

به کارگیری رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی

فرشاد ستاروند^{۱*}

مجید رجب پور سوسفی^۲

مرتضی اکبری آلاشتی^۳

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

کروی بودن زمین، وسعت و جغرافیای کشور و محدودیت‌های دید راداری ناشی از عوارض طبیعی و مصنوعی، کشور ج. ا. را نیازمند به کارگیری رادارهای متعدد و متنوع نموده است؛ از طرفی نوع و ماهیت تهدیدهای نوظهور (از لحاظ اندازه، سرعت پروازی، آیرودینامیک بدنه، رادارگریزی و استفاده از فناوری‌های پنهان کاری و...) تغییر نموده است؛ از طرف دیگر عوامل متعدد زیادی از جمله محدودیت پوشش راداری (آرسی‌ای) در ارتفاع پائین، ضعف در مقابل اختلال الکترونیکی و اثرات نامطلوب جوی و محیطی تأثیر زیادی بر رادارهای باند یو اچ اف دارد. تحقیق باهدف رسیدن به پاسخ این سؤال که آیا رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی راه کار مناسبی هستند؟ انجام شد. این تحقیق از نوع کاربردی بوده و روش تحقیق توصیفی و با استفاده از گردآوری اطلاعات و داده‌ها با روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای صورت پذیرفته است. رویکرد تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت آمیخته (کمی و کیفی) به عمل آمده است. در نتیجه این تحقیق محقق با این نتیجه رسیده است که: رادارهای باند وی اچ اف دارای طول موج بلند می‌باشند که قادرند اهداف هوایی را در فواصل دورتر و در ارتفاعات مختلف خصوصاً در ارتفاعات پایین را به خوبی کشف نمایند لیکن به دلیل همین طول موج بلند از دقت اندازه پارامترهای موقعیت اهداف (زاویه، ارتفاع و فاصله) و همچنین تفکیک پذیری کمتری نسبت به رادارهای باند یو اچ اف برخوردار می‌باشند.

واژگان کلیدی:

رادار، کشف، وی اچ اف، جنگ الکترونیک، پوشش راداری، پنهان کار.

^۱ کارشناس ارشد مدیریت دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران.

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران.

^۳ عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران.

* نویسنده مسئول: Email: sarinsat1388@gmail.com



مقدمه

اختراع رادار از یک پدیده فیزیکی و بسیار طبیعی به نام انعکاس گرفته شده است، امواج رادیویی و الکترومغناطیس نیز مانند صوت قابلیت انعکاس و بازتاب دارند و رادار بر اساس همین خاصیت ساده به وجود آمده است. ساده ترین رادارها در حقیقت از یک فرستنده و یک گیرنده رادیویی تشکیل می شدند. این وسایل ابتدایی فقط قادر بودند وجود اشیاء را اعلان کنند و به هیچ وجه توانایی تشخیص اندازه و ویژگی های دیگر آن را نداشتند.

یکی از عناصر مهم در جنگ ها، پنهان ماندن از دید دشمن بوده است و نیروهای زبده با حرکت سریع و یا مخفی شدن در زمان و مکان مناسب می توانند اطلاعات مورد نیاز را کسب و یا ضربات سهمگینی بر دشمن وارد و سرنوشت جنگ را تغییر دهند.

با پیشرفت فناوری در عرصه تجهیزات و وسایل نظامی، کسب اطلاعات از دشمن و یا وارد ساختن ضربه و تهاجم به دشمن از طریق هوا و نیروی هوایی اهمیت بسیاری پیدا نمود؛ به طوری که هواپیماها برای دیده نشدن، یا در ارتفاعی بالاتر از دید و قدرت کشف سامانه های کشف و شناسایی دشمن پرواز می کردند و یا این که در پایین تر از پوشش سامانه ها و استفاده از انحاء زمین و در پوشش عوارض زمینی و استفاده از دره ها، خود را از دید و توان کشف دشمن حفظ می کردند. در ادامه پیشرفت های علمی، فناوری پنهان کاری به عنوان یکی از روش های جلوگیری از کشف و شناسایی پروازهای باسرنشین یا بدون سرنشین پای به عرصه وجود گذاشت.

در عصر حاضر، فناوری پنهان کاری در قالب دور ماندن از دید بصری و الکترونیکی دشمن مزیتی قابل توجه به شمار می رود؛ تا جایی که اغلب هواپیماهای جنگنده و بمب افکن و حتی موشک ها و پهپادهای جدید، بر اساس اصول فناوری ها و تکنیک های پنهان کاری طراحی و تولید می گردند. عمل و عکس العمل میان دفاع و تهاجم به عنوان یک قانون و یک رقابت دائمی باعث گردیده که سامانه های دفاعی نیز تمام تلاش خود را برای کشف، شناسایی، موقعیت یابی، رهگیری و انهدام این هواپیماها و بی اثر نمودن اقدامات پنهان کاری به کار گرفته و از روش ها و شیوه ها و تکنیک های مختلفی استفاده نمایند؛ یکی از این اقدامات پدافندی، استفاده از رادارهای باند اچ اف و وی اچ اف می باشد؛ نتیجه عملی به کارگیری این نوع رادارها در جنگ یوگسلاوی با انهدام یک فروند هواپیمای رادار گریز اف-۱۱۷ آمریکا به خلبانی دال زیلکو در مورخه ۲۷ مارس ۱۹۹۹ میلادی توسط سامانه ضد هوایی سام ۳ با فرماندهی زولتان دن که از یک رادار وی اچ اف برای کشف هواپیماها استفاده می کرد به بار نشست و نقطه عطفی برای تولید، تکثیر و گسترش سامانه های راداری باند وی اچ اف و اچ اف گردید و کشورهای قدرتمند

از جمله چین و روسیه و همچنین دیگر کشورها را برای به کارگیری از این نوع رادارها در شبکه دفاعی و پدافند هوایی ترغیب نمود (نازارینکوف، یوری، ۲۰۱۳).

دلایل مختلف و گوناگونی از جمله کروی بودن زمین، عوارض جوی و محیطی، ظهور تهدیدات نوظهور رادارگریز با سطح مقطع راداری پایین، بالا بودن شدت رزونانس در باند وی‌اچ‌اف نسبت به باند فرکانسی یو‌اچ‌اف و... باعث گردیده است که به کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف به عنوان یک راه کار اساسی برای مرتفع نمودن ضعف رادارهای باند یو‌اچ‌اف و اقدام مقابله‌ای با تهدیدهای نوظهور و فناوری‌های جدید رادارگریزی مطرح گردد؛ در همین راستا، در سال‌های اخیر رادارهای مختلفی از جمله نبو، فتح ۱، فتح ۲، مطلع‌الفجر، ثامن و... با قابلیت‌های گوناگونی در این باند فرکانسی به خدمت گرفته شده است تا از این طریق بتوان بر ضعف رادارهای باند یو‌اچ‌اف و همچنین نارسایی‌های ناشی از پیشرفت‌های فناوری هوایی غلبه نموده و خلأهای پوشش پدافند هوایی را مرتفع نمود.

با نگرش به مطالب مطروحه بالا و تجربه ۲۲ ساله پژوهش‌گر در نیروی پدافند هوایی آجا، این دغدغه مطرح است که «آیا رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا را جهت کشف و شناسایی اهداف هوایی مناسب می‌باشند؟».

با توسعه هواپیماهای رادار گریز توسط کشورهای پیشرفته، به‌ویژه آمریکا و تلاش آنان برای نفوذ به کشورهای هدف از جمله جمهوری اسلامی ایران برای جاسوسی و انجام سایر عملیات‌های تهاجمی، راه کارهای مقابله با آن‌ها برای هر کشوری از ضرورت فزاینده‌ای برخوردار است.

اولین طرح برای انهدام اهداف رادارگریز، کشف و شناسایی آن‌ها با استفاده از رادارهای باند وی‌اچ‌اف و سپس هدایت هواپیماهای جنگنده رهگیر به سمت آن‌ها و درنهایت انهدام توسط موشک‌های حرارتی است.

رادارهای باند وی‌اچ‌اف دارای توانایی کشف اهداف در فواصل دورتر و قابلیت‌های مختلف در زمینه جنگ الکترونیک و تحرک و چالاکی در عملیات هستند.

کنش و واکنش‌های فی‌مابین سامانه‌های دفاعی خودی و سامانه‌های تهاجمی دشمن دائماً در حال تغییر و بهینه شدن است و معیارهای تاب‌آوری، قابلیت اعتماد، توان کشف ریزپرنده‌ها، کشف هواپیماهای استیلث، توان جنگ الکترونیک و... از معیارهای متناسب بودن سامانه‌های راداری در مقابل تهدیدات است لیکن با توجه به تهدیدات نوین و ویژگی‌های باندهای فرکانس راداری، برابر مصاحبه اکتشافی، بررسی عوامل ذیل در این تحقیق به عنوان عوامل مناسب بودن رادارهای باند وی‌اچ‌اف شناخته شد و مورد بررسی قرار گرفت:

- کشف اهداف هوایی معمولی (ارتفاع بالا، ارتفاع متوسط و ارتفاع کم)

- کشف اهداف هوایی با آرسی اس کم (رادارگریز و ریزپرنده)

- کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک

آنچه مسلم است این که؛ در کنار برخورداری از نیروهای متخصص و متعهد، وجود تجهیزات لازم و کافی می تواند توان رزم یک کشور را به طور فزاینده ای افزایش دهد؛ ولیکن استفاده صحیح و اصولی از سامانه های موجود عاملی خواهد بود تا توان رزم افزایش چشم گیری داشته باشد؛ پس چنانچه شناخت صحیحی از توانایی ها، مقدورات و امکانات سامانه های در اختیار در دسترس نباشد؛ نمی توان به توان رزم مطلوب موردنظر دسترسی پیدا کرد.

چنانچه فرماندهان و طراحان نبردهای هوایی چه دربخش های آفندی و چه دربخش های پدافندی، از تجهیزات و امکانات در اختیار خودآگاهی و شناخت لازم و کافی نداشته باشند؛ مسلماً نمی توانند طرح ریزی صحیحی انجام دهند.

اهداف اصلی از این مقاله رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف و شناسایی اهداف هوایی که خود به ابعاد فرعی زیر تقسیم گردیده است

۱- تبیین به کارگیری رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی (ارتفاع بالا، ارتفاع متوسط و ارتفاع کم)

۲- تبیین به کارگیری رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی با آرسی اس کم

۳- تبیین به کارگیری رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک

مبانی نظری تحقیق

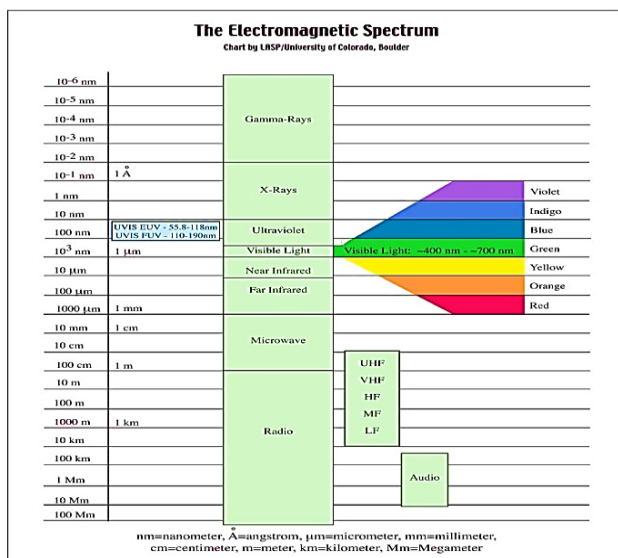
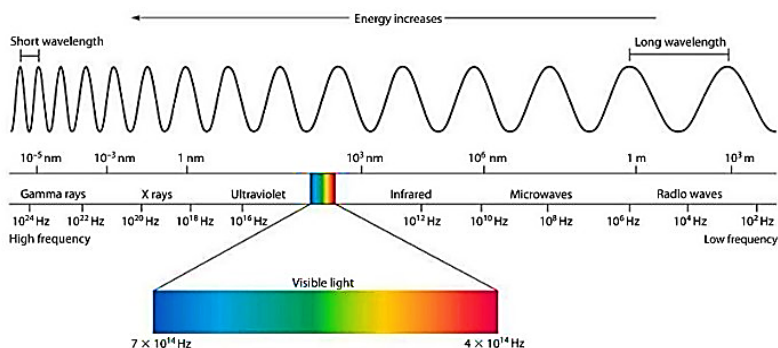
نحوه عملکرد رادار

عملکرد رادار بر اساس اندازه گیری زمان انرژی منتشرشده از رادار و انعکاس (بازتاب) آن پس از برخورد به هدف است. در یک سیستم رادار، یک آنتن که به سرعت می چرخد پرتوی از امواج الکترومغناطیسی را شامل پالس هایی کوتاه از انرژی زیاد امواج رادیویی، به خارج از خود (فضای آزاد) منتشر می کند موانعی که در معرض انرژی این امواج قرار گیرند، بخش کوچکی از این انرژی را برگشت می دهند. این امواج بازتاب شده توسط آنتن فرستنده که در این حالت به عنوان آنتن گیرنده عمل می کند، دریافت می گردد. پژواک به دست آمده از هدف ها، پس از فرایند مقایسه سیگنال های برگشتی و بازتاب شده که بسیار ضعیف هم هستند پدید می آید،

برای بهره‌برداری بر روی صفحات نشان‌دهنده رادار به نمایش درمی‌آید (قربانی، ایاز، ۱۳۹۲، ص ۳۰).

باندهای فرکانسی

در شکل زیر طول‌موج و طیف امواج الکترومغناطیس را می‌توان مشاهده نمود که طیف امواج مرئی در قسمت میانی آن قرار گرفته است.



شکل (۱) طیف فرکانسی و طول‌موج امواج الکترومغناطیسی

انواع رادار

رادارها با توجه به فرکانس کار، محیط عمل، قدرت فرستنده، حساسیت گیرنده، نوع آنتن و چندین عامل دیگر دسته‌بندی و هر یک در موارد خاصی به کارگیری می‌شوند و معمولاً هر دسته، نوع خاصی از فرستنده و سیستم پردازش سیگنال را مورد استفاده قرار می‌دهند. رادارها از نظر کاربرد به چند دسته کلی تقسیم می‌شوند:

رادارهای موج پیوسته، رادارهای پالسی دسته‌بندی می‌شوند و بر اساس محل قرارگیری آنتن‌ها به رادارهای مونواستاتیک، رادارهای بای‌استاتیک و... تقسیم‌بندی می‌شوند (سهیلی‌فر و همکاران، ۱۳۹۲ ص ۲۵).

به‌منظور درک بهتر باندهای فرکانسی و کاربرد آن‌ها در سامانه‌های راداری و برخی از ویژگی‌های انتشار این امواج، در ذیل به‌صورت مختصر به تشریح آن‌ها می‌پردازیم: (معصومی، روح‌الله، ص ۲۱۵-۲۱۱)

تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی رادارها از سال ۱۹۶۹ تاکنون:

HF	3 – 30 MHz		
VHF	30 MHz–300 MHz	↑	Search Radars
UHF	300 MHz–1 GHz		
L-Band	1 GHz–2 GHz	↑	Search & Track Radars
S-Band	2 GHz–4 GHz		
C-Band	4 GHz–8 GHz	↑	Fire Control & Imaging Radars
X-Band	8 GHz–12 GHz		
Ku-Band	12 GHz–18 GHz	↑	Missile Seekers
K-Band	18 GHz–27 GHz		
Ka-Band	27 GHz–40 GHz	↑	
W-Band	40 GHz – 100+ GHz	↑	

شکل (۲) تقسیم‌بندی باندهای فرکانسی رادارها از سال ۱۹۶۹ تاکنون

رادارهای باند وی‌اچ‌اف (ای و بی)

این دسته از موج‌ها فرکانسی کوچک‌تر از ۳۰۰ مگاهرتز دارند و قدمت زیادی دارند. چراکه این باندها لبه فناوری رادیویی در جنگ جهانی دوم بودند امروزه از این دو باند در رادارهای هشدار زودهنگام و فرا افق‌نگر استفاده می‌شود، فرکانس این باند پایین است و کمتر از دیگران تحت تأثیر عوامل جوی اما در عوض طول‌موج بزرگی دارند و این باعث کم بود دقت می‌شود، رادارهای که در فرکانس‌های کوچک کار می‌کنند نیاز به آنتن‌های فیزیکی بزرگ دارند تا دقت و وضوح زاویه را مشخص کنند و از این نظر این باندها برای افزایش دقت مقرون‌به‌صرفه

نیستند، همچنین این دو باند در محدوده رله ارتباطی و رادیویی نیز استفاده می‌شوند. این نوع رادارها دقت کمی دارند از این رو نمی‌تواند از آن‌ها برای هدایت سلاح استفاده کرد ولی برد آن‌ها بالا است و در نقش هشداردهنده برد بلند که برای رصد آسمان یک منطقه وسیع به کار می‌رود.

رادارهای باند یواچاف (سی)

فرکانس عملکرد این باند بین ۳۰۰ مگاهرتز تا ۱ گیگاهرتز است این یک فرکانس خوب برای بهره‌برداری در رادارهای با وظیفه شناسایی و ردیابی ماهواره‌ها و موشک‌های بالستیک در برد بلند است و این رادارها شرایط جوی تأثیر کمی دارد، رادارهایی که در این باند فعالیت می‌کند امروزه به عنوان رادارهای پیش‌اطار حملات موشک‌های بالستیک استفاده می‌شوند.

معمولاً سامانه‌های پدافندی قدیمی از این گونه رادارها برای هشدار در مورد حمله هوایی استفاده می‌کردند. آنتن این رادار کوچک‌تر از رادار وی/اچ/اف است برای همین برای رادار هشدار سامانه‌های پدافندی مناسب بود علاوه بر آن از این باندها در فناوری جدید رادیویی ارتباطی و کاوش اعماق زمین برای اهداف باستان‌شناسی، کشف سفره‌های آب زیرزمینی، کشف تونل‌های زیرزمینی و ... کاربرد دارد.

رادارهای باند یواچاف باند ال (دی)

فرکانس این باند بین ۱ گیگاهرتز تا ۲ گیگاهرتز است، این باندها برای کنترل دوربرد آسمان در حدود برد ۲۵۰ ناتیکیال مایل (بیش از ۴۰۰ کیلومتر) این باند پالس‌هایی با قدرت بالا و پهنای باند وسیع دارد اما مشکلی نیز دارد، رادارهای باند ال بیشتر تحت تأثیر عامل انحنای زمین قرار می‌گیرند و اهداف در ارتفاع پست را به خوبی کشف نمی‌نمایند. این رادار برای رادارهای جستجو و اخطاردهنده مورد استفاده قرار می‌گیرد از جمله برای کشف موشک‌های بالستیک و یا اهداف ارتفاع بالا.

رادار باند اس (ایبی و اف)

فرکانس این دو باند بین ۲ گیگاهرتز تا ۴ گیگاهرتز است، قدرت انتقال قابل توجهی نسبت به محدوده فرکانس‌های پایین‌تر دارد، در مورد برد و خواص مشابه باند ال هستند با این تفاوت که تأثیرپذیری از عوامل جوی بیشتری دارد از جمله رادارهای مشغول در این باند در فرودگاه‌های نظامی و غیرنظامی جهت کنترل ترافیک استفاده می‌شود. باندهای ایبی و اف معمولاً برای رادار هشداردهنده و یا جستجو استفاده می‌شود ولی رادارهای باند اس (ایبی و اف) هم هستند که به عنوان رادار هشدار با توان هدایت موشک استفاده می‌شوند.

رادار باند سی (جی و اچ)

موج‌هایی با فرکانس ۴ الی ۸ گیگاهرتز، کاربرد اصلی این باند در رادارهای نظامی است، ابعاد فیزیکی خوب رادار در کنار برد مناسب و وضوح و دقت بالا رادارهای باند سی باعث بهره جستن در امر کشف و هدایت موشک‌های پدافندی استفاده گسترده داشته باشند، هم‌چنین این رادارها جستجوی افق بهتری دارند و پرنده‌های پرواز در ارتفاع پست دربرد بیشتر نسبت به باند ال کشف می‌شوند. برخی سامانه‌های پدافندی از این رادار در نقش جستجو و هدایت آتش به شکل ترکیبی استفاده می‌کنند.

رادارهای باند ایکس و کایو (باند آی و جی)

فرکانس این باند بین ۸ تا ۱۲ گیگاهرتز است، نسبت ابعاد فیزیکی آنتن و وزن در حالتی که فاصله‌های دورتر ضروری نیست، بسیار ایدئال است، رادارها فعال در این باند دارای دقت و وضوح بالا هستند و پایین‌نگری خوبی دارند، مجموع این امکانات در رادارهای باند ایکس و کایو باعث استفاده آن‌ها در رادارهای نظامی هوایر یعنی رادارهای جنگنده‌ها شده است که در آن وزن و ابعاد فیزیکی رادار اهمیت ویژه دارد همچنین رادارهای باند ایکس با ابعاد فیزیکی کوچک و سرعت تجسس بالا و قیمت مناسب در حوزه رادارهای ناوبری مستقر در شناورهای نظامی و غیرنظامی استفاده می‌شوند. همان‌گونه که گفته شد این رادارها توان پایین‌نگری خوبی دارند و توان اجرای نقشه‌برداری راداری یا همان SAR نیز توسط رادارهای فعال در باند ایکس و کایو وجود دارد. این باند به شکل گسترده‌ای روی جنگنده‌ها، سامانه‌های پدافندی و ناوها برای هدایت موشک (رادار درگیری) استفاده می‌شود (تقریباً هر رادار که موشکی را هدایت می‌کند از این باند است). باند کی‌یو از باند ایکس دقیق‌تر ولی بردش کمتر است از این‌رو روی سامانه‌های ضد موشکی چون فلانکس استفاده می‌شوند.

رادار باند کا و کای (جی و کا)

فرکانس این باند بین ۱۲ تا ۴۰ گیگاهرتز است، این باند در مقابل شرایط جوی آب هوایی تأثیرپذیری بالایی دارد و در کنار آن برد کمی نیز دارد، اما در عوض وضوح و دقت بالا و سرعت تجسس بالایی دارد، رادارهای این باند برای هدایت آتش دربرد کوتاه استفاده دارند و در فرودگاه‌ها در نقش رادار جابه‌جایی سطحی هواپیما استفاده می‌شود. این رادارهای برای برخی سامانه‌های ضد موشکی چون سامانه گلکیپر نیز استفاده می‌شوند واضح هست که دلیل انتخاب باندهای ایکس، سی و کایو برای رادارهای تصویربرداری این است که رسیدن به رزولوشن بالا در این فرکانس‌ها ساده‌تر است و علت آن نیز این است که رزولوشن با پهنای باند نسبت عکس دارد و رسیدن به پهنای باند بالا در فرکانس‌های بالاتر ساده‌تر است.

دلیل ساده تر بودن ایجاد پهنای باند بزرگ تر در فرکانس های بالا این است که: پهنای باند عموماً به صورت درصدی از فرکانس مرکزی تولید می شود لذا هرچه فرکانس مرکزی بزرگ تر باشد، پهنای باند بالاتر خواهد بود.

در فرکانس های بالا تعداد کاربران کمتر است لذا به لحاظ عملی رسیدن به پهنای باند بزرگ تر در این فرکانس ها احتمال بالاتری دارد.

رادار باند وی (ال)

این موج فرکانس بیش از ۴۰ گیگاهرتز دارد و در مقابل عوامل جوی تأثیر پذیرای بسیار زیادی دارند. این موج کاربرد نظامی و غیرنظامی ندارد

رادار باند دبلیو (ام)

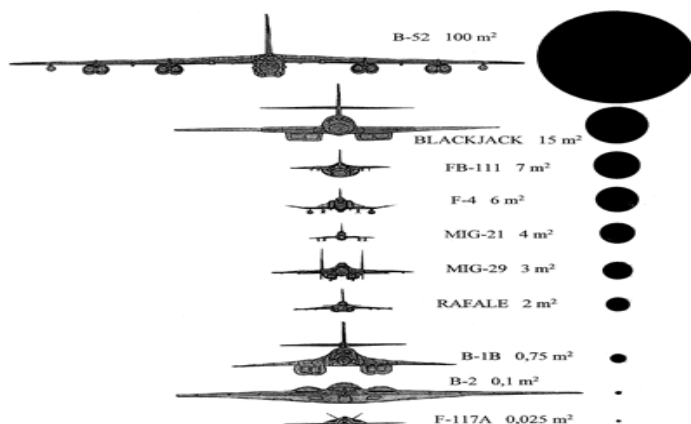
این موج فرکانس بیش از ۷۰~۷۵ گیگاهرتز دارد و در علوم غیرنظامی، مهندسی خودرو در عامل ترمز خودکار و پارک خودرو کاربرد دارند و در فرکانس های ۹۰ گیگاهرتز به بالا در امور آزمایشگاهی کاربرد دارند.

عوامل مؤثر بر پنهان کاری هواپیماها علاوه بر باند فرکانسی مورد استفاده رادارها

شامل موارد ذیل است.

الف- سطح مقطع رادار

سطح مقطع راداری که با حرف سیگما (σ) نشان داده می شود، سطحی فرضی است که سیگنال ارسالی رادار را دریافت نموده و بخشی از آن را به عنوان سیگنال برگشتی در تمام جهات به طور یکسان بازتاب نماید. سطح مقطع راداری در حقیقت محاسبه کمی نسبت چگالی



شکل (۳) سطح مقطع راداری تعدادی از هواپیماهای کنونی

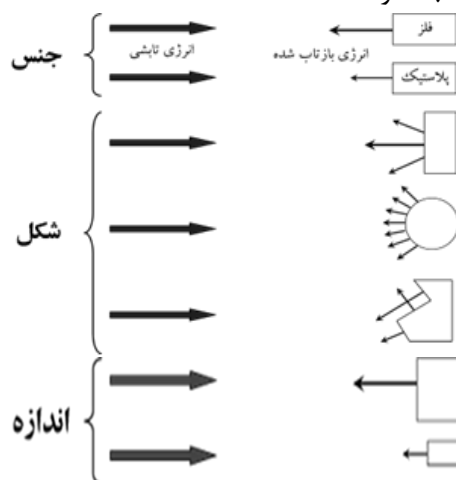
توان سیگنال

بازتاب شده به سویی گیرنده به چگالی توان موج تابشی به سویی هدف است. سطح مقطع راداری نسبت به فرکانس ثابت نیست؛ بنابراین به طور کلی سه ناحیه برای آن در نظر گرفته شده است.

- الف- اگر ابعاد هدف نسبت به طول موج ارسالی کوچکتر باشد، به آن ناحیه رایلی^۱ گویند.
 ب- اگر ابعاد هدف حدوداً برابر با طول موج ارسالی باشد، به آن ناحیه تشدید^۲ (رزونانس) گویند.
 پ- اگر ابعاد هدف چندین برابر طول موج ارسالی باشد، به آن ناحیه مرئی^۳ گویند (سهیلی و همکاران، ۱۳۹۲، ص ۷۳).

جنس، اندازه و شکل هدف هوایی^۴

انتشار امواج صفحه‌ای^۵ به سویی هدف و محاسبه پراکندگی میدان آن در همه جهتها، توزیع جریان به وجود آمده در هدف را قابل اکتساب می‌نماید، در نتیجه شکل هدف مشخص خواهد شد. محاسبه پراکندگی میدان در محدوده‌ای معین، باعث پدید آمدن اطلاعاتی در رابطه با شکل هدف می‌گردد. هر چه محدوده اندازه‌گیری شده وسیع‌تر باشد، تعیین شکل هدف به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. برای کسب اطلاعات کامل‌تر، دامنه سیگنال برگشتی و فاز پراکندگی هر دو باید محاسبه شوند.



شکل (۴) تأثیر جنس، اندازه و شکل اهداف هوایی بر سطح مقطع راداری

¹ Rayleigh Region

² Resonance Region

³ Optical Region

⁴ Target Shape

⁵ Plane Wave

با وقوع جنگ‌های مختلف و پیشرفت فناوری، روش‌های فرار از دید رادار نیز گسترش یافت. پرواز در ارتفاع بسیار بالا یا بسیار پایین و همچنین حرکت در مناطق کور راداری جز مواردی بود که در ابتدا به ذهن می‌رسید ولی دقت و اطمینان کامل جهت شناسایی نشدن را نداشت. اختلال در سیستم رادار دشمن نیز به عنوان راهکار مناسب در این راستا آزمایش شد که موفقیت چشم‌گیری را به همراه داشته ولی هنوز کافی به نظر نمی‌رسید چون که رادارها نیز هم‌زمان با آن روش‌های ضد اختلال را پیاده‌سازی می‌کردند و موفق به کشف اهداف هوایی می‌شدند. لذا روش‌های استیلث که شامل تغییر در شکل بدنه و پوشش آن بود باعث گردید که سیگنال برگشتی به رادار در این نوع هواپیماها بسیار کاهش یابد و دیگر رادارهای متعارف که بیشتر باند فرکانسی یو اچ اف یا بالاتر طراحی گردیده بودند قادر به کشف این دسته از هواپیما نگردند. استفاده از هواپیمایی بدون سرنشین در ابعاد کوچک و قابلیت‌های بسیار بالا از جمله توانایی حمل پادهای اخلاگر، ساعات پروازی طولانی، توانایی در شلیک موشک و غیره باعث گردید تا رادارها در کشف و شناسایی اشیاء پرنده استیلث و هواپیمای بدون سرنشین کارایی کمتری داشته باشند. (نازارینکوف، یوری، ۲۰۱۳)

از این رو صنایع نظامی و بنیادهای تحقیقاتی روسیه استراتژی سه‌گانه‌ای را برای مقابله با قدرت هوایی ایالات متحده گسترش دادند:

- الف- فناوری‌هایی که توانایی مغلوب کردن دستگاه‌های شناسایی برد بلند را داشته باشد.
- ب- حسگرهایی که توانایی مغلوب ساختن یا کم کردن اثر پنهان‌کاری را داشته باشند.
- ج- دستگاه‌های دفاع نقطه‌ای که توانایی درگیری و نابود ساختن موشک‌های هدایت‌شونده دقیق^۱ ایالات متحده، مخصوصاً موشک ضد تشعشع (هارم)^۲ و موشک‌های کروز را داشته باشند (زمانی، ۱۳۹۳، ۸۴).

اولین موج محصولات این تلاش سیستماتیک چند سالی است که به بازار جهانی تسلیحات نظامی وارد شده‌اند حس‌گرهایی که با توجه ویژه روس‌ها و باهدف مغلوب ساختن جنگنده‌ها و موشک‌های سطح مقطع بسیار پایین آمریکایی ساخته شده‌اند. این حس‌گرها در دو گروه قرار می‌گیرند:

- الف- رادارهای باند وی/اچ اف
- ب- سامانه‌های غیرفعال مکان‌یابی تشعشعات^۳ (زمانی، ۱۳۹۳، ۸۵).

^۱ PGM: Precision Guided Missile

^۲ HARM: High Speed Anti Radiation Missile

^۳ Passive Emitter Locating System

رادارهای وی‌اچ‌اف قدیمی که با طول موجی مابین یک تا سه متر فعالیت می‌کردند به‌عنوان تسلیحاتی مستهلک شمرده می‌شدند و به سبب قطعات بزرگ و دست و پاگیرشان زمان زیادی را برای نصب و راه‌اندازی تلف می‌کردند. رزولوشن زاویه‌ای کم، عملکرد ضعیف در پس زدن پرازیت در هنگام تعقیب اهداف در ارتفاع پست، اثرپذیری زیاد ناشی از تداخل با امواج تلویزیون، رادیو افام و سیگنال‌های رادیوهای دستی از مهم‌ترین نواقص این رادارهای وی‌اچ‌اف بود همچنین تمامی این رادارها دارای نقص عمده دریافتن ارتفاع هدف بودند و نیازمند یک رادار پشتیبان باند اس به‌منظور یافتن اطلاعات ارتفاع هدف بودند. لذا روسیه بسته‌های ارتقاء پردازش دیجیتال و فناوری نیمه‌هادی فراوانی را برای رادارهای قدیمی وی‌اچ‌اف در بازار جهانی سرازیر کرد در حقیقت از بازگشت و درخواست مجدد برای رادارهای وی‌اچ‌اف و ارتقاء این فناوری قدیمی‌تر به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین عقب‌گردهای فناوری در زمان اخیر یاد می‌شود.

ظهور رادارهای ضد پنهان‌کار وی‌اچ‌اف روسی، صحنه نبرد را برای کاربران فناوری رادار گریز آمریکایی تغییر داد. فناوری رادار گریزی به‌منظور غلبه بر امواج راداری باند اس و باند ایکس طراحی گردیده است و همچنان مشکل بزرگی برای رادارهای شناسایی و درگیری که در این باندها کار می‌کنند خواهند بود اما تنها اضافه شدن تعداد محدودی از رادارهای مدرن باند وی‌اچ‌اف به خطوط دفاعی باعث جلوگیری از غافلگیری خواهد شد و حتی فراتر از این، اگر این رادارها توانایی سه‌بعدی کاملی را ارائه دهند (تعیین محور و یافتن ارتفاع هدف) بازی به‌کلی تغییر پیدا خواهد کرد. یک رادار سه‌بعدی وی‌اچ‌اف با توان تعقیب اهداف پنهان‌کار دربرد مفید (۹۰ کیلومتر یا بیشتر) با همکاری یک رادار دیگر با دقت زاویه‌ای بالا قادر به هدایت مؤثر و مفید یک موشک زمین به هوا یا جنگنده رهگیر خواهد بود که آن‌انهدام اهداف پنهان‌کار را در پی خواهد داشت. از این‌رو هدف طراحان روسی نیز ایجاد دقت کافی در رادارهای باند وی‌اچ‌اف بوده است تا موشک یا جنگنده رهگیر را به‌قدر کافی به جنگنده پنهان‌کار نزدیک کنند تا رادار باندهای کایو و ایکس آن‌ها توانایی کشف کردن جنگنده پنهان‌کار نفوذی به خطوط دفاعی را داشته باشد. علاوه بر این تمامی جنگنده‌های روسی به یک سیستم جستجو و تعقیب فروسرخ مجهز شده‌اند و موشک‌های زیادی در انواع مختلف نیز با جستجوگرهای فروسرخ از جمله موشک‌های "ای‌ای-۱۰ ال‌امو"^۱ و "ای‌ای-۱۲ آدر"^۲ بر روی آن‌ها نصب گردیده است. (نداف، تیر ۱۳۹۲).

^۱ AA-10 Alamo

^۲ AA-12 Adder

این ایده بدین گونه است که منطقه موردنظر را با استفاده از تعداد کافی از رادارهای باند وی‌اچ‌اف پوشش داده تا از حمله غافلگیرکننده جنگنده‌های رادار گریز آمریکایی جلوگیری شود. در مرحله بعد رادارهای وی‌اچ‌اف سه‌بعدی به‌منظور شناسایی و هدایت میانه مسیر توپخانه‌های موشکی مورد استفاده قرار خواهند گرفت تا به این طریق نقیصه کوری راداری در باندهای ایکس و اس جبران شود.

چینی‌ها نیز ادعا می‌کنند که مجموعه‌ای از رادارهای باند وی‌اچ‌اف و سامانه‌های پدافندی مدرن را عملیاتی و مورد بهره‌برداری قرار داده‌اند.

مسأله‌ای که گاهی توسط طراحان روسی به آن اشاره می‌شود این است که رادارهای باند وی‌اچ‌اف کاملاً خارج از محدوده فرکانسی مورد استفاده در موشک‌های ضد تشعشع ماندای جی‌ام-۸۸ هارم و آلام که در باندهای ال و اس فعالیت می‌کنند قرار می‌گیرند بنابراین جنگنده‌ها مجبور هستند تا با مهمات دیگری به این رادارها حمله‌ور شوند (نداف، تیر ۱۳۹۲). برای مقابله با رادارهای پیشرفته باند وی‌اچ‌اف و یا رادارهای قدیمی ارتقاء یافته به‌ناچار باید از راه‌کارهای زیر استفاده نمود.

- یک‌راه حل اختلال‌گر باند وی‌اچ‌اف است که البته بسیار دشوار خواهد بود زیرا آنتن بسیار بزرگی برای آن نیاز است و این آنتن‌ها برای هواپیماهای کوچک مثل ای‌ای-۶بی و ای‌ای-۱۸ ناسازگار هستند. از طرفی با توجه به طراحی پیشرفته این رادارهای جدید نسبت به اجداد خود در جنگ سرد و توانایی پرش سریع فرکانس کاری آن‌ها، از کار انداختن رادارهای بسیار پیچیده به نظر می‌رسد و تنها محدودیت در عملکرد این رادارها، فاصله پرش فرکانس محدود ناشی از پهنای باند آنتن رادار است.
- انتخاب بعدی حمله سنگین به مناطق تحت پوشش این رادارها توسط تعداد محدودی بمبافکن یا جنگنده و استفاده از موشک‌های برد بلند و بمباران است (احسانی، ۱۳۹۴، ص ۶۱).

تفاوت رادارهای فعال^۱ با غیرفعال^۲ و رادارهای وی‌اچ‌اف با یو‌اچ‌اف

رادارهای فعال، سامانه‌های راداری هستند که در فضا موج منتشر می‌کنند و این موج‌ها بعد از برخورد به هدف منعکس، دریافت و تجزیه و تحلیل می‌شوند؛ اما سامانه‌های غیرفعال با وجود آن که هیچ انتشاری ندارند، همه انتشارات را می‌گیرند؛ یعنی بدون این‌که انتشار موجی داشته باشند امواج ساطع از رادارهای دشمن را دریافت می‌کنند.

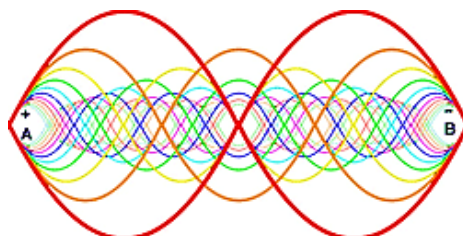
^۱ Active radar

^۲ Passive radar

به طور کلی رادارهای وی اچ اف از باند فرکانس پایین، کشف فوق العاده، تفکیک پذیری نسبتاً خوب و مقاوم در برابر ای سی ام^۱ برخوردار هستند و رادارهای یو اچ اف از باند فرکانس بالا، کشف خوب، تفکیک پذیری بسیار بالا و مقاومت مناسب در برابر ای سی ام دشمن (با استفاده از فیلترهای گوناگون) برخوردارند.

پدیده رزونانس در رادار وی اچ اف و کشف انواع پهباد، موشک و هواپیمای پنهان کار زمانی که طول موج سیگنال ارسالی از رادار قابل قیاس و تقریباً برابر با ابعاد هدف مورد نظر باشد پدیده رزونانس اتفاق می افتد و سطح مقطع راداری هدف مورد نظر عکس العمل یا بازتابی چندین برابر و حتی چند صد برابر سطح مقطع راداری معمول و عادی از خود نشان خواهد داد و لذا توان سیگنال بازگشتی به مراتب قوی تر از حالت عادی برای آن هدف خواهد بود. این ویژگی امواج باعث گردید تا طراحان به فکر استفاده از سامانه های راداری بیفتند که با به کارگیری سیگنال هایی با طول موج برابر با اهداف پرنده معمول از این پدیده نهایت استفاده را در کشف اهداف نمایند. بدیهی است که پدیده رزونانس قابلیت بسیار بالایی را به این نوع رادارها خواهد داد. این رادارها که معمولاً رادار رزونانس نیز خوانده می شوند اصولاً در باند فرکانسی با طول موج های متریک که تقریباً برابر با ابعاد اجسام پرنده فعلی است عمل می نمایند. پدیده رزونانس عامل اصلی کشف موشک های کروز و انواع پهبادها در رادارهای باند فرکانسی اچ اف و وی اچ اف می باشد. یک مثال ساده برای درک پدیده رزونانس در گیرنده ها تغییر طول آنتن رادیوها با مدولاسیون ای ام است زیرا این کار باعث می گردد تا طول آنتن رادیو به اندازه طول موج ارسالی از فرستنده رادیو برابر شده و پدیده رزونانس حادث گردیده و سیگنال ورودی به گیرنده رادیو با حداکثر توان ممکن باشد (هینکر کوشل، ۱۹۹۴، ۳۵).

البته این پدیده برای اهدافی با ابعاد مختلف، طول موج های مختلفی را نیز طلب می نماید. بنابراین برای این که یک فرستنده راداری بتواند در اهداف مختلفی پدیده رزونانس ایجاد نماید،

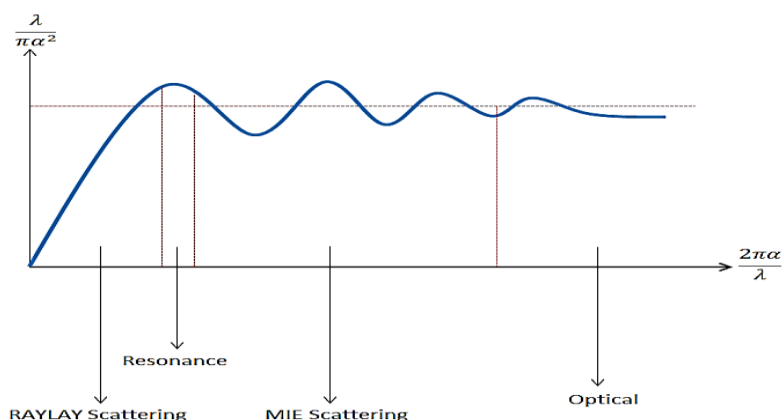


شکل (۵) پدیده رزونانس یا تشدید و امواج برگشتی از اهداف

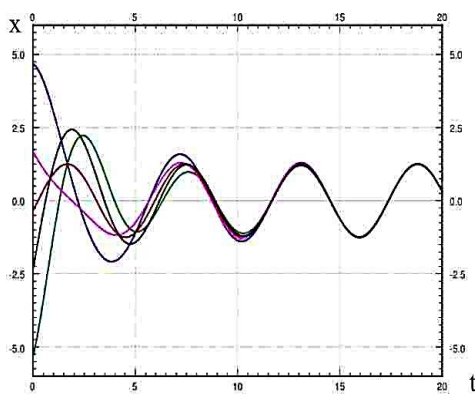
¹ ECM:electronic counter measure

بایستی پهنای باند بسیار زیادی را تحت پوشش قرار دهد. نمودار زیر بازه رزونانس را در بین پدیده‌های پخش رایلی و پخش مای ارائه می‌دهد.

شکل زیر نشان می‌دهد که پدیده رزونانس تنها در بازه کوچکی از سطح مقطع راداری اتفاق می‌افتد و در سایر سطوح پدیده پخش رایلی و مای حادث خواهد شد که اثر چندانی در کشف اهداف ندارند. (مقدم، ۱۳۹۳، ص ۱۰۵).

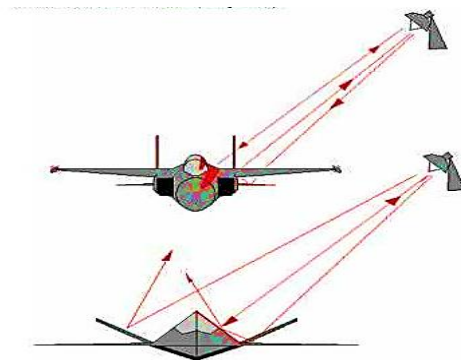


شکل (۶) واکنش سطح مقطع راداری با اندازه‌های مختلف در برابر امواج الکترومغناطیس



شکل (۷) نمودار محدوده جذب، پراکنش و انعکاس امواج راداری

شکل فوق نشان می‌دهد که وقتی اندازه سطح مقطع راداری در برابر طول موج امواج الکترومغناطیس خیلی کم باشد پدیده پخش رایلی اتفاق می‌افتد مثل آنچه در آسمان آبی



شکل (۸) شکل تأثیر سطوح آئرو دینامیک هواپیماها بر انعکاس امواج راداری

هرروز شاهد آن هستیم و ذرات معلق در هوا طول موج آبی رنگ سفید را پراکنش می‌کنند. در بخش کوچکی از سطح مقطع راداری پدیده رزونانس اتفاق می‌افتد که اندازه سطح مقطع با طول موج رابطه دارد. در سایر حالات که اندازه سطح مقطع راداری از طول موج بزرگ‌تر می‌شود پدیده پخش مای اتفاق می‌افتد که در طبیعت به‌طور فراوان وجود دارد (سهیلی فر و همکاران، ۱۳۹۲، ص ۷۵).

اشیاء در برخورد با امواج الکترومغناطیس با توجه به اندازه خود سه واکنش نشان می‌دهند.

جذب^۱

پراکنش^۲

انعکاس^۳

انعکاس دارای دو حالت دارد منظم یا نامنظم.

انعکاس منظم مثل برخورد نور با آئینه و نامنظم مثل برخورد نور به سطح یک قاشق غیر صیقلی.

توجه داشته باشیم که کشف اهداف توسط یک رادار به علت پدیده انعکاس نامنظم امواج الکترومغناطیس اتفاق می‌افتد نه پراکنش. (ژئومینگ لی، جولای ۲۰۱۶)

^۱ Absorb

^۲ Scatter

^۳ Reflect

حال در هواپیماهای پنهان کار یکی از روش‌های پنهان کاری این است که تلاش می‌شود با طراحی سطوح به صورت صاف و تخت پدیده انعکاس نامنظم از بین رفته و انعکاس منظم حادث شود. در این صورت امواج پس از برخورد به هدف با همان زاویه به سمت مخالف رادار منعکس می‌شوند در حالی که در انعکاس نامنظم امواج به همه جهات منعکس می‌شوند که بخشی از آن به سمت رادار خواهد بود (کریمی، ۱۳۹۲، ص ۴۲).

طبیعتاً بهترین راه برای جلوگیری از آتش پدافند دشمن پرهیز از کشف شدن توسط انواع سامانه‌های راداری است. از آنجایی که سیگنال دریافتی توسط رادار، متناسب با سطح مقطع راداری هدف است، لذا کاهش مؤثر قدرت سیگنال برگشتی توسط هدف می‌تواند تا حد زیادی احتمال آشکارسازی آن را کاهش و کشف هدف را با چالش روبرو نماید.

برای این منظور در سال‌های اخیر فناوری جدیدی جهت مطالعه بر روی مواد و هندسه‌های ساختاری توسعه یافته است که قادر است سطح مقطع راداری هدف را به حداقل برساند. این تکنیک‌ها معمولاً تکنیک‌های پنهان کار نامیده می‌شوند و حامیان این فناوری در آمریکا، آن را نامرئی نیز می‌نامند. فناوری پنهان کار بر اساس چند اصل زیر عملی است:

- استفاده از مواد جاذب فرکانس راداری آرای^۱م به طوری که قسمت‌های فلزی مانند لبه‌های اتصال ورودی‌های موتور که انتشار اصلی را به وجود می‌آورند را بپوشانند.

- استفاده از مواد شفاف یا فرامایه که امواج رادیویی را از خود عبور می‌دهند. نظیر فیبر کربن که سطح بزرگی از بال‌ها را از این جنس می‌سازند.

- استفاده از اشکال هندسی که حداقل پخش امواج را ایجاد نموده و آن‌ها را در جهت‌های مختلف خارج از جهت تابش متمرکز می‌نمایند. به عنوان مثال لبه‌های با حداقل زاویه و عدم حضور دوسطحی‌ها که می‌توانند مانند منعکس کننده‌های زاویه‌ای رفتار نمایند.

- استفاده از موادی شبیه آینه به منظور اجتناب از اثر منعکس کننده‌های گوشه‌ای به عنوان مثال افزودن رشته‌های بسیار نازک در مواد شفاف پوشش دهنده.

- کاهش مشخصه مادون قرمز و پوشاندن اگزوزها از طریق نصب آن‌ها در بالای بدنه هواپیما

- مناسب بودن اتصال مهمات و اقدامات متقابل در داخل بدنه هواپیما.

همچنین این رادار برای کشف انواع پهپادهای میکرو^۲، کوچک^۳، تاکتیکی^۴ و بزرگ^۱ کارایی دارد (موسوی، ۱۳۹۵، ص ۱۱۰-۱۱۲).

^۱ RAM: Radar Absorbing Material

^۲ Micro

^۳ Small

^۴ Tactical

رادارهای وی‌اچ‌اف در جنگ الکترونیک

جنگ الکترونیک یک عملیات نظامی است که از امواج الکترومغناطیس انرژی مستقیم استفاده می‌کند و امواج الکترومغناطیسی مورد استفاده دشمن را کنترل و موردتهاجم قرار می‌دهد در حال حاضر کلیه رشته‌ها و بیشتر سامانه‌ها و تجهیزات نظامی متأثر از توانمندی‌های جنگ الکترونیک هستند اکنون در نیروهای مسلح کشورهای پیشرفته جنگ الکترونیک از ساختار، سازمان، زیرساخت مهندسی، سیستم معماری شبکه تجهیزات و آموزش خاص و منحصربه‌فردی برخوردار است و دارای هدف کاملاً مستقل یعنی پشتیبانی از مأموریت واگذاری شده به فرمانده است.

به‌طور کلی جنگ الکترونیک عبارت است از عملیات نظامی شامل به کار بردن امواج الکترومغناطیس به‌منظور تشخیص، بهره‌برداری، کاهش یا ممانعت از به کار بردن امواج الکترومغناطیس توسط دشمن و تخریب یا مسدود کردن کلیه فعالیت‌های دشمن و استفاده مؤثر از امواج الکترومغناطیس خود. (موسوی، ۱۳۹۵، ص ۱۸).

اقدامات ضدضدالکترونیک^۲

اقداماتی است که استفاده نیروی خودی را از امواج الکترومغناطیس علی‌رغم اقدامات ضد الکترونیک دشمن فراهم می‌آورد

امکانات مقابله با پارازیت‌های دشمن در سامانه‌های راداری به‌صورت زیر تعریف شده است:

۱- امکانات نصب‌شده در دستگاه‌های فرستنده و گیرنده

۲- امکانات نصب‌شده در نشان‌دهنده‌های راداری

اکثر امکانات ضد الکترونیک برای مقابله با پارازیت‌های دشمن در دستگاه‌های فرستنده نصب‌شده است اما اگر دشمن موفق شود از این مرحله عبور کند و بر روی سیستم راداری تأثیر بگذارد از امکانات و روش‌های دیگری که در قسمت گیرنده و نشان‌دهنده‌های راداری تعبیه شده است استفاده می‌شود که بعضی از این امکانات عبارت‌اند از:

ثابت سریع زمانی^۳، حذف اشعه فرعی آنتن^۴، یکپارچه کننده سیگنال تصویری ویدئو^۵، دیکسی فیکس^۶، نشان‌دهنده اهداف متحرک^۷ (روش کوهرنت^۱ یا غیر کوهرنت^۲)، نسبت ثابت

^۱ Endurance

^۲ ECCM: electronic counter counter measures

^۳ FTC: Fast Time Constant

^۴ SLB: Side Lobe Blanking

^۵ Video Integration

^۶ Dickie-fix

^۷ MTI: moving target indicator

میزان سیگنال دروغین^۳، سیستم کد کردن پالس ضد کلاتر^۴، تکنیک‌های جلوگیری از اشباع رادار^۵ (الف- فرکانس میانی لگاریتمی^۶ - ب. کنترل بهره خودکار لحظه‌ای^۷ - د. کنترل بهره اتوماتیک سریع^۸ - ز. کنترل حساسیت زمانی گیرنده^۹)، محدودکننده اتوماتیک نویز تصویری^{۱۰}، کور کردن قطاع از رادار^{۱۱}، تکنیک‌های جلوگیری از گمراهی رادار ردیاب تکنیک‌های کنترل پالس^{۱۲} (الف - تشخیص پهنای پالس^{۱۳} - ب- تشخیص شکل پالس^{۱۴} - پ- تغییرات تواتر ضربان)، ضربان)، تعیین موقعیت پارازیت با سمت‌یابی، تنوع فرکانسی^{۱۵}، تغییر سریع فرکانس^{۱۶}، تکنیک تغییر دادن پالس^{۱۷}، تغییر پلاریزاسیون^{۱۸} (خطی^{۱۹} یا حلقوی). (مسعودی و همکاران، ۱۳۹۵، ص ۷۱)

روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر از نوع تحقیق کاربردی بوده و روش تحقیق توصیفی در دستور کار قرار گرفته است. روش‌های گردآوری اطلاعات و داده‌ها در تحقیق به عمل آمده عبارت‌اند از روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای؛ به‌طوری‌که در این راستا از ابزارهای مصاحبه با صاحب‌نظران، مطالعه اسناد و مدارک (مطالعه منابع) و پرسشنامه استفاده لازم و کافی صورت پذیرفته است. رویکرد تجزیه و تحلیل داده‌ها به صورت آمیخته (کمی و کیفی) به عمل آمده است.

جامعه مورد مطالعه در این تحقیق مشتمل بر کتب، اسناد و مدارک، مقالات مرتبط با موضوع و همچنین مصاحبه با صاحب‌نظران قرارگاه پدافند هوایی کشور، نیروی پدافند هوایی آجا، شبکه یکپارچه پدافند هوایی و سامانه‌های راداری در حوزه کشف و شناسایی است.

¹ Coherent

² Noncoherent

³ CFAR: Constant False Alarm Rate

⁴ CPACS: coded pulse anti clutter system

⁵ Anti saturation techniques

⁶ Log. IF

⁷ Instantaneous Automatic Gain Control

⁸ Fast Automatic Gain Control

⁹ STC: sensitivity time control

¹⁰ AVNL: Automatic video noise limiting

¹¹ Blanking sector

¹² Pulse control techniques

¹³ PWD: pulse width discrimination

¹⁴ PSD: pulse shape discrimination

¹⁵ Frequency diversity

¹⁶ Frequency agility

¹⁷ Staggered PRF

¹⁸ Polarization Diversity

¹⁹ Linear Polarization

جامعه آماری تحقیق متشکل از کلیه افسران کنترل شکاری، اپراتورهای رادار و افسران و درجه‌داران نگهداری و تعمیر که در سامانه‌های راداری وی‌اچ‌اف موجود در نیروی پدافند هوایی آجا و شبکه یکپارچه پدافند هوایی خدمت می‌نمایند و به‌نوعی یا دوره‌دیده این سامانه‌ها هستند و یا با این سامانه‌ها و نحوه عملکرد و مقدرات آن‌ها مرتبط می‌باشند؛ به‌گونه‌ای که تعداد آن‌ها ۱۱۰ نفر است. حجم جامعه نمونه با استفاده از فرمول کوکران (با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد و قبول سطح خطای ۵ درصد) تعداد ۵۰ نفر محاسبه گردیده است. در این تحقیق، جامعه آماری و پرسش‌شوندگان از افسران کنترل شکاری، اپراتورهای رادار و کارکنان نگهداری و تعمیر رادار می‌باشند؛ لذا روش نمونه‌گیری تصادفی طبقاتی متناسب ملحوظ نظر قرار گرفته است.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات و داده‌ها

گام‌های تجزیه و تحلیل کیفی اهداف فرعی تحقیق بر اساس مطالعه اسناد و مدارک (مطالعه منابع) و مصاحبه با صاحب‌نظران با جمع‌بندی اطلاعات، پردازش اطلاعات تبیین (واگرایی)، تقارب (همگرایی نسبی) و تقاطع (همگرایی مطلق) میان اطلاعات و درنهایت استنتاج (قضاوت) انجام گردید.

گام‌های تجزیه و تحلیل کمی فرضیه‌های تحقیق بر اساس پرسشنامه:

گام اول: تدوین فرضیه‌های پژوهشی و فرضیه‌های آماری

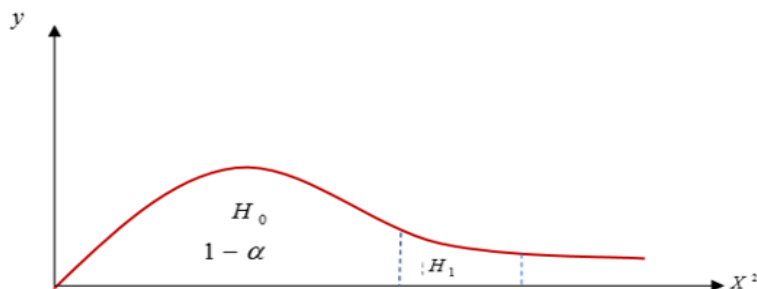
گام دوم: محاسبه آماره آزمون

$$\chi^2 = \sum \frac{(F_o - F_e)^2}{F_e}$$

گام سوم: محاسبه آماره بحرانی (آماره جدولی)

$$\chi^2_{\alpha df}$$

گام چهارم: قضاوت (تصمیم‌گیری)



محاسبه ضریب شدت توافقی

$$c = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + n}}$$

انجام گردید.

الف- تجزیه و تحلیل کمی داده‌ها

در این تحقیق برای بررسی کمی و تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع آوری شده از آمار توصیفی و استنباطی استفاده شده است.

الف- تجزیه و تحلیل توصیفی اطلاعات فردی جامعه نمونه

به منظور شناسایی ویژگی‌های فردی اعضای جامعه نمونه طی ۳ سؤال در خصوص سابقه خدمت، محل سازمان و سطح تحصیلات طرح گردید.

نتایج حاصله این واقعیت را نشان داد که حدود ۸۴٪ افراد جامعه نمونه دارای سنوات خدمتی (بالای ۱۵ سال) می‌باشند. لذا جامعه نمونه از نظر تجربه خدمتی از توانایی و مهارت لازم جهت اظهار نظر در خصوص متغیرهای مورد بررسی برخوردارند که این امر تأثیر زیادی در بالا بردن روایی پاسخ‌های پرسش‌شوندگان خواهد داشت.

همچنین در حدود ۷۶٪ افراد جامعه نمونه دارای محل سازمانی بالای فرهنگی می‌باشند. در نتیجه جامعه نمونه از نظر جایگاه سازمانی در سطوح بالای سازمانی و در مشاغل مدیریتی بوده و در نتیجه اشراف کامل و مناسبی به موضوع برخوردار بوده و دسترسی بیشتری به شناخت معایب و مزایای سامانه‌های موجود در سازمان دارند که این امر تأثیر زیادی در بالا بردن روایی پاسخ‌های پرسش‌شوندگان خواهد داشت.

علاوه بر این نتایج حاصله بیانگر بالا بودن سطح تحصیلات و آگاهی جامعه نمونه است، لذا از توان علمی بالایی جهت درک بهتر سؤالات و پاسخگویی مناسب به آن‌ها برخوردارند که می‌توان پس از تجزیه تحلیل اطلاعات، نتایج حاصل را به کل جامعه آماری تعمیم داد که این امر روایی پاسخ‌های پرسش‌شوندگان را بیشتر می‌کند.

تجزیه و تحلیل توصیفی داده‌ها (یافته‌های سؤالات تخصصی)

فرضیه اول: به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی/اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی ارتفاع بالا، ارتفاع متوسط و ارتفاع کم را فراهم نمایند.

فرضیه دوم: به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی/اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی با آرسی اس کم اهداف هوایی را فراهم نمایند.

فرضیه سوم: به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک را فراهم نمایند.

تجزیه و تحلیل‌های کمی انجام‌شده نشان می‌دهد که به ترتیب ۷۴٪ و ۷۲٪ و ۵۰٪ و ۸۴٪ از جامعه نمونه معتقدند که می‌توان رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا را به‌منظور فرضیه‌های یک تا چهار مناسب می‌باشند.

تجزیه و تحلیل استنباطی و آزمون فرضیه‌ها

نتایج حاصله بیانگر این واقعیت است که در حدود ۷۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که به‌کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی در ارتفاعات بالا، متوسط و پایین مناسب خواهد بود و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته‌اند. نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه اول که میانگین آن برابر ۴ با واریانس ۱/۳۹ و انحراف معیار ۱/۱۸ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی جهت کشف اهداف هوایی در ارتفاعات بالا، متوسط و پایین در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

به همین ترتیب برای فرضیه‌های ۲ و ۳ و ۴ نتایج حاکی از این است که نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه دوم که میانگین آن برابر ۳/۹۶ با واریانس ۱/۵۶ و انحراف معیار ۱/۲۵ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی به‌منظور کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم در حد موافقم و بالاتر بوده است.

نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه سوم که میانگین آن برابر ۳/۵۸ با واریانس ۱/۲۶ و انحراف معیار ۱/۱۲ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی به‌منظور شناسایی اهداف هوایی در حد موافقم و بالاتر بوده است.

نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه سوم که میانگین آن برابر ۳/۹۸ با واریانس ۰/۴۱ و انحراف معیار ۰/۲۱ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا به‌منظور کشف اهداف هوایی در زمان جنگ الکترونیک در حد موافقم و بالاتر از آن

بوده است. برای کلیه فرضیه‌ها، با توجه به تحلیل استنباطی و آزمون χ^2 و با در نظر گرفتن مقدار بحرانی و مقدار آماره آزمون به‌دست‌آمده، از آنجاکه آماره آزمون با درجه آزادی ۴ و سطح

معنی‌دار ۰/۰۵، در ناحیه H_1 قرار می‌گیرد و از مقدار بحرانی جدول بزرگ‌تر است، لذا

فرضیه صفر H_0 رد و فرضیه ادعا H_1 تأیید می‌گردد، بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه‌شوندگان و پژوهش خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق است.

ب- تجزیه و تحلیل آمیخته (کمی و کیفی) اهداف

تجزیه و تحلیل آمیخته هدف یکم

بر اساس تلخیص اطلاعات از اسناد و مدارک، صاحب‌نظران و پردازش اطلاعات جمع‌آوری‌شده، تجزیه و تحلیل کیفی داده‌های مربوط به هدف جزئی اول رادارهای باند وی‌اچ‌اف در باند فرکانسی ۳۰ الی ۳۰۰ مگاهرتزی فعالیت دارند و دارای طول‌موج بلند می‌باشند که قادرند اهداف هوایی را در فواصل دورتر و در ارتفاعات مختلف خصوصاً در ارتفاعات پایین رادارند لیکن به دلیل همین طول‌موج بلند از دقت اندازه پارامترهای موقعیت اهداف (زاویه، ارتفاع و فاصله) و همچنین تفکیک‌پذیری کمتری برخوردار می‌باشند. این رادارهای برای کشف اهداف هوایی ایستایی در خارج از فضا و قلمرو کشور و جلوگیری از غافلگیری مناسب می‌باشند لیکن جهت هدایت هواپیماهای شکاری در مأموریت رهگیری هوایی و همچنین هدایت سامانه‌های موشکی و دفاعی کارایی مناسب ندارند.

نتایج حاصله مؤید این واقعیت است که در حدود ۷۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که به کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی در ارتفاعات بالا، متوسط و پایین مناسب خواهد بود و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته‌اند. با توجه به جدول در مورد نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه اول که میانگین آن برابر ۴ با واریانس ۱/۳۹ و انحراف معیار ۱/۱۸ است، به نظر می‌رسد که به کارگیری رادارهای وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی جهت کشف اهداف هوایی در ارتفاعات بالا، متوسط و پایین در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه‌شوندگان و پژوهش خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق ((به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی در ارتفاع بالا، متوسط و پایین را فراهم نمایند.)) است.

تجزیه و تحلیل آمیخته هدف دوم

رادارهای باند وی‌اچ‌اف در باند فرکانسی ۳۰ الی ۳۰۰ مگاهرتزی فعالیت دارند و دارای طول‌موج بلند می‌باشند که قادرند اهداف هوایی را در فواصل دورتر و در ارتفاعات مختلف خصوصاً اهداف کوچک و رادار گریز و اهداف با سطح مقطع پراکنده را به خوبی کشف نمایند. تأثیر فناوری رادارگریزی و استفاده از رنگ‌های جاذب امواج الکترومغناطیسی و همچنین شکل آئرودینامیکی اهداف پرنده تأثیر چندانی بر رادارگریزی در باند راداری وی‌اچ‌اف نداشته و این

سامانه‌ها توانایی کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم و سطح مقطع پایین رادارند این رادارهای برای کشف اهداف هوایی ایستایی در خارج از فضا و قلمرو کشور و جلوگیری از غافلگیری مناسب می‌باشند.

نتایج حاصله مؤید این واقعیت است که در حدود ۷۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که به‌کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم مناسب خواهد بود و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته‌اند. با توجه به جدول در مورد نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه اول که میانگین آن برابر ۳.۹۶ با واریانس ۱.۵۶ و انحراف معیار ۱.۲۵ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی جهت کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه‌شوندگان و پژوهش خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق ((به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم را فراهم نمایند)) است.

تجزیه و تحلیل آمیخته هدف سوم

توانمندی‌های ضداختلال الکترونیکی مورد اشاره در کشف اهداف بدون سرنشین، رادار گریز و غیره، کمک چشم‌گیری به شبکه راداری نیروی پدافند هوایی آجا خواهد نمود.

اختلال در باندهای فرکانس راداری وی‌اچ‌اف نیازمند به‌کارگیری آنتن‌های بلند و تجهیزات حجیم است که حمل آن‌ها برای هواپیماها مشکل بوده و در نتیجه این رادارها از مصونیت مناسبی در برابر جنگ الکترونیکی برخوردارند.

استفاده از چف و فلیر برای گمراه نمودن رادارهای باند وی‌اچ‌اف به علت نیاز به حمل تجهیزات بزرگ، تقریباً غیرمعمول و ناکارآمد خواهد بود و مقرون به صرفه نخواهد بود.

در حال حاضر رادارهای باند وی‌اچ‌اف نپاجا شامل مطلع‌الفجر، ثامن (بینا) و نبو می‌باشند که رادار نبو از قابلیت‌های بهتری برخوردار است و همگی این رادارها قابلیت‌های جنگ الکترونیک بالایی در خود داشته و در آزمایش‌ها و رزمایش‌های مختلف عملکرد مناسبی از خود نشان دادند. در کنار خصوصیت فرکانسی این رادارها از مطلوبیت و اطمینان پایداری در زمان جنگ الکترونیک برخوردار می‌باشند. عاملی که در توان جنگ الکترونیک این سامانه‌ها بسیار بااهمیت است و آن مقدرات جنگ الکترونیک به‌کاررفته در این رادارها است. استفاده از طیف فرکانسی بیشتر، توان تغییر سریع فرکانس، توان پردازش سیگنال نویز و نمایش سیگنال هدف و همچنین ارسال پالس‌های راداری کد شده از این‌گونه مقدرات است که توان ضد جنگ

الکترونیک را به نحو مؤثری افزایش داده است. علاوه بر این، بهره‌گیری از فن‌های جنگ الکترونیک این سامانه‌ها در کنار نرم‌افزارهای مقابله با اثرات پدیده‌های جوی نیز کمک شایانی در میزان کشف تهدیدهای هوایی و موشکی دارد.

نتایج حاصله از داده‌های کیفی نیز بیانگر این واقعیت است که در حدود ۷۸ درصد افراد جامعه نمونه معتقدند که به کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا به منظور کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک مناسب است و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته‌اند. با توجه به جدول در مورد نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه سوم که میانگین آن برابر ۳/۹۸ با واریانس ۰۴ و انحراف معیار ۰۲ است، به نظر می‌رسد که به کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا به منظور کشف اهداف هوایی در زمان جنگ الکترونیک در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه‌شوندگان و پژوهش‌خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق ((به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک را فراهم نمایند)) است.

نتیجه‌گیری

توجه به تفسیر مفاهیم و گزاره‌های حاصل از پردازش، ترتیب منظم و جمع‌بندی شده از تجزیه و تحلیل منابع و اسناد و مدارک، تجربیات عملیاتی و اطلاعات گویا شده از طریق مصاحبه با صاحب‌نظران و تبیین اهداف و تقاطع نتایج تحلیل کمی و کیفی، نتایج (تحقیقی) زیر در خصوص رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی در کشف و شناسایی اهداف هوایی (تهدیدهای هوایی و موشکی) به دست آمده است.

نتیجه‌گیری تحقیق در رابطه با هدف یکم

رادارهای باند وی‌اچ‌اف در باند فرکانسی ۳۰ الی ۳۰۰ مگاهرتزی فعالیت دارند و دارای طول‌موج بلند می‌باشند که قادرند اهداف هوایی را در فواصل دورتر و در ارتفاعات مختلف خصوصاً در ارتفاعات پایین را دارند لیکن به دلیل همین طول‌موج بلند از دقت اندازه پارامترهای موقعیت اهداف (زاویه، ارتفاع و فاصله) و همچنین تفکیک‌پذیری کمتری برخوردار می‌باشند. این رادارهای برای کشف اهداف هوایی ایستایی در خارج از فضا و قلمرو کشور و جلوگیری از غافلگیری مناسب می‌باشند لیکن جهت هدایت هواپیماهای شکاری در مأموریت رهگیری هوایی و همچنین هدایت سامانه‌های موشکی و دفاعی کارایی مناسب ندارند.

نتایج حاصله مؤید این واقعیت است که در حدود ۷۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که به کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی در

ارتفاعات بالا، متوسط و پایین مناسب خواهد بود و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته‌اند. با توجه به جدول در مورد نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه اول که میانگین آن برابر ۴ با واریانس ۱/۳۹ و انحراف معیار ۱/۱۸ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی جهت کشف اهداف هوایی در ارتفاعات بالا، متوسط و پایین در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه‌شوندگان و پژوهش خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق ((به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی در ارتفاع بالا، متوسط و پایین را فراهم نمایند.)) است.

نتیجه‌گیری تحقیق در رابطه با هدف دوم

رادارهای باند وی‌اچ‌اف در باند فرکانسی ۳۰ الی ۳۰۰ مگاهرتزی فعالیت دارند و دارای طول‌موج بلند می‌باشند که قادرند اهداف هوایی را در فواصل دورتر و در ارتفاعات مختلف خصوصاً اهداف کوچک و رادار گریز و اهداف با سطح مقطع پراکنده را به‌خوبی کشف نمایند. تأثیر فناوری رادارگریزی و استفاده از رنگ‌های جاذب امواج الکترومغناطیسی و همچنین شکل آئرودینامیکی اهداف پرنده تأثیر چندانی بر رادارگریزی در باند راداری وی‌اچ‌اف نداشته و این سامانه‌ها توانایی کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم و سطح مقطع پایین را دارند این رادارهای برای کشف اهداف هوایی ایستایی در خارج از فضا و قلمرو کشور و جلوگیری از غافلگیری مناسب می‌باشند.

نتایج حاصله مؤید این واقعیت است که در حدود ۷۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که به‌کارگیری رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا جهت کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم مناسب خواهد بود و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته‌اند. با توجه به جدول در مورد نتایج حاصل از شاخص‌های فرضیه اول که میانگین آن برابر ۳.۹۶ با واریانس ۵۶.۱ و انحراف معیار ۲۵.۱ است، به نظر می‌رسد که به‌کارگیری رادارهای وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی جهت کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه‌شوندگان و پژوهش خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق ((به نظر می‌رسد، رادارهای باند وی‌اچ‌اف نیروی پدافند هوایی آجا می‌توانند کشف اهداف هوایی با آرسی‌اس کم را فراهم نمایند.)) است.

نتیجه گیری تحقیق در رابطه با هدف سوم

توانمندی های ضد اختلال الکترونیکی مورد اشاره در کشف اهداف بدون سر نشین، رادار گریز و غیره، کمک چشم گیری به شبکه راداری نیروی پدافند هوایی آجا خواهد نمود.

اختلال در باندهای فرکانس راداری وی اچ اف نیازمند به کارگیری آنتن های بلند و تجهیزات حجیم است که حمل آن ها برای هواپیماها مشکل بوده و در نتیجه این رادارها از مصونیت مناسبی در برابر جنگ الکترونیکی برخوردارند.

استفاده از چف و فلیر برای گمراه نمودن رادارهای باند وی اچ اف به علت نیاز به حمل تجهیزات بزرگ، تقریباً غیر معمول و ناکارآمد خواهد بود و مقرون به صرفه نخواهد بود.

در حال حاضر رادارهای باند وی اچ اف نپاجا شامل مطلع الفجر، ثامن (بینا) و نبو می باشند که رادار نبو از قابلیت های بهتری برخوردار است و همگی این رادارها قابلیت های جنگ الکترونیک بالایی در خود داشته و در آزمایش ها و رزمایش های مختلف عملکرد مناسبی از خود نشان دادند. در کنار خصوصیت فرکانسی این رادارها از مطلوبیت و اطمینان پایداری در زمان جنگ الکترونیک برخوردار می باشند. عاملی که در توان جنگ الکترونیک این سامانه ها بسیار با اهمیت است و آن مقدرات جنگ الکترونیک به کاررفته در این رادارها است. استفاده از طیف فرکانسی بیشتر، توان تغییر سریع فرکانس، توان پردازش سیگنال نویز و نمایش سیگنال هدف و همچنین ارسال پالس های راداری کد شده از این گونه مقدرات است که توان ضد جنگ الکترونیک را به نحو مؤثری افزایش داده است. علاوه بر این، بهره گیری از فنون جنگ الکترونیک این سامانه ها در کنار نرم افزارهای مقابله با اثرات پدیده های جوی نیز کمک شایانی در میزان کشف تهدیدهای هوایی و موشکی دارد.

نتایج حاصله از داده های کیفی نیز بیانگر این واقعیت است که در حدود ۸۰٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که به کارگیری رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا به منظور کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک مناسب است و میزان آن را در حد موافقم و کاملاً موافقم دانسته اند. با توجه به جدول در مورد نتایج حاصل از شاخص های فرضیه سوم که میانگین آن برابر ۳/۹۸ با واریانس ۰.۳۱ و انحراف معیار ۱ است، به نظر می رسد که به کارگیری رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا به منظور کشف اهداف هوایی در زمان جنگ الکترونیک در حد موافقم و بالاتر از آن بوده است.

بنابراین نتیجه حاصله از تحلیل نظریه مصاحبه شوندگان و پژوهش خواندگان، مؤید فرضیه پژوهشی محقق ((به نظر می رسد، می توان رادارهای باند وی اچ اف نیروی پدافند هوایی آجا را جهت کشف اهداف هوایی در جنگ الکترونیک به کار گرفت.)) است.

رادارهای در باند فرکانسی وی‌اچ‌اف برای کشف اهداف در مسافت‌های دور کاربرد دارند. این باندهای فرکانسی به دلیل ماهیت کارکرد خود ناشی از طول موج بلند، دقت کمتری نسبت به طول موج‌های کوتاه‌تر داشته اما با دستیابی به برد بسیار بالا، به‌خوبی نقش هشدار زودهنگام و اخطار اولیه را برای مجموعه‌های پدافند هوایی اجرا می‌نمایند. به‌علاوه این باندهای فرکانسی از توانمندی بالایی در کشف هواگردهای دارای سطح مقطع راداری پائین برخوردار هستند که ناشی از عدم توانایی مواد به‌کاررفته در این هواگردها در جذب امواج طول موج بلند است.

رادارهای وی‌اچ‌اف بهترین وسیله برای کشف و تشخیص موشک‌های کروز، بالستیک و پهپادها با استفاده از پدیده رزونانس یا تشدید و بهترین نوع رادار برای کشف اهداف پنهان‌کار با سطح مقطع راداری کوچک بوده و در برابر جنگ الکترونیک مقاومت بسیار بالایی داشته و نقش ارزنده‌ای به‌عنوان یک منبع بسیار امن و پایدار در جمع‌آوری اطلاعات نظامی دارد. لیکن به دلیل همین طول موج بلند از دقت اندازه پارامترهای موقعیت اهداف (زاویه، ارتفاع و فاصله) و همچنین تفکیک‌پذیری کمتری برخوردار می‌باشند. این رادارهای برای کشف اهداف هوایی ایستایی در خارج از فضا و قلمرو کشور و جلوگیری از غافلگیری مناسب می‌باشند لیکن جهت هدایت هواپیماهای شکاری در مأموریت رهگیری هوایی و همچنین هدایت سامانه‌های موشکی و دفاعی کارایی مناسب ندارند.

سامانه‌های فرماندهی و کنترل که یک رهیافت و روش مدرن در ساماندهی صحنه عملیات رزمی است، هیچ‌کدام از ابزارهای جمع‌آوری اطلاعات و داده‌پردازی‌ها، به‌اندازه سامانه ماوراء افق از پایداری، ارزانی، پرمحتوایی، قابلیت دسترسی آسان، همه‌گونه هوا، سرعت در انتقال و اطمینان برخوردار نیستند. این سامانه‌های حیرت‌انگیز قادرند از فاصله چند صد کیلومتری کلیه حرکات نیروهای متخاصم را زیر نظر بگیرد. رادارهای وی‌اچ‌اف در پایگاه‌های زمینی مستقر بوده و آن‌قدر از صحنه عملیات دور است که دشمن به‌آسانی قادر به حمله نزدیک در میدان نبرد علیه آن نیست.

اختلال در باندهای فرکانس راداری وی‌اچ‌اف نیازمند به‌کارگیری آنتن‌های بلند و تجهیزات حجیم است که حمل آن‌ها برای هواپیماها مشکل بوده و در نتیجه این رادارها از مصونیت مناسبی در برابر جنگ الکترونیک برخوردارند.

استفاده از چف و فلیر برای گمراه نمودن رادارهای باند وی‌اچ‌اف به علت نیاز به حمل تجهیزات بزرگ، تقریباً غیرمعمول و ناکارآمد خواهد بود و مقرون به‌صرفه نخواهد بود.

در حال حاضر رادارهای باند وی‌اچ‌اف نپاجا شامل مطلع‌الفجر، ثامن (بینا) و نبو می‌باشند که رادار نبو از قابلیت‌های بهتری برخوردار است و همگی این رادارها قابلیت‌های جنگ الکترونیک

بالایی در خود داشته و در آزمایش‌ها و رزمایش‌ها عملکرد مناسبی از خود نشان دادند. در کنار خصوصیت فرکانسی این رادارها از مطلوبیت و اطمینان پایداری در زمان جنگ الکترونیک برخوردار می‌باشند. عاملی که در توان جنگ الکترونیک این سامانه‌ها بسیار با اهمیت است و آن مقدرات جنگ الکترونیک به کاررفته در این رادارها است. استفاده از طیف فرکانسی بیشتر، توان تغییر سریع فرکانس، توان پردازش سیگنال نویز و نمایش سیگنال هدف و همچنین ارسال پالس‌های راداری کد شده از این‌گونه مقدرات است که توان ضد جنگ الکترونیک را به نحو مؤثری افزایش داده است. علاوه بر این، بهره‌گیری از فن‌های جنگ الکترونیک این سامانه‌ها در کنار نرم‌افزارهای مقابله با اثرات پدیده‌های جوی نیز کمک شایانی در میزان کشف تهدیدهای هوایی و موشکی دارد.

در رادارهای باند وی/اچ اف چند عامل مختلف مانند نداشتن دقت کافی در تعیین پارامترهای تعیین موقعیت اهداف، عدم تفکیک‌پذیری لازم، تداخل امواج فرکانسی متنوع رادیویی و مخابراتی و تلویزیونی و همچنین اندازه اثر راداری بزرگ در صفحه‌نمایش رادار؛ در امر شناسایی از اعتماد کامل برخوردار نیستند؛ و این عدم اطمینان در هنگام رهگیری‌های هوایی، شناسایی بصری و یا استفاده از رفتار اهداف هوایی خصوصاً در محیط‌های پرتراфик نمود بیشتری دارد.

پیشنهاده‌ها

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق شایسته است که سازمان‌های دفاعی جهت کشف هرچه بهتر اهداف پرنده خصوصاً اهداف ارتفاع پایین و اهداف با سطح مقطع کم از رادارهای وی/اچ اف در آمایش سرزمینی سامانه راداری در کنار دیگر طیف‌های راداری بهره‌برداری نماید و با توجه به برد بلند این سامانه‌ها در پایش آسمان فضای کشور و خارج از آن در فاصله بسیار دورتر از مرزهای کشور از این سامانه‌های باند وی/اچ اف و قابلیت‌ها و توانمندی‌ها و عملکرد آن‌ها استفاده مطلوب گردد.

- سازمان‌های ذی‌ربط با دستیابی به دانش روز و مدل‌های پیشرفته‌تر این نوع رادارها و به دست آوردن ژورنال‌ها و رفرنس‌های فناوری در خصوص قسمت‌های مختلف و المان‌ها و اجزای رادارهای یادشده در کشورهای سازنده اقدام نمایند و از اطلاعات مکتسبه در بومی‌سازی رادارها و ارتقاء رادارهای وی/اچ اف موجود همت نمایند.

- با توجه به مقدرات و توان جنگ الکترونیک مناسب این سامانه‌ها و عدم توانایی دشمن در اختلال و یا استفاده از موشک‌های ضد راداری علیه آن‌ها، این سامانه‌ها می‌توانند در شرایط بحرانی نبرد کارایی مناسبی داشته باشند لذا پیشنهاد می‌گردد در برنامه زمان‌بندی خاموشی

رادارها برای مقابله با اقدامات سرکوب پدافند هوایی توسط دشمن از این رادارها استفاده بیشتری گردد.

- برای کشف و انهدام اهداف هوایی رادارگریز پیشنهاد می‌گردد سامانه‌های موشکی زمین به هوا با قابلیت هدایت در باند وی‌اچ‌اف تولید گردد تا موشک‌های زمین به هوا را به سمت اهداف هدایت نمایند و این موشک‌ها در نزدیکی هدف با استفاده از جستجوگر حرارتی خود هدف را یافته و آن را منهدم نمایند.

قدردانی

از خبرگان توانمندی که در طول پژوهش، دانش خویش را سخاوتمندانه در اختیار محققان این پژوهش قرار دادند و استواری پژوهش حاضر بر مشارکت و دانش این بزرگواران قرارگرفته است بسیار سپاسگزاریم.

منابع

- اسماعیلی، فرزاد، (۱۳۹۲)، مقدمه‌ای بر سیستم‌های هواپیماهای بدون سرنشین، تهران، مرکز مطالعات پدافند هوایی.
- ایجابی، ابراهیم، آمار و کاربرد آن در مدیریت، (۱۳۹۲). انتشارات دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا،
- آئین‌نامه رزمی سازمان ستاد و عملیات ارتش آمریکا. (۱۹۹۷).
- آئین‌نامه شماره ۳۲-۲۷، (۱۳۷۳). تهران، معاونت عملیات نیروی پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (ص) آجا (مد جنگال).
- حافظ‌نیا، محمدرضا، (۱۳۹۱). مقدمه‌ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، تهران، انتشارات سمت.
- دهخدا، علی‌اکبر، (۱۳۸۵). فرهنگ دهخدا، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، چاپ اول.
- زمانی، مهدی، (۱۳۹۳). ظهور دوباره رادارهای وی‌اچ‌اف روسی در برابر هواگردهای پنهان‌کار.
- ژئومینگ لی، ت. (۲۰۱۶). شخیص هدف منطقه تشدید با رادار باند پهن وی‌اچ‌اف.
- سپهری‌راد، ابوالفضل، (۱۳۸۴). کشف و نقش آن در عملیاتی پدافند هوایی، معاونت عملیات نیروی پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (ص) آجا، تهران.
- سهیلی، محمدرضا، آقابابایی، محمدرضا، (۱۳۹۲). مقدمه‌ای بر سیستم‌های رادار، ویرایش سوم.

- قنوت، مسعود، (۱۳۸۶). رادار و کاربرد آن در عملیات هوایی، تهران، دانشگاه هوایی شهید ستاری.
- کریمی، مصطفی، (۱۳۹۲). توان هوایی و رویکردهای آن در شکل نوین، وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی.
- معصومی، روح‌الله، (۱۳۹۴). کاربری رادار و نقشه الکترونیکی، مؤسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع هوایی.
- معین، محمد، (۱۳۸۲). فرهنگ فارسی (یک‌جلدی)، نشر سرایش، چاپ دهم.
- مقدم، مهدی، (۱۳۹۳). آشکارسازی راداری در رادارهای نوین، انتشارات راهبردی نیاجا.
- موسوی، سید احمد، (۱۳۹۵). ارتباط، رادار و جنگ الکترونیک، انتشارات راهبردی نیاجا.
- نازارینکوف، یوری، (۱۳۹۳). مقدمات رادار رزونانس روسی ان‌ای، انتشارات نیاجا.
- 67H6E RADAR/Instruction Manual/Part 1. 67H6E Item/ Intended Use/Book 2. -Operation And Application
- 67H6E RADAR/Instruction Manual/Part 2. 67H6E Item Description and Operation/Book 1. Antenna Rotator Description And Operation, 58Y6-1 Item
- Brassey's Air Power: Aircraft, Weapons Systems And Technology Series Air Defence/ GROUP CAPTAIN M. B. ELSA
- Heiner Kuschel VHF/UHF Part2 Applications, Parise, France, 1994, Spt20

وب‌گاه‌ها

- [Http://Jangaavarani.ir/Electronic](http://Jangaavarani.ir/Electronic) Warfare
- <https://blog.faradars.org/cronbach-alpha>
- <https://parsmodir.com/db/research/cvr.php>
- www.military.ir/forums/topic/16376