

چالش‌های فناوریانه در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها و نحوه مقابله با تهدیدات آن‌ها در نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران

هادی باغبانی^{۱*}، حسین رضایی^۲، احمد شرفی^۳

۱- استادیار دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

۲- کارشناسی ارشد مدیریت منابع انسانی، دانشگاه تهران

۳- مربی دانشکده مهندسی هوافضا، دانشگاه علوم و فنون هوایی شهید ستاری

(دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۸/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۰)

چکیده

جمهوری اسلامی ایران بدلیل قرار داشتن در یکی از حساس‌ترین مناطق جغرافیایی جهان، همواره مورد تهدید دشمنان بوده و بنابراین منطقی است که بایستی برنامه ریزی مناسبی در راستای تحکیم مبانی دفاعی صورت گیرد. یکی از این تهدیدات، استفاده گسترده دشمن از ریزپرنده‌ها جهت اهدافی از قبیل، شناسایی و جاسوسی، ترور و ... بوده و نیروی هوایی همواره یکی از اهداف این تهدیدات می‌باشد. در نتیجه ضروری است که توانایی لازم برای شناسایی و مقابله با چنین تهدیداتی ایجاد شود. هدف از این تحقیق، بررسی چالش‌های فناوریانه در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها و نحوه مقابله با تهدیدات آن‌ها است. در این پژوهش به بررسی ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و نیازمندی‌های فناوریانه در خصوص شناسایی و مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها پرداخته شده است و به روش توصیفی-پیمایشی با استفاده از جمع‌آوری اطلاعات از طریق مطالعه کتابخانه‌ای، مصاحبه و پرسشنامه و تحلیل آن با استفاده از روش تحلیل محتوا و انجام فرض‌های مختلف آماری (کلموگروف-اسمیرنوف، آزمون t و آزمون فریدمن با استفاده از نرم افزار SPSS)، به تبیین راهکارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در نیروی هوایی و اولویت‌بندی این راهکارها اقدام شده است. برای نیل به این هدف ۱۲ راهکار موجود که در کشورهای مختلف استفاده شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که استفاده از سامانه‌های پایش و اخلاک‌گر هدایت و کنترل ریزپرنده، استفاده از سلاح‌های (سامانه‌های) لیزری برای انهدام ریزپرنده و در دست گرفتن کنترل ریزپرنده از طریق هک می‌تواند اولویت‌های نخست مقابله با این نوع تهدیدات در نیروی هوایی باشد. **واژه‌های کلیدی:** ریز پرنده، شناسایی، مقابله، نیروی هوایی، سلاح لیزری، هک کردن.

The Technological Challenges in MAV Reconnaissance and the Method of Deal with Their Threats in the IRIAF

Abstract

Due to its location in one of the most sensitive geographical areas of the world, Iran has always been threatened by enemies and therefore it is logical that proper planning should be done in order to strengthen the defense bases. One of these threats is the widespread use of MAV by the enemy for purposes such as reconnaissance and espionage, assassinations, etc., and the Airforce is always one of the targets of these threats. Therefore, it is essential that the necessary capacity to identify and deal with such threats be developed. This research is responsible for examining the technological challenges in identifying small birds and how to deal with their threats. In this research, the capacities, limitations and technological requirements for identifying and dealing with MAV threats have been investigated. Descriptive-survey method using data collection through library study, interview and questionnaire and its analysis using content analysis method and performing various statistical hypotheses (Kolmogorov-Smirnov, t-test and Friedman test using SPSS software) explains the strategies to deal with MAV threats in the Airforce and prioritizes these strategies. To achieve this goal, 12 existing solutions that have been used in different countries have been examined and it has been determined that the use of monitoring and disrupting systems for guidance and control of small birds, as well as the use of laser weapons to destroy small birds and Taking control of a small bird through a hack can be the first priority in countering this type of threat in the Airforce.

Key words: MAV, Identification, Confrontation, Airforce, Laser weapons, hacking.

نویسنده پاسخگو: هادی باغبانی، تلفن: ۰۶۴۰۳۲۰۰۰، پست الکترونیک: Baghbanihady@gmail.com

این مقاله تحت لایسنس آفرینندگی مردمی (Creative Commons License) در دسترس شما قرار گرفته است. برای جزئیات این لایسنس از آدرس <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode> دیدن فرمایید.



۱- مقدمه

میزان تغییرات فناوریانه و محیطی به حدی است که اگر سازمانی نتواند خود را با آن هماهنگ و همگام سازد آسیب عمده خواهد دید. یکی از مصادیق تغییرات فناوریانه در حوزه تهدیدات نظامی، استفاده گسترده از ریزپرنده‌ها به عنوان وسیله‌ای موثر برای عملیات‌های گوناگون نظامی از قبیل جاسوسی و شناسایی توسط دشمن می‌باشد. در سال‌های اخیر استفاده از ریز پرنده‌ها به منظور استفاده نظامی توجه کشورهای زیادی را به خود جلب کرده است. این پرنده‌های ریز با ابعاد کوچک، برای کشورهای درحال توسعه بخصوص کشور ما که مورد طمع استکبار جهانی و ماجراجویی‌های بعضی از کشورهای منطقه می‌باشد، تهدیدی در حوزه شناسایی و جاسوسی اطلاعاتی محسوب می‌شود [۱]. از سوی دیگر به دلیل قرار داشتن کشور ایران در یکی از حساس‌ترین مناطق جغرافیایی جهان، همواره مورد طمع دشمنان دور و نزدیک خود می‌باشد بنابراین بسیار منطقی خواهد بود که در مقابل تهدیدات گوناگون، برنامه‌ریزی مناسبی در راستای تحکیم مبانی دفاعی صورت گیرد که همانطور که گفته شد یکی از این تهدیدات، استفاده گسترده دشمن از ریزپرنده‌ها جهت اهداف سوء نظامی از قبیل، شناسایی و جاسوسی، ترور و ... می‌باشد. به عنوان مثال گروه‌های تکفیری در عراق و سوریه به میزان وسیعی از ریزپرنده‌ها در جنگ و به خصوص در شناسایی اهداف قبل از انجام عملیات نظامی استفاده می‌کردند. نیروی هوایی نیز به عنوان یک سازمان نظامی که دارای نیروی انسانی و تجهیزات ارزشمند بوده و نقش عمده‌ای در توان رزمی ایفا می‌نماید، همواره یکی از اهداف این تهدیدات می‌باشد. بنابراین کسب توانایی و آمادگی در جهت شناسایی و مقابله با این تهدیدات از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. نه‌اجا نیز به عنوان یک سازمان نظامی از این قضیه مستثنا نمی‌باشد. با توجه به وجود هواپیماها و تجهیزات و تأسیسات هوایی بسیار مهم و گران‌بها در یگان‌های نه‌اجا، این موضوع تهدید جدی محسوب خواهد شد. چنانکه برابر مشاهدات عینی برخی از کارکنان پایور و گزارشات ارسال شده از برخی یگان‌های تابعه نه‌اجا، مواردی از پرواز ریزپرنده‌ها بر فراز یگان‌های موصوف مشاهده شده که اقدام خاصی بر علیه آنها انجام نشده است. به همین منظور ضروری است نه‌اجا ضمن رفع خلاء علمی و تجهیزاتی در این زمینه، توانایی لازم برای شناسایی و مقابله با

چنین تهدیداتی را در خود ایجاد نماید. به همین منظور در این تحقیق به بررسی چالش‌های فناوریانه در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها و نحوه مقابله با تهدیدات آنها پرداخته می‌شود.

در این پژوهش سوالات اصلی عبارتند از:

۱. چالش‌های فناوریانه در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها در نه‌اجا کدامند؟
۲. نحوه و راهکارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در نه‌اجا چیست؟

همچنین سوالات فرعی این تحقیق عبارتند از:

۱. امکانات و ظرفیت‌های فناوری در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها در نه‌اجا کدامند؟
۲. محدودیت‌های فناوری در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها در نه‌اجا چیست؟
۳. نیازمندی‌های فناوریانه نه‌اجا برای شناسایی و مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها چیست؟
۴. راه‌کارهای موثر در مقابله با ریزپرنده‌ها کدامند؟
۵. اولویت‌بندی استفاده از این راهکارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در نه‌اجا چگونه است؟

۲- ریزپرنده یا ریز پهپاد

از دیدگاه دارپا ریزپهپادها، روبات‌های هوایی ۶ درجه آزادی هستند که می‌توانند بصورت کنترل از راه دور به مکان‌های خطرناک بروند و قادر به انجام مأموریت‌های مختلفی از جمله کسب اطلاعات از وضعیت دشمن، پاییدن و مراقبت کردن، عمل کردن به عنوان حسگرهای بیوشیمیایی و هدف‌یابی می‌باشند. ریزپهپادها از لحاظ جثه کوچکتر از پهپادها بوده ولی از لحاظ ساختار دارای تنوع بیشتری هستند [۲].

کوچک بودن سایز ریزپهپادها به عواملی نظیر فناوری استفاده شده در کنترل آنها، نوع و فیزیک هوابر آنها و مشخصات و نوع مأموریت آنها بستگی دارد.

طبق تعاریف اولیه، اندازه ریزپهپاد بایستی کوچکتر از ۱۰ اینچ (حدود ۲۵ سانتی‌متر) بوده و وزن آن باید کم‌تر از ۲۰۰ گرم باشد. درابتدای دهه ۹۰ مرکز دارپا بزرگ‌ترین اندازه برای ریزپهپاد را ۶ اینچ (حدود ۱۵ سانتی‌متر) و حداکثر جرم آن را ۴۰ اونس (۱۲۰ گرم) تعیین کرد. با این‌حال بسیاری از پهپادهای بزرگ‌تر از این اندازه وجود دارند که همچنان ریزپهپاد نامیده می‌شوند. در این تحقیق، تعریف ریزپهپاد بر این

اساس است که: ریزپهپاد هواپیمایی بدون سرنشین و به اندازه کافی کوچک بوده که با تمامی متعلقات مورد نیاز برای پرواز و کنترل، توسط یک فرد قابل حمل می‌باشد. بنابراین می‌توان آن را بعنوان یک وسیله شخصی در نظر گرفت. عدد رینولدز پروازی برای ریزپهپادها بین 10^4 تا 10^5 یا همواره کوچک‌تر از 10^5 می‌باشد. این رژیم پروازی پایین در رفتار فیزیکی، اندازه و سرعت آنها بسیار موثر و مهم است. این محدوده عدد رینولدز بیشتر شبیه محدوده‌ای است که پرنده‌های کوچک و حشرات با جثه بزرگ در آن پرواز می‌کنند [۳].

سرعت پروازی ریزپهپادها بین ۱۰ تا ۲۰ متر بر ثانیه می‌باشد و بایستی قادر باشند که پروازی حدود ۲۰ تا ۶۰ دقیقه را با وزنی حدود ۲۰۰ گرم یا کمتر از آن انجام دهند. یک ریزپهپاد معمولی باید بتواند مسافت ۱۰۰۰ متر را برای رسیدن به هدف پرواز کند. از دیگر ویژگی‌های ریزپهپادها این است که قادر به پرواز در بادهای مغشوش با سرعت‌های بالاتر از ۱۱ متر بر ثانیه باشند و همچنین بتوانند در نزدیکی ساختمان‌ها پرواز کرده و تا ارتفاع ۱۰۰ متر بالا بروند [۴].

بطور کلی بین ریزپهپاد و کاربرش رابطه مستقیمی برقرار است، بدین معنی که کاربر یا سرباز به راحتی بتواند آن را حمل کند و همانند وسایل ضروری مانند آب و مهمات آن را در اختیار داشته باشد. این وسایل پرنده بایستی توانایی عمل در محیط‌های خاص و اجباری مانند مناطق تنگ و باریک شهری و حتی داخل ساختمان‌ها، در هر ساعت از شبانه روز را داشته باشند [۵]. برای رسیدن به اهداف بالا یک ریزپهپاد باید دارای زیرسیستم‌هایی مانند وسایل قابل شارژ، فرستنده تصاویر، سیستم‌های اطلاع‌رسانی و اعلام خطر، سیستم‌های بیوتروریسم، حسگرها، عملگرها و... باشد که برای این منظور بایستی از وسایل الکتریکی ریز استفاده کرد که با فناوری امروزی بتوان آنرا ساخت [۶]. آشکارترین محدودیت‌های ریزپهپادها مربوط به برد، خودتکائی، دقت، تداوم پرواز، احتمال انهدام و شرایط نامساعد جوی می‌باشند [۷]. سازندگان ریزپرنده‌ها در تلاشند که تا حد ممکن با استفاده از روش‌هایی، این محدودیت‌ها را به حداقل برسانند.

۲-۱-۱- مأموریت‌های ریزپهپاد

ریز پرنده‌ها می‌تواند مأموریت‌های مختلفی را انجام دهند که در ذیل نمونه‌هایی از این مأموریت‌ها آورده شده است:

۲-۱-۱- عملیات ضد هوایی تهاجمی^۱

عملیات ضد هوایی تهاجمی عملیاتی است که به منظور انهدام، خنثی‌سازی، قطع و یا محدود کردن قدرت هواپیمائی و موشکی دشمن در داخل خاک آنها در زمان و مکان مناسب انجام می‌شود. ریزپهپادها قادر به پشتیبانی از این عملیات به روش‌های مختلف می‌باشند. از ریزپهپادها می‌توان به منظور انهدام جنگنده‌های دشمن بعنوان یک شیء خارجی، موقعیت دقیق هدف‌ها جهت حمله دقیق بر علیه هواپیماها، موشک‌های زمین به هوا و تجهیزات سامانه‌های فرماندهی و کنترل استفاده کرد و می‌توان با تجهیز ریزپهپادها به مواد منفجره از آنها به منظور وارد کردن خسارت و در نهایت غیر عملیاتی کردن موقت هدف‌ها استفاده کرد. علاوه برای این، می‌توان از ریزپهپادها (بصورتی مخفیانه که دیده نشوند) به منظور پیدا کردن هدف‌های مرده استفاده کرد. این گونه هدف‌ها در صورتی که متوجه ورود دشمن شوند، هیچ گونه انرژی از خود ساطع نمی‌کنند تا توسط سکوی انهدام صیاد مورد حمله واقع نشوند [۵].

۲-۱-۲- پشتیبانی نزدیک هوایی

پشتیبانی نزدیک هوایی به عملیات هوایی اطلاق می‌شود که بر علیه هدف‌های متخاصم که در نزدیکی نیروهای خودی قرار دارند، به کار برده می‌شوند. ریزپهپادها با استفاده از تکنیک تشخیص دوست از دشمن قادر خواهند بود که در این راستاها کاربردهای عملیاتی داشته باشند. همچنین از آنها می‌توان به منظور تعیین جهت هدف برای حمله دقیق سلاح‌های هدایت شونده خودی استفاده کرد. در صورتی که ریزپهپادها مجهز به سامانه تصویربرداری باشند، ممکن است که از آنها به عنوان یک گیرنده خط مقدم جبهه به منظور پشتیبانی هوایی از نیروهای خودی استفاده کرد [۵].

۲-۱-۳- حمله راهبردی^۲

حمله راهبردی به عملیاتی اطلاق می‌شود که تاثیر راهبردی روی مراکز ثقل نیروهای دشمن دارد. این عملیات به منظور دستیابی به اهداف مورد نظر بدون نیاز به درگیری با نیروهای دشمن در سطوح عملیاتی و تاکتیکی در منطقه نبرد، اجرا می‌شود. مراکز ثقل دشمن مناطقی هستند که خصوصیات،

۲-۱-۶- شناسائی، مراقبت و عکس‌برداری

مراقبت به معنی پردازش مداوم (و نه جهت‌گیری روی یک هدف ویژه) می‌باشد. عکس‌برداری و اکتشاف مکمل مراقبت می‌باشد. اطلاعات ویژه درباره فعالیت‌ها و منابع یک دشمن و یا دشمن بالقوه و یا در مورد اطلاعات محرمانه در رابطه با هواشناسی، آب‌نگاری و یا خصوصیات جغرافیائی یک منطقه ویژه می‌باشد. بطور کلی عکس‌برداری از لحاظ زمانی با توجه به اقدامی که باید انجام شود، محدودیت دارد [۸]. به همین منظور ارزش ریزپهپادها ممکن است برای امور اطلاعاتی، مراقبتی و عکس‌برداری از قبل مشخص شده باشد. ریزپهپادها می‌توانند در سراسر طیف مأموریت‌های اطلاعاتی، مراقبتی و عکس‌برداری و ترتیب نیروها از لحاظ موقعیت زمینی و الکترونیکی و به منظور پشتیبانی فعالیت‌های اطلاعاتی در رابطه با هدف‌یابی کمک کنند [۵].

۲-۱-۷- جستجو و نجات رزمی^۵

عملیات جستجو و نجات به عملیاتی گفته می‌شود که به منظور نجات خدمه در شرایط اضطراری جنگی و یا عملیات‌های نظامی غیرجنگی که در معرض خطر قرار می‌گیرند، بکار برده می‌شود. مهم‌ترین مفهوم این عملیات در رابطه با بهره‌برداری از ریزپهپاد، عملیات پیدا کردن موقعیت پروازی می‌باشد. یعنی با استفاده از آن می‌توان موقعیت وضعیت افراد را در حالت اضطراری شناسائی کرد. امکانات دیگر ریزپهپادها در این رابطه، تصویربرداری از افراد سانحه دیده از طریق اعزام ریزپهپادها بر فراز منطقه مورد نظر و استفاده از آنها به عنوان ایستگاه رله‌کننده ارتباطی و کمک در طول عملیات (از لحظه سقوط خدمه پروازی تا هنگام خروج آنها) از منطقه عملیات می‌باشد [۵].

۲-۱-۸- خدمات هواشناسی

نیروی هوائی قادر است که خدمات هواشناسی دقیق و به موقع از وضعیت محیط مورد نظر از جمله هوای نزدیک و اتمسفر دور را برای فرماندهان تأمین نماید [۵].

۲-۱-۹- دیگر کاربردهای ریز پهپاد

همان‌گونه که تا به حال شرح داده شده است می‌توان از ریز پهپادها به روش‌های مختلف در راستای وظایف و

قابلیت‌ها و یا بومی‌گرایی خاص خود را دارند. اگر مرکز ثقل دشمن در عمق خاک دشمن باشد (بعنوان مثال شبکه برق، زیرساخت‌های حمل و نقل، محل استقرار حکومتی و...) در آن صورت نوع کمک ریزپهپادها آن خصوصیتی است که برای انهدام نیروی هوایی دشمن، پشتیبانی نزدیک هوایی و دیگر وظائف ذکر گردیده است [۵].

۲-۱-۴- حمله بر علیه منابع اطلاعاتی^۴

این عملیات شامل اقداماتی است که به منظور کنترل محیط‌های اطلاعاتی بکاربرده می‌شود و هدف از آن ناتوان کردن عملیات اطلاعاتی نیروهای دشمن می‌باشد. اختلال در شبکه رادارهای دشمن نمونه‌ای از حمله بر علیه منابع اطلاعاتی دشمن می‌باشد. یک ریزپهپاد و یا هر وسیله مشابه دیگر که قادر به تداخل در سیستم‌های راداری باشد، می‌تواند با بکارگیری روش‌های فریب راداری بجای تداخل مستقیم روی آن رادار، آن را فریب راداری دهد. می‌توان ریزپهپادها را به منظور فریب سامانه‌های الکترونیکی دشمن و همچنین ارسال سیگنال‌های جعلی به منظور به اشتباه انداختن سامانه‌های ارتباطی دشمن بکار برد. اجرای جنگ رایانه‌ای و یا حملات به سامانه‌های اطلاعاتی از دیگر اقداماتی است که توسط ریزپهپادها امکان‌پذیر می‌باشد [۵].

۲-۱-۵- فرماندهی و کنترل

فرماندهی و کنترل شامل فرایند مدیریت نبرد فضائی، برنامه‌ریزی، هدایت، هماهنگی و کنترل نیروهای عملیاتی می‌باشد. فرماندهی و کنترل در برگیرنده سامانه‌ها، روش‌ها، ساختار سازمانی، کارکنان، تجهیزات، تسهیلات اطلاعات، ارتباطات و طراحی به منظور رویت فرمانده جهت اجرای فرماندهی و کنترل در محدوده عملیات نظامی آن فرمانده می‌باشد. آشکارترین روش‌ها جهت بهره‌برداری از ریزپهپادها در این راستا، تجهیز آنها به سامانه‌های ارتباطی و تأمین نیروهای خودی به ابزار مراقبتی می‌باشد. این موضوع که ریزپهپادها بجای سامانه‌های خودکار تعویض شوند غیر محتمل نمی‌باشد. یعنی موضوعی که نیروی هوائی آمریکا در طی چندین سال سرمایه‌گذاری کرده است که بتواند سامانه‌های ارتباطی فعلی و ساختار تعقیب نیروها را پشتیبانی نماید [۵].

مسئولیت‌های مختلف هوایی بهره‌برداری کرد. بخش بعدی در رابطه با کاربرد ریز پهپادها در پشتیبانی یا عملیات نظامی غیرجنگی است. عملیات نظامی غیر جنگی یک اصطلاح کلی است که به منظور توصیف دیگر فعالیت‌های نظامی نیروها است که در شرایط غیر جنگ به کار برده می‌شود. این عملیات‌ها شامل فعالیت‌های کنترل مرزها، عملیات حفظ صلح، عملیات مبارزه با مواد مخدر، عملیات پشتیبانی در بحران‌های داخلی، اعلام کنترل آتش سوزی، جلوگیری از انقراض گونه‌های مختلف جانوری، عملیات پاک‌سازی غیر رزمی و عملیات‌های ضد تروریستی می‌باشد [۵].

در زمینه کشف، ردیابی و طراحی ریزپرنده‌ها در کشورهای خارجی پژوهش‌هایی انجام شده که در این نوشتار به چند مورد از آنها اشاره می‌شود:

قاسم آبادی و همکارش در تحقیقی به معرفی ریز پرنده‌ها و ارائه یک روش کشف و شناسایی آنها پرداختند [۱]. آنها دریافتند که هر ریز پرنده دارای الگوی ارتعاشی منحصر به خود است که با استفاده از این الگوی ارتعاشی و همچنین الگوی انتشار آوستیکی زیر صوت که ریز پرنده‌ها بخاطر قابلیت پنهان‌کاری تولید می‌کنند، می‌توان مدلی ارائه نمود که بوسیله آن بتوان ریز پرنده را کشف و شناسایی نمود. این مدل شامل آرایه‌ای از میکروفون‌های زیر صوت بود که پس از گیرندگی توسط پردازنده تحلیل می‌شدند [۱].

نوعت و همکارانش، کشف و ردیابی ریزپرنده‌ها را با استفاده از رادار موج میلی متری بررسی کرده‌اند [۹]. در این تحقیق دو رویکرد سیستمی برای نظارت محیطی با تکنیک‌های راداری با تمرکز بر شناسایی ریز پرنده‌ها ارائه شده است. این بررسی در رژیم موج میلی متری انجام شده است. وظیفه اصلی این‌گونه رادارها، شناسایی حرکات اهدافی مانند یک فرد یا خودرویی است که به یک مرکز نزدیک می‌شود. این سامانه‌ها معمولاً بردی از چند صد متر تا چند کیلومتر با پوشش تا ۳۶۰ درجه و میزان تکرار چند هرتز را پوشش می‌دهند. به طور خاص، قابلیت شناسایی سامانه‌های هواپیمای خلبانی از راه دور (RPAS) که تهدیدی رو به رشد در مناطق زیر ساختی حیاتی هستند، امروزه از اهمیت زیادی برخوردار است. هزینه کم، سهولت حمل و نقل و بار قابل توجه آنها را به ابزاری عالی برای نظارت یا حملات ناخواسته تبدیل می‌کند. اکثر پلتفرم‌ها را می‌توان به انواع حسگرها یا در بدترین حالت با وسایل مخرب

مجهز کرد. یک ریز پهپاد معمولی قادر به برخاست و نشست عمودی، معلق ماندن و در بسیاری از موارد پرواز به جلو با سرعت بالا است. بنابراین، در زمانی که اپراتور مخفی ریز پرنده در مکانی دورافتاده و بدون خطر قرار دارد، می‌تواند در مدت زمان کوتاهی به انواع مکان‌ها برسد [۹].

جیانگ راتی و همکارش با الهام از ساختار بیولوژیکی یک سنجاقک، چارچوب جدیدی برای طراحی و کنترل یک ریزپرنده ارائه نموده‌اند [۱۰]. در طراحی مفهومی این ریز پرنده، از اصول بیولوژیکی الهام گرفته شده است و از سنجاقک تقلید شده است. طراحی این ریز پرنده دارای یک ساختار مکانیکی پیچیده و یک کنترلر پیچیده چند لایه ترکیبی خطی/غیر خطی برای دستیابی به زمان پرواز طولانی و چابکی بهبود یافته در مقایسه با سایر طراحی‌های بال چرخان و ریزپرنده‌های نشست و برخاست کوتاه است. اولین نمونه اولیه این ریز پرنده قادر به حمل محموله حسگری در حدود ۳۰ گرم است و می‌تواند هدفی در حدود دو برابر وزن خود را بلند کند. این ریز پرنده دارای محموله‌های سنجش و ابزار دقیق است که شامل پردازنده‌های یکپارچه با قدرت بالا، حسگرهای اینرسی شش درجه آزادی، قطب‌نماهای ۳ سده آزادی، جی پی اس، دوربین دوربرد می‌شود. در این تحقیق یک مکانیزم کنترلی ۳ لایه‌ای برای مهار دینامیک و دستیابی به کنترل ناوبری کامل این ریز پرنده توسعه داده شده است [۱۰].

جکسون به بررسی توسعه و ارزیابی سیستم جلوگیری از برخورد برای کنترل نظارتی یک ریزپرنده پرداخته است [۱۱]. در این تحقیق نمایشگر برخورد و تشخیص مانع و هشدار (CODA) در رابط کنترلی ریز پرنده مبتنی بر تلفن هوشمند طراحی و یکپارچه شده است. صفحه نمایش CODA از ترکیبی از هشدارهای دیداری و بصری برای هشدار دادن به اپراتور در مورد موانع احتمالی موجود در محیط استفاده می‌کند که به اپراتور کمک کند تا بتواند به طور مؤثر حرکت کند و از برخورد جلوگیری نماید. برای ارزیابی قابلیت استفاده از این سامانه، آزمایشی ترتیب داده شد که در آن شرکت کنندگان از رابط موبایل برای خلبانی ریز پرنده با و بدون کمک نمایشگر CODA استفاده کردند. این کار شامل پیمایش یک محیط داخلی شبیه سازی شده و تعیین اهداف بصری بود. در این آزمایش، معیارها، راه‌کارهای کنترل و بازخورد ذهنی هر یک از شرکت کنندگان مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت نتیجه

ضد پهبادی با رویکرد آینده پژوهی نگریسته‌اند و در انجام این مهم از اولویت‌گذاری پابرجا به عنوان یکی از روش‌های فعالیت آینده پژوهی استفاده کرده‌اند. آن‌ها با مبنا قرار دادن الگوی اولویت‌گذاری و با به کارگیری پانل خبرگان، شناسایی و ارزیابی تهدیدهای حال و آتی برخاسته از پهبادهای انجام داده و در یافته‌های تحقیق خود به معرفی ۱۱ نوع محصول ضدپهبادی که در برابر تهدیدهای آتی پهبادی موثرتر هستند، پرداخته‌اند. این محصولات ضد پهبادی به ترتیب اولویت عبارتند از:

- ریز موج پرتوان
- موشکی دوش پرتاب
- پدافند هوایی توپخانه‌ای
- ترکیبی (توپ و موشک)
- موشکی راداری
- سامانه موشکی چندگانه
- لیزر پرتوان
- اختلال‌گر زمین پایه
- اختلال‌گر نفری
- دسته پهباد انتحاری
- پهباد پلیس [۱۳].

ماهیت تهدیدهای هواپیماهای بدون سرنشین، نتایج جنگ‌های اخیر در منطقه غرب آسیا، پیشرفت‌های روز افزون فناوری‌های نظامی در هواپیماهای بدون سرنشین و همچنین لزوم توجه علمی و دقیق به مقوله پدافند هوایی سبب شد که محمدی و همکارانش به تبیین مولفه‌های تاثیر گذار بر کشف و مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده بپردازند [۱۴]. تحقیق آن‌ها از نوع کاربردی - توسعه‌ای بوده و رویکرد آن آینده پژوهانه است و در آن از روش موردی - زمینه‌ای استفاده کرده‌اند. آن‌ها در تحقیق خود مولفه‌های تاثیر گذار در کشف سامانه‌های هواپیمای بدون سرنشین را صوتی، مشاهده‌ای (بصری)، فرکانس رادیویی غیر فعال، رادار و ترکیب داده‌ها معرفی نمودند. آن‌ها با انجام مطالعات کتابخانه‌ای، مراجعه به نظر خبرگان و تجربه و تحلیل سوال‌های تحقیق خود دریافتند که روش‌های ترکیب داده، رادار فعال و غیر فعال، شاهد و صوت به ترتیب بیشترین اولویت را برای کشف هواپیمای بدون سرنشین دارند [۱۴].

گرفت که اضافه شدن صفحه نمایش CODA منجر به عملکرد بالاتر، کاهش نرخ خرابی و کاهش زمان لازم برای انجام کارها می‌شود [۱۱].

مایر و همکارانش یک ریز پرنده را برای پرواز خودمختار با استفاده از بینایی کامپیوتر داخلی طراحی کرده‌اند [۱۲]. آن‌ها در این تحقیق یک سیستم ریز پرنده چهار موتوره جدید را معرفی کردند که برای استفاده از الگوریتم‌های دید در رایانه در حلقه کنترل پرواز طراحی شده است. این پروژه تحقیقاتی مربوط به یک سامانه ریز پرنده است که قادر است هر دو کنترل پرواز مبتنی بر بینایی و تشخیص مانع مبتنی بر استریو را بطور موازی بر روی یک کامپیوتر تعبیه شده بر روی ریز پرنده اجرا کند. سیستم طراحی شده شامل ادغام یک کامپیوتر قدرتمند پردازنده و همگام سازی اندازه گیری های IMU-Vision با استفاده از زمان سنج سخت افزاری است که امکان ادغام دقیق اندازه گیری‌های IMU در خط لوله دید کامپیوتر را فراهم می‌کند. در این تحقیق همچنین دقت تخمین وضعیت بصری مبتنی بر نشانگر برای کنترل پرواز ارزیابی شده و پرواز مستقل مبتنی بر نشانگر از جمله تشخیص مانع با استفاده از دید استریو نشان داده شده است [۱۲].

رشد سریع و روز افزون فناوری‌های نظامی، تأثیر چشم‌گیری بر کوتاه شدن چرخه عمر محصولات دفاعی برای مقابله با آنها داشته است؛ در این میان دارا بودن مزایایی مانند پایداری عملیاتی، خودمختاری، هزینه پایین، طراحی انعطاف پذیر و دور نگهداشتن زندگی انسان‌ها از خطر، به کارگیری پهبادهای راه حل برای بسیاری از چالش‌های هوایی آینده در پی خواهد داشت. به همین علت ارتش‌های جهان همواره در تلاش هستند تا برای حفظ توانمندی دفاعی خود، تجهیزات و سلاح‌های خود را بروز رسانی کنند. از طرفی یک روند صعودی در راستای خرید و توسعه پهبادهای هم مسلح و هم غیرمسلح برای اکثر نیروهای نظامی در جهان مشاهده می‌شود. بر این اساس پدram و همکارانش تحقیقی در مورد آینده پژوهی در حوزه محصولات ضد پهباد با استفاده از اولویت‌گذاری پابرجا انجام داده‌اند [۱۳]. آن‌ها در این تحقیق به دنبال آسان کردن عملیات اجرایی و نیز حل چالش‌های بلند مدت هستند. نوع تحقیق از لحاظ هدف کاربردی و رویکرد آن آمیخته است و داده‌های کمی و کیفی تحقیق همزمان گردآوری شده است. آن‌ها در این تحقیق به فناوری‌های دفاعی

۳- روشهای مقابله با ریزپهپادها

طی سالهای اخیر در سراسر جهان و به دنبال آن در ایران، نمونه‌های مختلف پهپادهای تجاری با کاربردهای مختلف تفریحی، نقشه‌برداری، تصویربرداری و ... در ابعاد وسیعی در اختیار افشار مختلف قرار گرفته و در کنار کاربردهای فراوان خود، تهدیداتی را نیز در پی داشته است. دی ماه سال ۹۵ بود که پرواز یک «هلی‌شات» بر فراز منطقه پرواز ممنوع در مرکز تهران، واکنش پدافند هوایی و شلیک توپ‌های ارتفاع پست را به دنبال داشت. از جمله مواردی که می‌توان آن را تهدید جدی از سوی پرنده‌های بدون سرنشین برشمرد، موضوع جاسوسی و تصویربرداری هوایی از اماکن ممنوعه، پادگان‌ها، مراکز نظامی و صنعتی و ... با توجه به کیفیت بالای تصویربرداری این نوع از پهپادها است. همچنین طی سال‌های اخیر و با توسعه تروریسم تکفیری در منطقه غرب آسیا، گروه‌های تروریستی مانند داعش و جبهه النصره که در عراق و سوریه فعالیت می‌کنند، از مولتی‌روتورهای مسلح به بمب‌های کوچک و یا حامل مواد منفجره برای انجام عملیات انتحاری استفاده می‌کنند و باعث پدید آمدن تهدید جدیدی شده‌اند. با توجه به تهدید جدی که پرواز پهپادهای کوچک در اماکن و محیط‌های ممنوعه پروازی می‌توانست ایجاد کند، بررسی روش‌های مقابله با این نوع پرنده‌ها با محوریت سازمان تحقیقات و جهاد خودکفایی نیروی زمینی ارتش در دستور کار نیروهای مسلح قرار گرفت. برخی از روشهای مقابله با ریزپهپادها که تا کنون در نیروهای نظامی یا انتظامی در ایران و یا سایر کشورهای جهان در دست اقدام است به شرح ذیل می‌باشد:

۳-۱- استفاده از سامانه‌های اخلاگر

پهپادهای تجاری و ریزپرنده‌ها از سامانه‌های هدایت رادیویی برخوردار هستند و بعضاً توسط سامانه موقعیت‌یاب جهانی (جی پی اس) نیز قابلیت مسیریابی و یا بازگشت به نقطه اول پرواز را دارند. از این رو مناسب‌ترین شیوه مقابله با این نوع ریزپرنده‌ها را می‌توان ایجاد اخلاگر الکترونیک در فرآیند هدایت و ارتباط آنها برشمرد. در آذرماه سال ۱۳۹۵ و در جریان برگزاری رزمایش محمد رسول الله(ص) نیروی زمینی ارتش، نخستین سلاح اخلاگر الکترونیک برای مقابله با پهپادها و ریزپرنده‌ها به نمایش درآمد (شکل ۱). این اخلاگر با برد ۳ کیلومتر و فعالیت در باند S، در بازه فرکانسی ۲/۳ تا ۲/۵ گیگا

هرتز فعالیت می‌کند و توان تشعشع آن معادل ۳۰ وات است و توانایی مقابله با ریزپرنده‌ها و به زمین نشاندن آنها را دارد. ظاهر این سلاح‌ها مانند یک سلاح انفرادی است که با نشانه روی به سمت هدف، باعث ایجاد اختلال در هدایت پرنده خواهد شد [۱۵].



شکل ۱: اخلاگر ضد پهپاد [۱۳].

در گام‌های بعدی پروژه شاهد در نزاجا منجر به تولید خانواده اخلاگرهای «شاهین» در سه نمونه کوله‌ای، استقرار و دستی با بردهای ۲ تا ۱۰ کیلومتر و قابلیت اخلاگر بر روی امواج ماهواره‌ای شد که به تولید انبوه رسید و به یگان‌های عملیاتی ارتش جمهوری اسلامی ایران تحویل داده شد. شکل ۲ نمونه‌ای از این اخلاگر را نشان می‌دهد [۱۵].



شکل ۲: اخلاگر ضد پهپاد و ریزپهپاد شاهد [۱۵].

این در حالی است که علاوه بر اخلاگرهای الکترونیک برای مقابله با ریزپرنده‌ها و پهپادها، پرتابگرهای تور محمول بر سلاح ژ-۳ به سمت ریزپرنده‌ها نیز توسط جهاد خودکفایی نزاجا ساخته شده که ۱۵۰ متر برد دارد و می‌تواند توری به مساحت



شکل ۴: سامانه اخلاگر گنبدی و جهت‌ی شاهده [۱۶].

۳-۲- استفاده از سلاح‌های لیزری

علاوه بر سامانه‌های اخلاگر، سلاح‌های دیگری نیز وجود دارد که قابلیت شلیک پرتو به سمت پهپاد به منظور انهدام و یا اخلا در کنترل آن را دارا می‌باشند. به عنوان مثال تهدیداتی که پهپادها در میادین جنگ متوجه نیروها و تاسیسات می‌کنند، باعث شده سازمان‌های دفاعی آمریکا روی توسعه ابزارهایی برای نابود سازی آن‌ها تمرکز کنند. علاوه بر لاکهید مارتین که در بالا به آن اشاره شد، مجموعه «ریتون» هم ابزاری متحرک را توسعه داده که HELWS نام دارد (شکل ۵). در این سیستم تابش‌گر لیزری روی خودروی نظامی Polaris MRZR سوار شده و با متمرکز ساختن انرژی، پهپاد را به آتش می‌کشاند. اتصال این سامانه به منبع تغذیه ۲۲۰۰ ولتی امکان ۲۰ تا ۳۰ شلیک را فراهم می‌کند. کمپانی سازنده وعده داده که HELWS را از نظر قابلیت جابجایی، قفل روی هدف و قدرت تخریب تقویت خواهد کرد [۱۵]. هرچند که این سلاح برای پهپادها طراحی شده ولی می‌توان با انجام تغییراتی از آن‌ها برای ریزپهپادها نیز استفاده نمود.



شکل ۵: سامانه تابش‌گر HELWS [۱۵].

۲۰ متر مربع را پرتاب کند. شکل ۳ نمایی از این وسیله را نشان می‌دهد [۱۵].



شکل ۳: تورپران محمول بر سلاح ژ [۱۵].

اما جدیدترین دستاورد و سامانه اخلاگر الکترونیکی که به منظور مقابله با مولتی روتورها و پهپادهای جاسوسی و مهاجم توسط نیروی زمینی ارتش توسعه یافته است، سامانه «اخلاگر گنبدی و جهت‌ی شاهده» است که براساس اطلاعات منتشر شده قابلیت نصب بر روی خودرو و استقرار ثابت و همچنین کشف اهداف به صورت تصویری را دارد. از مشخصات این سامانه، اطلاعاتی در دست نیست اما بر اساس قابلیت‌های ذکر شده، این سامانه می‌تواند با ارسال فرکانس‌هایی با طول موج بالا، گنبدی را برای محافظت از یک منطقه در برابر ورود ریزپرنده‌ها و پهپادها در باندهای فرکانسی مختلف ایجاد کند. سامانه اخلاگر جهت‌ی و گنبدی شاهده از ۲ خودرو تشکیل شده که یک خودرو مجهز به سامانه‌های کشف و الکترواپتیکی برای کشف اهداف پرنده و خودروی دیگر برای ارسال امواج اخلاگر به منظور جلوگیری از ورود ریزپرنده‌ها به محدوده حفاظتی است. شکل ۴ تصویری از این سامانه را نشان می‌دهد. با تولید اخلاگرهای خانواده شاهین، کشور ایران به جمع سازندگان اخلاگرهای ضد ریزپرنده‌ها پیوست همچنین با دستیابی به توان طراحی و تولید سامانه‌های اخلاگر گنبدی نیز ایران جزو معدود سازندگان این نوع اخلاگر در دنیا خواهد بود [۱۶].

۳-۳-۳- روش‌های ابتکاری

پرواز بی‌حساب و کتاب پهپادها به مشکلی عمومی در جهان امروز تبدیل شده است به گونه‌ای که صاحبان این ریزپرنده‌ها قوانین ساده مربوط به ممنوعیت استفاده از دستگاه‌های کنترل از راه دور در بعضی از مکان‌ها را نادیده می‌گیرند و آن‌ها را در مکان‌های نامناسبی به پرواز در می‌آورند که این باعث ایجاد مزاحمت برای مردم می‌شود. از این رو نیروهای پلیس در سراسر دنیا به دنبال روش‌هایی برای مقابله با این مشکل هستند.

تجربه برخی کشورهای پیشرفته حاکی از آن است که تاکنون راه‌حل‌هایی همچون استفاده از سیستم پدافند هوایی و استفاده از لیزرها در این مسیر به کار گرفته شده است. برخی از روش‌های ابتکاری کشورها در این زمینه عبارتند از:



شکل ۷: استفاده از پهپاد شکارچی برای شکار ریزپرنده‌ها با تور

۳-۳-۱- استفاده از عقاب

در هلند چندی است محققان روی پروژه جنجالی بنام آموزش عقاب‌ها برای شکار پهپادها مبادرت کرده‌اند (شکل ۶). این پروژه را پلیس هلند پیش می‌برد و امیدوار است با کمک عقاب‌های آموزش دیده، فعالیت پهپادها در مناطق ممنوعه را متوقف کند.



شکل ۶: استفاده از عقاب برای شکار ریزپرنده‌ها

۳-۳-۲- استفاده از تور

این روش توسط ژاپنی‌ها بکار گرفته شد. در این روش پهپادی دیگر توری به ابعاد ۳ در ۲ متر را در جهت شکار ریزپهپادهای سبک غیرمجاز و متخلف به آسمان می‌برد (شکل ۷). هر چند در نگاه اول استفاده از این روش برای سرنگونی پهپادهای کوچک مضحک به نظر می‌رسد، با این حال ضریب امنیت آن به قدری است که پلیس با استفاده از آن توانست

۳-۳-۳- روش حک کردن جی پی اس ریزپهپاد

سیستم هدایت براساس جی پی اس، نقطه ضعف این پهپادهاست. با ارسال نویزهای قوی و مسدود کردن ارتباط ماهواره‌ای پهپاد با اپراتور، پهپاد مجبور به استفاده از هدایت خودکار (اتوپیلوت) می‌شود و شرایط برای فریب آن مهیا می‌گردد. با این وجود به نظر می‌رسد این روش برای مقابله با ریزپرنده‌ها مقرون به صرفه نباشد [۱۷].

۴- روش تحقیق

به دلیل اینکه نتایج تحقیق حاضر، مورد استفاده نه‌اجا قرار می‌گیرد، لذا این تحقیق به لحاظ هدف، کاربردی می‌باشد. جهت گردآوری داده‌ها از روش توصیفی- پیمایشی استفاده می‌شود و ابزار اصلی جهت گردآوری اطلاعات آن مصاحبه، بررسی اسناد و مدارک و پرسشنامه (نظرسنجی) است. به همین جهت برای بررسی مصاحبه‌های انجام شده از تحلیل کیفی و تحلیل محتوا نیز استفاده شده است. تحلیل محتوا برای بررسی محتوای آشکار پیام‌های موجود در یک متن استفاده شده که مهمترین کاربرد آن توصیف ویژگی‌های یک متن و همچنین استنباط جنبه‌های پیام است [۱۸]. این روش تحقیق دارای دو مرحله اساسی است که عبارتند از: بررسی مواد (پیام) و پردازش نتایج. همچنین با انجام فرض‌های مختلف آماری (کلموگروف-اسمیرنوف، آزمون t و آزمون فریدمن با استفاده از نرم افزار SPSS)، به تبیین راه‌کارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در نه‌اجا و اولویت‌بندی این راه‌کارها نیز اقدام شده

ب: محدودیت‌های فناوری در خصوص شناسایی**ریزپرنده‌ها در نهاجا:**

برای هر پرنده مهاجم نیاز به یک سامانه کشف و شناسایی دقیق است که این امر قطعاً چالش جدی موضوع خواهد بود. البته محدودیت‌های موجود مرتبط به نهاجا نمی‌باشد بلکه در کل کشور سامانه و یا تجهیزات تخصصی کشف ریزپرنده‌ها در سطح بسیار محدود و با قدرت کشف محدود موجود می‌باشد.

پ: نیازمندی‌های فناوریانه نهاجا:

این نیازمندی‌ها عبارتند از: سامانه‌های مراقبت و شناسایی لیزری، اپتیکی و طیف سنج‌های حرارتی و صوتی، فناوری‌های مرتبط با پردازش تصویر، حرارت سنجی و پردازش تصاویر حرارتی (مادون قرمز)، حسگرهای فرا صوتی و حسگرهای تشخیص اختلال در میدان مغناطیسی

پاسخ سوال ۲: نحوه و راه‌کارهای مقابله با تهدیدات**ریزپرنده‌ها در نهاجا**

نحوه و راه‌کارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در نهاجا، با توجه به تحقیق انجام شده و نظرات صاحب‌نظران در دو محور ارائه می‌گردد:

۱. راه‌کارهای موثر در مقابله با ریزپرنده‌ها کدامند؟

۲. اولویت استفاده از این راه‌کارها چگونه است؟

ابتدا همه راه‌کارهای مورد نظر با استفاده از روش تحلیل محتوا و با تلفیق نظرات صاحب‌نظران با مباحث علمی موجود در زمینه ریزپرنده‌ها و با در نظر گرفتن شرایط موجود در نهاجا، فراهم گردید. راه‌کارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در مجموع عبارتند از:

۱- استفاده از سامانه‌های پایش و اخلاص‌گر هدایت و کنترل ریزپرنده

۲- استفاده از سلاح‌های (سامانه‌های) لیزری برای انهدام ریزپرنده

۳- استفاده از تور برای گرفتن این وسایل از طریق پهپادهای شکارچی

۴- استفاده از فن‌های تولید کننده هوا برای منحرف کردن ریزپرنده

۵- استفاده از جریان آب آتشنشانی در فواصل نزدیک برای مقابله ریزپرنده

است. در این تحقیق دو جامعه آماری، یکی برای انجام مصاحبه و یکی برای پاسخگویی به پرسشنامه، وجود دارد.

۱. برای انجام مصاحبه، از افراد صاحب‌نظری استفاده شده است که علاوه بر داشتن تجربه و دانش تخصصی، در این خصوص تحقیقاتی داشته‌اند.

۲. برای پاسخگویی به پرسش‌نامه، جامعه آماری مدیران میانی ستاد نیروی هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران (منظور از مدیران میانی، معاونین و مدیران در ستاد نهاجا که در جایگاه‌های امیری قرار دارند)، می‌باشد. حجم نمونه با استفاده از جدول تعیین حجم نمونه کرجسی و مورگان تعیین می‌گردد [۱۹]. با توجه به تعداد مدیران میانی در ستاد نهاجا (۵۰ نفر با اعمال ضریب امنیتی) حجم نمونه ۴۵ نفر محاسبه می‌شود.

با توجه به سطح مطالعاتی تحقیق (مدیران میانی) و عدم وجود تفاوت بین اعضای جامعه آماری، جهت بیشتر کردن شباهت جامعه و نمونه، جامعه به گروه‌های متجانس تقسیم می‌شود. در نتیجه جهت نمونه‌گیری از روش نمونه‌گیری گروهی استفاده می‌گردد [۲۰]. به کمک محاسبه مقدار آلفای کرونباخ نیز پایداری پرسش‌نامه مطابق با جدول ۱ به میزان ۹۵/۳٪ بدست آمد.

جدول ۱- قابلیت اطمینان آماری

N of Items	Cronbach's Alpha
۴۵	۰/۹۵۳

۴-۱- تجزیه و تحلیل داده‌ها**۴-۱-۱- تجزیه و تحلیل نتایج مصاحبه با صاحب‌نظران****پاسخ سوال ۱: چالش‌های فناوریانه در خصوص****شناسایی ریزپرنده‌ها در نهاجا کدامند؟**

چالش‌های فناوریانه در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها در نهاجا، با توجه به تحقیق انجام شده و نظرات صاحب‌نظران در سه محور ارائه می‌گردد:

الف: امکانات و ظرفیت‌های فناوری در خصوص**شناسایی ریزپرنده‌ها در نهاجا:**

با توجه به اینکه رادارهای موجود در نهاجا برای شناسایی هواپیما یا موشک و... طراحی و ساخته شده‌اند لذا در حال حاضر برای شناسایی ریزپرنده‌ها بیشتر از طریق بصری این امکان وجود دارد.

- ۶- تربیت پرنده‌های شکاری مانند عقاب و... برای شکار ریزپرنده
 ۷- استفاده از میدان الکتریکی مانند حشره کش‌های برقی
 ۸- در دست گرفتن کنترل ریزپرنده از طریق هک
 ۹- استفاده از دوربین‌های حرارتی و صوتی جهت شناسایی ریزپرنده‌ها
 ۱۰- استفاده از پهپادهای انتحاری
 ۱۱- استفاده از تفنگ ساچمه زن با شلیک به سوی ریزپرنده
 ۱۲- استفاده از تفنگ ژ۳ و نصب تورپران بر روی آن

۴-۱-۲- تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار

در مرحله دوم و برای بررسی راه کارهای فوق، پرسش‌نامه-ای تنظیم و از پاسخ دهندگان خواسته شد که با توجه به تأثیر و اهمیت هر گزینه، به هر یک از آنها امتیازی بین ۱ (بسیار کم اهمیت) تا ۱۰ (بسیار پر اهمیت) اختصاص دهند. در قدم بعد، امتیازات داده شده توسط نرم افزار SPSS مورد تحلیل قرار گرفت. برای این کار می‌بایست ابتدا بررسی شود که آیا داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند یا خیر؟ جهت انجام این فرض از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شد که نتیجه آن در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- آزمون‌های تک‌تی کلموگروف-اسمیرنوف

Normal Parameters ^a	Mean	Std. Deviation	Most Extreme Differences	Positive	Negative	Test Statistic	Asymp. Sig. (2-tailed)
پاش	8.1429	5.9286	.373	.202	-.373	.373	.102 ^c
لیزر	3.2143	2.1429	.248	.153	-.248	.248	.073 ^c
تور	1.423	1.0271	.270	.160	-.209	.209	.097 ^c
فی	2.500	1.911	.246	.246	-.159	.246	.057 ^c
آب	3.1429	1.9131	.238	.238	-.216	.238	.061 ^c
عقب	4.5000	1.9513	.208	.150	-.184	.208	.051 ^c
برق	5.85	2.38	.184	.139	-.184	.184	.104 ^c
مک	6.1429	2.537	.196	.178	-.196	.196	.148 ^c
حرارتی	4.14	1.46	.253	.253	-.183	.253	.195 ^c
شلیک	3.1429	1.573	.250	.250	-.178	.250	.200 ^c
تورپران	2.8000	1.8366	.231	.231	-.194	.231	.200 ^c

a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

با توجه به اینکه $Asymp. Sig. (2-tailed)$ هر کدام از راه کارهای ارائه شده بیشتر از 0.05 می‌باشد، بنابراین داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کرده و لذا می‌توان از آزمون‌های پارامتریک مثل آزمون تی تک نمونه‌ای استفاده کرد که فرضیه آماری آن بصورت رابطه ۱ تعریف می‌شود:

$$\left. \begin{aligned} \mu_k = 5 & : H_0 \\ \mu_k \neq 5 & : H_1 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

علت اینکه عدد ۵ به عنوان معیار قضاوت انتخاب شده این است که از پاسخ‌گویان خواسته شده که موافقت خود را با مولفه مورد نظر، از ۱ تا ۱۰ امتیاز بدهند. به همین دلیل اگر میانگین امتیازات بزرگتر از ۵ باشد، نشان دهنده موافقت پاسخ‌گویان با اهمیت راه کار مورد نظر تلقی می‌گردد. جهت انجام این آزمون آماری، انجام دو گام مورد نیاز می‌باشد.

گام اول: در گام اول بایستی آماره sig یا سطح معنی داری با مقدار خطای نوع اول تحقیق (0.05) مقایسه شود. اگر $sig. > 0.05$ بود، فرض H_0 رد نمی‌شود و در نتیجه فرضیه (راهکار پیشنهادی) مورد تایید قرار نمی‌گیرد.

گام دوم: در این گام در صورتی که فرض H_0 رد شده باشد، این سوال مطرح می‌شود که میانگین عامل بزرگتر از ۵ است یا کوچکتر؟ برای پاسخ به این سوال باید به مقدار آماره میانگین

در جدول فوق، $Asymp. Sig. < 0.05$ می‌باشد. این موضوع نشان دهنده این است که اهمیت راه‌کارها با هم برابر نیست و لذا رتبه بندی راه‌کارها معنی دار است. حال نتیجه این رتبه بندی براساس معیار میانگین رتبه در جدول ۵ قابل مشاهده است.

جدول ۵- میانگین رتبه برای راهکارهای ارائه شده

Ranks	
	Mean Rank
استفاده از سامانه‌های پایش و اخلاک‌گر هدایت و کنترل ریزپرنده	۱۱/۹۰
استفاده از سلاح‌های(سامانه‌های) لیزری برای انهدام ریزپرنده	۹/۲۰
استفاده از تور برای گرفتن این وسایل از طریق پهپادهای شکارچی	۵/۵۰
تربیت پرنده‌های شکاری مانند عقاب و...برای شکار ریزپرنده	۶/۱۰
استفاده از میدان الکتریکی مانند حشره کش‌های برقی	۶/۹۰
در دست گرفتن کنترل ریزپرنده از طریق هک	۸/۶۰
استفاده از دوربین‌های حرارتی و صوتی جهت شناسایی ریزپرنده‌ها	۸/۸۰
استفاده از پهپادهای انتحاری	۶/۲۰

با انجام آزمون آماری، ۸ راهکار از ۱۲ راهکار پیشنهادی براساس نظر پاسخ‌دهندگان انتخاب شد که اولویت این راه‌کارها بر مبنای آزمون فریدمن معنی‌دار بوده که نتیجه این رتبه بندی در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶- ترتیب اولویت راه‌کارهای مقابله با ریز پرنده‌ها

رتبه	راه‌کار مقابله به ترتیب اولویت
۱	استفاده از سامانه‌های پایش و اخلاک‌گر هدایت و کنترل ریزپرنده
۲	استفاده از سلاح‌های(سامانه‌های) لیزری برای انهدام ریزپرنده
۳	استفاده از دوربین‌های حرارتی و صوتی جهت شناسایی ریزپرنده‌ها
۴	در دست گرفتن کنترل ریزپرنده از طریق هک
۵	استفاده از میدان الکتریکی مانند حشره کش‌های برقی
۶	استفاده از پهپادهای انتحاری
۷	تربیت پرنده‌های شکاری مانند عقاب و...برای شکار ریزپرنده
۸	استفاده از تور برای گرفتن این وسایل از طریق پهپادهای شکارچی

۵- نتیجه‌گیری

در سال‌های اخیر استفاده گسترده از ریزپرنده‌ها جهت اهداف سوء نظامی از قبیل، شناسایی و جاسوسی، ترور و ... افزایش یافته است به قسمی که در چند سال اخیر اخبار متعددی از ورود این وسایل به مراکز مهم نظامی و حکومتی در کشور گزارش شده است در نتیجه ضروری است که توانایی لازم برای شناسایی و مقابله با چنین تهدیداتی در کشور بوجود آید.

اختلاف^۱ در جدول آزمون تک نمونه ای توجه شود. اگر این مقدار مثبت باشد به این معنی است که میانگین امتیاز عامل بیشتر از ۵ بوده و فرضیه مورد تایید قرار می‌گیرد و در صورتی- که مقدار آماده میانگین اختلاف منفی باشد، به این معنی است که میانگین امتیاز عامل کمتر از ۵ بوده و فرضیه رد می‌شود. نتیجه آزمون راه‌کارهای فوق به شرح جدول ۳ می‌باشد.

جدول ۳- آزمون تک نمونه‌ای

Test Value=5						
	t	df	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Q1	11.449	44	.000	3.14286	2.5498	3.7359
Q2	1.487	44	.001	.92857	-.4201	2.2772
Q3	-4.692	44	.000	1.78571	-2.6078	-.9636
Q4	-10.408	44	.000	-2.85714	-3.4502	-2.2641
Q5	-4.894	44	.000	-2.50000	-3.6037	-1.3963
Q6	-3.879	44	.002	1.85714	-2.8914	-.8229
Q7	-.959	44	.005	.50000	-1.6267	.6267
Q8	1.347	44	.101	.85714	-.5177	2.2320
Q9	1.685	44	.116	1.14286	-.3223	2.6080
Q10	-1.549	44	.002	.85714	-2.2110	.4967
Q11	-3.122	44	.001	-1.85714	-3.3125	-.4018
Q12	-5.880	44	.004	-2.20000	-3.2389	-1.1611

با توجه به اینکه در جدول فوق مقدار $sig.(2-tailed) < 0.05$ می‌باشد، این بدان معناست که میانگین امتیاز راه‌کارها برابر ۵ نمی‌باشد. از سوی دیگر با توجه به اینکه مقدار آماره اختلاف میانگین به جز در راهکارهای ۴، ۵، ۱۱ و ۱۲ مثبت می‌باشد، در نتیجه میانگین امتیاز راه‌کار بیش از ۵ بوده و به جز راهکارهای اشاره شده، سایر راه‌کارها مورد تایید قرار می‌گیرند.

قدم بعدی رتبه بندی راه‌کارهای پذیرفته شده است. برای رتبه بندی این راه‌کارها از آزمون فریدمن استفاده شده است. این آزمون نیز در دو مرحله انجام خواهد شد. در مرحله اول بررسی می‌شود که آیا اهمیت راه‌کارهای پذیرفته شده، با هم برابر است یا خیر؟ نتیجه این آزمون در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۴- آزمون فریدمن

Chi-Square	۳۳/۰۴۹
df	۱۱
Asymp. Sig.	۰/۰۰۱

به همین منظور در این تحقیق به بررسی چالش‌های فناوریانه در خصوص شناسایی ریزپرنده‌ها و نحوه مقابله با تهدیدات آنها پرداخته شده است. همچنین ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و نیازمندی‌های فناوریانه در خصوص شناسایی و مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها در کشور مورد بررسی قرار گرفته و به روش توصیفی-پیمایشی با استفاده از جمع آوری اطلاعات از طریق مطالعه کتابخانه‌ای، مصاحبه و پرسش‌نامه و تحلیل آن با استفاده از روش تحلیل محتوا و انجام فرض‌های مختلف آماری (کلموگروف-اسمیرنوف، آزمون t و آزمون فریدمن با استفاده از نرم افزار SPSS)، به تبیین راه‌کارهای مقابله با تهدیدات ریزپرنده‌ها و اولویت‌بندی این راه‌کارها اقدام شده است. برای نیل به این هدف ۱۲ راه‌کار موجود که در کشورهای مختلف استفاده شده‌اند، مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که استفاده از سامانه‌های پایش و اخلاص‌گر هدایت و کنترل ریزپرنده، همچنین استفاده از سلاح‌های (سامانه‌های) لیزری برای انهدام ریزپرنده و در دست گرفتن کنترل ریزپرنده از طریق هک می‌تواند اولویت‌های نخست مقابله با این نوع تهدیدات در نیروی هوایی باشد.

۶- پی‌نوشت‌ها

- ^۱Offensive Counter Air
- ^۲Dead Target
- ^۳Strategic Attack
- ^۴offensive counter information
- ^۵Combat Search And Rescue
- ^۶Remotely Piloted Aircraft Systems
- ^۷Collision and Obstacle Detect and Alerting
- ^۸ One Sample T-Test
- ^۹Mean Difference
- ^{۱۰} Mean Rank

۷- منابع و مراجع

- Conference on Defense Science and Engineering*, 2019(in Persian).
- [2]. J. Birtwhistle, "An Investigation into Micro Air Vehicles." *The 2001 Science, Engineering & Technology Student of the Year Awards*, Loughborough University, 2001.
- [3]. J. M. McMichael and M.S. Francis, "Micro Air Vehicles toward a New Dimension in Flight", *Defense Advanced Research Projects Agency and formerly of Defense Airborne Reconnaissance Office*, 1997.
- [4]. S. Morris and M. Holden, "Design of Micro Air Vehicles and Flight Test Validation", in *Proceeding of the Fixed, Flapping and Rotary Wing Vehicles at Very Low Reynolds Numbers*, 2000, pp. 153–176.
- [5]. A. F. Huber, *Death by a Thousands Cuts: Micro Air Vehicles in the Service of Airforce Missions*, Air University Maxwell Airforce Base, Alabama, 2002.[E-book] Available: <http://purl.access.gpo.gov/GPO/LPS44623>
- [6]. W. E. Green and P. Y. Oh, "An aerial robot prototype for situational awareness in closed quarters", *Proceedings of 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2003)*, Las Vegas, Nevada, 2003, pp. 61–66.
- [7]. M. R. Mahmoudi, "Design and Construction of a Micro-UAV (SAR project)", B.Sc thesis, Dept. Aero, Shahid Sattari University of Aeronautical Sciences and Technology, Tehran, 2010(in Persian).
- [8]. G. Torres and T. J. Mueller, "Micro Aerial Vehicle Development: Design, Components, Fabrication, and Flight-Testing", *AUVSI Unmanned Systems 2000 Symposium and Exhibition*, Orlando, FL, July 11-13, 2000.
- [9]. D. Noetel, W. Johannes, M. Caris, A. Hommes and S. Stanko, "Detection of MAVs (Micro Aerial Vehicles) based on
- [1]. D. Ghasemabadi and H. Nemati, "Introduction to of Micro Air Vehicles (MAVs) and presenting their detection and identification method," in *5th National*

- [17]. A. Norouzi, " Investigation of electronic attacks against drones", in *4th National Conference on Defense Science and Engineering in the IRGC*, 2016 (in Persian).
- [18]. Z. Sarmad, A. Bazargan and E. Hejazi, *Research methods in behavioral sciences*, Tehran, Iran, Agah Press, 2005(in Persian).
- [19]. R. V. Krejcie & D. W. Morgan, " Determining Sample Size for Research Activities", *Educational and Psychological Measurement*, vol.30, no.3, pp.607-610, 1970.
- [20]. A. Azar, M. Momenei, " Variance and standard deviation", in *Statistics and Its Application in Management*, 1Ed.Tehran, Iran, SAMT, 2005, ch.2, Sec.2-3-4, pp. 50-54(in Persian).
- Millimeter Wave Radar", in *Proc. of SPIE*, 2016, Vol. 9993, pp. 999308-1- 999308-7.
- [10]. J. Ratti and G. Vachtsevanos, " A biologically-inspired micro aerial vehicle sensing, modeling and control strategies", *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, vol.60, no.1, pp.153-178, Oct, 2010.
- [11]. K. F. Jackson, " Development and evaluation of a collision avoidance system for supervisory control of a micro aerial vehicle", M.Sc. Thesis, Dept. of Aeronautics and Astronautics, MIT Univ., Massachusetts, Cambridge, 2012.
- [12]. L. Meier, P. Tanskanen, L. Heng, G. H. Lee, F. Fraundorfer and M. Pollefeys, "A micro aerial vehicle design for autonomous flight using onboard computer vision", *Autonomous Robots*, vol.33, no.1-2, pp.21-39, Aug, 2012.
- [13]. P. Abdorahim, M. Ahmadiyan and Y. A. mazlaghani, "Futures studies of Anti-UAV Products using Robust Prioritization, *Defensive Futures Studies*, vol. 3, no. 11, pp. 143-164, Mar, 2019(in Persian).
- [14]. A. Mohammadi, H. Navadehtoopchi, I. Forozan, H. Shokohi and E. Ejabi, " Factors affecting drone detection and countermeasures in future battle scenes, *Defensive Futures Studies*, vol. 7, no. 25, pp. 137-166, Sep, 2022(in Persian).
- [15]. Y. Moradi, " 10 drone hunting methods; from deadly lasers to hacking in the sky," *digiato.com*, Aug. 29, 2018. [Online]. Available: <https://digiato.com/article/2018/08/29/Ant-i-drone-tools>. [Accessed: Aug. 29, 2018].
- [16]. Y. Moradi, " Disruptive system to prevent the entry of MAV," *farsnews.ir*, Oct. 5, 2019. [Online]. Available: <https://www.farsnews.ir/news/13980711000828>. [Accessed: Oct. 5, 2019].