تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۸

فصلنامه علوم و فنون نظامی
سال شانزدهم، شماره ۵۳، پاییز ۱۳۹۹
صص ۷۷- ۵۷

چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

جواد عبدی*[۱]
پیمان خرازیان[۲]
محمدتقی پرتوی[۳]

چکیده

با نگرش به مراحل اجرای مأموریت‌های عملیاتی پدافند هوایی (شامل: کشف، شناسایی، ره‌گیری و درنهایت انهدام اهداف متخاصم) در این پژوهش چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز موردبررسی قرار گرفته است. جامعه‌ی موردمطالعه این تحقیق، اسناد، مدارک و صاحب‌نظران در زمینه سامانه‌های کشف و همچنین موشک کروز است. کلیه مسئولین نیروی پدافند هوایی آجا (که با سامانه‌های کشف و موشک کروز آشنایی کامل دارند) به‌عنوان جامعه‌ی آماری در نظر گرفته شد؛ البته، با توجه به طبقه‌بندی جامعه آماری، تعداد این جامعه با اعمال یک ضریب خاص ۲۶۰ نفر، و حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۲۱ محاسبه شد. نتایج حاصل، به روش تحلیل آمیخته تجزیه‌وتحلیل، و مشخص شد که موشک‌های کروز همانند هر وسیله پرنده توسط رادارها قابل ره‌گیری هستند؛ اما به دلیل قابلیت‌ها و فناوری بالای ساخت، ردیابی آن‌ها اندکی سخت‌تر است.

واژه‌های کلیدی:
موشک کروز، کشف، پدافند هوایی

---

[۱] کارشناس ارشد مدیریت دفاعی
[۲] کارشناس ارشد مدیریت دفاعی
[۳]دکتری تحقیق در عملیات دانشگاه تهران، استادیار دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران.
*نویسنده مسئول: javad.abdi58@gmail.com

مقدمه

امروزه جهان با پیشرفت سریع و فوق‌العاده فن‌آوری نظامی مواجه است. نظریه‌پردازان نظامی، وارد آوردن حداکثر آسیب و صدمه به متخاصم به‌نحوی‌که منجر به ضعیف‌تر شدن و شکست وی شود را همواره موردتوجه قرار می‌دهند و ضرورت استفاده از سامانه‌هایی برای حمله و تاخت به یک هدف (کشور) از فواصل دور، برای جلوگیری از ایجاد تلفات انسانی و مادی دور از انتظار را مطرح می‌کنند (حبیبی، ۵۵:۱۳۹۳). صد سال پیش برای دسترسی به پایتخت و شهرهای مهم دشمن یکی از دو طرف نبرد باید آن‌قدر دشمن را به عقب می‌راند تا به شهرهای مهم او دست پیدا کند. امروزه، موشک‌های بالستیک و کروز می‌توانند دورترین اهداف بنیادی، حیاتی و حساس دشمن را مورد هدف قرار دهند. در سال‌های اخیر موشک‌های کروز از مهم‌ترین تسلیحات مورداستفاده توسط ارتش‌های بزرگ دنیا بوده و تجربه جنگ‌های اخیر نشان می‌دهد که استفاده از موشک‌های کروز ارزان‌قیمت و دقیق بر موشک‌های بالستیک ارجحیت دارد و مقابله با موشک کروز و بررسی روش‌هایی که بتوان با استفاده از آن موشک کروز مهاجم را نابود کرده و یا از کار انداخت، ایجاد یک سامانه‌ی پدافندی، حیاتی است (رضوانی،۱۳۹۴: ۲۶). موشک کروز با تعریف امروزی اولین بار توسط آلمان‌ها در جنگ جهانی دوم علیه مناطقی در جنوب شرق انگلستان به کار گرفته شد که از سایت‌های واقع در فرانسه به سمت هدف پرتاب می‌شد. این موشک با عنوان (وی-۱)[۱] در مدت‌زمان بسیار کوتاهی در حین جنگ دوم جهانی توسعه یافته و به تولید انبوه رسید. آلمان‌ها در طی چند ماه با بیش از ۵۰۰۰ فروند از این موشک‌ها لندن را مورد هدف قرار دادند. توسعه این موشک‌ها پس‌ازاین ادامه یافت، اما ابتدای دهه ۹۰ نقطه عطفی در تاریخ موشک‌های کروز به شمار می‌رود. استفاده از این موشک‌ها در چندین عملیات نظامی که علیه عراق صورت گرفت، باعث شد تا این موشک‌ها از طرف سایر کشورها به‌شدت موردتوجه قرار گیرند و شاید همین موضوع یکی از علل کشیده شدن کشورهایی نظیر چین، آلمان، سوئد، ایتالیا، اسرائیل، آفریقای جنوبی انگلستان به سمت توسعه چنین سیستم‌های آفندی بوده باشد (حبیبی، ۱۳۹۳: ۵۸) آن چیزی که موشک کروز را به یک تهدید جدید مبدل می‌کند، ویژگی‌های عملیاتی منحصربه‌فرد آن (شامل: ادغام فن‌آوری‌های جدید در طراحی بدنه و سر جنگی، بهینه‌سازی سامانه رانشی و سامانه‌های هدایتی آن) است. بسیاری از سامانه‌های پدافند هوایی کنونی به‌منظور کشف،

---

[۱] - V-1

شناسایی، رهگیری و درگیری با هواپیماهای متعارف که برای رهاسازی بمب و نابودی هدف تا نزدیک آن‌ها پرواز می‌کند، طراحی شده و توانایی این جنگ‌افزارها ضد تهدیدات کنونی و نسل آینده به‌طور چشم‌گیری کاهش یافته است. اگر تهدید موشک‌های بالستیک را نادیده بگیریم، سامانه‌های پدافندی باید توانایی رویارویی با تهدیدهایی چون هواپیماهای دارای سرنشین متعارف، هواپیمای رادارگریز، موشک‌های کروز و هواپیمای بدون سرنشین را داشته باشد.

با نگرش به مراحل اجرای مأموریت‌های عملیاتی پدافند هوایی (شامل : کشف، شناسایی، رهگیری و درنهایت انهدام اهداف هوایی که در طبقه‌بندی به‌عنوان متخاصم شناخته می‌شوند) و توانایی‌های موشک‌های کروز (از قبیل: پرواز در ارتفاع پایین، سطح مقطع راداری کم و عدم کشف توسط رادارها، بهره‌گیری از موتورهای توربوفن و دشواری شناسایی و انهدام آن توسط موشک و راکت‌های حرارتی ضد موشک به دلیل تشعشع کم حرارت به خارج از موشک کروز و مشکلات موجود به‌منظور انحراف این نوع موشک از مسیر مربوطه به دلیل فن‌آوری بالای ساخت و هدایت)، در این پژوهش با توجه به قابلیت‌های موشک‌های کروز، چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز موردبررسی قرار گرفته است. هدف اصلی این تحقیق تبیین چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز بوده و تحقیق به دنبال جواب به این سؤال است که چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز کدام‌اند؟ گفتنی است که استفاده از واژه چالش در موضوع پژوهش، اشاره به تعریف این واژه در فرهنگ لغت عمید دارد که عبارت است از مسئله‌ای (مشکلی) که باید برای آن چاره‌ای اندیشیده شود؛ و نشانگر این است که پژوهشگر ضمن بررسی مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز، به دنبال چاره‌اندیشی و ارائه راه‌کارهایی است بنابراین در اهداف و سؤالات پژوهش نیز این واژه با هدف شناخت مشکل و ارائه راه‌کارهای مناسب جهت رفع مشکل بکار گرفته شده است.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

موشک‌های کروز مانند هر سلاح دیگری، محصول فناوری زمان خود می‌باشند که در طول زمان تغییر و توسعه بسیاری یافته‌اند. از همین رو آنچه ۵۰ سال پیش به‌عنوان موشک کروز خوانده می‌شد با آنچه امروز به‌عنوان موشک کروز شناخته می‌شود، به لحاظ عملکردی، تفاوت‌های بسیاری دارد. به همین جهت ارائه یک تعریف جامع‌ومانع از این وسیله، به‌سادگی امکان‌پذیر نبوده و تعاریفی هم که در مراجع مختلف ارائه شده، یکسان نیستند. بااین‌وجود بر اساس تکنولوژی و نیز مأموریت و انتظاری که از چنین وسیله‌ای می‌رود، اجمالاً یک موشک کروز را

می‌توان بدین‌صورت تعریف نمود: وسیله پرنده‌ای است بدون سرنشین که از یک یا چند پیشران هوازی استفاده کرده، با بهره‌گیری از نیروهای آئرودینامیکی و غلبه بر جاذبه زمین، بیشتر مسیر پروازی خود را به‌صورت کروز طی می‌نماید. این وسیله که در تمام طول مسیر هدایت می‌شود، مأموریت دارد تا محموله‌ای را به نقطه‌ای از پیش تعیین‌شده برساند. برد موشک‌های کروز، محدوده وسیعی را پوشش می‌دهد، به‌طوری‌که برد برخی از موشک‌های کروز کمتر از ۵۰ کیلومتر و برد انواعی از آن به بیش از چندین هزار کیلومتر می‌رسد.[1] موشک‌های کروز سلاح-های دقیقی هستند که برای استفاده در مقابل اهداف زمینی و دریایی طراحی شده و قابل پرتاب از زمین، هوا و یا سکوهای پرتاب دریایی بوده و در بیشتر مسیر تا هدف، پروازش به‌صورت افقی و یا در سطح پائین است و به‌اصطلاح پرواز سینه‌مال انجام می‌دهد. موشک کروز به‌صورت عام دارای ویژگی‌های زیر است:

۱- موشک در طبقات پایین جو (کمتر از ۳ کیلومتر یا ۱۰۰۰۰ پا) از نیروی برا[2] آئرودینامیکی استفاده می‌کند.

۲- در حین پرواز قادر به تغییر مسیر و ارتفاع بوده و می‌تواند به‌دفعات مسیر مستقیم خود را با تغییر ارتفاع به یک خط شکسته در صفحه تبدیل نماید.

۳- در یک پرواز عادی یکسره، موشک در تمام مسیر هدایت شده و حامل انواع مختلفی از سر جنگی است.

۴- چنانچه محوطه‌ای که موشک کروز از آن پرواز می‌کند، عاری از تجهیزات پدافندی و عملیات خصمانه باشد، این موشک مسیر خود را تا ارتفاع ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ پایی ادامه می‌دهد. در صورت برخورد به فضای محافظت‌شده، کروز ارتفاع خود را کم می‌کند و به ۵۰ الی ۳۰۰ پا تقلیل می‌دهد. ارتفاع حقیقی در این حالت به‌تندی و شیب و همچنین زیاد بودن عوارض زمین بستگی دارد.[3](توماس، جی. ماهنکن، مارس۲۰۰۵)

۵- کنترل موشک از طریق سطوح آئرودینامیک آن انجام می‌شود. موشک کروز شبیه هواپیمای بدون خلبان است.[4]

1-http://www.rasekhoon.net/article/Show-27578.aspx
2- Lift
3-https://www.aftab.ir/articles/science_education/aerospace/c3c1211358700_attack_p.php-may 21,2008
4-Thomas G. Mahnken ,March 2005

۶- موشک‌های کروز به‌طور نرمال در ارتفاعات تقریبی ۳۰۰ فوتی پرواز می‌کنند اما موشک‌های پیشرفته‌تر در ارتفاعات کمی کمتر از ۱۰ فوت بالای زمین یا دریا در بیشتر پروازهایشان (نه همه) به‌سوی هدف‌هایشان پرواز می‌کنند که کشف و رهگیری را خیلی مشکل می‌سازد. درواقع داشتن موتورهای کوچک جت به موشک کروز مزیت‌هایی نظیر سرعت فوق‌العاده بالا، عملیات محافظت، برد مناسب، پرواز در ارتفاع پایین و قابلیت مانور مناسب را می‌دهد[1] (جف کوتر و هارد کلینبرگ ساینس، ۲۰۰۷)

۷- از دیگر ویژگی‌ها و نقاط قوت موشک کروز می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

لبه اصلی تهاجم و اولین سلاح مورداستفاده، تأکید بر استفاده علیه اهداف نظامی و حیاتی و پرهیز از تلفات به غیرنظامیان، احتمال هجوم فقط در زمان جنگ و هجوم به‌صورت دسته‌جمعی، احتمال کشف بسیار کم، عدم قطعیت در مورد سمت حمله، استفاده از عوارض برای تثبیت موقعیت[2]، اطلاعات مربوط به مشخصات هدف و مسیر رسیدن به آن به‌روز بوده و حداکثر یک ساعت قبل از پرتاب به موشک داده می‌شود، دقت هدف‌گیری تا ۱۰ متر ذکر شده است، حداقل و حداکثر ارتفاع پرواز ۵۰ تا ۵۰۰۰ متر، ظاهر شدن در صحنه به تعداد بسیار زیاد و در روزهای اولیه درگیری، دالان‌های پروازی بخصوصی را انتخاب می‌کند، دورپرواز است، دور پرتاب است، موشک کروز، زمان واکنش بسیار کم تجهیزات پدافند هوایی در مقابله با آن را طلب می‌کند، موشک‌های کروز معمولاً از تکنولوژی هواپیما استفاده می‌کنند و از فناوری-هایی شبیه آنچه در هواپیماها استفاده می‌شود بهره می‌برند و مانند یک هواپیمای بدون سرنشین عمل می‌کنند، توانایی و قابلیت حمل طیف گسترده‌ای از انواع مختلفی از سرهای جنگی و کلاهک‌های هسته‌ای، از یک کلاهک چند صد پوندی با قابلیت انفجار بالا تا همه انواع سلاح‌های با قابلیت تخریب گسترده را دارند، سلاح‌های بیولوژیکی و شیمیایی و کلاهک‌های هسته‌ای به‌وسیله این موشک قابل‌حمل است، امکان شلیک موشک در هر شرایط آب و هوایی فراهم است. این قابلیت یکی از نقاط برتری آن نسبت به تسلیحات هدایت لیزری موسوم به (اچ جی بی)۳ است و دوربین ای آر۴ این امکان را به موشک‌های کروز می‌دهد که در شب بهتر بتواند در شناسایی و تطبیق نقاط ویژه و نورانی عمل کند، امکان بهره‌برداری از این سلاح علیه انواع اهداف با پوشش‌های دفاعی بسیار قوی فراهم است، در مراحل مختلف پروازی از هدایت-

1-.jeff kueter and Howard Kleinberg science ,2007
2 -Set Point
3- HGB
4- IR

های گوناگون بهره می‌برد و با تصحیح مسیر پروازی با دقت بالا اهداف موردنظر را منهدم می‌نماید، عدم تأثیرپذیری کروز از مقدار خطای ایجادشده (در سامانه‌ی ناوبری موشک در مرحله ابتدایی یا در مراحل نهایی که با ایجاد شرایطی چون گردوخاک و یا طوفان‌های مغناطیسی مصنوعی صورت می‌گیرد). ازآنجاکه سرعتی در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر بر ثانیه داشته، لذا حین عبور باعث شکسته شدن دیوار صوتی نمی‌گردد و این باعث مخفی ماندن بیش‌ازپیش آن می‌گردد، موشک‌های کروز همانند هر وسیله پرنده توسط رادارهای معمولی قابل ره‌گیری است ولی به دلیل جثه کوچک این موشک و اینکه در ارتفاع کم و با سرعت زیاد پرواز می‌کند، ردیابی آن اندکی سخت‌تر به نظر می‌رسد. (مستندات عملیاتی و آماد و پشتیبانی الگوی سامانه رادار کشف کروز تهیه شده در طرح فراسازمانی فاوا ن .م . س .ک .ن . م(کمیته الکترونیک) شهریور ۸۸)

نقاط ضعف موشک کروز

نیاز به یافتن مسیرهای دسترسی به اهداف که مناسب با سیستم هدایت و کنترل موشک باشد منجر به روانه شدن موشک‌ها با استفاده از مسیرهای یکسان شد که این موجب شد تلفات موشک افزایش یابد، امکان مشاهده این موشک با چشم غیرمسلح وجود دارد و لذا احتمال کشف و ردگیری آن‌ها همواره وجود دارد، به علت عدم وجود مانور در این موشک‌ها، احتمال موفقیت در درگیری با آن‌ها زیاد خواهد بود، به دلیل بدون سرنشین بودن این پرنده، اپراتورهای پدافند هوایی آرامش بیشتری برای درگیری دارند، به دلیل استفاده از رادار ارتفاع یاب در این موشک، امکان کشف آن توسط رادارهای غیرفعال وجود دارد، به دلیل اینکه این موشک‌ها برای تثبیت خود ناچارند از نقاط و عوارض مشخصی درروی زمین به‌عنوان ست پوینت[1] استفاده کنند، لذا مسیر احتمالی حمله‌ی آن‌ها قابل‌شناسایی بوده و طرح درگیری مناسبی را می‌توان تهیه کرد که همین ضعف عامل اصلی این تحقیق بوده و بر اساس آن می توان کریدورهای احتمالی حرکت موشک کروز بین دو نقطه را به دست آورد(ضروریات ، مطالبات عملیاتی و مطالعات امکان‌پذیری ساخت رادار کشف، شناسایی و ردگیری موشک کروز در صنایع دفاعی، شهریور ۸۸) موشک‌های کروزی که امروزه در دسترس هستند، با برد ۶۰۰

1 -Set Point

الـی ۳۰۰۰ کیلومتـر در ۳ نوع می‌باشند[1](زمین پایه (لانچرهای زمینی) [2]، هواپرتابی یا هواپایـه (هواپیما و بالگرد)[3] و دریا پرتابی یا دریاپایه (کشتی و زیردریایی‌ها)).[4]

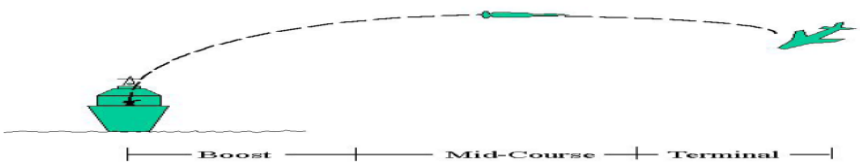
تقسیم‌بندی موشک‌های کروز از نظر نوع مأموریت

موشک‌های کروز از نظر نوع مأموریت به دو دسته موشک‌های کروز ضدکشتی[5] و موشک‌های کروز تاکتیکی حمله‌کننده به اهداف زمینی[6] تقسیم‌بندی می‌شوند. هواپایه‌ها از رادار و یا حس‌گرهای حرارت‌یاب به‌منظور یافتن و ضربه زدن به اهدافشان استفاده می‌کنند هرچند این نگرانی وجود دارد که زمین پایه‌ها بسیار دور می‌شوند لیکن آن‌ها به قابلیت‌های سیستم مکان یابی جهانی (جی‌پی‌اس) و سیستم‌های تابع عوارض زمین/ نقشه زمین مجهز شده‌اند که آن‌ها را قادر می‌سازد تا در ارتفاعات پایین، تابع عوارض زمین، در مسیرهای گریز از پدافند پرواز کنند و با دقت به اهداف زمینی در اندازه یک ساختمان منحصربه‌فرد تا شهرهای بزرگ اصابت می‌کند. در هر دو نوع موشک‌های کروز ذکرشده سیستم ناوبری اینرسی در فاز میانی پرواز مورداستفاده قرار می‌گیرد. همچنین در هر دو نوع ممکن است از سیستم تعیین موقعیت جهانی برای تصحیح خطای سیستم ناوبری اینرسی و به‌عنوان یک کمک ناوبری به سیستم ناوبری موشک کروز اضافه گردد که البته از سیستم تعیین موقعیت جهانی در موشک‌های با برد متوسط عموماً استفاده می‌شود. هر دو نوع موشک‌های کروز می‌توانند سلاح‌های هسته‌ای یا دیگر کلاهک‌های کشتارجمعی[7] را حمل کنند. یک موشک زمین‌پایه مجهز شده به آنتن هوایی، طراحی‌شده برای حمله به یک هدف زمینی ثابت یا سیار که عمده مأموریتش را پرواز در سطح تشکیل می‌دهد. این موشک در یک مسیر از قبل برنامه‌ریزی‌شده پرواز می‌کند تا به یک هدف از قبل تعیین‌شده اصابت کند. نیروی محرکه این موشک معمولاً به‌وسیله یک موتور جت کوچک تأمین می‌شود. به دلیل دقت بالای سیستم‌های هدایتی این موشک است که می‌تواند آن را در ارتفاعی پایین نسبت به هدف موردنظر قرار دهد. پیشرفته‌ترین موشک‌های زمین پایه می‌توانند به‌صورت اثربخشی در مقابل هدف‌های بسیار کوچک حتی وقتی‌که به کلاهک‌های

1- www.aftab.ir/articles/science_education/aerospace/c3c1211358700_attack_p1.php-may 21,2008-
2 -Ground Launched Cruise Missile
3 -Air Launched Cruise Missile
4 -Submarine Launched Cruise Missile
5-ASCMs
6-LACMs
7- WMD

دارای سلاح‌های کشتارجمعی مجهز است, بکار گرفته شود. (توماس جی، ماهنکن، مارس۲۰۰۵)[1]

مراحل مختلف ناوبری در موشک‌های کروز: در موشک‌های کروز هدایت و ناوبری موشک به‌صورت معمول در سه مرحله انجام می‌گیرد: الف- مرحله پرتاب[2] ب- مرحله مسیر میانی[3] ج- مرحله نهایی یا ترمینال[4]. شکل زیر فازهای هدایت موشک کروز را نشان می‌دهد.



شکل(۱) فازهای هدایت موشک کروز

مرحله پرتاب: در مرکز طراحی مأموریت، بعد از دریافت دستور پرتاب موشک، اطلاعات مربوط به کل مسیر، از محل پرتاب تا هدف از طریق دی تی دی۵ ، به‌صورت اطلاعات دیجیتالی وارد کامپیوتر موشک۶ می‌شود. به‌عبارت‌دیگر از این طریق قبل از پرتاب موشک، کل مسیر هدف موردنظر، برای موشک پیشگویی می‌شود. این اطلاعات که شامل اطلاعات پستی وبلندی‌های منطقه و اطلاعات مربوط به ویژگی‌های هدف است، در ایستگاه زمینی موشک کروز تولید شده و در حافظه موشک لود می‌شود. بعد از پرتاب، موشک مسیر اولیه به سمت هدف خود را توسط سیستم آی ان اس ۷ دریافت می‌کند و سیستم با اطلاعاتی که از کامپیوتر موشک دریافت می‌کند، موشک را در مسیر اولیه هدایت می‌کند. مرحله مسیر میانی: در مرحله مسیر میانی، موشک مجدداً از آی ان اس برای دریافت مسیر موردنظر کمک می‌گیرد. ولی برای افزایش دقت و کاهش خطای مسیریابی، سیستم آی ان اس در این مدت توسط یکی از

1-Thomas G. MahnkenMarch 2005
2-Launch
3-Midcourse
4 -Terminal
5-Data Transfer Device
6 -Missile Computer
7 -Inersial Navigation System

سیستم‌های مکان‌یابی دقیق مثل ترکام۱ بروز رسانی می‌شود. این بروز رسانی شامل ورود اطلاعات دقیق موقعیت موشک و درنتیجه اصلاح خطای مربوط به مکان‌یابی سیستم ناوبری موشک است. سیستم‌های مکان‌یابی موجود در موشک‌های کروز از فنّاوری‌های پیشرفته‌ای استفاده می‌کنند که در آن‌ها از قدرت محاسباتی و پردازشی بسیار زیادی استفاده می‌شود. در ادامه برخی از روش‌های دقیق مکان‌یابی تشریح می‌گردند. مرحله نهایی یا ترمینال: این فاز زمانی شروع می‌شود که موشک وارد محدوده هدف شده باشد. در این مرحله موشک با استفاده از اطلاعات نقشه‌های دقیق عوارض زمینی و ویژگی‌های هدف که توسط حس‌گرهای نهایی به دست می‌آیند، موقعیت دقیق هدف را تشخیص داده و آن را مورد هدف قرار خواهد داد. حس‌گرهای بکار رفته در بخش نهایی معمولاً اپتیکی، راداری و یا مادون‌قرمز هستند. معمولاً در این فاز از حس‌گرهای اپتیکی برای تشخیص ویژگی‌های هدف استفاده می‌شود. درنتیجه از الگوریتم‌های پردازش تصویر برای یافتن موقعیت دقیق هدف استفاده می‌شود. که خود این الگوریتم‌ها دارای محاسبات بسیار پیچیده‌ای هستند. معمولاً برای انجام این پردازش‌ها در موشک‌های کروز از کامپیوترهای خاص منظوره‌ای استفاده می‌شود[۲].

سیستم‌های هدایت موشک کروز: سیستم هدایت، یکی از زیرمجموعه‌های اساسی موشک است که وظیفه هدایت و ناوبری موشک از نقطه شلیک تا بخشی از مسیر پرواز (یا هدف) را بر عهده دارد. در فرآیند هدایت و کنترل موشک‌ها، روش‌های متعددی به‌عنوان الگوریتم هدایتی ابداع شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند که در بعضی از انواع آن به‌طور هم‌زمان از چند روش مختلف جهت افزایش سطح اطمینان استفاده می‌شود. هریک از این سیستم‌ها در بخشی از مسیر کاربرد دارد و از تمام آن‌ها به‌طور هم‌زمان استفاده نمی‌شود. به‌طورکلی می‌توان گفت هدایت کلی مسیر بر اساس سیستم‌های (جی‌پی‌اس) و (آی ان اس) بوده و در بخش آخر مسیر با استفاده از سیستم‌های انطباق تصاویر[۳] بر روی هدف عمل می‌نماید. هدایت موشک در برخی از انواع آن به‌صورت آنی و ماهواره‌ای انجام می‌گیرد.

---

1 -TERCOM

2- http://www.aerospaceweb.org/question/weapons/q0187.shtml,2010

2-Shape Detection

انواع سیستم‌های هدایتی موشک کروز

هدایت سیمی، هدایت رادیویی، هدایت مادون‌قرمز (فروسرخ)، هدایت راداری نیمه فعال(آشیانه یاب نیمه فعال راداری)، هدایت راداری فعال، هدایت راداری، هدایت تلویزیونی ، هدایت‌لیزری، هدایت اینرسایی(INS)، سیستم هدایت مکان‌یاب جهانی (GPS) (بادکوبه، ۱۳۸۷).

روش‌های شناسایی و رهگیری موشک کروز

موشک‌های کروز همانند هر وسیله پرنده توسط رادارهای معمولی قابل رهگیری است البته به دلیل جثه کوچک و مشخصات پروازی که در ارتفاع کم و با سرعت زیاد پرواز می‌کند ردیابی آن اندکی سخت‌تر است. موشک‌های کروزی که در طول جنگ جهانی اول و بعدازآن ساخته شده‌اند، نسل اولیه این موشک‌ها را تشکیل می‌دادند و تا حدود ۷۰ درصد تلفات داشتند. آسیب‌پذیری آن‌ها در درجه اول به خاطر مسیر مستقیم آن‌ها بود که باعث می‌شد که این موشک‌ها به‌راحتی توسط رادارها شناسایی و توسط پدافند هوایی مورد هدف قرار گیرند. در آن زمان سرعت این موشک‌ها از هواپیماهای جنگنده به‌مراتب کمتر بود و یک هواپیمای جنگنده می‌توانست آن‌ها را به‌راحتی نابود سازد. در حال حاضر با پیشرفت‌هایی که در طراحی و تولید این‌گونه موشک‌ها صورت گرفته می‌توانیم موشک کروز را پرنده‌ای در نظر بگیریم که در ارتفاع پروازی شامل ۰/۱ ارتفاع پروازی موشک v-1 (نخستین موشک کروز) پرواز می‌کند. درعین‌حال برای کم شدن احتمال ردیابی توسط رادار در سال‌های اخیر سعی شده است که در طراحی این موشک‌ها کم شدن سطح مقطع راداری موردتوجه قرار گیرد . همچنین از مواد جاذب امواج رادار نیز استفاده شده است که امواج راداری را منعکس نمی‌کنند . در موشک‌های کروز امروزی سطح مقطع راداری در حد یک‌صدم مترمربع است که بسیار کم است . .همین باعث شده که ردیابی موشک‌های کروز جدید توسط رادارها به‌سختی صورت گیرد. نابود کردن موشک کروز توسط یک ((سامانه پدافندی سه مرحله‌ای)) صورت می‌گیرد.

سامانه پدافند سه مرحله‌ای: این سامانه از سه مرحله به شرح زیر تشکیل یافته است:

مرحله اول : آشکارسازی و شناسایی هدف ، مرحله دوم :رهگیری و قفل بر روی موشک کروز.

مرحله سوم : انهدام هدف.

در مورد موشک کروز، مهم‌ترین مرحله، آشکارسازی است. زیرا افزون بر یک سطح مقطع کم راداری، بیشتر موشک‌های کروزی که ساخته می‌شوند برای نیروی محرکه خود از موتورهای جت توربوفن معمولی استفاده می‌کنند که گرمای کمی تولید می‌کند. درنتیجه امکان آشکارسازی آن‌ها با استفاده از حسگرهای حرارتی، بسیار کم است و حتی اگر در فواصل کوتاه بتوان حرارت منتشرشده از موتور را با کمک حسگرهای فروسرخ تشخیص داد، به دلیل سرعت

موشک کروز در برد و ارتفاع کم، امکان نشان دادن واکنش برای بسیاری از پایگاه‌های پدافندی وجود ندارد. برای آشکارسازی یک موشک کروز باید از راداری در ارتفاع بالا و یا راداری که در مـــــاورای افق در حال پرواز باشد (همچون هواپیمای) اواکس استفاده کرد. چنین راداری باید برد زیادی داشته باشد و بتواند موشک کروزی را که در ارتفاع کم پرواز می‌کند و در خط دید رادار زمینی نیست شناسایی کرده و اطلاعات آن را به ایستگاه پدافند زمینی ارسال کند تا آمادگی لازم برای اقدامات پدافندی صورت گیرد. چنین راداری می‌تواند موشک‌های کروزی که سطح مقطع راداری پایینی را دارد شناسایی کند. راداری که برای شناسایی موشک کروز مورد استفاده قرار می‌گیرد باید یک رادار رزونانس باند فرکانس بالا باشد (رادار وی اچ اف) که فرکانس آن بین ۳۰ تا۳۰۰ مگاهرتز باشد.

روش‌شناسی پژوهش

ازآنجایی‌که هدف این تحقیق یافتن پاسخی برای سؤال مطرح‌شده است تا مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز مشخص و متعاقب آن راه‌های کشف این موشک‌ها پیشنهاد گردد، لذا ازنظر نوع، کاربردی و ازنظر روش تحقیق، توصیفی است؛ محقق با بررسی مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز و درنهایت با تجزیه‌وتحلیل اطلاعات و استفاده از اسناد و مدارک و مصاحبه با صاحب‌نظران به ارائه راهکار خواهد پرداخت. رویکرد در این تحقیق آمیخته است. با توجه به اینکه محقق سعی نموده است درک بهتری را از متغیرهای تعریف‌شده ارائه نماید، اقدام به تهیه فرم مصاحبه، پرسش‌نامه و بررسی اسناد و مدارک نموده و نتایج حاصل را در هر دو بعد کمی و کیفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار داده، لذا رویکرد تحقیق آمیخته است. جامعه موردمطالعه این تحقیق، شامل اسناد، مدارک و صاحب‌نظران در زمینه سامانه‌های کشف و همچنین موشک کروز (در سطح نیروی پدافند هوایی آجا و سایر سازمان‌های نظامی مرتبط) است. جامعه‌ی آماری این تحقیق، شامل کلیه فرماندهان و مدیران نیروی پدافند هوایی آجا (که با سامانه‌های کشف و همچنین موشک کروز آشنایی کامل دارند) است. دلیل توجیهی گزینش این گروه به‌عنوان جامعه‌ی آماری، بدین لحاظ است که این کارکنان به جهت موقعیت شغلی (سابقه و تجربه) از ویژگی‌ها و خصوصیات جامعه‌ی آماری برخوردار بوده و با وضعیت موجود سازمان و همچنین تهدیدهای احتمالی آینده آشنایی کامل داشته و چالش‌های پدافند هوایی را به‌خوبی لمس می‌کنند. با توجه به طبقه‌بندی جامعه آماری، تعداد این جامعه با اعمال یک ضریب خاص ۲۶۰ نفر بوده و حجم

نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۵۰ نفر است. نظر به اینکه منابع انسانی مدنظر، ازلحاظ شغل همگن نیستند، روش نمونه‌گیری در این تحقیق هدفمند ساده است.

روش تجزیه‌وتحلیل اطلاعات و داده‌ها

در این تحقیق ابتدا نظرات ارائه‌شده توسط صاحب‌نظران دسته‌بندی و پس از بررسی، مشترکات و موارد اختلاف داده‌های گردآوری‌شده در خصوص اهداف تحقیق، مورد تجزیه‌وتحلیل کیفی قرار گرفته است. نتایج به‌دست‌آمده از داده‌های حاصل از پرسش‌نامه، در دو سطح توصیفی و استنباطی مورد تجزیه‌وتحلیل واقع و فرضیه تحقیق به روش آزمون یک نمونه‌ای (تی) مورد آزمون قرارگرفته است. درنهایت با تقسیم‌بندی منابع موردمطالعه و اسناد و مدارک جمع‌آوری‌شده، چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز تشریح و نتایج حاصل از مصاحبه و پرسش‌نامه به روش تحلیل آمیخته (کمی/ کیفی) تجزیه‌وتحلیل و تبیین گردیده است. برای ارتقاء سطح کیفی و افزایش روایی مصاحبه از نقطه نظرات افرادی بهره گرفته شده که از مدیران سطوح بالای نیروی پدافند هوایی آجا بوده و صاحب اطلاعات و تجربیات در زمینه موضوع تحقیق می‌باشند. از سؤالات مربوط به هر یک از متغیّرها با استفاده از آلفای کرونباخ آزمون گرفته شده و عدد به‌دست‌آمده (۰/۸۱۷) مقدار پایائی سؤالات مربوط به هر متغیّر را تأیید نمود.

یافته‌های پژوهش

الف) یافته‌های کمی پژوهش

جدول (۱) آلفای کرون باخ به‌دست‌آمده برای پرسشنامه

		فراوانی	درصد%
موارد	۱۰۰	۱۲۱	معتبر
	۰	۰	نامعتبر
	۱۰۰	۱۲۱	مجموع

آلفای کرونباخ	فراوانی
۰/۸۲۰	۱۹

با توجه به خروجی نرم‌افزار SPSS و مطابق جدول بالا مقدار پایایی (آلفای کرون باخ) به‌دست‌آمده به میزان ۰/۸۲است لذا پرسشنامه از پایایی بالایی برخوردار است.

در خصوص شناسایی جامعه نمونه، ۳ سؤال شامل سابقه خدمت، میزان تحصیلات و میزان آشنایی با موضوع تحقیق (قبل از پرسش‌های اصلی) از جامعه نمونه پرسیده شد. به‌منظور

تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده، نتایج پاسخ‌های جامعه نمونه به سؤالات مذکور از طریق جداول و نمودارهای ذیل نمایش داده‌شده است.

سابقه خدمتی: با توجه به نمودار زیر، نتایج حاصل مبین این مطلب است که از تعداد ۱۲۱ نفر پاسخ‌دهندگان (جامعه نمونه) ازلحاظ سابقه خدمتی (سن خدمتی) تعداد ۶ نفر (۵٪) بین ۱۶ تا ۲۰ سال، تعداد ۱۰۹ نفر (۹۰/۱٪) بین ۲۱ تا ۲۵ سال و تعداد ۶ نفر (۵٪) بالاتر از ۲۵ سال هستند درواقع بیش از ۹۴ درصد جامعه نمونه دارای سنوات خدمتی بالای ۲۱ سال می‌باشند؛ بنابراین جامعه نمونه ازنظر تجربه خدمتی از توانایی و مهارت لازم جهت اظهارنظر در خصوص متغیرهای موردبررسی برخوردار هستند که این امر تأثیر زیادی در بالا بردن روایی پاسخ‌های جامعه نمونه دارد.

جدول (۲) توزیع فراوانی (سابقه خدمتی)

سابقه خدمتی	فراوانی	درصد فراوانی	درصد تجمعی
سال ۲۰-۱۶	۶	۵	۵
سال ۲۵-۲۱	۱۰۹	۹۰/۱	۹۵
بیشتر از ۲۵ سال	۶	۵	۱۰۰
مجموع	۱۲۱	۱۰۰	

میزان تحصیلات: با توجه به جداول و نمودار زیر، نتایج حاصله مبین این مطلب است که از تعداد ۱۲۱ نفر جامعه نمونه، تعداد ۵۱ نفر(۴۲/۱٪) دارای مدرک کارشناسی، تعداد ۶۴ نفر(۵۲/۹٪) دارای مدرک کارشناسی ارشد و تعداد ۶ نفر(۵٪) دارای مدرک دکتری می‌باشند. بنابراین نتایج حاصله بیانگر بالا بودن سطح تحصیلات و دانش 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 و این امر روایی پاسخ‌های جامعه نمونه را تأیید می‌کند.

جدول (۳) توزیع فراوانی (میزان تحصیلات)

میزان تحصیلات	فراوانی	درصد فراوانی	درصد تجمعی
کارشناسی	۵۱	۴۲/۱	۴۲/۱
کارشناسی ارشد	۶۴	۵۲/۹	۹۵
دکتری	۶	۵	۱۰۰
مجموع	۱۲۱	۱۰۰	

میزان آشنایی با میزان آشنایی با موشک کروز: با توجه به نمودار زیر، نتایج حاصل مبین این مطلب است که از تعداد ۵۲ نفر پاسخ‌دهندگان (جامعه نمونه) ازلحاظ میزان آشنایی با موشک

کروز ، تعداد ۳ نفر (۵/۸ ٪) آشنایی کم، تعداد ۹ نفر (۱۷/۳٪) آشنایی متوسط، تعداد ۲۷ نفر (۵۱/۹٪) آشنایی زیاد و تعداد ۱۳ نفر (۲۵٪) آشنایی خیلی زیاد دارند. درواقع حدود ۷۷٪ از جامعه نمونه دارای میزان آشنایی زیاد و خیلی زیاد با موشک کروز می‌باشند؛ بنابراین جامعه نمونه ازنظر میزان آشنایی با موشک کروز از آشنایی و مهارت لازم جهت اظهارنظر در خصوص متغیرهای موردبررسی برخوردار هستند که این امر تأثیر زیادی در بالا بردن روایی پاسخ‌های جامعه نمونه دارد.

جدول (۴) توزیع فراوانی (میزان آشنایی با موشک کروز)

میزان آشنایی با موشک کروز	فراوانی	درصد فراوانی	درصد تجمعی
کم	۷	۵/۸	۵/۸
متوسط	۲۰	۱۶/۵	۲۲/۳
زیاد	۶۲	۵۱/۲	۷۳/۶
خیلی زیاد	۳۲	۲۶/۴	۱۰۰
مجموع	۱۲۱	۱۰۰	

آزمون فرضیه‌ها

در این تحقیق برای آزمودن این فرضیه که آیا میانگین یک نمونه ($\bar{x}$) با میانگین جامعه (μ) یکسان است، از آزمون یک نمونه‌ای (تی)[1] با استفاده از نرم‌افزار اس پی اس اس[2] استفاده نموده‌ایم. ویژگی که توزیع تی دارد این است که وقتی تعداد نمونه‌ها از ۳۰ بیشتر شود با توزیع نرمال مطابقت پیدا می‌کند. در تحلیل نتایج به‌دست‌آمده چنانچه میانگین پاسخ‌های افراد مورد پرسش بیشتر از ۳ باشد، فرضیه متناظر با سؤال موردقبول است (پارامتر آزمون در ناحیه بحرانی قرار ندارد، پس H0 را رد و H1 را قبول می‌کنیم) و اگر به‌طور معنی‌داری کمتر و یا مساوی ۳ باشد آنگاه فرضیه متناظر با سؤال رد می‌شود (پارامتر آزمون در ناحیه بحرانی قرار دارد، پس H0 را قبول و H1 را رد می‌کنیم).

میانگین نمونه آماری کمتر یا مساوی ۳ است H0: μ<= 3

H1 : μ > 3 میانگین نمونه آماری بزرگ‌تر از ۳ است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، وضعیت پذیرش و رد فرضیه‌های مطرح‌شده به‌صورت زیر است:

[1]-T
[2]- SPSS

فرضیه شماره ۱:

به نظر می‌رسد به دلیل قابلیت‌های موشک‌های کروز (پرواز در ارتفاع پایین، سطح مقطع راداری کم، عبور از مسیرهای ناهموار و کوهستانی)،کوهستانی بودن کشور و وجود دالان‌های نفوذی زیاد و همچنین محدودیت‌های سامانه‌های حسگر، کشف موشک‌های کروز برای پدافند هوایی مشکل است. در خصوص این فرضیه (مشکلات کشف موشک کروز) تعداد ۹ شاخص در پرسشنامه درج و مورد آزمون قرار گرفت که نتایج به‌دست‌آمده به شرح ذیل است:

جدول(۵) طیف لیکرت

خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
۱	۲	۳	۴	۵

جدول (۶) آزمون تک نمونه‌ای تی فرضیه یکم

آماره‌های یک نمونه‌ای

One-Sample Statistics

	N فراوانی	Mean میانگین	Std. Deviation انحراف معیار	Std. Error Mean انحراف میانگین
فرضیه اول	۱۲۱	۴/۳۱	۰/۳۷۸	۰/۳۴

	ارزش و معیار آزمون Test Value = 3					
					فاصله اطمینان ۹۵٪	
	آماره t	df درجه آزادی	Sig. (2-tailed) معیار تصمیم‌گیری	Mean Difference اختلاف میانگین	Lower پایین‌تر	Upper بالاتر
فرضیه اول	۳۸/۰۵۰	۱۲۰	۰۰۰	۱/۳۰۹	۱/۲۴	۱/۳۸

در جدول آماره‌های یک نمونه‌ای، شاخص‌های میانگین، انحراف معیار و انحراف از میانگین در جدول آزمون تک نمونه‌ای تی نتایج آزمون مشاهده می‌گردد.

برای قضاوت در مورد فرضیه صفر، در جدول آزمون تک نمونه‌ای تی، به معیار تصمیم‌گیری که با عنوان Sig. (2-tailed) آمده است، توجه می‌نماییم. چون در این فرضیه معیار تصمیم(۰/۰۰۰)کمتر از ۰/۰۵ است بنابراین دلیل کافی برای رد کردن H0وجود داشته و فرضیه H1 تأیید می‌شود. از طرفی با توجه به فاصله اطمینان داده‌شده، احتمال مشاهده مقدار تی برای آماره بین حد بالاتر (۱/۳۸) و حد پایین‌تر (۱/۲۴)برابر با سطح معنی‌داری یعنی

Sig = ۰/۰۰۰ است. به دلیل آنکه سطح معنی‌دار مشاهده‌شده کمتر از۵٪ است، می‌توان نتیجه گرفت فرض صفر رد و فرض یک (H1 : μ > 3) تأیید می‌شود. همچنین اهمیت و نقش بالای شاخص‌های کوهستانی بودن کشور و وجود دالان‌های نفوذی زیاد و پرواز موشک‌های کروز در ارتفاع پایین و اهمیت و نقش کم شاخص‌های محدودیت‌ها موجود در حوزه فاشا و سامانه دیده‌بانی مشهود است.

فرضیه شماره ۲

به نظر می‌رسد ارتقاء سامانه‌های کشف (اهمیت به بحث دیده‌بان‌ها و بهره‌گیری از تمامی ظرفیت‌های نیروهای مسلح به‌صورت یکپارچه و تلفیقی، استفاده از رادارهای باند (وی اچ اف) ، استفاده از رادارهای با (آر اف) بالا و قابلیت کشف اهداف با (آر سی اس) کم، استفاده از سامانه‌های الکترواپتیک موج مرئی و مادون‌قرمز، تعدد در سامانه‌های راداری، بهره‌برداری از هواپیماهای آواکس، استفاده از رادارهای پایین نگر محمول بر بالن‌های خاص، تجدیدنظر در چیدمان سنتی رادارهای تاکتیکی کشف اهداف هوایی و تدوین الگوی جدید)، دادن آموزش-های ویژه و عملیاتی مقابله با این نوع موشک‌ها به کارکنان عملیاتی، و بهره‌گیری از سامانه‌های هوشمند کشف صدای کروز از راه‌های کار پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز می‌باشند. در خصوص این فرضیه (راه‌های کار کشف موشک کروز) تعداد ۱۰ شاخص در پرسشنامه درج و مورد آزمون قرار گرفت که نتایج به‌دست‌آمده به شرح ذیل است:

جدول (۷) آزمون تک نمونه‌ای تی فرضیه دوم

آماره‌های یک نمونه‌ای

One-Sample Statistics

	N فراوانی	Mean میانگین	Std. Deviation انحراف معیار	Std. Error Mean انحراف میانگین
فرضیه دوم	۱۲۱	۴/۲۵	۰/۳۵۶	۰/۳۲

	ارزش و معیار آزمون Test Value = 3					
					فاصله اطمینان۹۵٪	
	آماره t	df درجه آزادی	Sig. (2-tailed) معیار تصمیم‌گیری	Mean Difference اختلاف میانگین	Lower پایین‌تر	Upper بالاتر
فرضیه دوم	۳۸/۵۶۸	۱۲۰	.000	۱/۲۴۹	۱/۱۸	۱/۳۱

برای قضاوت در مورد فرضیه صفر، در جدول آزمون تک نمونه‌ای تی، به معیار تصمیم‌گیری که با عنوان Sig. (2-tailed) آمده است، توجه می‌نماییم. چون در این فرضیه معیار تصمیم(۰/۰۰۰)کمتر از ۰/۰۵ است بنابراین دلیل کافی برای رد کردن H0وجود داشته و فرضیه H1 تأیید می‌شود. از طرفی با توجه به فاصله اطمینان داده‌شده، احتمال مشاهده مقدار تی برای آماره بین حد بالاتر (۱/۳۱) و حد پایین‌تر (۱/۱۸)برابر با سطح معنی‌داری یعنی ۰/۰۰۰ = Sig است. به دلیل آنکه سطح معنی‌دار مشاهده‌شده کمتر از۵٪است، می‌توان نتیجه گرفت فرض صفر رد و فرض یک (H1 : μ > 3) تأیید می‌شود. همچنین اهمیت و نقش بالای شاخص‌های بهره‌برداری از هواپیماهای آواکس و تعدد در سامانه‌های راداری و اهمیت و نقش کم شاخص تجدیدنظر در چیدمان سنتی رادارهای تاکتیکی کشف اهداف هوایی و تدوین الگوی جدید مشهود است.

ب) یافته‌های کیفی پژوهش

تبیین چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

الف) مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

در خصوص مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز، با بررسی و پردازش اسناد و مدارک و همچنین پاسخ‌های صاحب‌نظران مشخص گردید که موشک‌های کروز همانند هر وسیله پرنده توسط رادارها قابل رهگیری هستند اما به دلیل جثه کوچک و پرواز در ارتفاع کم ردیابی آن اندکی سخت‌تر است. کم بودن سطح مقطع راداری، قابلیت‌های جنگ الکترونیک، وسعت سرزمینی و نیز نامشخص بودن سمت تهدید، در این خصوص مزید علت گردیده است. کلیدی‌ترین فاکتور در اعمال فناوری برتر در طراحی و ساخت بدنه موشک‌های کروز به‌کارگیری فناوری رؤیت‌پذیری پایین (استفاده از مواد جاذب امواج رادار در موشک‌های کروز پنهان‌کار) بوده که این موشک‌ها را به اهدافی سخت جهت شناسایی تبدیل نموده است که این موضوع باعث می‌شود تا زمان پیش‌اخطار حمله آن‌ها پایین آمده و دفاع در مقابل آن‌ها را با چالشی سخت مواجه سازد. ازآنجاکه این موشک‌ها گه‌گاه سرعتی در حدود ۲۰۰ تا ۳۰۰ متر بر ثانیه دارند، لذا حین عبور باعث شکسته شدن دیوار صوتی نمی‌گردد و این موضوع باعث مخفی ماندن بیش‌ازپیش آن می‌گردد. استفاده از موتورهای جت توربوفن معمولی که گرمای کمی تولید می‌کند نیز در موشک‌های کروز امکان آشکارسازی آن‌ها را با استفاده از حسگرهای حرارتی بسیار کم نموده است.

ب) راه‌های کار پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

با عنایت به به‌کارگیری فناوری پنهان‌کاری در موشک‌های کروز، یکی از راه‌های کاهش آثار فناوری پنهان‌کار، به‌کارگیری رادارهایی است که در بسامد وی اچ اف و یو اچ اف کار می‌کنند. بنا به عقیده کارشناسان نظامی ازآنجایی‌که رادارهای باند وی اچ اف و یو اچ اف پدیده رزنانس (تشدید) را برای اهداف با سطح مقطع راداری بسیار کم یا به عبارتی اهداف با سطح مقطع راداری پائین فراهم می‌آورند، لذا عملاً قادر به شناسایی اهداف رادار گریز به‌ویژه موشک‌های کروز خواهند بود.

دستگاه‌های اعلام خبر راداری با توجه به عوارض طبیعی زمین، محدودیت‌هایی جهت پوشش مناطق پست و کور رادارند. که البته در صورت برخورداری از رادارهای هوایی می‌توان این مشکل را حل نمود اما در کل دستگاه‌های رادار دارای محدودیت‌های هستند که لزوم استقرار شبکه دیده‌بانی در کنار شبکه راداری را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. روش دیگری که جهت آشکارسازی و هشدار زودهنگام حملات کروز مورد استفاده قرار می‌گیرد، رادارهای غیرفعال است. این رادارها سیگنال‌های ساتع شده از اهداف و سامانه‌های مخابراتی و تلویزیونی و سایر رادارهای موجود در منطقه را دریافت نموده و از آن‌ها جهت شناسایی و آشکارسازی کروز استفاده می‌کنند. همچنین سامانه (جی ال ای ان اس) که به‌وسیله بالن‌های هوا ایستا در ارتفاع بالا نگه داشته می‌شود توانایی فرماندهی میدان جنگ برای ارتقاء گسترده علیه حمله موشک-های کروز را بهبود می‌بخشد.

ج) تجزیه‌وتحلیل آمیخته

بر اساس تحلیل کیفی و کمی کلیه شاخص‌های عنوان‌شده در تحقیق با کسب نمره بیشتر از متوسط (۳) دارای تأثیر بالا بوده‌اند که میزان تأثیر و اولویت شاخص‌ها به شرح زیر است:

مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

کوهستانی بودن کشور و وجود دالان‌های نفوذی زیاد و عبور موشک‌های کروز از مسیرهای ناهموار و کوهستانی، پرواز موشک‌های کروز در ارتفاع پایین، سطح مقطع راداری کم موشک‌های کروز، شلیک تعداد زیادی از موشک‌های کروز به‌صورت هم‌زمان، برخی اشکالات در بخش‌های سامانه‌ای حسگر، دیده‌بانی و فاشا به دلیل قابلیت‌های موشک‌های کروز، به ترتیب اولویت به‌عنوان مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز بیان گردیده‌اند.

راه‌های کار پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

بهره‌برداری از هواپیماهای آواکس، تعدد در سامانه‌های راداری، استفاده از رادارهای با (آر اف) بالا و قابلیت کشف اهداف با (آر سی اس) کم، دادن آموزش‌های ویژه و عملیاتی مقابله با این نوع موشک‌ها به کارکنان عملیاتی، استفاده از رادارهای پایین نگر محمول بر بالن‌های خاص، استفاده از سامانه‌های الکترواپتیک موج مرئی و مادون‌قرمز، استفاده از رادارهای باند (وی اچ اف)، بهره‌گیری از سامانه‌های هوشمند کشف صدای کروز، اهمیت به بحث دیده‌بان‌ها و بهره-گیری از تمامی ظرفیت‌های نیروهای مسلح به‌صورت یکپارچه و تلفیقی، تجدیدنظر در چیدمان سنتی رادارهای تاکتیکی کشف اهداف هوایی و تدوین الگوی جدید، به ترتیب اولویت به‌عنوان راه‌های کار پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز بیان گردیده‌اند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده از طریق ابزارهای مصاحبه با صاحب-نظران، بررسی اسناد، مدارک و منابع و همچنین پرسشنامه (داده‌های کیفی و کمی) در خصوص چالش‌های پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز. به شرح زیر است:

الف) مشکلات پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز

موشک‌های کروز پیشرفته‌تر در ارتفاع کم به سوی هدف‌هایشان پرواز می‌کنند که این موضوع کشف و رهگیری را خیلی مشکل می‌سازد. درواقع داشتن موتورهای کوچک جت به موشک کروز مزیت‌هایی نظیر سرعت فوق‌العاده بالا، عملیات محافظت، برد مناسب، پرواز در ارتفاع پایین و قابلیت مانور مناسب را می‌دهد. برای کم شدن احتمال ردیابی توسط رادار در سال‌های اخیر سعی شده است که در طراحی این موشک‌ها کم شدن سطح مقطع راداری موردتوجه قرار گیرد. همچنین از مواد جاذب امواج رادار نیز استفاده شده است که امواج راداری را منعکس نمی‌کنند. در موشک‌های کروز امروزی سطح مقطع راداری در حد یک‌صدم مترمربع است که بسیار کم است. همین باعث شده که ردیابی موشک‌های کروز جدید توسط رادارها به‌سختی صورت گیرد. علاوه بر موارد یادشده، بیشتر موشک‌های کروزی که ساخته می‌شوند برای نیروی محرکه خود از موتورهای جت توربوفن معمولی استفاده می‌کنند که گرمای کمی تولید می‌کند. درنتیجه امکان آشکارسازی آن‌ها با استفاده از حسگرهای حرارتی، بسیار کم است و حتی اگر در فواصل کوتاه بتوان حرارت منتشرشده از موتور را با کمک

حسگرهای فروسرخ تشخیص داد، به دلیل زمان کوتاه، امکان هرگونه اقدام میسر نیست در کنار موارد یادشده مشکلات زیر نیز در خصوص کشف موشک‌های کروز مزید علت است.
کوهستانی بودن برخی کشورها و وجود دالان‌های نفوذی زیاد و عبور موشک‌های کروز از مسیرهای ناهموار و کوهستانی، پرواز موشک‌های کروز در ارتفاع پایین، سطح مقطع راداری کم موشک‌های کروز، شلیک تعداد زیادی از موشک‌های کروز به‌صورت هم‌زمان، برخی اشکالات در بخش‌های سامانه‌ای حسگر، دیده‌بانی و فاشا به دلیل قابلیت‌های موشک‌های کروز.
ب) راه‌های کار پدافند هوایی برای کشف موشک‌های کروز
۱- استفاده و به‌کارگیری سامانه‌های راداری که توانایی کشف اهداف با سطح مقطع راداری کم و ارتفاع پایین را دارند، می‌تواند تا حدودی مؤثر واقع شود. البته ساخت آن در داخل کشور و به‌صورت بومی مهم‌تر از خرید خارج است. ۲- به دلیل اینکه این موشک‌ها برای تثبیت خود ناچارند از نقاط و عوارض مشخصی در روی زمین به‌عنوان ست پوینت استفاده کنند، لذا مسیر احتمالی حمله‌ی آن‌ها قابل‌شناسایی بوده و طرح درگیری مناسبی را می‌توان تهیه کرد و بر اساس آن می‌توان کریدورهای احتمالی حرکت موشک کروز بین دو نقطه را به دست آورد. ۳- استفاده از رادارهای با آر اف بالا و قابلیت کشف اهداف با سطح مقطع راداری کم. ۴- استفاده از رادارهای مونو استاتیک (الینت) مانند کالچوگا و تامارا. ۵- استفاده از رادارهای بای استاتیک (مانیتورینگ اثر امواج سامانه‌های تجاری بر اهداف پرنده). ۶- استفاده از سامانه‌های الکترواپتیک موج مرئی و مادون‌قرمز. ۷- تکمیل پوشش راداری و استفاده مناسب از رادارهای گپ فیلر. ۸- استفاده از رادارهای روزنانس و رادارهای با فرکانس پایین‌تر. ۹- تجدیدنظر در چیدمان سنتی رادارهای تاکتیکی کشف اهداف هوایی و تدوین الگوی جدید ضد کروز. ۱۰- بهینه‌سازی سامانه‌های جدید به‌منظور کشف اهداف با سطح مقطع پایین راداری در فواصل مناسب. ۱۱- آموزش صحیح و جدی افسران عملیاتی پدافندی به‌منظور چگونگی کشف و مقابله با اهداف با سطح مقطع راداری پایین همانند کروز و به پهپادها. ۱۲- استفاده از هواپیماهای آواکس. ۱۳- افزایش دیده‌بانان بصری، سامانه‌های هوشمند الکترواپتیکی و سامانه‌های هوشمند کشف صدای کروز. ۱۴- توجه به بحث دیده‌بان‌ها و بهره‌گیری از تمامی ظرفیت‌های نیروهای مسلح به‌صورت یکپارچه و تلفیقی. ۱۵- تعدد در سامانه‌های راداری. ۱۶- استفاده از رادارها باقابلیت (ام تی آی) و پایین نگر محمول بر بالن‌های خاص.

منابع

- امیا، حمیدرضا. (۱۳۸۵)، *دفاع در مقابل موشک‌های کروز*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.
- بادکوبه، امیر، فرخی، محمد. (۱۳۸۷)، الگوریتم جدید مسیریابی اجسام پرنده بدون سرنشین در پرواز تعقیب عوارض زمین، *هفتمین همایش سالانه(بین‌المللی) انجمن هوافضای ایران*، تهران.
- دباغ صادقی‌پور، مهدی.(۱۳۹۰)، *مقابله با موشک‌های کروز فرامنطقه‌ای*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.
- حبیبی، حسین. (۱۳۹۳)، آشنایی با موشک‌های کروز، *ماهنامه صف*، ۴۰۰، ۵۸-۵۵
- رضوانی، حسین، (۱۳۹۴)، الگوریتم‌های مسیریابی موشک کروز، *فصلنامه علوم و فنون نظامی*، ۳۲، ۵۱-۲۵
- رستمی، محمود، (۱۳۸۶)، *فرهنگ واژه‌های نظامی*، تهران: انتشارات ایران سبز.
- دهخدا، علی‌اکبر، (۱۳۸۵)، *فرهنگ لغات دهخدا*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- قنوات، مسعود، فرج پور، عبدالحسین، علی‌اکبری، احسان، (۱۳۸۷)، *طرح‌ریزی پدافند غیرعامل*، تهران: انتشارات دافوس آجا.
- قنوات، مسعود، بالازاده، علی‌اصغر، توکلی، ابوالفضل، (۱۳۸۶)، *قدرت هوایی(پدافند)*، تهران: انتشارات دافوس آجا.
- Nygren, I., & Jansson, M. (2004). Terrain navigation for underwater vehicles using the correlator method. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, *29*(3), 906-915.
- Jeff, K., & Howard, K. The Cruise Missile Challenge: Designing a Defense Against Asymmetric Threats. *The Marshall Institute*. Thomas G. Mahnken، (2005)،*The Cruise Missile Challenge*، Center for Strategic and Budgetary Assessments CSBA.
- Twigg, S., Calise, A., & Johnson, E. (2006, August). 3D trajectory optimization for terrain following and terrain masking. In *AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference and Exhibit* (p. 6102).