



Identifying and prioritizing the types of micro aerial vehicles threats in Islamic Republic of Iran army aviation bases

Ahmad Mehdi Jamali^{1✉} | Soheil Zivari Zadie² | Shahab Rostami³

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: soheil.zivari@gmail.com

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

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received

29 February 2024

Received in revised form

9 August 2024

Accepted

3 September 2024

Keywords: *Army aviation, Micro aerial vehicles, threats, UAV*

ABSTRACT

Objective: The purpose of this research is Identifying and prioritizing the types of micro aerial vehicles threats in I.R.I army aviation bases.

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 and 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, that the number 1 obtained from the performed calculations indicates the questionnaire content validity. Also, for the reliability of the questionnaire, Cronbach's alpha coefficient was used using SPSS software, and the obtained coefficient of 0.864 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 indicators related to the threat of micro aerial vehicles are among the most important threats that can be created by micro aerial vehicles for I.R.I army aviation bases and the highest priority among the threats raised from The audience's point of view is related to the MAV's SWARM. After that, the threats of suicide attacks on facilities and equipment and public gatherings, striking on aircrafts in the vicinity of airbases, collecting information and eavesdropping on communications, assassinating commanders and officials and disrupting communications, respectively, have been placed in the next ranks in the evaluations of the audience.

Cite this article: jamali, A. M., Rostami, S., & Zivari Badie, S. (2024). Identifying and prioritizing the types of micro aerial vehicles threats in Islamic Republic of Iran army aviation bases. *Iranian Journal of Wargaming*, 6 (13), 129- 154.

DOI: 10.22034/ijwg.2024.446066.1076



Publisher: Command and Staff University



شناسایی و اولویت‌بندی انواع تهدیدهای ریز پرنده‌ها در پایگاه‌های هوانیروز آجا

احمد مهدی جمالی^۱ | سهیل زیوری بدیع^۲ | شهاب رستمی^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:

soheil.zivari@gmail.com

۳. گروه زمینی، دانشکده فرماندهی و ستاد، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران، رایانامه:

Sh.rostami38540@gmail.com

اطلاعات مقاله چکیده

هدف: پژوهش حاضر باهدف شناسایی و اولویت‌بندی تهدیدهایی که ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های هوانیروز آجا دارند، 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 مورد نیاز 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 فوا، 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 که عدد ۱ به‌دست آمده از محاسبات انجام شده بیانگر روایی محتوایی آن است؛ همچنین جهت پایایی پرسش‌نامه، از ضریب آلفای کرون باخ، با استفاده از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید که ضریب ۰/۸۶۴ به‌دست آمده بیانگر تأیید پایایی آن است.

نتیجه: نتیجه حاصل از تجزیه و تحلیل توصیفی این پژوهش بیانگر این واقعیت است که ۹۴٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که هریک از شاخص‌های مربوط به تهدید ریز پرنده‌ها، از مهم‌ترین تهدیدهایی هستند که از سوی ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های هوانیروز آجا می‌توانند ایجاد گردند و بیشترین اولویت در بین تهدیدهای مطرح شده از دیدگاه مخاطبان، مربوط به هجوم گروهی ریز پرنده‌ها است.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

1402/12/10

تاریخ بازنگری:

1403/05/19

تاریخ پذیرش:

1403/06/13

کلیدواژه‌ها:

پهپاد، تهدید، ریز پرنده، هوانیروز آجا

استناد: جمالی، احمد مهدی؛ رستمی، شهاب و زیوری بدیع، سهیل (۱۴۰۳). شناسایی و اولویت‌بندی انواع تهدیدهای

ریز پرنده‌ها در پایگاه‌های هوانیروز. دوفصلنامه علمی بازی جنگ، ۶ (۱۳)، ۱۲۹-۱۵۴.

DOI: 10.22034/ijwg.2024.446066.1076

ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران



مقدمه:

با پیشرفت روزافزون فناوری، ساخت و توسعه پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور (پهپاد)^۱، به‌ویژه ریز پرنده‌ها^۲ که نوع کوچکی از پهپادها هستند، نیز سرعت یافته و امروزه استقبال زیادی برای بهره‌گیری از آن‌ها از سوی ارگان‌ها و سازمان‌های مختلف به‌منظور مصارف تفریحی، امداد رسانی، پزشکی، جابه‌جایی مرسولات، پایش ترافیک خیابان‌ها و جاده‌ها و بسیاری از کاربردهای دیگر شده است. پیراسته و مالدار، تهدید نوپدید پهپادها و پرنده‌های بدون خلبان را با ارزشی قوی، جزء تهدیدهای نوپدید هوایی می‌دانند (پیراسته و همکاران، ۱۴۰۰).

هم‌زمان با توسعه ریز پرنده‌ها، تغییرات اساسی در رویکرد و روش جنگ‌ها و روی آوردن کشورها به جنگ‌های نیابتی به دلیل پرهیز از درگیری‌های قطعی و هزینه‌ساز، استفاده از ریز پرنده‌ها در مأموریت‌های رزمی و شناسایی، نظیر شناسایی مراکز حیاتی و حساس، حمله به زیرساخت‌ها و ترور شخصیت‌ها، از سوی کشورهای مختلف، سازمان‌های غیردولتی و گروهک‌های تروریستی، به‌طور چشمگیری در حال افزایش است. سهولت به‌کارگیری در عملیات، ارزانی و مقرون‌به‌صرفه بودن، مشکل در کشف، شناسایی و رهگیری، به حداقل رسیدن عامل خطای انسانی، قابلیت دسترسی و دقت عمل با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و عدم لزوم قبول مسئولیت پس از کشف یا انجام مأموریت، از جمله عواملی هستند که استفاده از ریز پرنده‌ها را از سوی استفاده‌کنندگان بیش‌ازپیش مطلوب ساخته است.

کشور جمهوری اسلامی ایران نیز از یک‌طرف با توجه به شرایط خاص منطقه و وجود دشمنان قسم‌خورده و تهدیدهای روزافزون آن‌ها علیه منافع ملی کشور و از طرف دیگر قرارگیری در یک موقعیت ژئوپلیتیک ویژه همراه با همسایگانی با محیط داخلی ناامن شده از سوی کشورهای فرامنطقه‌ای و نیروهای نیابتی آن‌ها، از گزند حملات ریز پرنده‌ها در امان نبوده، به‌نحوی که در سال‌ها و ماه‌های گذشته، حملات پراکنده‌ای به مراکز حساس، حیاتی و مهم کشور با به‌کارگیری ریز پرنده‌ها توسط دشمنان، صورت گرفته که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به حمله به مجتمع کارگاهی وزارت دفاع اصفهان در شامگاه هشتم بهمن ۱۴۰۱، حوالی ساعت ۲۳:۳۰ به نقل از خبرگزاری ایرنا؛ حمله به کارخانه‌های

1- UAV: unmanned aerial vehicle

2- MAV: micro aerial vehicle

منطقه پارچین در شرق تهران در شامگاه چهارشنبه ۴ خرداد ۱۴۰۱، به نقل از نیویورک تایمز (۲۰۲۲/۵/۲۷)، حمله به ساختمان سازمان انرژی اتمی ایران در نزدیکی کرج در بامداد چهارشنبه ۲ تیر ۱۴۰۰ به نقل از نیویورک تایمز (۲۰۲۱/۶/۲۳)، اشاره کرد؛ بنابراین با عنایت به این موارد، لزوم مقابله به موقع و مؤثر با تهدید ریز پرنده‌ها بیش‌ازپیش روشن می‌شود.

نظر به اینکه پایگاه‌های هوانیروز آجا به‌عنوان مراکز مهم کشور، با توجه به تجهیزات محور بودن و قرارگرفتن در شهرهای محور تهدید از سوی کشورهای متخاصم و سازمان‌های تروریستی، همواره در معرض تهدید ریز پرنده‌های مهاجم هستند، لازم است که پیش از هر نوع اقدام مقابله‌ای ابتدا نوع تهدیدهای متصور از سوی ریز پرنده‌ها شناسایی و اولویت‌بندی شده و پس از آن اقدامات مقابله‌ای متناسب با نوع تهدید تعیین شود؛ بنابراین محققین در این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال هستند که پایگاه‌های هوانیروز آجا با چه تهدیدهایی از سوی ریز پرنده‌ها مواجه هستند؟

مبانی نظری و پیشینه‌های پژوهش:

مبانی نظری:

مفهوم ریز پرنده^۱ اولین بار در اواخر دهه ۱۹۹۰ میلادی در دارپا (آژانس پروژه‌های تحقیقاتی پیشرفته دفاعی) ظهور کرد (Barroso Barderas et al. 2023). ریز پرنده‌ها یا «پهپادهای کوچک» در دنیای مدرن امروزی بسیار رایج شده‌اند. این اصطلاح به ربات‌های پرنده کوچک و سبک‌وزن اشاره دارد. چندین مدل مختلف از ریز پرنده‌ها وجود دارد، از جمله ریز پرنده‌های چند موتوره، بالگردان، بال ثابت، مدل‌های تغییر شکل‌دهنده و ترکیبی. از این میان، کوادروتورها به دلیل مانورپذیری بالا، توانایی برخاستن به‌صورت عمودی (برخلاف اکثر ریز پرنده‌های بال ثابت) و سادگی نسبی در طراحی، کانون توجه بوده‌اند. آن‌ها را می‌توان برای نظارت و نقشه‌برداری، بازرسی از زیرساخت‌ها، حمل‌ونقل و تحویل محموله، یا ساخت‌وساز استفاده کرد. چنین کاربردهایی به‌ویژه در مناطقی که به‌راحتی برای انسان در دسترس نیست، مانند جنگل‌ها یا مناطق بحران‌زده، بسیار سودمند است. مدل‌های کوچک‌تر و سبک‌تر ریز پرنده‌ها، مرزهای کاربریشان بیشتر شده است.

1- MAV: Micro Air Vehicle

جدا از قابلیت حمل‌ونقل بیشتر، ریز پرنده‌های کوچک‌تر می‌توانند در فضا‌های تنگ مانند محیط‌های داخلی باریک ساختمان‌ها با چابکی بالاتر حرکت کنند. آن‌ها همچنین در صورت برخورد آسیب کمتری به محیط اطراف خود (از جمله افراد) وارد می‌کنند و ابزار ذاتاً ایمن‌تری هستند (Coppola et al, 2020). اگرچه ریز پرنده‌ها کاربردهای غیرنظامی مفید فراوانی دارند، خطراتی برای امنیت عمومی ایجاد می‌کنند. در چند وقت اخیر گزارش‌هایی مبنی بر نقض حریم خصوصی و عمومی و به چالش کشیدن امنیت تأسیسات حساس مانند نیروگاه‌های هسته‌ای و فرودگاه‌ها توسط ریز پرنده‌ها منتشر شده است. در سال 2018 میلادی، ریز پرنده‌ها به‌صورت عمدی در یک نیروگاه هسته‌ای در فرانسه ساقط شدند. طبق گزارش اداره هوانوردی فدرال آمریکا¹، گزارش‌های مربوط به حوادث ایمنی مربوط به هواپیماهای بدون سرنشین در حال حاضر به‌طور متوسط حدود 250 مورد در ماه است. برخی از این رویدادها شامل برخورد ریز پرنده‌ها به هواپیماهای تجاری، بالگردهای نظامی، کاخ سفید و مراسم عمومی در فضای باز است. ظاهراً بیشتر این رویدادها زمانی اتفاق می‌افتد که کاربران پهپادها به‌طور عمد محدودیت‌های منطقه پرواز ممنوع را نقض می‌کنند. علاوه بر این، ریز پرنده‌ها توسط گروه‌های تروریستی برای قرار دادن وسایل انفجاری دست‌ساز و مواد شیمیایی، بیولوژیکی، رادیولوژیکی، هسته‌ای و منفجره، مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. اخیراً دو ریز پرنده تجاری مسلح حامل مواد منفجره قوی در نزدیکی رئیس‌جمهور ونزوئلا در جریان رویدادی در فضای باز منفجر شدند (Ezuma et al, 2019). به گزارش خبرنگار دفاعی ایرنا، ساعت ۲۳:۳۰ شنبه ۸ بهمن (۱۴۰۱)، سه فروند ریز پرنده از نوع کوادکوپتر به‌قصد انجام حمله بر فراز یکی از مجتمع‌های کارگاهی وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح در استان اصفهان به پرواز درآمدند که نهایتاً با واکنش به‌موقع سامانه‌های پدافندی مستقر در مجموعه، این حمله ناموفق و بدون تلفات جانی بود و تنها آسیب جزئی به سقف یکی از کارگاه‌ها وارد شد. هرچند بین دو کشور آذربایجان و ارمنستان جنگ‌های متعددی در سالیان قبل اتفاق افتاده بود ولی هیچ‌یک از آن‌ها برتری برجسته‌ای نسبت به رقیب خود نداشتند تا اینکه در جنگ سال 2020 جمهوری آذربایجان از پهپادها و ریز پرنده‌های پیشرفته استفاده

1- FAA: Federal Aviation Administration

کرد، مانند پهپاد (TB2 Bayraktar)، ساخت ترکیه و هاروپ^۱، هرمس^۲، مینی هارپی^۳ و اسکای استریکر^۴ که ساخت رژیم صهیونیستی هستند. برخی از این پرنده‌های بدون سرنشین که از نوع انتحاری بودند، توانستند سامانه‌های پیشرفته پدافندی ارمنستان مانند اس-300 را منهدم کنند (طهماسبی و همکاران، ۱۴۰۰).

طبقه‌بندی بر اساس قابلیت:

طبقه‌بندی پهپادهای نظامی بر اساس قابلیت‌ها (و نه لزوماً وزن) را می‌توان در پژوهش کونرتوا^۵ در سال ۲۰۱۹ یافت که در آن پهپادها به پهپادهای کوچک^۶، پهپادهای تاکتیکی^۷، ارتفاع متوسط - مداومت طولانی و ارتفاع بالا - مداومت طولانی تقسیم می‌شوند. این مطالعه به‌وضوح نشان می‌دهد که صنعت اروپا به‌طور قابل توجهی از نظر توسعه و تولید پهپاد عقب مانده است. رقابت فقط در رده پهپادهای کوچک خوب است، اما در رده پهپادهای تاکتیکی ضعیف، در رده پهپادهای ارتفاع متوسط - مداومت طولانی، ضعیف‌تر و در رده پهپادهای ارتفاع بالا - مداومت طولانی، انحصار متعلق به پلتفرم‌های آمریکایی است (Bartulović et al, 2023). سازمان‌های مختلف (ناتو، وزارت دفاع ایالات متحده، ناسا، سازمان تنظیم مقررات ایالتی ایالات متحده) گروه‌ها یا طبقاتی از پهپادها را تعریف کرده‌اند. بیشترین طبقه‌بندی بر اساس وزن، ارتفاع یا سرعت انجام شده است. درحالی‌که طبقه‌بندی در بین سازمان‌های مذکور متفاوت است؛ اما رایج‌ترین سیستم طبقه‌بندی مورد استفاده (بر اساس وزن پهپادها) که در جدول ذیل نیز به آن اشاره شده است پنج گروه پهپاد را تعریف می‌کند: نانو، میکرو، مینی، کوچک و تاکتیکی. جدول ذیل وزن، ظرفیت حمل بار و برد عملیاتی هر یک از این گروه‌ها را نشان می‌دهد (زینوند لرستانی، ۱۴۰۰: ۳۷-۳۸).

1- Harop

2- Hermes

3- Mini Harpy

4- Sky Striker

5- Kunertova

6- SUAV: Small Unmanned Aerial Vehicle

7- TUAV: Tactical Unmanned Aerial Vehicle

جدول (۱): طبقه‌بندی پنج‌گانه پهپادها

طبقه	وزن	ارتفاع عملیاتی	برد پروازی	ظرفیت حمل بار
نانو	کمتر از ۰/۲ کیلوگرم	کمتر از ۹۰ متر	۹۰ متر	کمتر از ۰/۲ کیلوگرم
میکرو	۰/۲ تا ۲ کیلوگرم	کمتر از ۹۰ متر	۵ کیلومتر	۰/۲ تا ۰/۵ کیلوگرم
مینی	۲ تا ۲۰ کیلوگرم	کمتر از ۹۰۰ متر	۲۵ کیلومتر	۰/۵ تا ۱۰ کیلوگرم
کوچک	کمتر از ۱۵۰ کیلوگرم	کمتر از ۱۵۰۰ متر	۵۰ تا ۱۰۰ کیلومتر	۵ تا ۵۰ کیلوگرم
تاکتیکی	بیشتر از ۱۵۰ کیلوگرم	کمتر از ۳۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰ کیلومتر	۲۵ تا ۱۰۰ کیلوگرم

معرفی و مشخصات ریز پرنده‌ها:

برای تمایز بین پهپاد و ریز پرنده معیار واحدی وجود ندارد و هر مجموعه‌ای تعریف خاص خود را دارد (طهماسبی و همکاران، ۱۴۰۰). ریز پرنده‌ها، گروهی از پهپادها هستند که در ابعادی کوچک‌تر از ۵۰۰ میلی‌متر و با وزن کمتر از ۵۰۰ گرم در چهار مدل بال‌زن، بال ثابت، بالگردان و عمودپرواز طراحی می‌شوند. از این پرنده، می‌توان در زمینه‌های متعددی در حوزه نظامی استفاده کرد؛ لذا در دهه اخیر مورد توجه کشورهای زیادی قرار گرفته است که آمریکا با سازمان (دارپا) در رأس این کشورها قرار دارد. ریزپرنده‌ها با ویژگی‌های منحصر به فرد خود، تقریباً برای تمامی حسگرها و رادارهای کنونی غیرقابل کشف و شناسایی هستند و از نظر امنیتی تهدید بزرگی برای سامانه‌های پدافندی در حوزه کشف و شناسایی محسوب می‌شوند (شکوهی و همکاران، ۱۴۰۱). ابعاد ریزپرنده‌ها نوعاً در طول، عرض و ارتفاع از ۵۰ سانتیمتر تجاوز نمی‌کنند. وزن تقریبی ریز پرنده در حدود ۱۵ گرم، مداومت پروازی آن بین ۲۰ تا ۶۰ دقیقه، برد عملیاتی آن ۱۰ کیلومتر یا بیشتر است. سرعت پرواز آن بین ۱۰ متر بر ثانیه تا ۲۰ متر بر ثانیه است. تعاریف فوق چارچوب اولیه فنی ریز پرنده است که به‌مرور زمان در حال بهبود است (شکوهی و همکاران، ۱۴۰۱). ریز پرنده‌ها 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 هوا پایه مانند پهپاد، پرتاب با

دست و ... را دارند. امکان حمل و رهاسازی مهمات دست‌ساز و استاندارد از جمله نارنجک و بمب‌لت¹ 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، عملیات انتحاری، ترور، ارزیابی خسارت و خروج از محل در محوطه پادگان‌ها را اجرا کنند. همچنین قادرند در ارتفاع بیش از ۵۰۰ متری پرواز و مدت تداوم پروازی آن‌ها ۱۵ دقیقه تا حدود یک ساعت است. ریز پرنده‌ها 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 98/05/13-98/3412/5690 دبیرخانه فرماندهی نزا، ۱۳۹۸: ۲).

کاربرد ریز پرنده‌ها:

یکی از کاربردهای نظامی اولیه پیش‌بینی‌شده برای ریز پرنده‌ها، جمع‌آوری اطلاعات (از طریق استفاده مخفیانه از دوربین‌ها، میکروفون‌ها یا انواع دیگر حسگرها) است. یکی از کاربردهای مهم‌تر ارائه‌شده برای چنین وسایلی این است که آن‌ها ممکن است در نهایت به‌عنوان سلاح‌های گروهی استفاده شوند که می‌توانند به‌طور دسته‌جمعی علیه نیروهای دشمن پرتاب شوند. ظرفیت قابل توجهی برای استفاده از ریز پرنده‌ها توسط جنگنده‌های خط مقدم جنگ به‌عنوان یک ابزار یک‌بارمصرف برای شناسایی و مراقبت زود هنگام، برای عملیات تاکتیکی و ضد تروریستی وجود دارد. ریز پرنده‌ها همچنین به بخش نظامی در ارزیابی آسیب‌های ناشی از بمب کمک می‌کنند. آن‌ها همچنین در تخلیه مجروحان در یک قلمرو ناآشنا که خطرناک بوده و نیازمند یک گروه عملیاتی بزرگ و متنوع است، می‌توانند با ارائه آگاهی موقعیتی بدون به خطر انداختن جان سربازان و سایر کارکنان، کمک کنند (Abrar et al, 2013).

استفاده از ریز پرنده‌ها طیف گسترده‌ای را در برمی‌گیرد و اکثر آن‌ها نظامی هستند. یک پهپاد قادر به انجام مأموریت‌های داخلی و خارجی در محیط‌های بسیار چالش‌برانگیز است. کاربردهای اصلی آن‌ها مأموریت‌های اطلاعاتی، نظارتی و شناسایی هستند. این سامانه‌ها می‌توانند یک دید کلی و سریع در منطقه اطراف کارکنان ارائه دهند، بدون اینکه آن‌ها را

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

در معرض خطر قرار دهند. دوربین‌های مادون قرمز می‌توانند تصاویری با جزئیات را حتی در تاریکی ارائه دهند. علاوه بر این، ریز پرنده‌ها، به لطف ابعاد کوچک خود، برای شناسایی در داخل ساختمان‌ها عالی هستند و یک مزیت تاکتیکی بسیار مفید محسوب می‌شوند؛ چنین وسایل نقلیه کوچکی در حال حاضر تنها راه برای پایش از راه دور داخل ساختمان‌ها در میدان جنگ هستند. آن‌ها می‌توانند حسگرهای خاصی مانند گاز، تشعشع یا سایر حسگرهایی را حمل کنند که برای مکان‌یابی تهدیدات بیولوژیکی، هسته‌ای، شیمیایی یا دیگر استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال، آن‌ها می‌توانند در داخل ابرهای سمی پرواز کرده و داده‌ها را مخابره نمایند یا نمونه‌ها را به ایستگاه مادر بازگردانند؛ بنابراین، اطلاعات حیاتی در مورد ترکیب و وسعت ابرهای گازی ارائه داده و شیوه‌های ارزیابی خطر را بهبود بخشند. برخی از کاربردهایی که در بالا توضیح داده شد را می‌توان به حوزه غیرنظامی نیز تعمیم داد. به‌عنوان مثال، پلیس و آتش‌نشانی می‌توانند از قابلیت پروازهای داخلی برای بازرسی ساختمان‌های نایمن یا فروریخته به‌منظور جستجوی بازماندگان یا انجام بررسی ایمنی سازه ساختمان استفاده کنند. از آنجایی که ریز پرنده‌ها زمان لازم برای کاوش در یک منطقه معین را کاهش می‌دهند، می‌توان از آن‌ها در موارد بلایای طبیعی مانند زلزله، طوفان یا در معادن فروریخته استفاده کرد. در این موارد، یافتن سریع‌تر بازماندگان احتمال نجات جان افراد را افزایش می‌دهد. با این حال، ریز پرنده‌ها نه تنها در برنامه‌های پرخطر مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرند، بلکه می‌توانند به‌عنوان پشتیبان در عملیات منظم پلیس مانند کنترل ترافیک، مدیریت جمعیت یا نظارت‌های معمولی در شهرها نیز استفاده شوند (Petricca et al, 2011).

آینده ریز پرنده‌ها:

ریز پرنده‌ها به عنصری حیاتی در محیط جنگی در حال تغییر تبدیل خواهند شد و به تضمین موفقیت در میدان نبرد آینده کمک خواهند کرد. ریز پرنده‌ها به‌صورت هماهنگ کار خواهند کرد تا نمای وسیع و دقیقی از میدان نبرد را باهم بسازند و اهداف فردی را بدون از دست‌دادن دید وسیع‌تر از بین ببرند. داده‌ها بین ریز پرنده‌ها ارسال می‌شوند تا امکان تصمیم‌گیری در زمان واقعی، به‌صورت قابل‌اعتماد و با ارائه یک تصویر کلی پیشرفته برای سایر پلتفرم‌ها یا اپراتورها، فراهم شود (Abrar et al, 2013). ریز پرنده‌ها از جمله

تجهیزات پیشرفته عصر حاضرند که در جنگ‌های آینده جایگاه ویژه‌ای خواهند داشت. موضوع مهم و حیاتی در جنگ‌های آینده، بحث به‌کارگیری تجهیزات و فناوری‌های پیشرفته است. از طرفی حفظ جان کارکنان نظامی نیز از اهمیت فراوانی برخوردار است و به همین دلیل اهمیت توسعه وسایل جنگی کنترل‌شونده از راه دور در جنگ‌های آینده روزبه‌روز افزایش می‌یابد و آن نقش به‌سزایی در آینده جنگ‌ها ایفا خواهند کرد. در حال حاضر به‌کارگیری سامانه‌های ریز پرنده در شاخه نظامی و ارتش‌های پیشرفته دنیا، در کنار تجهیزات کلاسیک بسیار زیاد و گسترده شده است و ریزپرنده‌ها می‌توانند مکمل مناسبی برای انجام برخی از مأموریت‌های آن‌ها باشند.

پیشرفت علمی و فناوری‌های نوین جهانی، وضعیت تهدیدهای فراوری کشور و الزامات سازمانی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران به‌کارگیری ریزپرنده‌ها را در کنار دیگر تجهیزات هوایی اجتناب‌ناپذیر کرده است. عصر کنونی، عصر پیشرفت فناوری‌های اطلاعاتی و ارتباطی است و از نکات بارز این فناوری‌ها می‌توان به پیچیده‌تر شدن تجهیزات از یک‌سو و کاهش نقش فیزیکی انسان در کنار تجهیزات از سوی دیگر اشاره کرد که بر ضرورت استفاده و تحقیق و پژوهش در این زمینه می‌افزاید. بدیهی است عدم توجه کافی به مسئله به‌کارگیری سامانه‌های ریز پرنده، اثرات زیان‌بار و خسارات جبران‌ناپذیری بر آمادگی رزمی و توان دفاعی نیروهای مسلح وارد می‌کند (شکوهی و همکاران، ۱۴۰۱).

پیشینه‌های پژوهش:

این پژوهش شناسایی و اولویت‌بندی انواع تهدیدهای ریز پرنده‌ها در پایگاه‌های هوایی آجا را مطرح می‌نماید که با بررسی به‌عمل آمده از مراکز دانشگاهی نیروهای مسلح، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا و وبگاه‌های 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 (2) اشاره می‌شود:

جدول (2) پیشینه تحقیقات انجام‌شده

کشور	اهداف	افق زمانی	روش‌شناسی‌ها
ایران	بررسی نقش ریز پرنده‌ها در جنگ‌های آینده	1 سال	نوع کاربردی، روش توصیفی و رویکرد کیفی

نوع کاربردی، روش توصیفی و رویکرد کیفی	۴ سال	شناسایی چالش‌های مقابله با تهدید هواپیماهای بدون سرنشین	نروژ
نوع کاربردی و رویکرد کیفی	۴ سال	بررسی چالش‌ها و محدودیت‌های اساسی در هجوم گروهی ریز پرنده‌ها	جمهوری چک

روش‌شناسی پژوهش:

پژوهش حاضر در پی شناسایی و اولویت‌بندی انواع تهدید ریز پرنده‌ها در پایگاه‌های هوانیروز آجا 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) انجام‌شده است. جامعه آماری این تحقیق برای مرحله کیفی (مصاحبه نیمه ساختاریافته) تعداد 10 نفر از صاحب‌نظران مرتبط با موضوع و برای مرحله کمی (پرسش‌نامه با طیف پنج‌گزینه‌ای 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 پیش رو و آسیب‌پذیری‌های یگان‌های آجا در برابر تهدیدهای نوپدید به‌ویژه ریز پرنده‌ها 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 نیست و به ۴۲ نفر از مسئولین یادشده در بالا محدود است، بنابراین جامعه نمونه به‌صورت تمام شمار در نظر گرفته می‌شود.

برای اطمینان از روایی، محققین سعی نموده‌اند مطالبی را از اسناد و مدارک استخراج نمایند که توسط چند منبع تأیید شده باشد و پس از آن با مشورت متخصصین مربوطه، مطالب جمع‌آوری‌شده، بعد از چند بار مطالعه باهم مقایسه کردند تا تداخلی در متن آن‌ها وجود نداشته باشد. درواقع خصیصه موردنظر، بررسی‌شده است و تحقیق با استفاده از اسناد و مدارک متعدد، متنوع، موثق، دست‌اول، معتبر و مرتبط با موضوع پژوهش، انجام

شده است. برای بالابردن 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 پژوهش برای سنجش روایی محتوایی پرسش‌نامه از شاخص نسبت روایی محتوایی لاوشه¹ (CVR) استفاده شد که نتیجه حاصله برای سؤالات عدد 1 بود؛ بنابراین با توجه به اینکه حداقل مقدار شاخص CVR باید 0/6 باشد، نتیجه به‌دست‌آمده بیانگر روایی محتوایی پژوهش است.

در این پژوهش 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 0/7 است و ضرایب آلفای کرون باخ محاسبه‌شده از این مقدار بالاتر است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پرسش‌نامه مورد استفاده از پایایی لازم برخوردار است که به شرح جدول (3) ارائه می‌شود:

جدول (3): پایایی پرسش‌نامه

تعداد شاخص‌ها	تعداد مؤلفه‌ها	ضریب آلفای کرونباخ	متغیرها (ابعاد)
6	-	0/864	تهدید ریز پرنده‌ها

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات و داده‌ها:

الف) تجزیه و تحلیل کیفی داده‌ها:

تجزیه و تحلیل در این مرحله به روش تحلیل توصیفی بوده و محققین درصد داده‌اند تا در حد امکان، به آشکار کردن پیام‌های نهفته در متن نوشتاری مصاحبه‌بیردازند و برای دستیابی به این هدف، متن مصاحبه به‌طور کامل و با شرح جزئیات پیاده‌سازی شد و سؤال‌های اصلی پرسیده شده، یادآوری‌ها و کندوکاو‌هایی که مصاحبه‌گران انجام داده‌اند در آن ذکر شد تا محققین بتوانند به درک کاملی از آنچه مصاحبه‌شوندگان گفته‌اند، دست

1- Lawshe

2- Content Validity Ratio

یابند. پژوهشگران با استفاده از ابزار کدگذاری و دسته‌بندی متن و تحلیل روابط، به مقایسه داده‌ها پرداخته‌اند تا بتوانند تقاطع و تباین آن‌ها را بیابند. فرایند تحلیل داده‌ها شامل شناسایی گفته‌های اساسی و کلیدی و دسته‌بندی آن‌ها برحسب مقوله‌ها بوده و محققین با شناسایی و پاک‌سازی نوشته‌ها به نکات اساسی موجود در هر یک از متن‌های مصاحبه شناسایی شده رسیده‌اند. محققین سپس با انتخاب شاخص‌ها، گفته‌های اساسی مربوط به هر شاخص، تمام متن‌های مصاحبه‌ها را در کنار یکدیگر قرار داده و آن‌ها را دسته‌بندی کرده‌اند. تجزیه و تحلیل کیفی در سه گام انجام شده است:

(الف) گام اول: دسته‌بندی اطلاعات شامل پالایش، تلخیص و نمایش داده‌ها.

(ب) گام دوم: پردازش داده‌ها شامل تعیین واگرایی و هم‌گرایی داده‌ها.

(ج) گام سوم: قضاوت و تصمیم‌گیری در مورد داده‌ها و استخراج شاخص‌های نهایی.

(ب) تجزیه و تحلیل کمی داده‌ها:

مرحله نخست

تجزیه و تحلیل توصیفی داده‌ها: در این مرحله محققین تلاش کرده‌اند اطلاعات کمی لازم را از درون جامعه نمونه جمع‌آوری کنند و در ابتدا این اطلاعات را با استفاده از روش‌های آمار توصیفی مورد تحلیل و تفسیر قرار دهند. ابزار تحلیل کمی، تکنیک‌های آماری بوده است و با استفاده از روش‌های آمار توصیفی شامل شاخص‌های تمایل مرکزی نظیر انواع میانگین، میانه، نما و... و همچنین شاخص‌های پراکندگی نظیر واریانس، انحراف معیار و... تجزیه و تحلیل کمی انجام شده است.

مرحله دوم

تجزیه و تحلیل استنباطی داده‌ها و اطلاعات: در این مرحله جهت آزمون فرضیه‌های تحقیق، از آزمون فرض آماری متناسب با داده‌ها و اطلاعات تحقیق استفاده شده است.

(پ) تجزیه و تحلیل آمیخته داده‌ها:

در این تحقیق، محققین از رویکرد آمیخته استفاده نموده‌اند؛ بنابراین در این مرحله از تجزیه و تحلیل، تفسیر آمیخته به صورت حرکت از کیفی به سوی کمی بوده و از هر دو رویکرد استفاده شده است. آنچه در این تحقیق اهمیت داشت گفتارهایی بود که

مصاحبه‌شوندگان بیان کردند؛ بنابراین داده‌های کمی با استفاده از تکنیک‌های آماری بررسی و تحلیل شده‌اند. در این نوع پژوهش آمیخته، به داده‌های کیفی اهمیت بیشتری داده شده است. علاوه بر آن در توالی گردآوری داده‌ها ابتدا داده‌های کیفی و بعد داده‌های کمی گردآوری شده‌اند. محققین بر مبنای یافته‌های حاصل از داده‌های کیفی، سعی بر آن داشته‌اند که داده‌های کمی را گردآوری کنند تا تعمیم‌پذیری را میسر سازند. پس‌ازآنکه در مرحله کیفی یافته‌های لازم جمع‌آوری شد، تحلیل کمی نیز در فرایند مربوطه صورت گرفت و درنهایت نتایج و تفاسیر کلی به دست آمد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها:

الف) یافته‌های تجزیه و تحلیل کیفی:

حملات انتحاری ریز پرنده‌های خودمختار یکی از بیشترین مواردی است که صاحب‌نظران به آن اشاره کرده‌اند. ریز پرنده‌ها با توجه به ابعاد کوچکی که دارند، با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین از قبیل به‌کارگیری هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌توانند توسط کاربران برنامه‌ریزی شده و بدون نیاز به هدایت، اهداف از پیش تعیین‌شده را یافته و با بیشترین دقت با انجام حملات انتحاری نابود سازند. هدف ریز پرنده انتحاری می‌تواند شخصی باشد که چهره آن توسط هوش مصنوعی شناسایی شده است یا می‌تواند اهداف ثابتی مانند تأسیسات و ساختمان‌ها باشد. پایگاه‌های هوانیروز آجا به لحاظ قدمت ساختمان‌ها و تأسیسات به‌گونه‌ای هستند که در برابر این قبیل از تهدیدها آسیب‌پذیرند و حملات انتحاری احتمالی ریز پرنده‌ها می‌تواند به ساختمان‌های ستاد فرماندهی، آشیانه‌های نگهداری و تعمیر گردان‌های پروازی و تأسیسات مهم نگهداری سوخت و مهمات آسیب بزند. البته شایان ذکر است که بنا بر نظر صاحب‌نظران و خبرگان، به دلیل ابعاد کوچک و توانایی حمل محدود مواد منفجره، ریز پرنده‌ها توانایی وارد آوردن خسارات سنگین زیرساختی به تأسیسات مانند آنچه در حملات هوایی و موشکی اتفاق می‌افتد را ندارند ولی بایستی این مهم را در نظر داشت که هر یک از تجهیزات ذی‌قیمت موجود در پایگاه‌های هوانیروز آجا که در رأس آن‌ها بالگردهای این یگان هستند با توجه به شرایط موجود و تحریم‌های یک‌طرفه صورت گرفته از سوی غرب و استکبار جهانی غیرقابل جایگزین هستند و هرگونه خسارت از سوی ریز پرنده‌های انتحاری خودمختار و یا

هدایت‌شونده می‌تواند ضررهای هنگفت و جبران‌ناپذیری را به توان رزمی این یگان وارد کند و در سطوح بالاتر کاهش توان رزمی آجا را در پی داشته باشد.

شکل دیگری از حملات انتحاری که می‌تواند در پایگاه‌های هوانیروز آجا و سایر مراکز نظامی رخ دهد حملات انتحاری به تجمعات کارکنان در سالن‌های آمفی‌تئاتر و به‌ویژه مراسم‌های صبحگاه عمومی است. ریز پرنده‌ها با ابعاد کوچک و موتورهای کم‌صدای خود با استفاده از اصل غافلگیری به‌دور از دید سامانه‌های کشف معمولی و بدون جلب‌توجه دیده‌بان‌ها و عناصر نگهبانی به‌راحتی می‌توانند در یک مراسم صبحگاه عمومی به صفوف ایستاده کارکنان حمله‌ور شده و یک فاجعه انسانی را رقم بزنند و با وارد کردن تلفات جانی به جمع کثیری از خلبانان و کارکنان فنی هوانیروز، سازمان را از نظر نیروی انسانی متخصص متحمل هزینه‌های سنگین و غیرقابل‌جبران کنند.

همچنین هرگونه حمله انتحاری از سوی ریز پرنده‌ها به بالگردها و ساختمان‌های پایگاه‌های هوانیروز به‌عنوان مراکز نظامی کشور، صرف‌نظر از میزان خسارات وارده احتمالی، دارای ابعاد رسانه‌ای بسیار گسترده‌ای در سطح منطقه و جهان خواهد بود و می‌تواند ضمن به‌چالش کشیدن توانمندی‌های دفاعی و پدافندی در مراکز نظامی و مهم کشور، تأثیرات راهبردی را در حوزه عملیات روانی داشته باشد؛ بنابراین نوع دیگری از تهدیدهای پیش روی پایگاه‌های هوانیروز آجا را می‌توان تهدیدهای عملیات روانی دانست که از سوی ریز پرنده‌ها متوجه این یگان خواهد بود.

نظر به موارد یادشده بالا تهدید ریز پرنده‌ها از نوع حملات انتحاری به تجهیزات، تأسیسات، ساختمان‌ها و کارکنان و بازخورد این حملات در حوزه عملیات روانی در صورت هجوم گروهی آن‌ها، بسیار شدیدتر و سنگین‌تر خواهد شد. امروزه یکی از تهدیدهای حوزه ریز پرنده‌ها هجوم گروهی آن‌ها یا سوارم است که فناوری یادگیری ماشینی و هوش مصنوعی موجب تقویت این تهدید در سراسر جهان و بروز نگرانی‌های شدیدی از سوی دولت‌ها شده است. در هجوم گروهی ریز پرنده‌ها، هر ریز پرنده می‌تواند برابر برنامه‌ریزی قبلی وظیفه خاصی را بر عهده بگیرد یا کلیه ریز پرنده‌ها یک وظیفه را به‌صورت هم‌زمان انجام دهند (مانند حملات گروهی زنبورها)؛ به‌عبارت‌دیگر از هجوم گروهی ریز پرنده‌ها می‌توان هم برای حمله به اهداف بزرگ‌تر استفاده کرده و با قدرت تخریب بالاتری به یک هدف حمله نمود و یا به مجموعه‌ای از اهداف با برنامه‌ریزی قبلی هجوم برد که در این شیوه

ریز پرنده‌های موجود در یک هجوم گروهی می‌توانند به‌صورت هم‌زمان و برابر سناریوی از پیش تعریف‌شده مراکز فرماندهی، رمپ‌های پروازی و ساختمان‌های نگهداری و تعمیر را هدف قرار دهند.

یکی از چالش‌های عمده پیش روی پایگاه‌های هوانیروز آجا که از سوی ریز پرنده‌ها شکل می‌گیرد تهدیدی است که به‌صورت بالقوه و بالفعل برای بالگردها و هواپیماهای در حال پرواز ایجاد می‌کنند. با مطالعه اسناد و مدارک و اخبار موثق می‌توان به‌راحتی به این موضوع پی برد که در سنوات گذشته تهدیدهای بسیاری از سوی ریز پرنده‌ها در فرودگاه‌های نظامی و غیرنظامی مهم جهان متوجه وسایل پرنده شده است. حساس‌ترین لحظات پرواز برای بالگردها و هواپیماها در هنگام نشست و برخاست بر روی باند و در لحظات ابتدایی این دو فرایند است و در این مرحله از پرواز وسایل پرنده به دلیل سرعت و ارتفاع کم و عدم فرصت کافی برای عکس‌العمل مناسب، در آسیب‌پذیرترین شرایط ممکن بوده و در صورت برخورد ریز پرنده‌ها به هر قسمتی از بدنه آن‌ها، یک سانحه هوایی رقم خواهد خورد و حتی نزدیک‌شدن ریز پرنده به فضای پروازی وسایل پرنده در این شرایط منجر به ناامن شدن فضا و به خطر افتادن ایمنی پرواز بالگردها یا هواپیماها خواهد شد.

طرح ساماندهی پهپادها که از سوی معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۹۹ تدوین شده است، با همکاری نهادهای اطلاعاتی کشور، نظارت خوب و مؤثری را در حوزه کنترل پهپادها و ریز پرنده‌های تجاری به مرحله اجرا گذاشته است که از مبادی قانونی وارد کشور می‌شوند؛ اما باید این مطلب را در نظر داشت که به‌منظور اقدامات خصمانه از سوی عناصر حرفه‌ای و آموزش‌دیده به‌راحتی می‌توان از مسیرهای غیرقانونی و به‌صورت قاچاق ریز پرنده‌ها را در قطعات کوچک‌تر وارد کشور نموده در داخل کشور آن‌ها را سرهم‌بندی و جهت اقدامات خرابکارانه به کار برد.

به‌طور کلی از نظر مجوزها به سه صورت می‌توان ریز پرنده را به‌منظور اقدامات خصمانه به کار گرفت:

- 1) وارد کردن قطعات ریز پرنده‌ها از مسیرهای غیرقانونی و به‌صورت قاچاق و سرهم کردن آن‌ها در داخل کشور.

2) سرقت ریز پرنده‌های ثبت‌شده و دارای مجوز و تغییر کاربری آن‌ها توسط عناصر خرابکار.

3) هک ریز پرنده‌های در حال پرواز توسط کاربر ثانویه و بهره‌گیری از دوربین روی ریز پرنده به منظور اقدامات جاسوسی.

مورد تهدید دیگری که بایستی به آن توجه خاص نمود اقدامات جاسوسی و شنود مکالمات توسط ریز پرنده‌ها است. ریز پرنده‌های مجهز به تجهیزات استراق سمع و شنود می‌توانند مکالمات رادیویی مابین خلبانان و برج مراقبت و یا دستگاه‌های رادیویی مسئولین پایگاه‌ها را شنود کرده و از مقاصد و اقدامات در حال اجرا در پایگاه‌های هوانیروز آجا مطلع شده به نفع نیروی دشمن بهره‌برداری کند. همچنین ریز پرنده‌ها قادرند با بهره‌گیری از دوربین‌های الکترواپتیکی که در تمام شرایط آب و هوایی و در تمام ساعات شبانه‌روز قابل‌استفاده هستند کلیه اقدامات پایگاه‌ها را رصد کرده و برای کاربران زمینی خود ارسال کنند و یا به‌صورت زنده نمایش دهند. این قابلیت ریز پرنده‌ها با استفاده از حداقل هزینه می‌تواند به‌سهولت اصل غافلگیری را در پایگاه‌های هوانیروز تضعیف کرده و شکست‌های حفاظتی و به دنبال آن شکست‌های عملیاتی را در پی داشته باشد.

این شکل از تهدید ریز پرنده‌ها به دو صورت دیگر نیز متصور است:

1) پایش محیط داخلی پایگاه‌ها به‌منظور سهولت در طرح‌ریزی و هدایت عملیات دستبرد زمینی به حریم پایگاه‌های هوانیروز آجا.

2) جاسوسی از طریق پایش تصویری و یا شنود مکالمات مقامات بلندپایه هوانیروز به‌منظور اقدامات خصمانه بعدی.

ترور شخصیت‌های سیاسی و نظامی مهم و تأثیرگذار و حذف فیزیکی آنان از معادلات سیاسی - نظامی منطقه‌ای و جهانی یکی از اصلی‌ترین کاربردهای پهپادها بوده است که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به ترور سردار شهید قاسم سلیمانی، فرمانده پیشین نیروی قدس سپاه پاسداران انقلاب اسلامی و ابومهدی المهندس از مسئولین حشد الشعبی کشور عراق در بامداد مورخه ۱۳ دی‌ماه سال ۱۳۹۸ هنگام خروج از فرودگاه بغداد نام برد. به نظر می‌رسد به سبب مزیت‌های استفاده از ریز پرنده‌ها در برابر پهپادها، این وظیفه در حال محول شدن به ریز پرنده‌ها در آینده‌ای نزدیک است. ریز پرنده‌ها با توجه به قابلیت‌های خود نظیر سطح مقطع پایین راداری و عدم سهولت در کشف و شناسایی و

ابعاد کوچک و صدای کم تولیدی، ظرفیت بسیار زیادی در انجام این گونه اقدامات دارند. امروزه ریز پرنده‌ها با بهره‌گیری از هوش مصنوعی و سامانه تشخیص چهره بسیار پیشرفته به راحتی چهره شخص هدف را از بین صدها چهره تشخیص داده و بدون جلب توجه از سوی هدف و همراهان، به وی نزدیک شده و با دقت بسیار بالا و هزینه‌های کم مأموریت خود را انجام می‌دهند.

نظر به اینکه بسیاری از مسئولین عالی‌رتبه هوانیروز آجا و در صدر آنان فرمانده حال حاضر این یگان از چهره‌های تأثیرگذار در امر مبارزه با تروریسم و گروه‌های غیردولتی تارشرگی - تکفیری هستند، همواره مسئله ترور از سوی این گروه‌ها و یا بازیگران دولتی پشتیبانی‌کننده آن‌ها، متصور است، بنابراین تهدید ترور با استفاده از ابزار ریز پرنده نیز همواره یکی از تهدیدهای پیش روی پایگاه‌های هوانیروز آجا است.

با توجه به موارد پیش‌گفته، امروزه ریز پرنده‌ها به‌عنوان تهدیدهای فناورانه تبدیل به ابزاری کارآمد برای بازیگران دولتی و گروه‌های غیردولتی برای پیشبرد اهداف خود شده‌اند و به‌طور قطع می‌توان گفت که در آینده نیز استفاده از این ابزار مؤثر گسترش خواهد یافت. در حال حاضر ریز پرنده‌ها به راحتی و با حداقل هزینه و آموزش در حمله به اهداف راهبردی، حمله به شخصیت‌ها و مقامات، جمع‌آوری اطلاعات و حمل کالای قاچاق به کار گرفته می‌شوند که بر جای گذاشتن حداقل اثر و مدرک از کاربران آن‌ها، موجب سلب مسئولیت از دولت‌ها و گروه‌های غیردولتی می‌شود و همین امر تبدیل به نگرانی عمده‌ای در سطح جامعه بین‌الملل و دولتمردان شده است.

همان‌گونه که در فرایند تجزیه و تحلیل 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 گردیدند و درنهایت در یک جمع‌بندی می‌توان نتیجه گرفت که تهدیدهایی که ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های هوانیروز آجا ایجاد می‌کنند، به شرح زیر هستند:

- 1) حملات انتحاری ریز پرنده‌های خودمختار یا هدایت‌شونده به تجهیزات، تأسیسات، ساختمان‌ها و تجمعات مردمی در پایگاه‌های هوانیروز آجا.
- 2) هجوم گروهی ریز پرنده‌های خودمختار یا هدایت‌شونده برابر سناریوهای از پیش تعریف‌شده به اهدافی در پایگاه‌های هوانیروز آجا.

3) برخورد سهوی یا عمدی ریز پرنده‌ها به بالگردها و هواپیماهای در حال نشست و برخاست در پایگاه‌های هوانیروز و یا ورود به فضای پروازی آن‌ها و ایجاد مخاطرات پروازی.

4) ایجاد اخلال در ارتباطات.

5) استراق سمع و شنود مکالمات رادیویی مسئولین و خلبانان.

6) ترور فرماندهان، مسئولین عالی‌رتبه و کارکنان تأثیرگذار و نخبه هوانیروز با بهره‌گیری از سامانه‌های پیشرفته تشخیص چهره و با استفاده از اصل غافلگیری.

ب) یافته‌های تجزیه و تحلیل کمی:

پس از انجام مراحل تجزیه و تحلیل کیفی اطلاعات و داده‌ها، شاخص‌های قضاوت شده طی پرسش‌نامه به جامعه نمونه تحقیق داده شد که نتایج این فرایند به شرح جدول (4) است:

جدول (4): توزیع فراوانی مهم‌ترین تهدیدهای ریز پرنده‌ها که بیش روی پایگاه‌های هوانیروز آجا قرار دارند

جمع‌آوری اطلاعات و شنود برخورد با وسایل پرنده	اخلال در ارتباطات	هجوم گروهی	شخصیت‌ها و مقامات	حملات انتحاری	تورر	جمع‌آوری مکالمات
۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲	۴۲
۴/۹۲۸۶	۴/۴۵۲۴	۴/۹۷۶۲	۴/۶۹۰۵	۴/۹۵۲۴	۴/۹۵۲۴	۴/۷۳۸۱
۰/۰۴۰۲۲	۰/۱۳۲۸۸	۰/۰۲۳۸۱	۰/۱۱۵۵۱	۰/۰۳۳۲۶	۰/۰۳۳۲۶	۰/۰۸۳۸۹
۰/۲۶۰۶۶	۰/۸۶۱۱۵	۰/۱۵۴۳۰	۰/۷۴۸۶۰	۰/۲۱۵۵۴	۰/۲۱۵۵۴	۰/۵۴۳۶۸
۰/۰۶۸	۰/۷۴۲	۰/۰۲۴	۰/۵۶۰	۰/۰۴۶	۰/۰۴۶	۰/۲۹۶
۲۰۷/۰۰	۱۸۷/۰۰	۲۰۹/۰۰	۱۹۷/۰۰	۲۰۸/۰۰	۲۰۸/۰۰	۱۹۹/۰۰

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل توصیفی بیانگر این واقعیت است که 94٪ افراد جامعه نمونه معتقدند که هریک از شاخص‌های حملات انتحاری به تأسیسات و تجهیزات و تجمعات مردمی، ترور شخصیت‌ها و مقامات، هجوم گروهی ریز پرنده‌ها، ایجاد اخلال در ارتباطات، برخورد با وسایل پرنده در محدوده پایگاه‌ها و جمع‌آوری اطلاعات و شنود مکالمات، از مهم‌ترین تهدیدهایی هستند که از سوی ریز پرنده‌ها

برای پایگاه‌های هوانیروز آجا می‌توانند ایجاد شوند؛ همچنین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان دریافت که بیشترین اولویت در بین تهدیدهای مطرح شده از دیدگاه مخاطبان، مربوط به هجوم گروهی ریز پرنده‌ها است. پس از آن تهدیدهای حملات انتحاری به تأسیسات و تجهیزات و تجمعات مردمی، برخورد با وسایل پرنده در محدوده پایگاه‌ها، جمع‌آوری اطلاعات و شنود مکالمات، ترور شخصیت‌ها و مقامات و ایجاد اختلال در ارتباطات، به ترتیب در رتبه‌های بعدی در ارزش‌گذاری‌های مخاطبان قرار گرفته است. در سطح تحلیلی و استنباطی شناسایی تهدیدهایی که ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های هوانیروز آجا دارند، میانگین مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده را با عدد ثابت 3 (حد زیاد طیف لیکرت) مقایسه می‌کنیم. طبق این آزمون، در صورتی بین وضعیت شاخص‌ها و میانگین در نظر گرفته شده تفاوت معناداری وجود نخواهد داشت که عدد معناداری بزرگ‌تر از 0/05 باشد. همچنین چنانچه حد بالا و پایین هر دو مثبت باشند می‌توان وضعیت شاخص را مناسب ارزیابی کرد و در صورت منفی بودن حد بالا و پایین هر دو، وضعیت شاخص نامناسب است؛ بنابراین میانگین بزرگ‌تر از 3 نشان‌دهنده این است که مؤلفه‌های موردنظر در حوزه تهدیدهایی هستند که ریز پرنده‌ها می‌توانند برای پایگاه‌های هوانیروز آجا ایجاد نمایند که از طریق آزمون $t(t\text{-test})$ با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و تبیین آماری آن به شرح زیر ارائه می‌شود:

جدول (5): آزمون $t(t\text{-test})$ جهت شناسایی تهدیدهایی که ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های

هوانیروز آجا دارند

نوع تهدید	جامعه آماری	میانگین	انحراف استاندارد	خطای معیار
حملات انتحاری به تأسیسات و تجهیزات و تجمعات مردمی	۴۲	۴/۹۵۲۴	۰/۲۱۵۵۴	۰/۰۳۳۲۶
ترور شخصیت‌ها و مقامات	۴۲	۴/۶۹۰۵	۰/۷۴۸۶۰	۰/۱۱۵۵۱
هجوم گروهی ریز پرنده‌ها	۴۲	۴/۹۷۶۲	۰/۱۵۴۳۰	۰/۰۲۳۸۱
ایجاد اختلال در ارتباطات	۴۲	۴/۴۵۲۴	۰/۸۶۱۱۵	۰/۱۳۲۸۸
برخورد با وسایل پرنده در محدوده پایگاه‌ها	۴۲	۴/۹۲۸۶	۰/۲۶۰۶۶	۰/۰۴۰۲۲
جمع‌آوری اطلاعات و شنود مکالمات	۴۲	۴/۷۳۸۱	۰/۵۴۳۶۸	۰/۰۸۳۸۹

نوع تهدید	آماره آزمون	درجه آزادی	سطح معناداری	اختلاف میانگین	ضریب اطمینان 95%	
					حد پایین	حد بالا
حملات انتحاری به تأسیسات و تجهیزات و تجمعات مردمی	۱۴۸/۹۰۵	۴۱	.۰۰۰	۴/۹۵۲۳۸	۴/۸۸۵۲	۵/۰۱۹۵
ترور شخصیت‌ها و مقامات	۴۰/۶۰۶	۴۱	.۰۰۰	۴/۶۹۰۴۸	۴/۴۵۷۲	۴/۹۲۳۸
هجوم گروهی ریز پرنده‌ها	۲۰۹/۰۰۰	۴۱	.۰۰۰	۴/۹۷۶۱۹	۴/۹۲۸۱	۵/۰۲۴۳
ایجاد اختلال در ارتباطات	۳۳/۵۰۷	۴۱	.۰۰۰	۴/۴۵۲۳۸	۴/۱۸۴۰	۴/۷۲۰۷
برخورد با وسایل پرنده در محدوده پایگاه‌ها	۱۲۲/۵۳۸	۴۱	.۰۰۰	۴/۹۲۸۵۷	۴/۸۴۷۳	۵/۰۰۹۸
جمع‌آوری اطلاعات و شنود مکالمات	۵۶/۴۷۹	۴۱	.۰۰۰	۴/۷۳۸۱۰	۴/۵۶۸۷	۴/۹۰۷۵

جدول (6): آزمون کای دو (خی ۲) جهت شناسایی تهدیدهایی که ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های

هوانیروز آجا دارند

	حملات انتحاری	ترور شخصیت‌ها	هجوم گروهی	اختلال در ارتباطات	برخورد با وسایل پرنده	جمع‌آوری اطلاعات و شنود
آماره آزمون کای دو (خی دو)	۳۴/۳۸۱	۷۶/۶۶۷	۳۸/۰۹۵	۴۰/۸۵۷	۳۰/۸۵۷	۳۹/۵۷۱
درجه آزادی	۱	۳	۱	۳	۱	۲
Asymp. Sig.	.۰۰۰	.۰۰۰	.۰۰۰	.۰۰۰	.۰۰۰	.۰۰۰

جدول (7): پایایی شناسایی تهدیدهایی که ریز پرنده‌ها برای پایگاه‌های هوانیروز آجا دارند

	حجم نمونه	درصد
تعداد	42	100/0
بدون پاسخ	0	0/0
جمع فراوانی	42	100/0

ضریب آلفای کرون باخ	تعداد مؤلفه‌ها
۰/۸۶۴	6

تحلیل فرضیه تحقیق: با توجه به تحلیل استنباطی آزمون χ^2 و t و با در نظر گرفتن مقدار بحرانی و مقدار آماره آزمون به دست آمده، چون سطح معنی داری از مقدار 0/05 کمتر است و مقدار χ^2 و t به دست آمده که از مقدار بحرانی جدول ($\chi^2_{0.05,3} = 7/81$) و $t_{0.05,119} = 1/98$ بیشتر است، بنابراین فرضیه صفر H_0 رد و فرضیه ادعا H_1 تأیید می شود و این بدین معنا است که پایگاه های هوانیروز آجا از سوی ریز پرنده ها با تهدیدهای مطرح شده مواجه هستند.

نتیجه گیری و پیشنهادها:

الف) نتیجه گیری:

هوانیروز آجا دارای 7 پایگاه در مناطق مختلف ایران است؛ پایگاه یکم رزمی هوانیروز در کرمانشاه، پایگاه دوم رزمی هوانیروز در مسجدسلیمان، پایگاه سوم رزمی هوانیروز در کرمان، پایگاه چهارم پشتیبانی عمومی هوانیروز در اصفهان، پایگاه پنجم رزمی هوانیروز در مشهد مقدس، پایگاه ششم رزمی هوانیروز در تبریز و پایگاه هفتم رزمی هوانیروز در آبیک قزوین مستقر است. همچنین مرکز آموزش شهید وطن پور در اصفهان و ستاد فرماندهی هوانیروز نیز در تهران مستقر هستند. به فراخور موقعیت پایگاه ها و آمایش سرزمینی آن ها تهدیدهای ریز پرنده ها نیز متفاوت خواهد بود. با توجه به نتایج به دست آمده و در یک نگاه کلی می توان تهدیدهایی که از سوی ریز پرنده ها متوجه پایگاه های هوانیروز آجا هستند را به ترتیب اولویت به شرح زیر عنوان کرد:

- 1) پایگاه های هوانیروز آجا و ستاد فرماندهی هوانیروز می توانند از طریق هجوم گروهی ریز پرنده های خودران که از پیش برنامه ریزی و تعیین هدف شده اند، مورد تهدید قرار بگیرند.
- 2) ریز پرنده ها می توانند به صورت هدایت شده و یا خودران، با انجام حملات انتحاری به تأسیسات و تجهیزات پایگاه های هوانیروز آجا و همچنین تجمعات مردمی در این مراکز مانند مراسم صبحگاه های عمومی و تجمع در آمفی تئاترها، موجب بروز تهدیدهای جدی و مخرب شوند.

- (3) ریز پرنده‌ها می‌توانند به‌صورت سهوی یا عمدی در مناطق پروازی پایگاه‌های هوانیروز آجا مانند محدوده ترافیک پروازی، باندها و تاکسی‌وی‌ها¹ با بالگردها و هواپیماها برخورد کرده و مخاطرات پروازی جبران‌ناپذیری را رقم بزنند.
- (4) ریز پرنده‌های مجهز به سامانه‌های صوتی و بصری (الکترواپتیکی و مادون قرمز) قادر هستند که در مواقع موردنیاز به جمع‌آوری اطلاعات و شنود مکالمات در سطح پایگاه‌های هوانیروز آجا و به‌ویژه در ستاد فرماندهی هوانیروز آجا که اغلب تصمیم‌سازی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها در آن صورت می‌گیرد، بپردازند.
- (5) ریز پرنده‌های خودران و هدایت‌پذیر انتحاری می‌توانند در مراکزی مانند ستاد فرماندهی هوانیروز که به‌عنوان مغز متفکر هوانیروز محسوب شده و طرح‌ریزی‌ها و برنامه‌ریزی‌های عمده در آن صورت می‌گیرد و یا در مواقع بازدیدهای سلسله‌مراتب فرماندهی آجا از پایگاه‌های هوانیروز، وارد عمل شده و با استفاده از ضعف‌های پدافندی موجود به ترور شخصیت‌ها و مقامات اقدام کنند.
- (6) با توجه به اینکه زیرساخت‌های ارتباطی در هوانیروز آجا در برابر جنگ الکترونیک آسیب‌پذیر هستند، ریز پرنده‌های مجهز به اختلال‌گرهای فرکانس رادیویی و ناوبری می‌توانند با ایجاد اختلال در ارتباطات در محیطی محدود (نظر به ابعاد کوچک و قابلیت‌های محدود سامانه‌ای ریز پرنده‌ها)، پایگاه‌های هوانیروز آجا را تهدید کنند.

ب) پیشنهادها:

- **معاونت عملیات و اطلاعات هوانیروز:**
 - به‌طور مرتب با هماهنگی معاونت اطلاعات نزاچا نسبت به احصاء تهدیدهای متصور از سوی ریز پرنده‌ها اقدام کند.
 - با معاونت آموزش و پژوهش هوانیروز در خصوص برگزاری دوره‌های آموزشی در مبحث ریز پرنده‌شناسی (کشف، شناسایی و ممانعت) هماهنگی‌های لازم را صورت دهد.

1- یک مسیر تعریف‌شده در یک فرودگاه که برای حرکت زمینی وسایل پرنده (تاکسی) ایجاد شده و هدف آن ایجاد ارتباط بین یک قسمت از فرودگاه و قسمت دیگر آن است.

- با همکاری معاونت عملیات نزاجا و معاونت فاوای هوانیروز نسبت به نیازسنجی سامانه‌های ضد ریز پرنده منطبق با تهدیدهای متصور از سوی آن‌ها اقدامات لازم را صورت دهد.
- مدیریت اطلاعات آن معاونت موظف است با هماهنگی با معاونت اطلاعات نزاجا نسبت به به‌روزرسانی دستورالعمل‌های موجود در خصوص مقابله با ریز پرنده‌ها مطابق با تهدیدهای روز اقدام کند.
- در خرید و به‌کارگیری هرگونه سامانه ضد ریز پرنده با بهره‌گیری از پژوهش‌های انجام‌شده در این خصوص به‌عنوان صاحب‌نظر تصمیم بگیرد.
- نسبت به بازخورد در خصوص نحوه عملکرد سامانه‌های ضد ریز پرنده موجود (نقاط ضعف و قوت) متناسب با تهدیدهای روز ریز پرنده‌ها و انعکاس آن به مبادی ذی‌ربط اقدام کند.
- پیشنهاد لازم در خصوص ایجاد یگان سازمانی به‌منظور کار با سامانه‌های ضد ریز پرنده و اقدامات مقابله‌ای ضد ریز پرنده را به معاونت طرح و برنامه نزاجا ارائه دهد.
- نسبت به تشکیل قرارگاه عملیاتی در سطح ستاد هوانیروز به‌منظور مقابله با تهدید ریز پرنده‌ها با استفاده از کارکنان مجرب اقدام کند.

• معاونت فاوای هوانیروز:

- با همکاری معاونت عملیات و اطلاعات هوانیروز نسبت به نیازسنجی در خصوص سامانه‌های ضد ریز پرنده مطابق با تهدیدهای روز ریز پرنده‌ها و انعکاس آن به معاونت فاوای نزاجا اقدام کند.
- در خصوص انواع سامانه‌های ضد ریز پرنده موردنیاز در پایگاه‌های هوانیروز و همچنین به‌روزرسانی سامانه‌های مانیتورینگ برآوردهای مالی مربوطه را تهیه و به مبادی ذی‌ربط ارائه دهد.
- نسبت به تشکیل قرارگاه عملیاتی به‌منظور مقابله با تهدید ریز پرنده‌ها با معاونت عملیات و اطلاعات هوانیروز همکاری کند.

• معاونت آموزش و پژوهش هوانیروز:

- نسبت به تهیه طرح درس‌ها و ریشه برنامه‌های آموزشی به‌منظور آموزش کارکنان در زمینه شناسایی ریز پرنده‌ها و نحوه مقابله با آن‌ها (عامل و غیرعامل) اقدام کرده و با بخش صنعت در این خصوص تعاملات لازم را صورت دهد.

قدردانی

از همه استادان و پژوهشگرانی که با ارائه نظرات ارزشمند خود، در ارتقای کیفیت این مقاله همراه ما بوده‌اند، سپاسگزاریم.

منابع:

الف) منابع فارسی:

- پیراسته، مرتضی، مالدار، احمد، (۱۴۰۰)، نگاهی تحلیلی به گفتمان تهدیدهای نوپدید بر قدرت دفاعی قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیا (ص) ارتش جمهوری اسلامی ایران، فصلنامه مطالعات جنگ، ۳(۱۰): ۵-۳۴
- زینوند لرستانی، یدالله، (۱۴۰۰)، پهباده‌ها و ریز پرنده‌ها؛ چالش نوین حفاظت از مقامات، تأسیسات و تجهیزات، چاپ اول، تهران، انتشارات قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیا (ص)
- شکوهی، حسین، قرایی آشتیانی، محمدرضا، احدی، محمد و حاجیلو، امیر، (۱۴۰۱)، بررسی نقش ریز پرنده‌ها در جنگ‌های آینده، فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک، ۲۰(۸۷): ۱۵۹-۱۸۲
- شماره 98/05/13-98/3412/5690 دبیرخانه فرماندهی نزاجا، دستورالعمل مقابله با ریز پرنده‌ها در اماکن نزاجا، مهر ۱۳۹۸
- طهماسبی، سیامک، کیانی، فاطمه، نظری‌زاده، فرهاد، معصومی، منوچهر و پایروند، فیروز، (۱۴۰۰)، دیده‌بانی و تحلیل روند فناوری‌های صنایع راهبردی؛ مطالعه موردی ریز پرنده‌ها، فصلنامه علمی - پژوهشی سیاست علم و فناوری، ۱۴(۳): ۷۱-۸۹

ب) منابع انگلیسی:

- A Comprehensive Approach to Countering Unmanned Aircraft Systems, (2021), Joint Air Power Competence Centre, Kalkar, Germany

- Abrar, Md. Moyeed, Patil, Rajendra R., (2013), Micro Air Vehicle – A Pocket Sized Flying Aircraft, Military Asset and a Boon to Mankind- An Overview, International Journal of Emerging Technologies in Computational and Applied Sciences (IJETCAS), Karnataka, INDIA
- Barroso Barderas, E.; Bardera Mora, R.; Rodriguez-Sevillano, Á.A.; (2023), Numerical Analysis of Bioinspired Tails in a Fixed-Wing Micro Air Vehicle. Aerospace 10(793): 1-20
- Bartulović, Valentina, Trzun, Zvonko, Hoić, Matija, (2023), Use of Unmanned Aerial Vehicles in Support of Artillery Operations, Strategos, 7(1): 71-92
- Coppola, Mario, McGuire, Kimberly N., De Wagter, Christophe and De Croon, Guido C. H. E., (2020), A Survey on Swarming With Micro Air Vehicles: Fundamental Challenges and Constraints, Front Robot AI 7(18): 1-26
- Ezuma, Martins, Erden, Fatih, Anjinappa, Chethan Kumar, Ozdemir, Ozgur and Guvenc, Ismail, (2019), Micro-UAV Detection and Classification from RF Fingerprints Using Machine Learning Techniques, Department of ECE, North Carolina, State University Raleigh, NC, USA
- Kurtulus Dilek Funda, (2011), Introduction to micro air vehicles: concepts, design and applications, Middle east technical University
- Petricca, Luca, Ohlckers, Per, and Grinde, Christopher, (2011), Micro- and Nano-Air Vehicles: State of the Art, Hindawi Publishing Corporation International Journal of Aerospace Engineering, Norway

پ) منابع اینترنتی:

- <https://www.irna.ir/news/85012528>
- <https://www.irna.ir/news/85013264>
- <https://www.nytimes.com/2021/06/23/world/middleeast/iran-atomic-agency-attack.html>
- <https://www.nytimes.com/2022/05/27/world/middleeast/iran-drone-attack.html>