AJA Command and Staff University

Warfare Study Quarterly

https://www.qjws.ir/ Online ISSN: 2717-1760 Print ISSN: 2717-1760

Improving the active defense measures of Islamic Republic of Iran army aviation bases against the threat of micro aerial vehicles

Ahmad Mehdi Jamali[1]✉ | Shahab Rostami[2] | Soheil Zivari Badie[3]

1. Corresponding Author, Department of Ground, Faculty of Command and Staff, Command and Staff University, Tehran, Iran, E-mail: Ahmadmehdi1446@gmail.com

2. Department of Ground, Faculty of Command and Staff, Command and Staff University, Tehran, Iran, E-mail: Sh.rostami38540@gmail.com

3. Department of Ground, Faculty of Command and Staff, Command and Staff University, Tehran, Iran, E-mail: soheil.zivari@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received

14 April 2024

Received in revised form

05 May 2024

Accepted

29 May 2024

Published

20 June 2024

Keywords:

Active defense, Army aviation, Micro aerial vehicles, threats, UAV

ABSTRACT

Objective: The purpose of this research is to explain the improvement of active defense measures of Islamic Republic of Iran army aviation bases against the threat of micro aerial vehicles.

Method: This research is functional type and descriptive method with a mixed approach. In this research, the necessary information and data has been collected from interviewing with 10 experts related to the subject, studying and reviewing documents, books and articles and submitting a questionnaire to 42 people from staff officers of the G2, G3 and G4 as well as the commanders of military communications, engineering and air defense artillery units in the form of full count. In this research, to measure the content validity of the questionnaire, the content validity ratio index (CVR) was used. Also, for the reliability of the questionnaire, Cronbach's alpha coefficient was used by means of SPSS software, and the obtained coefficient of 0.934 indicates its reliability.

Conclusion: The result of the descriptive analysis of this research shows the fact that 94% of the people of the sample community believe that each of the mentioned components can improve the active defense measures of I.R.I army aviation bases against the threat of micro aerial vehicles and their importance has been considered very high according to the obtained average, i.e. 4.75. According to the obtained results, the Identification component has the highest priority among the proposed components from the audience's point of view.

Cite this article: Jamali, A. M., Rostami, S., & Zivari Badie, S. (2024). Improving the active defense measures of Islamic Republic of Iran army aviation bases against the threat of micro aerial vehicles. War Studies, 6(20), 59- 80.

DOI: 10.22034/qjws.2024.2024748.1200

Publisher: Command and Staff University

CC BY NC ND

فصلنامه علمی مطالعات جنگ
شاپای چاپی: ۱۷۶۰-۲۷۱۷ شاپای الکترونیکی: ۱۷۶۰-۲۷۱۷ https://www.qjws.ir/ دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا

ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها

احمدمهدی جمالی[۱]✉ | شهاب رستمی[۲] | سهیل زیوری بدیع[۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه زمینی، دانشکده فرماندهی و ستاد، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: Ahmadmehdi1446@gmail.com

۲. گروه زمینی، دانشکده فرماندهی و ستاد، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: Sh.rostami38540@gmail.com

۳. گروه زمینی، دانشکده فرماندهی و ستاد، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه: soheil.zivari@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۳/۰۱/۲۶

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۳/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۳/۰۳/۰۹

تاریخ انتشار:
۱۴۰۳/۰۳/۳۱

کلیدواژه‌ها: *پدافند عامل، پهپاد، تهدید، ریزپرنده، هوانیروز آجا*

چکیده

هدف: پژوهش حاضر باهدف تبیین ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها، انجام شده است.

روش: این پژوهش از نوع کاربردی و روش توصیفی با رویکرد آمیخته انجام شده است. در این پژوهش به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات و داده‌های موردنیاز از مصاحبه با تعداد ۱۰ نفر از صاحب‌نظران و خبرگان مرتبط با موضوع، مطالعه و بررسی اسناد، کتب و مقالات داخل و خارجی و ارائه پرسشنامه به تعداد ۴۲ نفر از رؤسای ارکان دوم، سوم و چهارم و فرماندهان یگان‌های فاوا، مهندسی و آتشبارهای مستقل پدافند هوایی، به‌صورت تمام شمار استفاده شده است. در این پژوهش برای سنجش روایی محتوایی پرسشنامه از شاخص نسبت روایی محتوایی لاوشه (CVR) استفاده شد؛ همچنین جهت پایایی پرسشنامه، از ضریب آلفای کرون باخ، با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید که ضریب ۰/۹۳۴ به‌دست‌آمده بیانگر تأیید پایایی آن است.

نتیجه: نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل توصیفی این پژوهش بیانگر این واقعیت است که ۹۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که هریک از مؤلفه‌های مطرح‌شده می‌تواند اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها را ارتقاء دهد. همچنین میزان اهمیت آن‌ها را با توجه به میانگین به‌دست‌آمده یعنی ۴/۷۵ در حد خیلی زیاد دانسته‌اند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان دریافت که بیشترین اولویت در بین مؤلفه‌های مطرح‌شده از دیدگاه مخاطبان را مؤلفه شناسایی داشته است. سپس مؤلفه‌های ممانعت و کشف به ترتیب در رتبه‌های پایین‌تر در ارزش‌گذاری‌های مخاطبان قرارگرفته‌اند.

استناد: جمالی، احمدمهدی؛ رستمی، شهاب و زیوری بدیع، سهیل (۱۴۰۳). ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها، فصلنامه مطالعات جنگ، ۶ (۲۰)، ۵۹- ۸۰.

DOI: 10.22034/qjws.2024.2024748.1200

ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران

CC BY NC ND

مقدمه

با تنومند شدن نهال انقلاب اسلامی و افزایش توان علمی - دفاعی کشور، میهن اسلامی بیش‌ازپیش در معرض انواع تهدیدها از سوی دشمنان قرارگرفته است که بر این اساس، منطق دفاع حکم می‌نماید که توان دفاعی و آمادگی نیروهای مسلح افزایش یابد. امروزه کشورهایی که طعم خرابی و خسارات ناشی از جنگ را چشیده‌اند، برای حفظ سرمایه‌های ملی و منابع حیاتی خود توجه ویژه‌ای به اقدامات مقابله‌ای از نوع پدافند عامل داشته و در راهبرد دفاعی خود جایگاه والایی برای آن قائل شده‌اند؛ بنابراین با توجه به تغییر رویکرد جنگ‌ها به‌ویژه روش و رویکرد دشمنان در نوع رویارویی با کشور عزیزمان ایران و بهره‌گیری روزافزون از فناوری‌های نوین در ضربه زدن به مراکز حیاتی، حساس و مهم کشور جهت درهم شکستن اراده ملت و توان اقتصادی، نظامی و سیاسی کشور، اتخاذ تصمیمات به‌موقع و مؤثر در خصوص اقدامات پدافند عامل موضوعی است بنیادی که وسعت و گستره آن کلیه زیرساخت‌های حیاتی و حساس کشور در حوزه‌های نظامی و غیرنظامی از قبیل مراکز صنایع دفاعی، علمی، نظامی، سیاسی، ارتباطی و مواصلاتی و همچنین پالایشگاه‌ها و نیروگاه‌ها را دربر می‌گیرد.

در ارتش جمهوری اسلامی ایران، در سال‌های اخیر حوزۀ پدافند عامل برای مقابله با تهدیدهای هواپایه متکی به فناوری‌های نوین نظیر تجهیزات هوشمند دورایستا، پرنده‌های بدون سرنشین و ریزپرنده‌ها[1]، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. از نمایه‌ها و تجزیه‌وتحلیل‌های ارائه‌شده اندیشکده‌های نظامی که بر پایه علمی و اساس دکترین ملی جمهوری اسلامی ایران استوار است نیز پدافند هوایی جزء اولویت دفاعی شمرده شده و در منویات مقام معظم رهبری(مدظله‌العالی) هم مکرراً به این موضوع پرداخته شده است (اسماعیلی سالومحله و همکاران، ۱۴۰۱).

پایگاه‌های هوانیروز ارتش جمهوری اسلامی ایران از یک‌سو به دلیل وجود تجهیزات حائز اهمیت و حساس نظیر انواع بالگرد، زاغه‌های مهمات مربوط به بالگردها، لوازم و تجهیزات یدکی گران‌قیمت و نایاب بالگردها، زیرساخت‌های نگهداری و تعمیر بالگرد در تمام سطوح نگهداری و تعمیر، ساختمان‌ها و باندهای پروازی و از سوی دیگر به دلیل قرارگرفتن در مسیرها و معابر وصولی اصلی پدافندی در کشور، به‌عنوان مراکز مهم[2] محسوب می‌شوند

1- MAV: MICRO AERIAL VEHICLE
2- Important centers

که انهدام کل یا قسمتی از آن‌ها، موجب بروز آسیب و صدمات محدود در نظام سیاسی، هدایت امور، کنترل و فرماندهی، تولیدی و اقتصادی، پشتیبانی، ارتباطی، مواصلاتی، اجتماعی و یا دفاعی با سطح تأثیرگذاری محلی در کشور می‌شود. پایگاه‌های هوانیروز آجا به سبب قدمت بالای ساخت، متناسب با استانداردها و تهدیدهای چند دهه گذشته، در مقابل تهدیدهای نوپدید نظیر ریزپرنده‌ها آسیب‌پذیری فراوانی دارند؛ بنابراین اقدامات مقابله‌ای، در حوزه پدافند عامل، مانند فرایند کشف[1]، شناسایی[2] و ممانعت[3] بایستی ارتقا یافته و متناسب با تهدیدهای نوپدید به‌ویژه حملات ریزپرنده‌ها شوند تا در صورت هرگونه حمله احتمالی، از وارد آمدن خسارت به تجهیزات، تأسیسات و نیروی انسانی جلوگیری به‌عمل آید و یا آسیب‌پذیری ناشی از این حملات به حداقل برسد.

با توجه به موارد پیش‌گفته، محققین قصد داشته‌اند تا با تعیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها، در جهت ارتقای سطح توانمندی در حوزهٔ پدافند، بر اساس تهدیدهای موجود، زمینه‌ساز تحولات چشم‌گیری در سطح هوانیروز باقابلیت توسعه به سایر سطوح نیروهای مسلح ج.ا.ا، باشند؛ بنابراین هدف اصلی از انجام این پژوهش چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها است.

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش

مبانی نظری

پدافند عامل

اقدامات پدافندی مستقیم به‌منظور انهدام یا کاهش اثربخشی حملهٔ هوایی دشمن را پدافند هوایی عامل می‌گویند. این اقدامات شامل به‌کارگیری پرنده‌های با سرنشین و بدون سرنشین، جنگ‌افزارهای پدافند هوایی زمین به هوا، جنگ‌افزارهای غیر پدافند هوایی در نقش پدافند هوایی، اقدامات ضدالکترونیکی[4] و اقدامات ضد الکترونیک[5] است. لازم به ذکر است با توجه به پیشرفت روزافزون فناوری‌های دفاعی حوزهٔ تهدیدهای هوایی، ضروری است که با رصد تحولات صورت گرفته در حوزهٔ تهدیدهای هوایی، به‌منظور تأمین ابزارهای

1- Detection
2- Identification
3- Interdiction
4- ECM: Electronic Countermeasures
5- ECCM: Electronic counter-countermeasures

پدافند هوایی مناسب، جهت دفاع از آسمان در راستای مأموریت دفاع هوایی و همچنین به‌کارگیری فناوری‌های نوین ازجمله نانو، لیزر و امواج الکترومغناطیس پرقدرت و... سامانه‌های پدافندی، پیش‌بینی‌های لازم صورت گیرد. عملیات دفاع هوایی مجهز و متکی به انواع تجهیزات پیشرفته و پیچیده برای اجرای مراحل ۴ گانه مأموریتی (کشف، شناسایی، ردگیری، درگیری و انهدام و یا انحراف) و نیروی انسانی حداقلی متعهد، ماهر و کارآمد به‌عنوان عنصر اصلی صحنهٔ نبرد، در برابر هرگونه تهدید هوایی است. مجموعهٔ پدافند هوایی، به‌منظور توسعه فناوری‌های دفاع هوایی و تأمین نیازمندی‌ها، سامانه‌های موردنیاز را منطبق بر الگوی تجهیزات و متکی بر فناوری‌های بومی (خرید از خارج در حد ضرورت) و بر اساس اهداف دشمن، آسیب‌پذیری‌ها و تهدیدها، تأمین می‌کند (آیین‌نامه مرجع نیروی پدافند هوایی، ۱۳۹۹: ۱۴۵).

معرفی و مشخصات ریزپرنده‌ها

برای تمایز بین پهپاد و ریزپرنده معیار واحدی وجود ندارد و هر مجموعه‌ای تعریف خاص خود را دارد (طهماسبی و همکاران، ۱۴۰۰). ریزپرنده‌ها، گروهی از پهپادها هستند که در ابعادی کوچک‌تر از ۵۰۰ میلی‌متر و با وزن کمتر از ۵۰۰ گرم در چهار مدل بال‌زن، بال‌ثابت، بالگردان و عمودپرواز طراحی می‌شوند. از این پرنده، می‌توان در زمینه‌های متعددی در حوزهٔ نظامی استفاده کرد؛ لذا در دههٔ اخیر مورد توجه کشورهای زیادی قرارگرفته است که آمریکا با سازمان (دارپا) در رأس این کشورها قرار دارند. کشف و شناسایی ریزپرنده‌ها به دلیل ویژگی‌های منحصربه‌فرد آن‌ها، برای تمامی حسگرها و رادارها بسیار سخت خواهد بود و از نظر امنیتی تهدید بزرگی برای سامانه‌های پدافندی در حوزهٔ کشف و شناسایی محسوب می‌شوند (شکوهی و همکاران، ۱۴۰۱). ریزپرنده‌ها دارای ابعاد کوچک، سطح مقطع راداری کم (حدود ۰/۰۰۱ مترمربع)، حرارت تشعشعی ناچیز و کم‌صدا هستند. همچنین قابلیت راه‌اندازی سریع و رهاسازی از انواع سکوها از جمله سکوی هواپایه مانند پهپاد، پرتاب با دست و... را دارند. امکان حمل و رهاسازی مهمات دست‌ساز و استاندارد ازجمله نارنجک و بمبلت[1] در محیط‌های شهری و عملیاتی را دارند و قادرند به پادگان‌ها نفوذ و عملیات تصویربرداری و ارسال آن به مبدأ و عملیات شنود و اختلال را انجام دهند. پرنده‌های مذکور قادرند عملیات نفوذ، شناسایی، جاسوسی،

۱- بمب کوچکی که معمولاً در یک بمب خوشه‌ای قرار دارد و میان هوا رها می‌شود.

عملیات انتحاری، ترور، ارزیابی خسارت و خروج از محل در محوطه پادگان‌ها را اجرا کنند. همچنین قادرند در ارتفاع بیش از ۵۰۰ متری پرواز کنند و مدت تداوم پروازی آن‌ها ۱۵ دقیقه تا حدود یک ساعت است. ریزپرنده‌ها قادر به پرواز عمودی و افقی بوده و حداکثر سرعتشان بیش از ۲۵۰ کیلومتر بر ساعت و حداکثر بردشان بیش از ۵ کیلومتر است (شماره ۹۸/۳۴۱۲/۵۶۹۰-۹۸/۰۵/۱۳ دبیرخانه فرماندهی نزاجا، ۱۳۹۸: ۲).

کشف

چندین فناوری کشف غیرفعال و فعال وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به‌عنوان بخشی از راهکارهای مقابله‌ای گنجاند. سامانه پایش سیگنال الکترونیک، یک سامانه کشف غیرفعال بسیار مطلوب است. سامانه‌های پایش سیگنال الکترونیک، فرکانس‌های ارتباطی پهپاد و ایستگاه زمینی مرتبط با آن را کشف می‌کنند. بسته به حساسیت آنتن و توان خروجی پهپاد، این سیگنال‌ها را می‌توان در محدوده‌های قابل‌توجهی کشف کرد. هنگام انتخاب یک سامانه کشف سیگنالی، تمام محدوده‌های فرکانس بالقوه باید برای مقابله با تمام تهدیدات بالقوه در نظر گرفته شوند. اگر سامانه‌های کشف فرکانسی، موفق به کشف کلیه فرکانس‌های مورداستفاده در یک پهپاد نشوند، نمی‌توانند به‌عنوان یک راهکار مؤثر مقابله‌ای محسوب شوند. قابلیت‌های سامانه‌هایی که باندهای فرکانس پهپادهای تجاری را دریافت می‌کنند، در حال گسترش و افزایش قابل‌توجهی هستند. علاوه بر این، سامانه‌های کشف فرکانسی می‌توانند به‌سرعت سیگنال‌های استفاده شده را جهت ارتباط پهپاد با ایستگاه زمینی (کاربر) شناسایی کنند. برخی از سامانه‌های کشف فرکانسی قادر به ثبت اثر انگشت دیجیتال یک پهپاد هستند که این قابلیت می‌تواند به‌عنوان مدرکی برای پیگرد قانونی بعدی مورداستفاده قرار گیرد. بااین‌حال، سامانه‌های کشف فرکانسی که در بازار آزاد موجود هستند، فاقد باند فرکانسی پهپادهای تجاری پیچیده‌تر و همچنین باندهای فرکانس پهپادهای نظامی هستند (Nichols et al., 2020). یک نفوذگر را می‌توان با حسگرهای فعال مانند رادار فعال یا توسط حسگرهای غیرفعال مانند رادار غیرفعال یا مادون‌قرمز کشف کرد. کشف زمانی اتفاق می‌افتد که یک کاربر بازتابی جدید در یک محدوده را بیابد و یا اگر کشف خودکار باشد، زمانی اتفاق می‌افتد که یک رایانه بازتاب جدیدی را از جریان داده‌ها تشخیص می‌دهد (Heilenday, 2000:1).

شناسایی

شناسایی فرایند تعیین شخصیت دوستانه یا خصمانه یک شیء کشف‌شدهٔ ناشناخته است. شناسایی به توصیف دقیق اشیا کشف‌شده با اطمینان بالادست می‌یابد تا بتوان به‌موقع از سلاح‌ها استفاده کرد. در فرایند کلی شناسایی، وظایف متمایز مربوط به طبقه‌بندی و تفکیک گنجانده شده است. طبقه‌بندی فرایند مشخص‌کردن یک شیء شناسایی‌شده بر اساس نوع، مدل، ملیت و هر صفت یا ویژگی متمایز دیگری است (FM 3-01, 2020: 8-9). فناوری ضد پهپاد دو وظیفه اصلی دارد: اولین وظیفه کشف و شناسایی فعالیت هواپیماهای بدون سرنشین است و وظیفه دوم، رهگیری تهدید فضای هوایی یا دفع پهپاد است (Nichols et al., 2020). در ابتدا یک سامانه حسگر باید پهپاد ورودی را کشف، شناسایی، مکان‌یابی و ردیابی کند. بسته به نوع سامانه مورداستفاده، حسگری که تشخیص اولیه را انجام می‌دهد، مانند رادار طیف وسیع یا آشکارساز فرکانس رادیویی، ممکن است مجبور به تأیید شیء کشف‌شده باشد که آیا درواقع یک پهپاد است یا نه و همچنین مکان دقیق آن را مشخص کرده و حرکات آن را ردیابی کند. حسگرهای ثانویه برای ارائهٔ اطلاعات اضافی در مورد پهپادها مورداستفاده قرار می‌گیرند که ممکن است به تعیین هدف کمک کنند. به‌عنوان‌مثال، دوربینی ممکن است بتواند نشان دهد که آیا پهپادی حامل مواد منفجره است یا خیر. برخی از حسگرهای الکترونیکی ممکن است بتوانند مکان کاربر هواپیمای بدون سرنشین را نیز شناسایی کنند. داده‌های حسگر را اغلب می‌توان برای استفاده بعدی به‌عنوان مدرک ذخیره کرد. بر اساس اطلاعات این حسگرها، کاربر انسانی باید تصمیم بگیرد که چگونه به پهپاد ورودی پاسخ دهد. این ممکن است همیشه شامل فعال‌کردن یک سامانه ممانعتی نباشد (Holland Michel, 2019: 5). تا زمان نگارش این مقاله، چالش فنی مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین هنوز به‌طور کامل برطرف نشده است. در نظرسنجی‌ای که در مارس ۲۰۱۹ منتشر شد، واحد نوآوری دفاعی ایالات متحده اظهار داشت که «شناسایی و کاهش تهدیدها با استفاده از فناوری‌های فعلی دشوار است» (Holland Michel, 2019: 7).

طبقه‌بندی و شناسایی

طبقه‌بندی به معنای توانایی تعیین نوع پهپاد است. به‌عنوان‌مثال تمایز بین کوادکوپتر و پهپاد بال ثابت. شناسایی یعنی اینکه بتوانید نوع دقیق پهپاد را بیان کنید. به‌عنوان‌مثال، این یک ریزپرنده از نوع DJI Mavic Air 2 است (Dominicus, 2021: KN-2-8).

هنگامی‌که شناسایی انجام شد، لازم است این مطلب که جسم شناسایی‌شده واقعاً وجود دارد و اینکه هواپیمای بدون سرنشین است یا خیر تأیید شود. برای مثال، ممکن است هدف شناسایی‌شده در مرحلهٔ قبل پرنده‌ای باشد که دارای ویژگی‌های الکترومغناطیسی است که می‌تواند مشابه ویژگی‌های یک پهپاد باشد (مقطع راداری یا اندازه و شکل هندسی که نیازمند تشخیص بصری است). تأیید اینکه این شیء پرنده با توجه به مقطع راداری، اندازه و شکل هندسی از چه نوعی است، تشخیص یا شناسایی نامیده می‌شود.

سامانهٔ شناسایی و طبقه‌بندی همچنین برخی از ویژگی‌های برجسته پهپاد مانند نوع، اندازه، نوع پیشرانه، تعداد روتورها، مدل، مکان احتمالی کاربر، وجود محموله و نوع‌شناسی آن را مشخص می‌کند. این مرحله را می‌توان در ادبیات تحت عنوان شناسایی نام برد (Castrillo et al., 2022). توجه داشته باشید که اصطلاحات، طبقه‌بندی و شناسایی، اغلب به‌جای یکدیگر استفاده می‌شوند، اما می‌توانند معانی مختلفی برای مخاطبان مختلف داشته باشند (U.S. Department of Homeland Security, 2019: 14). تا آنجا که به فرایند طبقه‌بندی مربوط می‌شود، سامانه‌های بصری به بهترین وجه کارایی دارند.

حسگرهای فرکانس رادیویی و صوتی از تکنیک‌های تشخیص الگوی مبتنی بر یادگیری ماشین برای شناسایی پهپادهای آماتور، از راه دور استفاده می‌کنند. همچنین سامانه‌های فرکانس رادیویی امکان تخمین موقعیت کاربر را علاوه بر مدل خاص پهپاد مورداستفاده او فراهم می‌کنند. رادارها نیز بر اساس امضای میکرو داپلر قابلیت طبقه‌بندی خوبی دارند. جدول (۱) بر اساس اطلاعاتی که تاکنون به‌دست‌آمده است، تقسیم‌بندی فناوری‌های اصلی و مکمل را پیشنهاد می‌کند.

جدول (۱): فناوری‌های اصلی و مکمل

فناوری مکمل	فناوری اصلی	نوع وظیفه
اپتیکی	رادار - صوتی - فرکانس رادیویی	کشف
رادار	بصری - فرکانس رادیویی - صوتی	طبقه‌بندی
لیدار	اپتیکی - رادار	شناسایی
فرکانس رادیویی - صوتی	رادار - لیدار[1]	مکان‌یابی
لیدار - فرکانس رادیویی	رادار - اپتیکی - صوتی	ردیابی

۱- لیدار یک تکنیک جمع‌آوری اطلاعات از سطح اشیاء است که بر مبنای اندازه‌گیری فاصله به‌وسیله لیزر عمل می‌کند. این سیستم اولین بار در حدود سال ۱۹۷۰ توسط ناسا و بعدازآن توسط سایر سازمان‌های عموماً آمریکائی، کانادایی و استرالیایی به‌کار گرفته شد (سیف و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۳).

برای هر مرحله از سنجش، فناوری‌های اصلی نشان داده‌اند که احتمال موفقیت بالایی در تکمیل انجام کار دارند. فناوری‌های مکمل آن‌هایی در نظر گرفته شدند که می‌توانند نتیجهٔ به‌دست‌آمده توسط فناوری‌های اصلی را بهبود بخشند (Castrillo et al., 2022).

یولو[1]

یولو یک آشکارساز تک‌مرحله‌ای است. اولین پیشرفت در این روش در سال ۲۰۱۵ توسط ردمن[2] و همکارانش شکل گرفت که در آن یولو یک شیء را به‌صورت بلادرنگ تشخیص داد و در مقایسه با روش‌های دیگر بسیار سریع، بهتر و قوی‌تر بود. دقت این روش بسیار بالاست. این روش دارای یک مجموعه داده در مقیاس بزرگ برای ذخیرهٔ داده‌های تصاویر و ویدیوها است و نتایج عالی در مجموعه داده‌های مقیاس بزرگ دارد. یولو به کشف اجسام متحرک کمک می‌کند. این فناوری جسم را ابتدا شناسایی کرده و سپس جسم شناسایی‌شده را در یک کادر مستطیلی شکل نمایش می‌دهد. مزیت اصلی آن، این است که اشیا با حرکت سریع، در مقایسه با بقیه روش‌ها خیلی سریع‌تر شناسایی می‌شوند. این روش عمدتاً برای اجسام دارای سرعت استفاده می‌شود و در مقایسه با هر روش دیگری سریع‌تر است (Deshpande and Singh, 2020).

ممانعت

ریزپرنده‌ها در کشورهای منطقه که به‌ویژه در دهه اخیر به‌شدت گرفتار حملات تروریستی بوده‌اند، به معضلی جدی مبدل شده‌اند. به‌نحوی‌که به‌محض رؤیت ریزپرنده‌ها در صورت عدم رعایت الزامات قانونی، بلافاصله پرنده ساقط می‌شود. در بیشتر کشورها، پلیس مسئول مقابله با ریزپرنده‌ها بر فراز شهرها و مراکز جمعیتی است و ازآنجاکه پلیس در هر کشور ضابط قضایی است و عمدتاً برابر مر قانون برخورد می‌کند، اولاً تا حدود زیادی به تجهیزات کشف، شناسایی و انهدام پهپادها تجهیز شده و ثانیاً تا زمان اطمینان از نقض قوانین با ریزپرنده و مالک آن برخورد نمی‌کند، اما همیشه ریزپرنده‌ها بر فراز اماکن جمعیتی که

1- YOLO: You Only Live Once
2- Redmon. J

در حیطه عمل پلیس است، پرواز نمی‌کنند. در بسیاری اوقات اپراتورهای ریزپرنده عمداً یا سهواً وارد حریم هوایی اماکن امنیتی و پادگان‌ها شده و ازآنجاکه این اماکن دارای نیروی حفاظتی خاص خود هستند، بلافاصله بدون هرگونه استعلام و یا بررسی مجوز، اقدام به انهدام یا ضبط پرنده می‌نمایند (زینوند لرستانی، ۱۴۰۰: ۱۶۴-۱۶۵).

روش‌های سنتی ممانعت به‌عنوان پایه‌ای برای تکامل فناوری‌های مخرب موردنیاز برای ایجاد یک اقدام متقابل برابر و درنهایت برتر برای سامانه‌های هوایی بدون سرنشین سرکش عمل می‌کنند. در حال حاضر، زمانی می‌توان وضعیت تهدیدآمیز ریزپرنده‌ها را کاهش داد که با این تهدید با اقدامات متقابل دفاعی مواجه شده باشد (Nichols et al., 2020). انتخاب نوع ممانعت اغلب بر اساس اندازه ریزپرنده‌ها و نوع سلاح قابل‌حمل توسط آن‌ها است. با افزایش اندازه، روش‌های ممانعت از یک بازدارندگی نرم با استفاده از اخلال‌ها، تورها و غیره، به سمت سلاح‌های سنتی‌تر مورداستفاده برای هواپیماها حرکت می‌کند که شامل گلوله‌ها و موشک‌ها می‌شوند. همچنین با افزایش تعداد ریزپرنده‌های مهاجم، روش ممانعت از حملات جنبشی به حوزه‌های غیر جنبشی انرژی‌های هدایت‌شده، مانند بهره‌گیری از فناوری لیزر و امواج ماکروویو پرقدرت، تغییر می‌یابد (Nichols et al., 2020).

روش‌های ممانعت

اخلال فرکانس رادیویی[1]: ارتباط فرکانس رادیویی بین ریزپرنده و اپراتور آن را با ایجاد حجم زیادی از تداخل رادیویی مختل می‌کند. هنگامی‌که پیوند رادیویی که می‌تواند شامل ارتباط وای‌فای[2] باشد قطع شود، یک ریزپرنده معمولاً یا به زمین فرود می‌آید یا مانور «بازگشت به خانه» را آغاز می‌کند.

اخلال سامانه ناوبری ماهواره‌ای[3]: اتصال ماهواره‌ای ریزپرنده مانند جی‌پی‌اس[4] یا گلوناس[5] را مختل می‌کند که برای ناوبری استفاده می‌شود. ریزپرنده‌هایی که پیوند ماهواره‌ای خود را از دست می‌دهند معمولاً در جای خود ثابت می‌شوند، فرود می‌آیند یا به خانه بازمی‌گردند.

1- RF jamming
2- Wi-Fi: Wireless Fidelity
3- GNSS Jamming: Global Navigation Satellite System
4- GPS: Global positioning System
5- GLONASS: Global Navigation Satellite System

جعل ارتباط[1]: این روش به شخص اجازه می‌دهد کنترل ریزپرندهٔ موردنظر را با دادن یک ارتباط ناوبری یا ارتباطی جعلی، کنترل کرده و هدایت نماید. (شامل طیفی از اقدامات مانند حملات سایبری، دست‌کاری پروتکل و فریب سامانه جی‌پی‌اس و ناوبری می‌شود).
خیره‌سازی[2]: در این روش از یک پرتو نور با شدت بالا یا لیزر برای خیره‌سازی دوربین ریزپرنده استفاده می‌شود.
لیزر: در این روش بخش‌های حیاتی بدنه هواپیمای بدون سرنشین با استفاده از انرژی هدایت‌شده از بین می‌رود که باعث سقوط آن می‌شود.
امواج ماکروویو باقدرت بالا: در این روش پالس‌های انرژی ماکروویو با شدت بالا به سمت ریزپرنده هدایت می‌شود و سامانه‌های الکترونیکی آن را از کار می‌اندازد.
استفاده از تور[3]: این روش طراحی‌شده تا ریزپرنده موردنظر و یا روتورهای آن را به دام اندازد.
انهدام با استفاده از پرتابه: در این روش از مهمات معمولی یا سفارشی طراحی‌شده برای از بین بردن هواپیماهای بدون سرنشین مهاجم استفاده می‌شود.
ریزپرنده‌های انتحاری: ریزپرنده‌ای که برای برخورد با ریزپرنده دشمن طراحی‌شده است.
ممانعت ترکیبی[4]: تعدادی از سامانه‌های ضد پرنده‌های بدون سرنشین[5] نیز ترکیبی از عناصر بازدارنده را به کار می‌گیرند تا ضریب موفقیت را افزایش دهند. به‌عنوان‌مثال، بسیاری از سامانه‌های اخلال دارای هر دو قابلیت اخلال رادیویی و اخلال ناوبری ماهواره‌ای هستند. سایر سامانه‌ها ممکن است از یک سامانهٔ الکترونیکی به‌عنوان اولین خط دفاعی و یک سامانه جنبشی[6] به‌عنوان پشتیبان استفاده کنند (Holland Michel, 2019: 4).

استفاده از هوش مصنوعی به‌منظور مقابله با تهدیدهای هوایی

فناوری هوش مصنوعی این ظرفیت را دارد که تصمیمات جنگی را با اولویت‌بندی تهدیدها و مأموریت‌های عملیاتی بهبود بخشد که شامل تعیین مراحل عملیات نظامی بر اساس میزان گسترش قوای دشمن و اقدامات مورد انتظار آن‌ها و گنجاندن پیش‌بینی‌های پیامدها در حلقه تصمیم، هستند. روش‌های تحلیلی پیش‌بینی‌کننده مبتنی بر هوش

1- Spoofing
2- Dazzling
3- Nets
4- Combined Interdiction
5- C-UAS: Counter Unmanned Aerial Systems
6- Kinetic System

مصنوعی می‌تواند یک مبنا برای قابلیت بازی جنگ تقریباً واقعی به‌منظور پشتیبانی از عملیات تاکتیکی نظامی و همچنین پر کردن شکاف بین سطوح عملیاتی و تاکتیکی باشد (Jones et al., 2020).

وزارت دفاع ایالات متحده آمریکا، به دنبال ماشین‌های هوشمندی است تا توانایی‌های تصمیم‌گیری هوشمندانه‌تری را برای سربازان در محیط‌های جنگی پویا، ایجاد کند. این قابلیت‌ها با بهره‌گیری از میدان نبرد دیجیتال، زمان پردازش را برای تصمیم‌گیری سریع‌تر کاهش می‌دهد. وزارت دفاع آمریکا، به بهبود توانایی خود در جمع‌آوری داده‌ها ادامه می‌دهد و گام منطقی بعدی پردازش داده‌ها، ارائهٔ مراحل عملیات نظامی بر اساس زمان واقعی به کاربران است. این امر بار شناختی کاربران را کاهش می‌دهد و کارهای پیش‌پاافتاده‌ای را که می‌توانند خودکار شوند حذف می‌کند. وزارت دفاع آمریکا بر عملیات چنددامنه‌ای[1]، با توانایی ادغام هوشمند هوا، زمین و دریا با استفاده از هوش مصنوعی برای کاهش جدول زمانی زنجیرهٔ کشتار تأکید دارد. سناریوهای پدافند هوایی و موشکی، به دلیل طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های تهدید (به‌عنوان‌مثال، تاکتیک، سرعت، مانورپذیری و عملکرد فوق‌سریع) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Jones et al., 2020).

پیشینه‌های پژوهش

این پژوهش باهدف تبیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها انجام شده است که با بررسی به‌عمل‌آمده از مراکز دانشگاهی نیروهای مسلح، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا و وب‌سایت‌های معتبر داخلی و بین‌المللی، تاکنون در خصوص موضوع پیش‌گفته، به‌طور ویژه پژوهشی صورت نگرفته است؛ بنابراین در اینجا به پژوهش‌ها و مقالات پیرامون موضوع پژوهش به شرح جدول (۲) اشاره می‌گردد:

جدول (۲) پیشینه تحقیقات انجام شده

کشور	اهداف	افق زمانی	روش‌شناسی‌ها
ایران	آینده‌پژوهی در حوزهٔ محصولات ضدپهپاد با استفاده از اولویت‌گذاری پابرجا	۵ سال	نوع کاربردی، روش آینده‌پژوهی و رویکرد آمیخته

1- MDO: Multi Domain Operations

لهستان	روش پیشنهادی برای ساخت سامانه ضد ریزپرنده برای حفاظت از تأسیسات مهم دولتی	۲ سال	نوع کاربردی، روش توصیفی با استفاده از مدل‌سازی ریاضی و رویکرد کیفی
نروژ	مقابله با تهدید هواپیماهای بدون سرنشین	۴ سال	نوع کاربردی، روش توصیفی و رویکرد کیفی

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در پی تبیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها با استفاده از روش توصیفی و از نوع کاربردی و با بهره‌گیری از رویکرد آمیخته است. درعین‌حال این پژوهش از حیث روش گردآوری داده‌ها به دو روش مطالعات کتابخانه‌ای (مطالعه کتب، اسناد و مدارک) و میدانی (مصاحبه با صاحب‌نظران و تهیه پرسش‌نامه) انجام شده است. جامعه آماری این تحقیق برای مرحله کیفی (مصاحبه نیمه‌ساختاریافته) تعداد ۱۰ نفر از صاحب‌نظران مرتبط با موضوع و برای مرحله کمّی (پرسشنامه با طیف پنج گزینه‌ای لیکرت) تعداد ۴۲ نفر از کلیه رؤسای ارکان دوم، سوم و چهارم، فرماندهان یگان‌های مهندسی، آتشبارهای پدافند هوایی و فاوای پایگاه‌های هفت‌گانه هوانیروز آجا بوده‌اند. انتخاب تعداد ۱۰ نفر از صاحب‌نظران در سطوح ستادهای آجا، نزاجا، نپاجا و هوانیروز آجا به این سبب بوده که این نفرات به جهت موقعیت شغلی (سابقه و تجربه) در حال حاضر دارای بالاترین جایگاه خبرگی پیرامون موضوع تحقیق در سطح ارتش جمهوری اسلامی ایران بوده و با تهدیدها و چالش‌های پیشرو و آسیب‌پذیری‌های یگان‌های آجا در برابر تهدیدهای نوپدید به‌ویژه ریزپرنده‌ها و همچنین چگونگی مقابله با آن‌ها، آشنایی کافی داشته و می‌توانند مسیر روشنی را در تحقق اهداف این پژوهش فراهم سازند. همچنین به دلیل اینکه تعداد نفرات آگاه به موضوع تحقیق در سطح پایگاه‌های هوانیروز آجا زیاد نبوده و به ۴۲ نفر از مسئولین یادشده در بالا محدود شده است، بنابراین جامعهٔ نمونه به‌صورت تمام‌شمار در نظر گرفته شده است.

برای اطمینان از روایی، محققین سعی کرده‌اند مطالبی را از اسناد و مدارک استخراج کنند که توسط چند منبع تأیید شده باشد و پس‌ازآن با مشورت متخصصین مربوطه، مطالب جمع‌آوری‌شده، بعد از چند بار مطالعه با هم مقایسه شوند تا تداخلی در متن آن‌ها وجود نداشته باشد. درواقع خصیصه موردنظر، بررسی شده است و تحقیق با استفاده از اسناد و مدارک متعدد، متنوع، موثق، دست‌اول، معتبر و مرتبط با اقدامات پدافند عامل

پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها، انجام شده است. برای بالا بردن پایایی اسناد و مدارک موجود در زمینه موضوع تحقیق، از نشریات و کلیه اسناد و مدارک دست‌اول و موثق و همچنین کتب و مقالاتی که در جهت موضوع تحقیق در معاونت‌های عملیات، اطلاعات و مهندسی آجا و نزاجا، معاونت عملیات و مدیریت‌های عملیات، اطلاعات و مهندسی هوانیروز و اینترنت موجود است، مرتبط با موضوع بهره‌برداری شده است. در این راستا هم به پایایی اسناد و مدارک و هم به محتوا توجه شده است.

در این تحقیق برای سنجش روایی محتوایی پرسشنامه از شاخص نسبت روایی محتوایی لاوشه[1] (CVR)[2] استفاده شد که نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۳) ثبت شد

:

جدول (۳): نتایج CVR

متغیر تابع	مؤلفه‌ها	تعداد شاخص	مقدار CVR
اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها	کشف	۷	۰/۷۵
	شناسایی	۸	۰/۶۲
	ممانعت	۹	۰/۸۷

با توجه به اینکه حداقل مقدار شاخص CVR باید ۰/۶ باشد. اعداد به‌دست‌آمده در جدول بالا بیانگر تأیید روایی پرسشنامه است.

در این تحقیق برای پایایی پرسشنامه، از ضریب آلفای کرون باخ، با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. نظر به اینکه حداقل ضریب پایایی لازم برای پرسشنامه‌های پژوهشی ۰/۷ است و ضرایب آلفای کرون‌باخ محاسبه‌شده از این مقدار بالاتر است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پرسشنامه مورداستفاده از پایایی لازم برخوردار است.

جدول (۴): پایایی پرسشنامه

تعداد شاخص‌ها	تعداد مؤلفه‌ها	ضریب آلفای کرون باخ	متغیر
۲۴	۳	۰/۹۳۴	پدافند عامل

1- Lawshe
2- Content Validity Ratio

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

الف) یافته‌های تجزیه‌وتحلیل کیفی

همان‌گونه که در فرایند تجزیه‌وتحلیل اطلاعات و داده‌ها توضیح داده شد، پس از مصاحبه با صاحب‌نظران و نخبگان و مطالعه کامل اسناد، مدارک و منابع معتبر داخلی و خارجی (کتب، پایان‌نامه‌ها و مقالات پیرامون موضوع تحقیق)، داده‌های به‌دست‌آمده طبقه‌بندی و پردازش شدند و درنهایت در یک جمع‌بندی می‌توان نتیجه گرفت که شاخص‌های اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها در حوزه‌های کشف، شناسایی و ممانعت، به شرح زیر است:

الف) کشف

۱) کشف با استفاده از رادارهای جستجوگر
۲) کشف با استفاده از سامانه‌های کشف فرکانس رادیویی
۳) کشف با استفاده از سامانه‌های کشف آکوستیک (صوتی)
۴) کشف بصری با استفاده از سامانه‌های الکترواپتیکی
۵) کشف بصری با استفاده از سامانه‌های مادون‌قرمز
۶) کشف با استفاده از رویکرد ترکیبی و بهره‌گیری از چند سامانه بنا به نیاز
۷) آموزش شناخت ریزپرنده‌ها برای نیروی انسانی ذی‌ربط

ب) شناسایی

۱) شناسایی با بهره‌گیری از حسگرهای فرکانس رادیویی
۲) شناسایی با استفاده از حسگرهای آکوستیک (صوتی)
۳) شناسایی با استفاده از فناوری یولو با بهره‌گیری از سامانه نظارت تصویری هوشمند
۴) شناسایی با استفاده از سامانه‌های بصری (الکترواپتیکی و یا مادون‌قرمز)
۵) شناسایی با استفاده از رادارهای فرکانس بالا
۶) شناسایی با استفاده از لیدار (مسافت‌یاب لیزری) مجهز به الگوریتم‌های هوش مصنوعی
۷) شناسایی با بهره‌گیری از سامانه‌های تصویربرداری فراطیفی مجهز به الگوریتم‌های هوش مصنوعی

۸) شناسایی ریزپرنده‌ها با استفاده از ترکیب اطلاعات شناسایی

پ) ممانعت

۱) ممانعت با استفاده از اخلال فرکانس رادیویی
۲) ممانعت با استفاده از سامانه‌های جعل ارتباط
۳) ممانعت با استفاده از اخلال‌گرهای ناوبری ماهواره‌ای
۴) ممانعت با استفاده از سامانه‌های لیزر پرتوان
۵) ممانعت با استفاده از سلاح‌های ماکروویو پرتوان
۶) ممانعت با استفاده از سامانه‌های تورپران
۷) ممانعت با استفاده از روش پرتابه (سلاح‌های ساچمه‌زن و مسلسل‌ها)
۸) ممانعت با بهره‌گیری از ریزپرنده‌های انتحاری
۹) ممانعت با استفاده از چند سامانه ممانعت به‌صورت ترکیبی

ب) یافته‌های تجزیه‌وتحلیل کمی

در خصوص تبیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها، طی دو مرحله از جامعهٔ نمونه نظرخواهی شد که به‌منظور تجزیه‌وتحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده، میانگین نتایج پاسخ‌های پژوهش‌خواندگان به سؤالات مطرح‌شده از طریق جدول و نمودار، به شرح زیر ارائه می‌شود:

جدول (۵): توزیع فراوانی مربوط به میانگین مؤلفه‌های اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها

متغیر تابع	متغیر مستقل	مؤلفه‌ها	خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	میانگین	اولویت
اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در	پدافند عامل	کشف	۳۴	۴	۲	۱	۱	۴/۶۴	۳
		شناسایی	۳۷	۴	۱	۰	۰	۴/۸۶	۱
		ممانعت	۳۵	۵	۱	۱	۰	۴/۷۶	۲

		میانگین	۳۵	۴	۱	۱	۱	۴/۷۵	-
		درصد فراوانی	۸۴٪	۱۰٪	۲٪	۲٪	۲٪	-	-

	کشف	شناسایی	ممانعت
جامعه نمونه	۴۲	۴۲	۴۲
میانگین	۴/۶۴۲۹	۴/۸۵۷۱	۴/۷۶۱۹
انحراف از میانگین	۰/۱۳۵۵۶	۰/۰۶۴۴۰	۰/۰۹۵۲۴
انحراف معیار	۰/۸۷۸۵۱	۰/۴۱۷۳۹	۰/۶۱۷۲۱
واریانس	۰/۷۷۲	۰/۱۷۴	۰/۳۸۱
جمع کل	۱۹۵/۰۰	۲۰۴/۰۰	۲۰۰/۰۰

با توجه به جدول فوق، نتایج حاصل مبیّن این مطلب است که از تعداد ۴۲ نفر جامعه نمونه به‌طور میانگین تعداد ۳۵ نفر (۸۴٪) گزینه خیلی زیاد، تعداد ۴ نفر (۱۰٪) گزینه زیاد، تعداد ۱ نفر (۲٪) گزینه متوسط، تعداد ۱ نفر (۲٪) گزینه کم و تعداد ۱ نفر (۲٪) گزینه خیلی کم را انتخاب کرده‌اند؛ بنابراین نتایج حاصل بیانگر این واقعیت است که ۹۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که هریک از مؤلفه‌های مطرح‌شده می‌تواند اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا را در برابر تهدید ریزپرنده‌ها ارتقاء دهد و میزان اهمیت آن‌ها را با توجه به میانگین به‌دست‌آمده یعنی ۴/۷۵ در حد خیلی زیاد دانسته‌اند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان دریافت که بیشترین اولویت در بین مؤلفه‌های مطرح‌شده از دیدگاه مخاطبان را مؤلفه شناسایی داشته است. سپس مؤلفه‌های ممانعت و کشف به ترتیب در رتبه‌های پایین‌تر در ارزش‌گذاری‌های مخاطبان قرارگرفته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

الف) نتیجه‌گیری

در خصوص تبیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها در حوزه **کشف**، نتایج زیر به ترتیب اهمیت به‌دست‌آمده است:

۱) پایگاه‌های هوانیروز آجا و ستاد فرماندهی هوانیروز می‌توانند با استفاده از سامانه‌های کشف ترکیبی (ترکیبی از انواع سامانه‌های کشف) به شکل مؤثری اقدامات مقابله‌ای

عامل خود را در برابر تهدید ریزپرنده‌ها ارتقاء دهند؛ زیرا این سامانه‌ها به‌صورت ترکیبی از چند سامانه کشف بوده و هر سامانه می‌تواند ضعف‌های سامانه‌های دیگر را پوشش دهد.

۲) پایگاه‌های هوانیروز آجا و ستاد فرماندهی هوانیروز می‌توانند با توجه به برد بلند سامانه‌های کشف راداری (رادارهای ارتفاع پست) و قابلیت مهم کشف هجوم گروهی ریزپرنده‌ها، از این سامانه‌ها به‌منظور ارتقای اقدامات مقابله‌ای عامل خود در برابر تهدید ریزپرنده‌ها استفاده کنند.

۳) از سامانه‌های کشف فرکانس رادیویی به‌عنوان سامانه‌هایی مقرون‌به‌صرفه، غیرفعال و باقابلیت هشدار زودهنگام تهدید ریزپرنده‌ها می‌توان به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا بهره گرفت.

۴) از سامانه‌های کشف بصری (الکترواپتیکی و یا مادون‌قرمز) می‌توان در پایگاه‌هایی که در اکثر فصول سال دارای شرایط آب‌وهوایی نسبتاً پایداری بوده و در اطراف آن‌ها ساختمان‌های بلند و موانع طبیعی و مصنوعی وجود ندارند، به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها استفاده کرد. ازجمله این پایگاه‌ها به‌عنوان نمونه می‌توان به دو پایگاه مستقر در شهر اصفهان و پایگاه رزمی کرمان اشاره نمود.

۵) از سامانه‌های کشف صوتی به دلیل برد کم و احتمال خطا در محیط‌های شلوغ، می‌توان صرفاً در محیط‌های محدود و دارای حساسیت ویژه نظیر ساختمان‌های ستاد فرماندهی در پایگاه‌های هوانیروز، ساختمان ستاد فرماندهی هوانیروز و معاونت‌های مربوطه، به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها استفاده کرد.

۶) در اقدامی پیش‌دستانه با ایجاد مناطق پروازممنوع در حوالی ستاد فرماندهی هوانیروز و پایگاه‌های هوانیروز آجا به شعاع معیّن و اعلام و ابلاغ آن به مبادی مربوطه در خارج از سازمان، می‌توان نسبت به ارتقای امنیت و به دنبال آن ارتقای اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها، اقدام کرد.

در خصوص تبیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها در حوزه **شناسایی**، نتایج زیر به ترتیب اهمیت به‌دست‌آمده است:

۱) در پایگاه‌های هوانیروز آجا می‌توان از رادارهای شناسایی فرکانس بالا (متحرک و یا ثابت) با توجه به برد مناسب، قابلیت شناسایی و طبقه‌بندی چندین ریزپرنده با هم و امکان عبور امواج این رادارها از موانع بهره گرفت؛ به‌ویژه در باند ایکس (۸ تا ۱۲ گیگاهرتز) که قابلیت شناسایی انواع ریزپرنده را دارد.

۲) سامانه‌های تشخیص و پردازش تصویری (یولو) به‌ویژه در نسخه هشتم با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، نظر به اینکه قابلیت شناسایی گروهی از ریزپرنده‌ها را به‌صورت هم‌زمان داشته و می‌توانند ریزپرنده‌های کوچک و دارای سرعت بالا را نیز شناسایی کنند و همچنین به دلیل اینکه به سبب استفاده از هوش مصنوعی، کمترین دخالت عامل انسانی را دارند، یکی از مؤثرترین راهکارها برای ارتقای اقدامات پدافند عامل در ستاد فرماندهی هوانیروز و پایگاه‌های تابعه آن در برابر تهدید ریزپرنده‌ها است.

۳) در پایگاه‌های هوانیروز آجا می‌توان با استفاده از ترکیب اطلاعات شناسایی، یعنی اضافه و ترکیب کردن افزونه‌های پردازش دیجیتال و سامانه‌های تصمیم‌گیر دیجیتال به سامانه‌های شناسایی ریزپرنده مورداستفاده موجود، اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا را در برابر تهدید ریزپرنده‌ها ارتقاء داد.

۴) بهره‌گیری از سامانه‌های شناسایی اپتیکی سه‌بعدی (لیدار) به همراه هوش مصنوعی، به دلیل دقت بالا در شناسایی ریزپرنده‌ها و کارکرد دقیق در فواصل طولانی و امکان شناسایی هم‌زمان چند ریزپرنده می‌تواند اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا را در برابر تهدید ریزپرنده‌ها ارتقاء دهد.

۵) سامانه‌های تصویربرداری فراطیفی با بهره‌گیری از سه طیف نور نامرئی، با تصویربرداری در طیف فرابنفش جهت شناسایی بصری ریزپرنده‌ها، تصویربرداری مادون‌قرمز جهت شناسایی حرارتی ریزپرنده‌ها و تصویربرداری راداری جهت شناسایی ابعاد ریزپرنده‌ها، با اتصال به شبکه مانیتورینگ در کلیه پایگاه‌های هوانیروز آجا می‌توانند اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها را ارتقاء دهند.

۶) از سامانه‌های شناسایی صوتی (آکوستیک) از یک‌سو به دلیل برد کم و احتمال خطا در محیط‌های شلوغ و از سوی دیگر به دلیل امکان شناسایی ریزپرنده‌های بسیار کوچک (نانوپرنده‌ها)، می‌توان صرفاً در محیط‌های محدود و دارای حساسیت ویژه نظیر ساختمان‌های ستاد فرماندهی در پایگاه‌های هوانیروز، ساختمان ستاد فرماندهی

هوانیروز و معاونت‌های مربوطه، به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها استفاده کرد.

۷) استفاده از سامانه‌های بصری (الکترواپتیکی و یا مادون‌قرمز) در پایگاه‌های هوانیروز آجا به‌عنوان راهکاری مقرون‌به‌صرفه‌تر از یولو و با توجه به قدرت تفکیک آن‌ها در شناسایی پهپادهای بزرگ از ریزپرنده‌ها و امکان ثبت تصاویر جهت پیگیری‌های قانونی بعدی، می‌تواند اقدامات پدافند عامل را در برابر تهدید ریزپرنده‌ها ارتقاء دهد.

در خصوص تبیین چگونگی ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها در حوزه **ممانعت**، نتایج زیر به ترتیب اهمیت به‌دست‌آمده است:

۱) سامانه‌های ممانعتی ترکیبی هوشمند (ترکیبی از انواع سامانه‌ها) با بهره‌گیری از هوش مصنوعی، به دلیل اینکه هر سامانه قادر به پوشش ضعف سامانه دیگر بوده و حداقل نیاز را به عامل انسانی جهت تصمیم‌گیری و اجرا دارند، به‌عنوان مؤثرترین سامانه ممانعتی به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا محسوب می‌شوند.

۲) از سامانه‌های اخلالگر فرکانس رادیویی به دلیل مقرون‌به‌صرفه بودن و امکان مقابله با چندین ریزپرنده به‌طور هم‌زمان می‌توان در جهت ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها استفاده کرد. بهتر است با توجه به برد کم سامانه‌های اخلالگر فرکانس رادیویی و از سوی دیگر امکان اخلال در سامانه‌های مخابراتی پایگاه‌ها، از این سامانه‌ها در تأسیساتی استفاده شود که از یگان‌های پروازی دور هستند و یا در ستاد فرماندهی هوانیروز قرار دارند.

۳) از سامانه‌های لیزری پرتوان از یک‌سو به دلیل امنیت بالا به سبب عدم استفاده از مهمات و نسبتاً مقرون‌به‌صرفه بودن و از سوی دیگر به دلیل تأثیرپذیری از شرایط آب‌وهوایی (مه، بارندگی و گردوغبار)، می‌توان به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها در پایگاه‌هایی که در مناطق دارای آب‌وهوای نسبتاً پایدار (مانند پایگاه‌های شهر اصفهان) قرار دارند و همچنین ستاد فرماندهی هوانیروز استفاده کرد.

۴) سامانه‌های ماکروویو پرتوان دارای سرعت عمل بالا و برد مناسبی هستند، اما به دلیل قدرت تخریب بالا و امکان سقوط ریزپرنده‌ها در مناطق مسکونی می‌توان در پایگاه‌های

هوانیروز آجا که از مناطق مسکونی فاصله داشته و یا در اطراف آن‌ها جمعیت زیادی زندگی نمی‌کنند، به‌منظور ممانعت از ورود ریزپرنده‌ها استفاده کرد که از آن جمله می‌توان به پایگاه‌های رزمی کرمان، مسجدسلیمان و آبیک اشاره نمود. سامانه‌های مذکور بایستی به سمت مناطق پروازی روانه نشوند.

۵) سلاح‌های تورپران راهکاری مقرون‌به‌صرفه، مطمئن و ایمن هستند که می‌توان از آن‌ها در کنار دیگر روش‌های ممانعت به‌عنوان مکملی کارآمد در راستای ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا حتی در مناطق پرتردد و شلوغ استفاده کرد.

۶) از سامانه‌های اخلالگر ناوبری به دلیل امکان اخلال در سامانه ناوبری هواپیماها و بالگردها می‌توان به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها در ستاد فرماندهی هوانیروز به‌عنوان روشی مؤثر و ایمن استفاده کرد.

۷) از پرتابه (سلاح‌های ساچمه‌زن، مسلسل، سلاح‌های تک‌تیرانداز و موشک‌های کوتاه‌برد) به دلیل قدرت تخریب زیاد، می‌توان به‌عنوان یک عامل بازدارنده در راستای ارتقای اقدامات پدافند عامل پایگاه‌های هوانیروز آجا در برابر تهدید ریزپرنده‌ها بهره گرفت و در مواقع بروز بحران با هماهنگی شبکه یکپارچه پدافند هوایی کشور، استفاده کرد.

۸) از سامانه‌های فریب و جعل ارتباطی به‌عنوان روشی امن و قابل‌اعتماد جهت دور کردن ریزپرنده‌ها و جلوگیری از نزدیک شدن آن‌ها به پایگاه‌های هوانیروز آجا به‌منظور ارتقای اقدامات پدافند عامل بهره برد؛ همچنین از این سامانه‌ها می‌توان در محیط‌های شلوغ و پرتردد مانند ستاد فرماندهی هوانیروز و دو پایگاه مستقر در شهر اصفهان نیز استفاده کرد.

۹) از ریزپرنده‌های انتحاری ضد ریزپرنده به دلیل قدرت تخریب زیاد و هزینهٔ نسبتاً بالا می‌توان در پایگاه‌هایی که از مناطق شهری دور بوده و یا در اطراف آن‌ها جمعیت زیادی زندگی نمی‌کنند به‌عنوان یک عامل بازدارنده در راستای ارتقای اقدامات پدافند عامل در برابر تهدید ریزپرنده‌ها بهره گرفت و یا تنها در مواقع بروز بحران و در فاصله‌ای ایمن از بالگردها و هواپیماهای در حال فعالیت استفاده کرد.

ب) پیشنهادها

۱) با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق پیشنهاد می‌شود نسبت به به‌روزرسانی سامانه‌های مانیتورینگ پایگاه‌های هوانیروز با استفاده از برآورد هزینهٔ صورت گرفته،

اقدام شود. به‌طور مرتب نسبت به احصاء تهدیدهای متصور از سوی ریزپرنده‌ها اقدام شود.

۲) نسبت به نیازسنجی سامانه‌های ضد ریزپرنده منطبق با تهدیدهای متصور از سوی آن‌ها اقدامات لازم صورت گیرد.

۳) در خصوص به‌کارگیری هرگونه سامانه اخلال (فرکانس رادیویی، ناوبری و راداری) و پرتابه ضد ریزپرنده با سازمان هواپیمایی کشوری وارد تعامل شده و مبادی ذی‌ربط در آن سازمان نسبت به به‌کارگیری سامانه‌های موصوف آگاه و توجیه شوند.

۴) نسبت به به‌روزرسانی دستورالعمل‌های موجود در خصوص مقابله با ریزپرنده‌ها مطابق با تهدیدهای روز اقدام شود.

۵) نسبت به بازخورد در خصوص نحوهٔ عملکرد سامانه‌های ضد ریزپرنده موجود (نقاط ضعف و قوت) و انعکاس آن به مبادی ذی‌ربط اقدام شود.

۶) نسبت به تشکیل قرارگاه عملیاتی در سطح ستاد هوانیروز به‌منظور مقابله با تهدید ریزپرنده‌ها با استفاده از کارکنان مجرب اقدام لازم صورت گیرد.

۷) نسبت به تهیه طرح درس‌ها و ریشهٔ برنامه‌های آموزشی به‌منظور آموزش کارکنان در زمینهٔ کار با سامانه‌های ضد ریزپرنده و اقدامات مقابله‌ای (ریزپرنده‌شناسی) اقدام کرده و با بخش صنعت در این خصوص تعاملات لازم صورت گیرد.

قدردانی

از کلیه اندیشمندان و پژوهشگرانی که در خلال تحقیق خالصانه دیدگاه‌ها و نقطه نظرات علمی و کارشناسی خود را ارائه کردند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

الف) منابع فارسی

- اسماعیلی سالومحله، فرزاد، الهامی، علیرضا و تسلیمی‌کار، بهروز، (۱۴۰۱)، اصول جنگ پدافند هوایی در محیط ناهمتراز، فصلنامه علمی - پژوهشی فرماندهی و کنترل، ۶ (۲): ۱-۳۰
- زینوند لرستانی، یدالله، (۱۴۰۰)، پهپادها و ریزپرنده‌ها؛ چالش نوین حفاظت از مقامات، تأسیسات و تجهیزات، قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (ص)، تهران، چاپ اول
- شکوهی، حسین، قرائی آشتیانی، محمدرضا، احدی، محمد، حاجیلو، علی، (۱۴۰۱)، بررسی نقش ریزپرنده‌ها در جنگ‌های آینده، فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک، ۲۰ (۸۷): ۱۵۹-۱۸۲
- شماره ۰۱/۱/۱-۱۰/الف/پ، آیین‌نامه مرجع نیروی پدافند هوایی، (۱۳۹۹)

ب) منابع انگلیسی

- Castrillo, V.U.; Manco, A.; Pascarella, D.; Gigante, G., (2022), A Review of Counter-UAS Technologies for Cooperative Defensive Teams of Drones, Drones (6)65: 1-36
- Chiper, F.-L.; Martian, A.; Vladeanu, C.; Marghescu, I.; Craciunescu, R.; Fratu, O., (2022), Drone Detection and Defense Systems: Survey and a Software-Defined Radio-Based Solution. Sensors (22)1453: 1-27
- Counter-Unmanned Aircraft Systems, Technology Guide, (2019), National Urban Security Technology Laboratory U.S. Department of Homeland Security
- Dominicus, Jacco, (2021), New Generation of Counter UAS Systems to Defeat of Low Slow and Small (LSS) Air Threats, Royal Netherlands Aerospace Centre NLR, Amsterdam, THE NETHERLANDS, Royal NLR
- FM 3-01, U.S. Army Air and Missile Defense Operations, (2020), HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY
- Heilenday, Frank, (2000), PRINCIPLES OF AIR DEFENSE AND AIR VEHICLE PENETRATION, CEEPress Books, Washington, D.C.
- Holland Michel, Arthur, (2019), Counter Drone Systems, Bard College, Peace Research Institute Oslo, Norway, 2nd edition

- Jones, Julian., Kress, Russell, Newmeyer Jr., William J., and Rahman, Adam I., (2020), LEVERAGING ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) FOR AIR AND MISSILE DEFENSE (AMD): AN OUTCOME-ORIENTED DECISION AID, NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL, CALIFORNIA,
- Nichols, Randall K.; Mumm, Hans C.; Lonstein, Wayne D.; Ryan, Julie J.C.H; Carter, Candice; and Hood, John-Paul, (2020), "Counter Unmanned Aircraft Systems Technologies and Operations", NPP eBooks. 31
- Deshpande, H., Singh, A. and Herunde, H., Comparative Analysis on YOLO Object Detection with OpenCV, Int. J. Res. Ind. Eng, 9(1), Mar 2020