اسکن با بخشهای چند بیمی ج) اسکن چند بیمی همه جهته..... ۱۲

شکل ۲-۲ : مقایسه رادار پالسی با رادار CW..... ۱۴

شکل ۲-۳ : ضریب جذب اتمسفر بر حسب فرکانس[۱۵]..... ۱۷

شکل ۲-۴ : تغییرات فرکانس در LFM در دو حالت up-chirp و down-chirp..... ۱۹

شکل ۲-۵ : خروجی فیلتر منطبق ۲۰

شکل ۲-۶ تکنیک کدینگ فاز باینری و معماری گیرنده با استفاده از کد بارکر ۱۳ بیتی ۲۵

شکل ۲-۷ : کد بارکر مرکب با $N_c = ۴$ ۲۶

شکل ۲-۸ : نمودار تابع خودهمبستگی یک سیگنال PSK باینری با کد بارکرمرکب۱۳ × ۳..... ۲۶

شکل ۲-۹ : بلوک دیاگرام رادارFMCW ۲۷

شکل ۲-۱۰ : فرکانس ارسالی شکل موج مثلثی..... ۲۸

شکل ۲-۱۱ : شکل موج فرستنده FMCW؛ الف) شکل مثلثی و فرکانس ضربه بدست آمده از آن بدون داپلر ب) شکل مثلثی و فرکانس ضربه بدست آمده از آن با داپلر ۳۲

شکل ۲-۱۲ : الف) شکل دندانه ارهای فرکانس ارسالی ب) اختلاف فرکانس سیگنال ارسالی و دریافتی یا فرکانس ضربان بدست آمده از آن..... ۳۳

شکل ۳-۱ : گیرنده دیجیتال مورد استفاده جهت آشکارسازی سیگنالهای LPI بلوک دیاگرام الف)گیرنده دیجیتال ب) همودایِن دو مرحله‌ای ج) همودایِن تک مرحله‌ای..... ۴۰

شکل ۳-۲ : مراحل آشکارسازی سیگنال رادار LPI [۵۲] ۴۱

شکل ۳-۳ : پارامتر تبدیل فوریه زمان- کوتاه الف) رزولوشن زمانی خوب ب) رزولوشن فرکانسی خوب ۴۳

شکل ۳-۴ : پارامتر سیگنال در حوزه زمان به همراه تبدیل فوریه زمان- کوتاه آن [۲۴] ۴۳

شکل ۳-۵ : پوشش صفحه زمان- فرکانسی تبدیل ویولت..... ۴۴
شکل ۳-۶ : نمایش حوزه فرکانس بانک فیلتر ویولت..... ۴۵
شکل ۳-۷ درخت بانک فیلتر ویولت که هم از طرف فیلتر بالاگذر و هم از طرف فیلتر پایینگذر تجزیه شده است..... ۴۵
شکل ۳-۸ : ساختار آشکارساز یک گیرنده رادیومتر [۲۸]..... ۴۷
شکل ۳-۹ عملکرد رادیومتری [۲۸]..... ۴۹
شکل ۳-۱۰ : نحوه محاسبه توزیع وینر-ویل..... ۵۴
شکل ۳-۱۱ : رابطه بین تابع ابهام و توزیع وینر-ویل..... ۵۵
شکل ۳-۱۲ : سیگنال در حوزه زمان به همراه تبدیل فوریه زمان- کوتاه آن [۲۹] ۶۵
شکل ۳-۱۳ : سیگنال در حوزه زمان به همراه توزیع وینر -ویل [۲۹]..... ۶۵
شکل ۳-۱۴ خروجی تبدیل PWVD برای دنباله کاستاس فرکانس مرکزی {۳،۲،۶،۴،۵،۱} کیلوهرتز..... ۶۹
شکل ۳-۱۵ : خروجی تبدیلCWD برای دنباله کاستاس با فرکانس مرکزی {۳،۲،۶،۴،۵،۱} کیلوهرتز [۱۵]..... ۶۹
شکل ۳-۱۶ : سیگنال دریافت شده در گیرنده شنود..... ۷۰
شکل ۴-۱ : نحوه تغیرات فرکانس سیگنال ورودی و پارامترهای آن..... ۷۶
شکل ۴-۲ : خروجی تبدیل WV برای سیگنال FMCW بدون نویز الف) شکل اندازه- فرکانسی ب) شکل فرکانس-زمانی..... ۷۷
شکل ۴-۳ : خروجی تبدیل WV برای سیگنال FMCW با SNR=0dB الف)شکل اندازه- فرکانسی ب)شکل فرکانس-زمانی..... ۷۸
شکل ۴-۴ نحوه تغیرات فرکانس سیگنال ورودی و پارامترهای آن..... ۸۰
شکل ۴-۵ خروجی تبدیل CWD برای سیگنال FMCW بدون نویز الف)شکل اندازه- فرکانسی ب)شکل فرکانس-زمانی..... ۸۱

شکل ۴-۶ خروجی تبدیل CWD برای سیگنال FMCW با SNR=0dB الف)شکل اندازه-فرکانسی ب)شکل فرکانس-زمانی..... ۸۲

شکل ۴-۷ سیگنال ورودی گیرنده با تکنیک پرش فرکانسی..... ۸۴

شکل ۴-۸ خروجی تبدیل WVD برای سیگنال FMCW با تکنیک پرش فرکانسی بدون نویز الف)شکل اندازه-فرکانسی ب)شکل فرکانس-زمانی..... ۸۵

شکل ۴-۹ خروجی تبدیل CWD برای سیگنال FMCW با تکنیک پرش فرکانسی بدون نویز الف)شکل اندازه-فرکانسی ب)شکل فرکانس-زمانی..... ۸۶

شکل ۴-۱۰ : ساختار آشکارساز پیشنهادی گیرنده شنود مبتنی برتکنیک وینر-ویل..... ۸۹

شکل ۴-۱۱ :ساختار آشکارساز پیشنهادی گیرنده شنود مبتنی بر تبدیل چویی-ویلیامز..... ۸۹

شکل ۴-۱۲ ساختار آشکارسازی در رادار FMCW بر حسب یک سوئیپ دریافتی..... ۹۰

شکل ۴-۱۳ منحنی عملکرد رادار FMCW..... ۹۱

شکل ۴-۱۴ تغییرات فرکانس سیگنال ارسالی رادار و حالت اول از نحوه دریافت سیگنال در ورودی گیرنده (دریافت کامل)..... ۹۲

شکل ۴-۱۵ حالتهای مختلف سیگنال دریافتی الف) حالت دوم دریافت ۰/۹ ابتدایی طول سیگنال ب) حالت سوم دریافت ۰/۹ انتهایی طول سیگنال ج) حالت چهام دریافت سیگنال با شکستگی در $t = ۰/۱ms$..... ۹۳

شکل ۴-۱۶ مقایسه منحنی عملکرد آشکارسازی گیرنده رادیومتری برای حالت های مختلف ... ۹۴

شکل ۴-۱۷ مقایسه منحنی عملکرد آشکارساز مبتنی بر توزیع وینر-ویل برای حالتهای اول تا سوم و حالت چهارم با نقاط شکستگی متفاوت..... ۹۵

شکل ۴-۱۸ عمکرد گیرندهٔ شنود با تکنیک وینر-ویل برای فرکانسهای حامل متفاوت..... ۹۷

شکل ۴-۱۹ مقایسه منحنی عملکرد آشکارساز مبتنی بر چویی ویلیامز برای حالتهای اول تا سوم و حالت چهارم با نقاط شکستگی متفاوت..... ۹۸

شکل ۴-۲۰ مقایسه منحنی عملکرد آشکارساز مبتنی بر توزیع وینر-ویل و چویی ویلیامز..... ۹۸

شکل ۴-۲۱ : نمودار عملکرد تبدیل وینر-ویل برای دریافت تعداد پالسهای مختلف..... ۱۰۰

شکل ۴-۲۲ : سیگنال به نویز خروجی تبدیل وینر-ویل بر حسب سیگنال به نویزهای ورودی...۱۰۲
شکل ۴-۲۳ : گین پردازشی تبدیل وینر-ویل.....۱۰۲
شکل ۴-۲۴ : عملکرد گیرنده شنود مبتنی بر تکنیک چویی-ویلیامز برای تعداد پالسهای متفاوت ۱۰۳
شکل ۴-۲۵ : مقایسه عملکرد گیرنده شنود مبتنی بر تکنیک چویی-ویلیامز و تکنیک وینر-ویل برای تعداد پالسهای متفاوت.....۱۰۴
شکل ۴-۲۶ : مقایسه عملکرد گیرنده شنود مبتنی بر تکنیک چویی-ویلیامز و تکنیک وینر-ویل و MIR برای تعداد پالسهای متفاوت.....۱۰۵
شکل ۴-۲۷ : تخمین فرکانس مرکزی برای فرکانسهای مختلف.....۱۰۶
شکل ۴-۲۸ : متوسط تخمین فرکانس مرکزی با تعداد نمونه های مختلف ۱۰۷
شکل ۴-۲۹ :خطای تخمین فرکانس با $f_c = 1kHz$ برای تعداد پالس های دریافتی متفاوت ۱۰۸
شکل ۴-۳۰ : مینییمم متوسط مربع خطای تخمین فرکانس(MMSE).....۱۰۹
شکل ۴-۳۱ : واریانس خطای تخمین فرکانس.....۱۰۹
شکل ۴-۳۲ : واریانس خطای تخمین فرکانس برای تعداد پالسهای مختلف.....۱۱۰

فهرست جدول‌ها

جدول ۲-۱ : مقایسه ویژگیهای پنجرههای رایج..... ۲۱

جدول ۲-۲ : کدهای بارکر..... ۲۴

جدول ۲-۳ : مشخصات رادار PILOT..... ۳۶

جدول ۲-۴ : مقایسه رادار پایلوت و گیرنده شنود..... ۳۶

جدول ۳-۱ ویژگیهای توزیع وینر-ویل..... ۵۸

جدول ۳-۲ خروجی توزیع وینر-ویل..... ۶۴

جدول ۴-۱ : خلاصه ای از مشخصات WVD و CWD برای سیگنالهای مطرح شده در این فصل ۸۷

جدول ۴-۲ پارامترهای سیگنال FMCW..... ۹۰

فهرست نشانه‌های اختصاری

زمان	t
زمان گسسته	n
تأخیر	τ
عملگر امید ریاضی	E
فرکانس	f
مقدار حقیقی	$\Re e\{\}$
تابع خود همبستگی	R_{XX}
تابع همبستگی متقابل	R_{XY}
توزیع وینر –ویل	WVD
توزیع چوی–ویلیامز	CWD_x
تابع بسل	$I_m(x)$
واریانس نویز یا متغییر تصادفی	σ^2
تابع طیف توان	$S_{XX}(f)$
تابع ابهام	A_{xx}

فهرست کلمات اختصاری

AF	Ambiguity Function
ARM	Anti Radiation Missile
CESM	Counter Electronic Support Measure
CVR	Crystal Vedio Receiver
CW	Continous Wave
CWD	Choi-Williams Distribution
ECCM	Electronic Counter - Counter Measure
ESM	Electronic Support Measure
EW	Electronic Warfare
FMCW	Frequency Modulated Continous Wave
FSK	Frequency Shift Keying
IFM	Instantaneous Frequency Measurement
LPI	Low Probability Interception
LPID	Low Probability of Identification
LFM	Linear Frequency Modulation
MIR	Mach Incoherent Receiver
NRL	Naval Research Laboratory
OLPI	Omnidirectional LPI
PCM	Phase Code Modulation
PSK	Phase Shift Keying
QMFB	Quadrature Mirror Filter Bank
RF	Radio Frequency
STFT	Short Time Fourier Transform
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
WT	Wavelet Transform
WVD	Wigner-ville Distribution

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه

امروزه در جنگ‌های مدرن رادارها با تهدیداتِ بسیار جدی مواجه شده‌اند. موشک‌های ضدتشعشع یا ARM[1] از یکسو و سیستم‌های مکان‌یابی رادار و بدنبال آن سیستم‌های اخلال‌گر از سوی دیگر، تهدیداتِ اصلی این رادارها به حساب می‌آیند. به عبارت دیگر در میادین نبرد جدید استفاده از سیستم-های ESM[2] ، RWR[3] و ARM محدودیت‌های زیادی را برای عملکرد رادارها ایجاد می‌کند. بنابراین در چنین جنگ‌هایی، رادارهای مرسوم که برای دستیابی به برد بلند از توان بالایی استفاده کرده و لذا براحتی توسط دشمن قابل کشف هستند، کارایی خود را از دست می‌دهند و بایستی رادارهایی استفاده شوند که علاوه بر دارا بودن قابلیت ضد جمینگ و یا ECCM خوب، از نظر CESM[4] نیز کارایی بالایی داشته و بتوانند کارایی سیستمهای ESM دشمن را کاهش دهند. از اینرو قابلیت شنود کم یا LPI[5] بودن به عنوان یک فاکتور مهم در رادارهای نظامی تبدیل گردیده و رادارهای مدرن نظامی حتماً بایستی رادارهایی LPI باشند [۱-۷].

برای مخفی ماندن از دید گیرنده‌های ESM دشمن یا به عبارتی افزایش قابلیت LPI ، دو رویکرد کلی ارائه شده است. یکی استفاده از رادارهای پسیو که از تشعشعات موجود در محیط استفاده کرده و هیچگونه تشعشعی ندارند و دیگری استفاده از رادارهای LPI اکتیو. رادارهای پسیو با توجه به ماهیت عملکرد خود رادارهایی Bi-static بوده و نیاز به نسخه‌ای از سیگنال فرستنده دارند و از سوی دیگر با توجه به عدم کنترل روی خواص سیگنال ارسالی، از دیدگاه پردازش سیگنال‌های راداری این رادارها با مشکلات زیادی مواجه بوده و دقت و حد تفکیک مطلوبی ندارند. همچنین این رادارها چون عمدتاً از تشعشعات باند UHF[6] و VHF[7] استفاده می‌کنند دارای ابعاد زیادی نیز می‌باشند و در کل این مسائل

---

[1] Anti Radiation Missile
[2] Electronic Support Measure
[3] Radar Warning Receiver
[4] Counter Electronic Support Measure
[5] Low Probability of Intercept
[6] Ultra high frequency
7 Very high frequency

کاربرد رادارهای پسیو را محدود به رادارهای مراقبت هوایی نموده است. بنابراین رادارهای LPI (اکتیو) بدلیل مواجهه نبودن با چنین مشکلاتی از محبوبیت زیادتری برخوردار شده‌اند. از طرف دیگر رادارهای LPI با توجه به استفاده از توان ارسالی پایین، نیاز به فرستنده‌های توان پرقدرت نداشته و این باعث شده که رادارهای LPI رادارهایی با حجم کم و ارزان قیمت بوده که این مسئله هم بر محبوبیت این رادارها از جنبه تجاری می‌افزاید [۸].

همان‌طور که بیان شد رادار جزءِ تفکیک ناپذیر میدان‌های جنگ می‌باشد و ابزار اصلی کمک به تسلیحات نظامی به حساب می‌آید. اگر تارخچه‌ای از گیرنده‌های شنود بررسی شود مشخص می‌گردد به محض معرفی رادار در خلال جنگ جهانی دوم، تحقیقاتی در زمینهٔ ناکارآمد کردن رادار انجام گرفت. بنابراین گیرندهٔ EW (یا گیرندهٔ شنود) برای آشکارسازی و استخراج پارامترهای سیگنال رادار مورد نیاز قرار گرفت. گیرندهٔ ویدئو کریستالی (CVR[2])، اولین و ساده‌ترین روش آشکارسازی سیگنال راداری می‌باشد که در سال ۱۹۴۸ در مرجع [۹] آمده است. روش‌های متداول دیگری برای آشکارسازی سیگنال‌های راداری استفاده شده است، می‌توان از این روش‌ها به گیرندهٔ رادیومتری، گیرندهٔ سوپرهترودین[۹] ، گیرندهٔ اندازه‌گیر فرکانس IFM[3] [۱۰]، گیرندهٔ کانالیزه [۱۱] و گیرندهٔ ترکیبی Cueing [۱۲] اشاره کرد.

با توجه به اینکه رادارها با تهدیدات جدیدی روبرو شدند رادارها به سمت پنهان کردن سیگنال خود از گیرنده‌ای شنود پیش رفتند که همان‌طور که ذکر شد اولین رادار LPI به نام PILOT در سال ۱۹۹۰ میلادی ساخته شد. بعد از ساخت این رادار بود تحقیقات بر روی شنود سیگنال‌های این رادار آغاز شد و تاکنون روش‌های متفاوتی برای آشکارسازی این رادارها پیشنهاد شده است. باید توجه داشت که متفاوت بودن روش‌های آشکارسازی بیشتر مربوط به متنوع بودن سیگنال‌های مورد استفاده در این رادار می‌باشد. احتمال پایین شنود سیگنال‌های رادار LPI قابلیت آشکارسازی گیرنده‌های شنود امروزی را با مشکل مواجه کرده است. میزان موفقیت یک رادار LPI، به میزان سخت بودن آشکارسازی سیگنال آن برای

[2] Crystal Video Receiver

[3] Instantaneous Frequency Measurement