20.1001.1.28212606.1403.7.2.5.5

فصلنامهٔ آماد و فناوری دفاعی، سال هفتم، شمارهٔ ۲ (پیاپی ۲۲)، تابستان ۱۴۰۳

واکاوی تهدیدات هوایی نوپدید و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی: ریزپرنده‌ها)

رضا شاملو*[۱]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۰۱ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۱۸

چکیده

روند ظهور و بروز تهدیدات در قالب‌های مختلف و جدید کماکان ادامه داشته و با توجه به پیشرفت علم و فناوری در کلیه حوزه‌ها، تهدیداتی به شکل و فرم جدید در قالب تهدیدات نوپدید، به‌ویژه تهدیدات نوپدید دفاعی ظهور می‌نمایند. فناوری پهپادها (پرنده‌های هدایت‌پذیر از راه دور) به‌ویژه ریزپرنده‌ها یکی از تهدیدات نوپدید و دغدغه‌های اساسی سیاست‌گذاران علوم و فناوری دفاعی هر کشور است که در سالیان اخیر نقش بسیار چشمگیری در عرصه فعالیت‌های مختلف نظامی و غیرنظامی داشته است؛ تا جایی‌که این سامانه‌ها در سازمان تجهیزاتی نیروهای نظامی (تهاجم هوایی)، شبه‌نظامی، گروه‌های شورشی و تروریستی نمود زیاد پیدا کرده‌اند. همچنین به‌کارگیری ریزپرنده‌ها در جنگ‌های آینده زمینه‌ساز اقتدار هرچه بیشتر نیروهای مهاجم خواهد بود. در مقابل، راهکارهای مقابله با این تسلیحات باید مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تهدیدات هوایی نوپدید و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی: ریز پرنده‌ها) است که نوع پژوهش کاربردی–توسعه‌ای و روش آن توصیفی با رویکرد آمیخته و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌صورت تحلیل محتوا است. شیوه گردآوری داده‌ها و اطلاعات نیز کتابخانه‌ای، اسنادی و میدانی است و در جهت تبیین موضوع از جامعه آماری شامل ۹ نفر از خبرگان و صاحب‌نظران حوزه پدافند هوایی، پهپاد و جنگال به‌صورت هدفمند جهت مصاحبه عمیق استفاده گردید. مرتبط با تعداد سه مقوله اصلی، تعداد ۲۴ مقوله فرعی در رابطه با راهکارهای مقابله با ریزپرنده احصاء شده و در انتها، پیشنهادهای مرتبط با تحقیق در راستای هدف پژوهش ارائه گردیده است.

واژگان کلیدی: پهپاد، ریزپرنده، تهدید هوایی نوپدید، مقابله با ریزپرنده‌ها

۱. استادیار گروه مدیریت راهبردی نظامی، دانشکده هوایی، دانشگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء(ص)، تهران، ایران (نویسنده مسئول) *rezashamloo1355@gmail.com*.

۱. مقدمه

امروزه یکی از دغدغه‌های اساسی سیاست‌گذاران علوم و فناوری دفاعی هر کشور، «فناوری پرنده‌های بدون سرنشین» است که در دهه‌های اخیر نقش بسیار چشمگیری در عرصه فعالیت‌های مختلف نظامی و غیرنظامی داشته است (شاملو، ۱۴۰۱:۱۰۰). امروزه پهپادها جایگاه خاصی در نبردها و جمع‌آوری اطلاعات صحنه‌ی نبرد پیدا کردند و اهمیت آن به‌حدی است که می‌تواند به تمام صحنه‌ی نبرد هم‌پوشانی اطلاعاتی داده، اخبار و اطلاعات تاکتیکی را به فرماندهان عملیاتی ارائه دهد.

با توجه به تغییر، گسترش کمی و کیفی دانش در حوزه‌های مختلف و به‌تبع آن رشد، ارتقاء و تغییرات سریع سطح علم و فناوری و گسترش تهدیدات پیشرفته و نوظهور به‌ویژه توانمندی ساخت ریزپرنده‌ها، این سامانه‌ها در سازمان تجهیزاتی نیروهای نظامی (تهاجم و تهدید هوایی)، شبه‌نظامی، گروه‌های شورشی و تروریستی، هواشناسی کشاورزی راه‌وترابری، راه‌آهن، امداد و درمان، پلیس‌راه، محیط‌بانی، جنگل‌بانی و... کاربرد زیاد پیداکرده‌اند؛ اما کاربرد آن‌ها در مقایسه با انواع هواپیماهای رزمی، شناسایی، فریب و غیره در همه زمینه‌ها اعم از آموزش، توانمندی عملیاتی، نگهداری و تعمیراتی نیز مؤثر و کارآمد بوده و هزینه سنگین تأمین، ساخت و نگهداری هواپیماهای نظامی متداول با سرنشین را هم ندارد.

شاخص‌های زیر این سامانه‌ها را به یکی تهدیدات مهم علیه اهداف زمینی تبدیل کرده است که روزبه‌روز محدوده فعالیت خود را گسترده‌تر می‌نماید؛

(۱) حذف عامل نیروی انسانی و کاهش ریسک حفظ جان آن‌ها،

(۲) ارزان‌قیمت بودن،

(۳) قابلیت به‌کارگیری در هر مکان و شرایط،

(۴) در دسترس بودن،

(۵) داشتن فناوری در سطح پایین و نه خیلی بالا.

امروزه مراکز اقتصادی مانند پالایشگاه‌ها؛ مراکز سیاسی مانند مجلس، دولت و قوه قضاییه؛ و مراکز نظامی مانند پادگان‌ها و... می‌توانند مورد حملات ریزپرنده‌های جاسوسی و یا انتحاری قرار گیرند (تربتی‌فرد و همکاران، ۱۴۰۱:۴۱).

تهدیدات نوپدید مانند ریزپرنده‌ها در همه ابعاد دفاعی نظامی خود را بروز داده و عدم مواجه درست و منطقی با این تهدیدات و عدم توجه عوامل آن در تدوین راهبردهای کلان باعث غافلگیری راهبردی می‌گردد و حوزه تصمیم‌گیری در سطح کلان راهبردی را با مشکلاتی مواجه می‌نماید. نقش بسیار مهم این تجهیزات در تعیین سرنوشت جنگ‌ها، فرماندهان را بر آن داشته است که نگاهی ویژه و خاص به این‌گونه پرنده‌ها داشته باشند؛ به‌گونه‌ای که تولید، ساخت و یا بهینه‌سازی این محصولات شتاب خاصی نسبت به گذشته به خود گرفته و در سال‌های آینده نیز اهمیت این پرنده‌های ارزشمند چند برابر خواهد شد (شکوهی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۶۸). انگیزه اصلی برای حرکت به‌سوی سامانه‌های بی‌سرنشین، تمایل به ارائه توانمندی‌های جدید یا پیشرفته از طریق جذب فناوری‌های جدید و درعین‌حال، کاهش هزینه‌ها و تهدیدهای ایجادشده برای نیروها است (دکترین مشترک انگلستان[1] ۲۰۱۷: تبصره ۲).

بنابراین با توجه به ویژگی‌های این‌گونه تجهیزات و تسلیحات و با توجه به پدافند هوایی به‌عنوان خط مقدم و پرچم‌دار نوک پیکان مقابله با تهدیدهای هوایی و حفظ و تأمین امینت آسمان کشور، لازم است شناخت جامعی از این نوع تهدیدات کسب نموده و راه‌های مقابله با این نوع تجهیزات را انتخاب و در اختیار نیروهای به‌کارگیرنده قرار گیرد.

پژوهش حاضر با بررسی دقیق و موشکافانه ریزپرنده‌ها به‌عنوان یک تهدید در حوزه دفاع هوایی، با بهره‌گیری از منابع کتاب، نشریات و همچنین استفاده‌ی بهینه از نظریات کارشناسان و صاحب‌نظران با هدف «بررسی تهدیدات هوایی نوپدید و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی: ریزپرنده‌ها)» انجام گردیده است.

با توجه به کمبود پژوهش در رابطه با راهکارهای مقابله با ریزپرنده‌ها به‌صورت مدون و علمی در منابع و مراکز تحقیقاتی، به‌همین منظور برای محقق ابهام و دغدغه‌ای از عدم

1. joint doctrine note (JDN) 2/11

وجود یک گزارش و تحقیق علمی در راستای بررسی تهدیدات دفاع هوایی و راهکارهای مقابله با ریزپرنده‌ها نیز به‌صورت مدون ایجاد نموده است. ازآنجایی‌که شناخت ویژگی‌های چنین موضوعاتی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ بنابراین فقدان پژوهش‌ها در زمینه تهدیدات نوپدید هوایی و راهکارهای مقابله با ریزپرنده‌ها، مسئله این تحقیق را تشکیل می‌دهد.

تحقیق حاضر به این جهت از اهمیت برخوردار است که موجب شناسایی ریزپرنده‌ها به‌عنوان یک تهدید دفاع، همچنین به‌عنوان مرجع و مبنایی علمی و عملی برای شناسایی ویژگی این سامانه‌ها قرارگرفته و درک صحیحی از شرایط صحنه نبرد برای فرماندهان سطوح راهبردی، عملیاتی و راهکنشی میسر خواهد شد. بدون شناخت از ریزپرنده‌ها، نمی‌توان از قابلیت‌ها و ظرفیت‌های این سامانه‌ها در صحنه نبرد بهره جست و به موفقیت دست پیدا کرد. درعین‌حال، غفلت از شناخت دقیق قابلیت‌های آن‌ها می‌تواند موجب وارد آمدن آسیب‌های جدی در زمان وقوع درگیری و جنگ‌های حال و آینده در حوزه دفاع هوایی گردد.

۲. مبانی نظری و پیشینه‌شناسی تحقیق

۲-۱. پیشینه تحقیق

برابر بررسی‌های محقق، هیچ‌گونه تحقیق و پژوهشی در حوزه موضوع این تحقیق یافت نشد و صرفاً موارد مندرج در جدول (۱) مرتبط با عنوان این مقاله مشاهده گردید.

جدول شماره ۱. پیشینه‌های مرتبط با تحقیق

۱	عنوان	«معرفی ریزپرنده‌ها و ارائه روش کشف و شناسایی آن‌ها»
	مشخصات محقق و تاریخ و محل اجرا	داوود قاسم‌آبادی و حسن نعمتی (۱۳۹۸) پنجمین همایش علوم و مهندسی دفاعی، تهران.
	نتایج تحقیق	در سال‌های اخیر استفاده از ریزپرنده‌ها به‌منظور استفاده نظامی و غیرنظامی توجه کشورهای زیادی را به خود

		جلب کرده است. این پرنده‌های ریز با ابعاد کوچک، برای کشورهای درحال‌توسعه بخصوص کشور ایران که مورد طمع استکبار جهانی و ماجراجویی‌های بعضی از کشورهای منطقه می‌باشد؛ تهدیدی در حوزه شناسایی و جاسوسی اطلاعاتی محسوب می‌شود.
۲	عنوان	«بررسی نقش ریزپرنده‌ها در جنگ‌های آینده»
	مشخصات محقق و تاریخ و محل اجرا	حسین شکوهی و همکاران (۱۴۰۱) فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک، شماره ۸۷
	نتایج تحقیق	ریزپرنده‌ها برترین سامانه‌ای خواهند بود که در خدمت نیروهای مسلح ج.ا.ایران قرار می‌گیرد؛ همچنین یکی از سناریوهای برخی از کشورهای دنیا در جنگ‌های آینده، جمع‌آوری اطلاعات با استفاده از ریزپرنده‌ها است.
۳	عنوان	«واکاوی نقش پهپادها در فرماندهی و کنترل صحنه نبرد»
	مشخصات محقق و تاریخ و محل اجرا	رضا شاملو (۱۴۰۱) فصلنامه مطالعات جنگ
	نتایج تحقیق	نقش پهپادها در فرماندهی و کنترل صحنه نبرد اعم از شناسایی، مراقبت و هدف‌یابی، جمع‌آوری الکترونیکی، ارتباطی و عملیات رزمی و غیره بسیار بوده و با جرئت می‌توان گفت اکنون هواپیماهای بدون سرنشین در محاسبات نظامی و ژئواستراتژیک تأثیرگذار بوده و بخشی جدایی‌ناپذیر از جنگ مدرن و فرماندهی و کنترل صحنه نبرد محسوب می‌گردند.
۴	عنوان	«بررسی تهدیدهای امنیتی ریزپرنده‌ها با تأکید بر فناوری»
	مشخصات محقق و تاریخ و محل اجرا	علی میرزایی کهق (۱۴۰۲) نشریه نظم و امنیت انتظامی
	نتایج تحقیق	فراگیرشدن کاربری ریزپرنده‌ها و به‌تناسب آن افزایش

		نرخ و گستردگی دامنه تهدیدات، افزایش توانمندی ریز پرنده‌ها در انجام مأموریت‌ها ازنظر تنوع و کیفیت، کاهش امکان مقابله با تهدیدات ریز پرنده‌ها، کاهش امکان شناسایی، رصد و دستگیری عاملان و پیگیری‌های قانونی بعدی، ازجمله مهم‌ترین چالش‌های امنیتی پیش روی حاکمیت در ۱۰ سال آینده خواهد بود.
۵	عنوان	«آیرودینامیک و پایداری دینامیکی ریزپرنده با چهار بال در پرواز معلق»
	مشخصات محقق و تاریخ و محل اجرا	چِنگ و همکاران (۲۰۲۰) آیرودینامیک پیشرفته
	نتایج تحقیق	با توجه به تجزیه‌وتحلیل پایداری دینامیکی ریزپرنده با چهار بال در پرواز معلق، سرعت واگرایی حالت نوسان جانبی حدود ۴ برابر سریع‌تر از حالت نوسان طولی است.

۲-۲. مبانی نظری و مفهوم‌شناسی

۱-۲-۲. مفهوم تهدید

«تهدید» در لغت به معنای بیم‌دادن، ترساندن و عقوبت‌دادن است. فرهنگ معین، تهدید را ترسانیدن و بیم‌دادن معنی کرده است. «لرنر» تهدیدات را عبارت از هر چیزی که بتواند ثبات و امنیت را در یک کشور به خطر اندازد، دانسته است.

تهدید به معنای توانایی‌ها، نیات و اقدامات دشمنان بالفعل و بالقوه برای ممانعت از دستیابی خودی به مقاصد امنیت ملی، تعریف شده است (افتخاری،۱۳۸۵:۸۳). این تهدیدها از دو جهت قابل بحث است:

۱-۱-۲-۲. از جهت ابزار و شیوه‌های تهدید؛ سخت و نرم

(۱) در برخی از تهدیدها، ابزارها و شیوه‌های تهدیدکننده، سخت و توأم با زور و اجبار است، مانند: تهدید نظامی یا تحریم اقتصادی.

(۲) در مواردی، ابزار یا شیوه‌ی مورد استفاده، نرم و غیر خشونت‌آمیز است، مانند: استفاده از رسانه، فیلم و روش اقناع.

۲-۱-۲-۲. از جهت هدف و سوژه تهدید؛ عینی و ذهنی

(۱) در برخی از موارد، هدف تهدیدکننده نیز موضوعات سخت و عینی است، مانند: تخریب اماکن و تأسیسات نظامی و سیاسی، کشتن انسان‌ها و غیره؛

(۲) در موارد دیگر، ممکن است هدف تهدیدکننده تغییر نگرش‌ها، افکار و علایق افراد یا جامعه باشد. انقلاب‌های رنگین نمونه‌های عینی تهدید نرم می‌باشند (کلانتری، ۱۳۹۳:۷۰).

۲-۲-۲. انواع تهدید از نظر ابعاد

ازنظر ابعاد، تهدید به دسته‌های زیر تقسیم می‌شود که توضیحات آن در جدول (۲) ارائه شده است.

(۱) تهدیدهای سیاسی،

(۲) تهدیدهای اقتصادی،

(۳) تهدیدهای نظامی،

(۴) تهدیدهای اجتماعی،

(۵) تهدیدهای زیست‌محیطی،

(۶) تهدیدهای فناورانه.

جدول شماره ۲. بررسی ابعاد تهدیدها

ردیف	نوع تهدید	توضیحات
۱	تهدیدهای سیاسی	هر تهدیدی که به‌نوعی با «هویت»، «ثبات سازمانی»، «موجودیت یا منافع دولتی خاص» مرتبط باشد، تهدیدی سیاسی ارزیابی می‌شود. مانند؛ ❖ تلاش برای واژگون نمودن دولت، ❖ دامن‌زدن به حرکت‌های جدایی‌طلبانه،

		❖ تضعیف دولت، ❖ آسیب‌پذیر نمودن دولت در برابر تحرکات خارجی (کلانتری،۱۳۹۳: ۷۰).
۲	تهدیدهای اقتصادی	مجموعه اقدام‌های تعمدانه، خصمانه و اخلال‌گرایانه دشمن است و برای کاهش توان اقتصاد، قدرت و مقاومت ملّی با هدف تغییر رفتار صورت می‌گیرد (مرادیان، ۱۳۹۱: ۳۶)
۳	تهدیدهای نظامی	تهدید نظامی به استفاده از زور برای دستیابی به اهداف بازیگر در عرصه سیاست عملی دلالت دارد. در گفتمان سنتی از امنیت، تهدید نظامی دارای کاربرد بسیاری می‌باشد (افتخاری،۱۳۸۵: ۲۸-۱).
۴	تهدیدهای اجتماعی	شامل تهدیداتی نظیر موارد زیر می‌باشد: ❖ ناامنی اجتماعی، ❖ درگیری‌های قومی و طایفه‌ای، ❖ توسعه شکاف‌های اجتماعی و ملی، ❖ تخریب وحدت ملی، ❖ توسعه تبعیض و شکاف طبقاتی، ❖ توسعه فقر و نابرابری (حافظ‌نیا،۱۳۸۵:۳۳۵-۳۳۳).
۵	تهدیدهای زیست‌محیطی	تهدیداتی هستند که سلامت اکوسیستم زیستی و جغرافیایی را مورد هدف قرار می‌دهد. مانند: ❖ تغییرات و آلودگی آب‌وهوا، ❖ کمبود آب شیرین، ❖ بیابان‌زایی و جنگل‌زدایی، ❖ کاهش لایه اوزن زمین، ❖ عوامل تهدیدکننده زیست‌محیطی (جاجرمی و همکاران،۱۳۹۲:۲۰۳).

۶	تهدیدهای فناورانه	فناوری عبارت است از دانش، محصول، فرآیندها، ابزارها و سامانه‌هایی که در تولید یا ارائه خدمات به‌کار می‌روند (وایت و همکاران[1] ۲۰۱۱: ۱۴) این تهدیدها بر اساس ظهور و بروز فناوری رخ می‌دهد.

۳-۲-۲. تهدید نوپدید

تهدید نوپدید، تهدیداتی است که قبلاً نبوده و عمدتاً ناشی از ظهور دانش و فناوری‌های جدید در دورهٔ معاصر می‌باشد که می‌تواند از ترکیب تهدیدات ساده شکل گرفته باشد و می‌تواند منجر به آسیب‌زدن به ارکان دفاعی کشور (سیاسی، فرهنگی-اجتماعی، اقتصادی، فناوری، نظامی، زیست‌محیطی و...) شود.

این تهدیدات، تهدیداتی هستند که از گذشته نزدیک شروع شده و رو به افزایش است و با شدت بیشتری ظهور پیدا می‌کند. ازجمله ویژگی‌های احصاء شده برای این تهدیدات عبارت‌اند از:

(۱) عدم قطعیت،

(۲) اثرگذاری شبکه،

(۳) اثرات ناپیدا،

(۴) فناوری‌محور و غیره (مطالعات گروهی دوره دوازدهم مدیریت راهبردی نظامی، ۱۳۹۹: ۲۹).

فناوری‌های (تهدیدات) نوپدید عموماً به فناوری‌هایی اطلاق می‌شود که در مراحل اولیه رشد خود قرار دارند؛ اما از ظرفیت و توانی برخوردارند که می‌توانند رشد کرده و گسترش یابند و زیاد مورد استفاده قرار گیرند.

ازاین‌رو، فناوری‌های نوپدید یا نوظهور به پیشرفت‌ها و نوآوری‌هایی که در حوزه‌های گوناگون فناوری اتفاق افتاده و یا درحال اتفاق افتادن است، اشاره دارد. آن‌ها علاوه‌براینکه در مراحل اولیه ظهور و رشد قرار دارند؛ از ویژگی‌های دیگری برخوردارند (روتولو و همکاران، ۲۰۱۵)

1. White, Margaret A. & Bruton, Garry D.

۲-۲-۴. تهدید هوایی و تهدیدهای هوایی مؤثر بر دفاع هوایی

هر نوع عملیات هوایی دشمن که وضعیت آفندی یا پدافندی و پشتیبانی نیروهای خودی را به مخاطره می‌اندازد (غفاری، ۴۴:۱۳۹۸).

تهدید به‌عنوان یک راهبرد با حداقل هزینه یک رویکرد رو به گسترش در کشورها است. با توجه به ظرفیت‌ها و قابلیت‌های دشمن، به‌طورکلی تهدیدهای عمده علیه پدافند هوایی به ۹ دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

(۱) پهپادها و انواع هواپیماهای بدون‌سرنشین و ریزپرنده‌ها،

(۲) هواپیماهای باسرنشین به‌ویژه هواپیمای نسل پنجم، دور ایستا و رادار گریز،

(۳) موشک‌های بالستیک دوربرد مجهز به انواع و اقسام کلاهک متعارف و غیرمتعارف،

(۴) انواع موشک‌های کروز،

(۵) جنگ الکترونیک پیشرفته،

(۶) بمب‌های الکترومغناطیس،

(۷) موشک‌های ضدرادار،

(۸) تهدیدهای سایبری،

(۹) جنگ الکترونیک (چمنی و مبشری‌نیک، ۱۳۹۶: ۳۶)

۲-۲-۵. پهپاد

پهپادها، تجهیزات نقلیه هوایی با نیروی محرکه هستند که افرادی با عنوان اپراتور را با خود حمل نمی‌کنند و برای به‌پرواز درآمدن از نیروهای آئرودینامیک استفاده می‌کنند و به‌صورت مستقل انواع محموله‌ها را بر اساس نوع مأموریت حمل می‌کنند. این پرنده‌ها از راه دور قابل هدایت و کنترل هستند؛ یا به‌طور خودکار و بر اساس برنامه از قبل تعیین‌شده و یا سامانه‌های پویای پیچیده هوشمند می‌توانند به‌صورت شبانه‌روزی پرواز کنند (وزمان[1] ۲۰۰۷: ۵)

پهپادها به‌وسیله کنترل زمینی یا هوایی هدایت‌شده و یا برنامه‌ریزی می‌شوند. به‌همین دلیل، «هواپیمای هدایت‌شونده از راه دور» نامیده می‌شود (مطاعی و پریانی،۳۵:۱۳۹۷).

1. Wezeman

شکل شماره ۱. مقایسه و برآورد پیشرفت مهم‌ترین آیتم‌های مطرح در پهپادها

۶-۲-۲. ریزپرنده‌ها

درواقع، بدون سرنشین‌بودن این هواپیماها در کنار ویژگی‌های دیگری ازجمله وزن، ابعاد و همچنین کم‌هزینه بودن آن‌ها موجب شده است دستیابی به اهداف مختلف به کمک هواپیماهای بدون سرنشین از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار باشد. وسیله‌های پروازی کوچک را در اصطلاح ریزپرنده می‌گویند (شکوهی و همکاران، ۱۶۶:۱۴۰۱). انواع ریزپرنده‌ها عبارت‌اند از:

(۱) هواپیمای بدون سرنشین کوچک[1]

(۲) ریزپرنده‌های خیلی کوچک[2]

(۳) ریزپرنده‌های کوچک[3]

(۴) پرنده‌های بدون سرنشین برنامه‌پذیر[4]

(۵) سامانه هواپیمای بدون سرنشین[5]

1. RC:Remote Control
2. NAV Nano Air Vheicles
3. MAV: Micro Air Vehicles
4. Drones
5. UAV: unmanned Aircraft system

جدول شماره ۳. انواع ریزپرنده‌ها		
ردیف	عنوان	توضیحات
۱	هواپیمای بدون سرنشین کوچک	هواپیماهای بدون‌سرنشین کوچک و ساده‌ای که با استفاده از رادیو کنترل، گیرنده ساده و در محدوده دید خلبان پرواز می‌کنند.
۲	ریزپرنده‌های خیلی کوچک	ریزپرنده‌های بدون سرنشین با حداکثر وزن ۲۵ کیلوگرم که معمولاً به سه صورت زیر و مبتنی بر هوش مصنوعی می‌باشند: ❖ غیر خودکار، ❖ نیمه‌خودکار، ❖ کاملاً خودکار.
۳	ریزپرنده‌های کوچک	ریزپرنده‌های بدون سرنشین با حداکثر وزن ۵ کیلوگرم که معمولاً به سه صورت زیر و مبتنی بر هوش مصنوعی می‌باشند: ❖ غیر خودکار، ❖ نیمه‌خودکار، ❖ کاملاً خودکار (خرم‌فعال، ۷:۱۳۹۹).
۴	پرنده‌های بدون سرنشین برنامه‌پذیر	پرنده‌های بدون سرنشین برنامه‌پذیر دارای خلبان خودکار که عموماً در مأموریت‌های انتحاری از آن‌ها استفاده می‌شود.
۵	سامانه هواپیمای بدون سرنشین	این نوع پرنده قادر است بر روی باند پروازی خزش نموده و عمل برخاست و یا پرتاب توسط انواع سکوهای پرتاب و هم‌چنین عمل پرواز و درنهایت بازیافت و یا برروی باند پروازی بنشیند. معمولاً ریزپرنده‌ها دارای تجهیزات زمینی مختصری می‌باشند که وسیله مورد نظر را هدایت

		و کنترل را به‌صورت دستی یا خودکار و هوشمند پشتیبانی می‌نمایند (خرم‌فعال،۱۳۹۹:۱۱-۷).

۶-۲-۲. سامانه مقابله با ریزپرنده‌ها[1]

مجموعه‌ای از ابزار و فن‌ها برای «کشف»، «ره‌گیری» و «اقدامات مقابله‌ای» با انواع ریزپرنده‌های بدون سرنشین می‌باشد. ازجمله این میکرو پهپادها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

(۱) کوادکوپترها،

(۲) میکروپرنده بلک هورنت (آمریکا)،

(۳) میکرو پهپادها در انواع گونه جانوران، مانند

- پروانه جاسوس،
- زنبور جاسوس،
- روبات مرغ مگس‌خوار.

(۴) ریزپرنده پردیکس (آمریکا)،

(۵) C-40 (آلمان)،

(۶) آیرو سوند (استرالیا) و... (خرم‌فعال، ۱۳۹۹:۱۲).

۷-۲-۲. تاریخچه به‌کارگیری ریزپرنده‌ها

پس از تولید و به‌کارگیری پهپادها در جنگ‌ها و عملیات مختلف (نظامی و غیرنظامی)، در سال ۱۹۹۰م. در دانشگاه ام‌آی‌تی (مؤسسه فناوری ماساچوست)[2]آمریکا یک مدل مفهومی از سامانه شناسایی الکترواپتیکی هوایی با ابعاد کوچک ساخته شد. سازمان جاسوسی آمریکا علاقه‌مند به ساخت این مدل گردید. در ادامه نیز، سال ۱۹۹۳م. «شرکت آمریکایی راند» در مورد حسگرهای قابل‌حمل توسط پرنده‌هایی در ابعاد یک حشره مطالعاتی انجام

1. C-UAS Counter unmanned Aircraft system
2. MIT: Massachusetts Institute of Technology

داد. در سال ۱۹۹۵م. سازمان «دارپا» در مورد ریزپرنده‌ها یک همایش برگزار نمود. در ادامه، طی سال ۱۹۹۷م. این سازمان یک دوربین برای ریزپرنده‌ها برای کاربرد نظامی ساخت (شکوهی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۶۷).

در سال ۲۰۰۸م.، نیروی هوایی آمریکا تجهیزات پرنده‌ای در سایز زنبور را به نمایش گذاشت که در حین پرواز نیز عکس، فیلم‌برداری و حتی حمله به مظنونین و تروریست‌ها را انجام می‌داد. در همان سال، «آژانس تحقیقات نظامی دولت امریکا» نشستی را با موضوع "حشرات، روبات‌ها و تسلیحات بیولوژیکی" برگزار کرد. آزمایشگاه روباتیک هوشمند «لاکهید مارتین» هم از طرح تولید هواپیماهای جاسوسی با نام «سامارای» پرده برداشت. این نسل از تجهیزات جاسوسی که شکل ظاهری آن‌ها نظیر دانه گیاه «افرا» است، این امکان را به نیروهای آمریکایی می‌دهد که با پرتاب آن‌ها و حرکت بومرنگی آن‌ها، عکس‌هایی از اطراف دریافت کنند. نکته حائز اهمیت، این است که در این مسیر، کشور آمریکا تنها نبوده و کشورهای فرانسه، هلند و حتی رژیم غاصب صهیونیستی نیز پیگیر چنین تجهیزاتی هستند (خرم‌فعال، ۱۳۹۹، ۸۳).

۸-۲-۲. معرفی و مشخصات ریزپرنده‌ها

ابعاد ریزپرنده نوعاً در طول، عرض و ارتفاع از ۱۵ سانتیمتر تجاوز نمی‌کند. وزن تقریبی ریزپرنده در حدود ۵۰ گرم باشد و مداومت پروازی آن بین ۲۰ تا ۶۰ دقیقه باشد. برد عملیاتی آن ۱۰ کیلومتر یا بیشتر می‌باشد. سرعت پرواز آن بین ۱۰ متر بر ثانیه تا ۲۰ متر بر ثانیه باشد. نیروی پیشران در ریزپرنده‌ها باید توان و انرژی با شدت بالا فراهم کند.

همچنین نباید صدایی در نیروی محرکه آن تولید شود تا پنهان‌کاری این ریزپرنده به خطر نیافتد. در ریزپرنده، بال ثابت به‌نظر می‌رسد و یک ریز پرنده ۵۰ گرمی در حدود ۱۰ وات توان الکتریکی نیاز دارد که از این مقدار، ۹۰ درصد آن صرف نیروی پیشران می‌گردد. برای رسیدن به این مقدار توان نیز می‌توان از موتورهای زیر استفاده کرد:

الف. موتورهای درون‌سوز مانند موتور بال جت و موتور میکرو جت،

ب. موتورهای الکتریکی،

پ. بازوهای شیمیایی رفت‌وبرگشتی.

آیرودینامیک به‌کار رفته در ریزپرنده‌ها با توجه به محیطی که این پرنده‌ها برای کار کردن در آن ساخته می‌شوند، متنوع است و می‌تواند به‌صورت «بال ثابت»، «بال گردان» و حتی «بال‌زن» باشد (ونکاتسوبرامانی و همکاران[1] ۲۰۱۶.) اجزای مختلف یک ریزپرنده شامل موارد زیر است:

(۱) حسگرها،

(۲) پردازنده،

(۳) بخش ارتباطات،

(۴) لینک ارتباطی سازه (شکوهی، ۱۴۰۱:۱۷۰).

۹-۲-۲. قابلیت‌های فنی و عملیاتی ریزپرنده‌ها

ریزپرنده‌ها در تنوع کاربرد، نحوه هدایت و کنترل و همچنین نوع محموله و تسلیحاتی که حمل می‌نمایند با یکدیگر متفاوت می‌باشند. انواع ریزپرنده‌ها می‌توانند در مسیرهای از پیش برنامه‌ریزی‌شده برای مقاصد از قبل مشخص‌شده نیز اجرای عملیات نمایند. حتی علاوه‌بر پرواز ازپیش برنامه‌ریزی‌شده می‌توان برنامه‌ریزی را در حین پرواز تغییر داد. ریز روبات‌های هوشمند قادر هستند در محیط‌های عملیاتی در راستای مأموریت محوله به‌صورت خودکار تصمیم بگیرند. برخی از مهم‌ترین قابلیت‌های فنی و عملیاتی ریزپرنده‌ها عبارت‌اند از:

(۱) انعطاف‌پذیری عملیاتی در نحوه برخاست و فرود (خودکار و نیمه‌خودکار) و تغییر نوع مأموریت با جابه‌جایی محموله،

(۲) اجرای مأموریت‌های چندمنظوره، پردازش اطلاعات و مأموریت‌های رزمی از پیش برنامه‌ریزی‌شده یا به هنگام عملیات انتحاری،

1. Venkatasubramani S. R. Pappu, James E

(۳) بهره‌برداری از حداقل زیرساخت‌ها جهت اجرای عملیات، تعمیر و نگهداری مناسب در محیط عملیاتی و شرایط جوی و اقلیمی مختلف و...،

(۴) اجرای عملیات به‌صورت شبانه‌روزی و استفاده از ایستگاه‌های فریب ارزان‌قیمت،

(۵) انجام مأموریت‌های پنهان و اجرای اقدامات ضد جنگ الکترونیک و اجرای عملیات پروازی انبوه تحت کنترل شبکه،

(۶) افزایش برد لینک مخابراتی با استفاده از ایستگاه‌های رله‌کننده و یکپارچه‌سازی نرم‌افزارها و سخت‌افزارهای هدایت، کنترل و ماژولار بودن قطعات مکانیکی و اویونیک ریزپرنده و سرعت در تولید و ساخت (خرم‌فعال، ۱۳۹۹: ۹۶)

در عملیات معاصر، بارزترین سهم پهپادها و ریزپرنده‌ها ایجاد انقلابی در تأمین توان هوایی محوریِ اطلاعاتی و آگاهی موقعیتی است. این امر عمدتاً از طریق توانایی هواپیماهای بی‌سرنشین برای استقامت طولانی‌مدت در فضای نبرد به‌دست‌آمده است. درواقع همین استقامت بالا می‌باشد که به یکی از مبناهای فروش منحصربه‌فرد هواپیماهای بی‌سرنشین در عملیات فعلی تبدیل شده است (دکترین مشترک انگلستان، ۲۰۱۷: تبصره ۲). درحال حاضر، دو قابلیت زیر در اولویت اول عملکردی ریزپرنده‌ها قرار دارند:

الف. «افزایش هوشمندی و خودمختاری»،

ب.«ارزانی و در دسترس بودن» (میرزایی، ۴۴:۱۴۰۲).

سرعت پیشرفت فناوری ریزپرنده‌ها حیرت‌آور بوده و به‌موازات توسعه این محصولات، کاربرد آن‌هم متنوع‌تر می‌شود. ارزان‌بودن و قابلیت مخفی‌شدن ریزپرنده‌ها منجر به افزایش کاربردهای نظامی مانند جاسوسی، جمع‌آوری اطلاعات، حملات انتحاری و... شده است.

در همین راستا، برابر تحقیقات انجام‌شده نیز «افزایش سطوح هوشمندی و همکاری‌های جمعی بین ریز پرنده‌ها» مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روند آتی ریزپرنده‌ها بوده و «افزایش مقاومت در برابر اقدامات آفندی» در رتبه دوم تحولات آتی این پرنده‌ها قرار دارد (طهماسبی و همکاران، ۳۳:۱۴۰۰).

شکل شماره ۲. بلوک دیاگرام کشف و شناسایی

۱۰-۲-۲. محدودیت‌ها

سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین دارای محدودیت‌هایی می‌باشند که این محدودیت‌ها، اجرای مأموریت محوله را تحت‌الشعاع قرار می‌دهند. با توجه به پیچیدگی‌ها و مشخصات فنی این سامانه‌ها، محدودیت‌های عملیاتی این سامانه‌ها با پیچیدگی و مجهولاتی مواجه هستند. این تجهیزات دارای دو دسته محدودیت‌های «نرم‌افزاری» و «سخت‌افزاری» هستند که عبارت‌اند از:

جدول شماره ۴. محدودیت‌های به‌کارگیری پهپادها

ردیف	محدودیت	توضیحات
۱	محدودیت‌های نرم‌افزاری	❖ تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی غلط، ❖ محدودیت‌های ناشی از نرم‌افزارهای رایانه‌پایه که مهم‌ترین بخش آن نرم‌افزارهای هدایت و کنترل است.
۲	محدودیت‌های سخت‌افزاری	❖ کاهش ضریب اطمینان (با توجه به وابستگی به تجهیزات مخابراتی قابلیت رهگیری داشته و در جامعه هدف حملات جنگ الکترونیک هست). ❖ تصمیم‌گیری ناقص به دلیل محدودیت‌های هوش مصنوعی (هوش مصنوعی بر مبنای برنامه‌ریزی قبلی بوده و بزرگ‌ترین ضعف

		هوش مصنوعی در تصمیم‌گیری تکلیف‌محور است). ❖ محیط عملیاتی شامل؛ ▪ محدودیت در کادر پرواز، ▪ ملاحظات سیاسی، ▪ حقوق بین‌المللی، ▪ پنهان‌کاری. ❖ آسیب‌پذیری در حوزه لینک مخابراتی، ❖ استفاده از سامانه موقعیت‌یاب جهانی، ❖ حمل محموله‌ها؛ با توجه به جثه و اندازه دارای محدودیت در حمل محموله هستند (خرم‌فعال، ۱۳۹۹:۱۰۰).

۱۱-۲-۲. راهکارهای مقابله با انواع ریز پرنده‌ها

روش کشف و مقابله با ریزپرنده‌ها نسبت به دیگر پرنده‌ها بسیار متفاوت است و جهت کشف، شناسایی و انهدام آن‌ها به تجهیزات ویژه‌ای نیاز است. درصورتی‌که این ملاحظات در نظر گرفته نشود، مقابله با این پرنده‌های ارزان‌قیمت بسیار پرهزینه و معمولاً ناموفق خواهد بود. مقابله با این پرنده‌ها به چند دلیل دشوارتر است:

(۱) سطح مقطع راداری پایین،

(۲) میزان صدای انتشار بسیار پایین،

(۳) قابل‌رؤیت نبودن به دلیل ابعاد کوچک به‌خصوص در شب،

(۴) توانایی پرواز در ارتفاع پایین، بین ساختمان‌ها و پنهان ماندن از دید،

(۵) حجم حمله بالا[1]

1. Ride Size

(۶) کشف دیرتر به علت کوچکی جثه و نداشتن زمان عکس‌العمل،

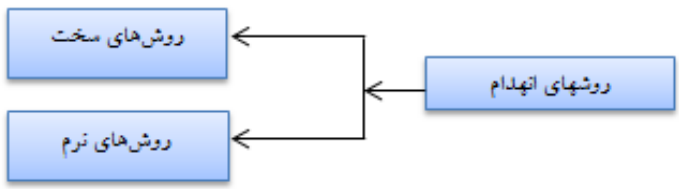
(۷) احتمال آسیب‌پذیری به مناطق حساس و تأسیسات حیاتی به‌دلیل ساقط شدن در نزدیکی مراکز حساس (مصاحبه با خبرگان، ۱۴۰۲).

۱-۱۱-۲-۲. روش‌های کشف ریزپرنده‌ها

با توجه به نوع، اندازه و مأموریت‌های ریزپرنده‌ها، راهکارها و ابزارهای مختلفی برای مقابله با آن‌ها وجود دارد. روش‌های کشف به شرح شکل (۲) ارائه گردیده است (خرم‌فعال، ۱۳۹۹: ۱۰۶)

شکل شماره ۳. روش‌های کشف ریزپرنده‌ها

روش‌های انهدام و مقابله به دو دسته زیر تقسیم می‌شود:



شکل شماره ۴. روش‌های کشف ریزپرنده‌ها

۱-۱-۱۱-۲-۲. روش‌های سخت

روش‌های سخت، شامل:

الف. اصابت گلوله (شلیک مستقیم گلوله)،

ب. پرتاب تور؛ یکی از روش‌های مبارزه با پهپادها، استفاده از تورهای مخصوص برای به‌دام انداختن پهپادها است. این تورها یا به‌وسیله پهپادهای بزرگ‌تر و یا افراد با استفاده از تفنگ‌های مخصوصی که نوعی گاز فشرده‌شده در آن‌ها وجود دارد، استفاده می‌کنند؛ این تورها و همچنین اشیایی همانند چتر نجات را به سمت این پهپادها شلیک می‌کنند تا مانع فعالیت پهپادها شوند (ایران‌پور و نیازحصار، ۱۳۹۹:۱۰۰).

پ. بهره‌گیری از تک‌تیراندازان آموزش‌دیده و حرفه‌ای؛ این نفرات آموزش‌دیده و تک‌تیراندازان حرفه‌ای، اقدام به شلیک به سمت هدف و سرنگون ساختن آن می‌نمایند.

ت. شکار ریزپرنده توسط کواد تور پران: کواد تور پران که مجهز به سامانه اخلال‌کننده می‌باشد، به‌محض رؤیت به سمت هدف پرواز نموده و اقدام به اخلال الکترومغناطیسی کرده و با شلیک تور، ریزپرنده را شکار می‌کند و به محل امن انتقال می‌دهد.

ث. استفاده از پوشش دود و اقدامات پدافند غیرعامل در جهت خنثی‌سازی مأموریت پهپادهایی شناسایی و تصویری.

ج. پرنده‌های شکاری تعلیم‌دیده (عقاب): برخی از کشورها برای مقابله با ریزپرنده‌ها از عقاب‌های آموزش‌دیده استفاده می‌کند و این عقاب‌ها می‌توانند بدون این‌که کوچک‌ترین آسیبی به پهپادها وارد شود، آن‌ها را به سلامت برروی زمین فرود آورند (مصاحبه با خبرگان، ۱۴۰۲).

چ. استفاده از پاشش شدید آب (پمپاژ شدید آب در جهت حرکت ریزپرنده) (خرم‌فعال، ۱۳۹۹: ۱۲۵).

۲-۱-۱۱-۲-۲. روش‌های سخت

روش‌های نرم (جنگالی) شامل:

الف. قطع ارتباط با ایستگاه کنترل زمینی،

ب. قطع ناوبری (جی‌پی‌اس)،

پ. تابش لیزر پرقدرت و ... (بالا رفتن دما و آتش‌گرفتن ریزپرنده)،

ت. سلاح‌های الکترومغناطیسی به‌صورت کنترل‌شده که به دو صورت دستی و استقراری انجام می‌شود (تفنگ الکترومغناطیس)،

ث. سلاح‌های پرتوان الکترومغناطیسی برای سوزاندن بردهای الکترونیکی ریزپرنده‌ها،

ج. نصب اخلالگر جمر موقعیت‌یاب جهانی[1]

چ. اخلالگر محمول بر پهپاد؛ قابلیت اخلال در ارتباط پهپادها، مولتی روتورهای جاسوسی و بمب‌افکن در محدوده فرکانسی مختلف مانند ۲۰ تا ۵۲۰ مگاهرتز را دارد. (مصاحبه با خبرگان، ۱۴۰۲).

ح. شکار توسط سامانه ترکیبی اپتیک و پهپاد شکارچی؛ سامانه مراقبت هوایی با یک پهپاد شکارچی لینک شده و خروجی مختصات سه‌بعدی پرنده مهاجم به‌منظور هدایت و مورد اصابت قرار دادن آن تا آخرین لحظه به پهپاد شکارچی ارسال و درنهایت منجر به سقوط پهپاد متجاوز می‌گردد.

خ. سامانه ترکیبی کشف (اپتیک و مادون‌قرمز) و انهدام تفنگ مخصوص؛ در این روش، سامانه ترکیبی سلاح نارنجک‌انداز و سامانه مراقبت هوایی اپتیک و مادون‌قرمز قادر است پس از شناسایی و رهگیری هدف مهاجم، پهپاد مهاجم را در اختیار تفنگ مخصوص قرار داده و این تفنگ با پرتاب نارنجک مجهز به ماسوره مجاورتی، باعث انهدام پهپاد می‌گردد. از این سلاح در محدوده‌های غیرشهری استفاده می‌گردد (خرم‌فعال، ۱۳۹۹:۱۲۲).

د. تفنگ الکترومغناطیس (قطع ارتباطات کنترلی و ناوبری پهپاد و فرود پهپاد در منطقه اختلال شده)،

1. GPS

ذ. هک‌کردن جی.پی.اس پهپاد؛ با ارسال نویزهای قوی و مسدود کردن ارتباط ماهواره‌ای پهپاد با اپراتور می‌توان آن را مجبور به استفاده از هدایت خودکار[1]کرد و شرایط را برای فریب آن مهیا ساخت (مصاحبه با خبرگان، ۱۴۰۲).

ر. سامانه شناسایی و اختلال گنبدی تمام‌جهته؛ در این روش با استفاده از یک آنتن چند جهتی نسبت به پایش ۳۶۰ درجه‌ای در محیط، نسبت به اختلال لینک هدایت، کنترل و سامانه ناوبری آن اقدام نموده و باعث می‌گردد پهپاد متجاوز قادر به ورود به منطقه حفاظت شده نگردد (خرم‌فعال، ۱۲۵:۱۳۹۹).

۲-۱۱-۲-۲. تسلیحات کشورهای مختلف در زمینه کشف و انهادام ریزپرنده‌ها

برخی از تسلیحات مورد استفاده این حوزه در کشورهای مختلف عبارت‌اند از:

۱-۲-۱۱-۲-۲. کنترل پهپاد متخاصم

برخی از کشورها مانند آلمان از روشی کاملاً بی‌سروصدا و بدون خشونت برای مقابله با پهپادها استفاده می‌کنند. این شرکت‌ها از ترکیب چند وسیله و حسگر مانند دوربین، حسگرهای صوتی، حسگرهای تشخیص‌دهنده امواج وای‌فای و وسایل اسکن‌کننده امواج رادیویی موفق شده‌اند پهپادها را در مناطق مشخص شده، به‌صورت کاملاً نامحسوس کنترل کنند.

برخی از شرکت‌های نوپای دیگر به دنبال نفوذ به امواج رادیویی مورد استفاده برای هدایت و کنترل پهپادها و سپس به‌دست‌گرفتن کنترل آن‌ها و توقف ارسال ویدیو توسط آن‌ها هستند. یک شرکت سنگاپوری[2]از وسیله‌ای به نام «هواپیمای بدون‌سرنشین آسمان»[3] که در آن، از امواج رادیویی استفاده شده است، برای ردیابی و کنترل پهپادها استفاده می‌کند و همچنین هدف خود را به‌صورت تصویری نیز دنبال می‌کند.

1. Autopilot
2. TeleRadio Engineering
3. Sky Droner

۲-۲-۱۱-۲-۲. سلاح (تفنگ) مخصوص[1]

این اسلحه، ظاهری شبیه به «بازوکا» داشته و از طریق قطع ارتباط بین پهپاد و اپراتور با این سامانه مقابله می‌کند. این دستگاه ۵,۹ کیلوگرم وزن داشته و براساس ادعای کمپانی سازنده آن، قابلیت به‌زمین نشاندن پهپادها از فاصله ۲ کیلومتری را دارد.

۲-۲-۱۱-۲-۳. سلاح آتنا[2]

این سلاح لیزری هدایت‌پذیر که «آتنا» نام دارد، با قدرت ۳۰ کیلووات در صحرای «نوادا» مورد آزمایش قرار گرفت و تمام اهداف مورد نظر را سرنگون ساخت. «لاکهید مارتین» برای اثبات قدرت این سلاح در هدف‌گیری ۳۶۰ درجه خودروهای دشمن فرضی را از فاصله ۵,۱ کیلومتری هدف قرار داده و به آتش کشیده است (ایران‌پور و نیازحصار، ۱۳۹۹:۱۰۰).

۲-۲-۱۱-۲-۴. سلاح مخرب لیزری[3]

یکی از روش‌های تضعیف پهپادهای مخرب، استفاده از انرژی مستقیم[4] مانند فناوری‌های ضدپهپادی لیزر و ریزموج است. فناوری ریزموج به اندازه لیزر مخرب نیست؛ اما می‌تواند با سوزاندن قطعات الکترونیکی پهپاد، آن را از کار بیاندازد. از مهم‌ترین مزایای این سامانه آن است که با قدرت لیزر ۱۰ کیلووات می‌تواند برد نسبتاً طولانی (در محدوده ۳ تا ۵ کیلومتر) را پوشش داده و چند پهپاد را با سرعت زیاد هدف قرار دهد.

۲-۲-۱۱-۲-۵. سامانه سلاح راداری[5]

این سامانه می‌تواند از فاصله ۱۰ کیلومتری با استفاده از سیستم «رادار اسکنینگ الکتریکی»، پهپادها را شناسایی کند. این سامانه با استفاده از اشعه مادون‌قرمز و دوربین‌های دید در روز، مسیر هواپیماهای بدون سرنشین را تشخیص و با پرتاب اشعه مستقیم ۴ واتی، سیستم

1. Drone Gun
2. ATHENA
3. HELWS
4. Directed Energy
5. AUDS

ناوبری آن‌ها را از کار می‌اندازد و پهپاد بر روی زمین قرار می‌گیرد. تا زمانی که باتری پهپاد تمام نشود، هواپیمای بدون‌سرنشین قادر به انجام هیچ کاری نیست. عمل غیرفعال کردن پهپادها توسط این سامانه منحصربه‌فرد ظرف مدت ۸ تا ۱۵ ثانیه انجام می‌گیرد.

۶-۲-۱۱-۲-۲. سامانه گیرنده پهپاد[1]

سرنگون‌کردن ریزپرنده‌های مزاحم با لیزر غول‌پیکر هرچقدر هم مهیج باشد، بعید است در شهر امکان استفاده از آن وجود داشته باشد. به‌همین خاطر باید به دنبال راه‌های کم‌خطرتر بود. در همین راستا کمپانی هلندی[2]ابزاری را توسعه داده است که از خود پهپادها علیه آن‌ها استفاده می‌کند.

این سامانه که «گیرنده پهپاد» نام دارد، درواقع پهپادی مجهز به هدف‌گیر خودکار و تور است که اهداف را از فاصله ۲۰ متری شکار می‌کند (ایران‌پور و نیازحصار، ۱۳۹۹: ۱۰۳)

۷-۲-۱۱-۲-۲. اسلحه لیزری دفاعی[3]

اسلحه با بمباران سیگنال‌ها می‌تواند ارتباط ریزپرنده با دنیای اطراف خود را قطع کند. نحوه‌ی استفاده از آن‌هم بدین‌صورت است‌که با هدف‌گیری اسلحه به سمت پهپاد مذکور و شلیک سیگنال‌ها، ارتباط پهپاد با کنترل‌کننده‌ی خود قطع می‌شود.

اگر پهپاد مذکور نیز نظامی باشد، در چنین موقعیت‌هایی به‌صورت خودکار به پایگاه خود برمی‌گردد؛ اما اکثر پهپادهای معمولی در چنین موقعیت‌هایی به‌صورت ثابت در هوا باقی می‌مانند تا زمانی‌که باتری آن‌ها تمام شود و سقوط کنند. این اسلحه با توجه به‌راحتی استفاده از آن و عدم ایجاد سروصدا، یکی از بهترین وسایل برای شکار پهپادها است.

1. Drone Catcher
2. Delft Dynamic
3. Drone Defender

۸-۲-۱۱-۲-۲. سامانه دیوار آسمان[1]

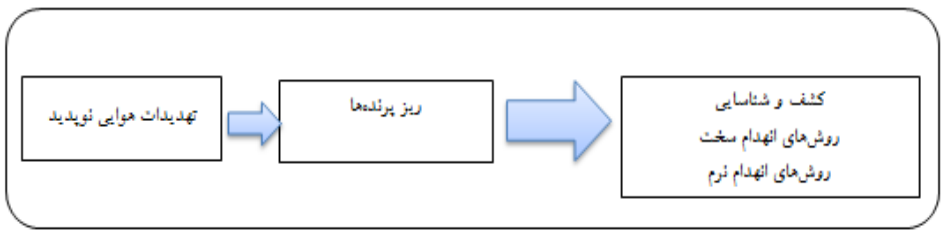
این سامانه که روی یک بازوکا سوار می‌شود، پهپادها را از فاصله ۱۰۰ متری زمین‌گیر می‌کند. این سلاح دوش‌پرتاب ۱۰ کیلوگرم وزن داشته و با بهره‌گیری از هوای فشرده، تور را به سمت هدف پرتاب می‌کند. علاوه‌بر این، به لطف چتری که به تور متصل شده، پهپاد با سرعت کم فرود آمده و سالم به زمین می‌نشیند. کمپانی سازنده برای افزایش هرچه بیشتر کارایی و هیجان عملیات الگوریتم‌های هوش مصنوعی را هم در سلاح خود تعبیه کرد که با قفل‌کردن روی هدف متحرک به شلیک دقیق‌تر کمک می‌کنند (ایران‌پور و نیازی‌حصار، ۱۳۹۹: ۱۱۰-۹۰).

۹-۲-۱۱-۲-۲. سامانه حصار آسمان[2]

این سامانه (فنسی الکترونیکی به ارتفاع ۶۰۰ متر) با استفاده از چندین مختل‌کننده سیگنال، ارتباط بین کواد کوپترها و اپراتور را قطع می‌کند. نکته جالب این نکته است که سامانه مذکور، پهپاد را به نقطه‌ای که از آن برخاسته برمی‌گرداند تا مأموران شانس دستگیری اپراتور را داشته باشند.

۱۲-۲-۲. مدل مفهومی پژوهش

با نگرش به اطلاعات گردآوری‌شده در قالب مدارک (ادبیات تحقیق، اسناد و مدارک)، مدل مفهومی پژوهش با لحاظ ابعاد مختلف در قالب سه مقوله اصلی شامل کشف و شناسایی، روش‌های انهدام (سخت) و روش‌های انهدام (نرم) انتخاب شده است، به شرح ذیل ارائه می‌گردد:



شکل شماره ۵. مدل مفهومی پژوهش

1. Sky Wall
2. Sky fence

۳. روش‌شناسی تحقیق

این تحقیق از منظر نوع، تحقیقی توسعه‌ای- کاربردی است؛ زیرا هدف بررسی تهدیدات نوپدید پدافند هوایی و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی: ریزپرنده‌ها) است و به افزایش دانش در این زمینه کمک می‌نماید.

روش انجام این تحقیق، موردی-زمینه‌ای است؛ جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان و کارشناسان حوزه پدافند هوایی، پهپاد و جنگال در سطوح مختلف آشنا به حوزه این پژوهش و مباحث مرتبط هستند. در نمونه‌گیری به روش هدفمند تعداد ۹ نفر برای مصاحبه عمیق انتخاب شده که دارای مدارک علمی دکتری، کارشناسی ارشد و حداقل دارای سه سال سابقه خدمت در مشاغل مرتبط با موضوع پژوهش بودند که به‌صورت تمام‌شمار مورد رایزنی و تضارب آرا قرار گرفته‌اند.

روش گردآوری اطلاعات، کتابخانه‌ای (شامل کتاب‌ها، مقالات پیرامون موضوع و نیز استفاده از جستجوهای اینترنتی، با فیش‌برداری و استناد به اسناد و مدارک موجود) و بررسی‌های میدانی شامل مصاحبه عمیق هدفمند بوده است.

پژوهش به روش تحلیل محتوا انجام شده است. با توجه به اینکه تحلیل محتوا روشی برای گرفتن نتایج معتبر و قابل اعتماد از داده‌های استخراج شده از متن است؛ بنابراین دارای فرایند مشخصی است (بختیاری، ۱۴۰۱: ۷۶) در این تحقیق، برای بالابردن روایی و ارتقاء سطح کیفی مصاحبه، از نظرات مصاحبه‌شوندگانی بهره‌گیری شده است که از خبرگان و کارشناسان حوزه پدافند هوایی، پهپاد، جنگال و متخصصین در رشته‌های مرتبط با موضوع هستند. برای بالابردن پایایی مصاحبه، سؤال‌ها را به‌گونه‌ای دیگر و در زمان‌های مختلف مطرح نموده، که پاسخ‌های یکسانی دریافت شده است. با توجه به این‌که محقق ضمن فیش‌برداری، منابع مربوطه به‌طور دقیق ذکر و در ذیل هر مطلب درج نموده است، بنابراین پایایی مطالب توسط مدارک علمی انتخابی مشخص گردیده است. بر این اساس، ابتدا با توجه به هدف پژوهش اقدام به انجام مصاحبه عمیق شد. پس از پیاده‌سازی و محدود کردن متن مصاحبه‌ها، واحد تحلیل و ثبت هر پیام در داخل کروشه مشخص و بر

اساس آن مقوله‌های فرعی شکل گرفت. سپس با پالایش مقوله‌های فرعی، اقدام به تعیین مقوله‌های اصلی گردید. درنهایت راهکارهای مقابله با ریزپرنده‌ها در قالب سه مقوله اصلی شامل کشف و شناسایی، روش‌های انهدام (سخت) و روش‌های انهدام (نرم) ارائه گردید.

۴. تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

در این تحقیق، برای احصاء داده‌های کیفی با ۹ نفر مصاحبه انجام و اشباع نظری حاصل گردید.

۴-۱. دسته‌بندی، تلخیص و پالایش مقوله‌های فرعی

در این پژوهش، درمجموع تعداد ۲۵ مقوله فرعی از ۳۲ مقوله پالایش‌شده به دست آمد.

جدول شماره۵. مقوله‌های فرعی پالایش‌شده نهایی(کشف و شناسایی) بر مبنای نظر مصاحبه‌شوندگان

ردیف	مقوله فرعی	کد (مصاحبه‌شونده‌ها)
۱	شناسایی بصری با دوربین‌های مداربسته	۱-۲-۳-۵-۶
۲	شناسایی الکترواپتیکی	۴-۵-۶-۸
۳	شناسایی راداری	۳-۴-۶-۸-۹
۴	شناسایی سیگنالی	۱-۲-۳-۴-۸
۵	شناسایی صوتی	۳-۴-۷-۹
۶	بهره‌گیری از دیده‌بانان محلی	۱-۴-۶-۷
۷	سامانه کشف و اختلال ترکیبی جنگال، اپتیک و مادون‌قرمز	۲-۴-۶-۷-۹

جدول شماره ۶. مقوله‌های فرعی پالایش‌شده نهایی (درگیری و انهدام) بر مبنای نظر مصاحبه‌شوندگان		
ردیف	مقوله فرعی	کد (مصاحبه‌شونده‌ها)
۱	اصابت گلوله	۲-۴-۶-۷-۹
۲	پرتاب تور	۷-۱-۴-۶
۳	استفاده از تک‌تیراندازان آموزش‌دیده و حرفه‌ای	۹-۳-۴-۷
۴	شکار ریزپرنده توسط کواد تور پران	-۴-۶-۷-۸
۵	پرنده‌های شکاری تعلیم‌دیده (عقاب)	۶-۳-۴-۵
۶	استفاده از پاشش شدید آب	۳-۴-۵-۶-۷
۷	تابش لیزر پرقدرت و ... برای بالا رفتن دما و آتش‌گرفتن ریزپرنده	۲-۳-۴
۸	سلاح‌های الکترومغناطیسی به‌صورت کنترل‌شده (دستی و استقراری)	۸-۵-۶-۷
۹	نصب اخلالگر جمر GPS	۹-۳-۷-۸
۱۰	اخلالگر ارتباطی محمول بر پهپاد	۹-۶-۷-۸
۱۱	شکار توسط سامانه ترکیبی اپتیک و پهپاد شکارچی	۷-۱-۳-۶
۱۲	سامانه ترکیبی کشف (اپتیک و مادون‌قرمز) و انهدام تفنگ Ahead	۶-۳-۴-۵
۱۳	تفنگ الکترومغناطیس	۸-۳-۴-۷
۱۴	هک کردن جی.پی.اس پهپاد	۹-۲-۶-۸
۱۵	ایجاد گنبد غیرهوشمند ناوبری ریز پرنده‌ها	۸-۳-۶-۷
۱۶	سامانه شناسایی و اختلال گنبدی تمام جهته	۴-۱-۲-۳
۱۷	استفاده از تسلیحات مختلف انرژی مستقیم، اشعه مادون‌قرمز	۹-۳-۶-۸

۲-۴. مقوله‌های اصلی

در این مرحله، محقق مترصد است پیوند بین مقوله‌های فرعی را از طریق توسعه (تولید)

مقوله‌های اصولی، تعیین و اختصاص‌دادن مقوله‌های فرعی به آن‌ها مشخص نماید؛ یعنی هریک از مقوله‌های فرعی به‌دست‌آمده از مرحله قبل، صرفاً در قالب یک مقوله اصولی طبقه‌بندی و سازمان‌دهی‌شده و برای هریک از مقوله‌های اصلی نام مناسبی انتخاب می‌گردد. جهت نام‌گذاری مقوله‌ها سعی بر این خواهد بود بر اساس مفاهیم مشترک و مشابهی که از مقوله‌های فرعی به‌دست‌آمد، نامی انتخاب شود که بیشترین ارتباط منطقی را با داده‌هایی که مقوله نمایانگر آن است، داشته باشد (بختیاری، ۷۷:۱۴۰۱).

جدول شماره ۷. مقوله‌های اصلی و فرعی مرتبط

ردیف	مقوله اصلی	مقوله فرعی
۱	روش‌های کشف و شناسایی	شناسایی بصری با دوربین‌های مداربسته
		شناسایی الکترواپتیکی
		شناسایی راداری
		شناسایی سیگنالی
		شناسایی صوتی
		بهره‌گیری از دیده‌بانان محلی
		سامانه کشف و اختلال ترکیبی جنگال، اپتیک و مادون‌قرمز
۲	روش‌های انهدام (سخت)	اصابت گلوله
		پرتاب تور
		استفاده از تک‌تیراندازان آموزش‌دیده و حرفه‌ای
		شکار ریز پرنده توسط کواد تور پران
		پرنده‌های شکاری تعلیم‌دیده (عقاب)
		استفاده از پاشش شدید آب
۳	روش‌های انهدام (نرم)	تابش لیزر پرقدرت و ...(بالارفتن دما و آتش‌گرفتن ریز پرنده)
		سلاح‌های الکترومغناطیسی به‌صورت کنترل‌شده (دستی و استقراری)
		نصب اخلالگر جمر GPS

		اخلالگر ارتباطی محمول بر پهپاد
		شکار توسط سامانه ترکیبی اپتیک و پهپاد شکارچی
		سامانه ترکیبی کشف (اپتیک و مادون‌قرمز) و انهدام تفنگ Ahead
		تفنگ الکترومغناطیس
		هک‌کردن جی.پی.اس پهپاد
		ایجاد گنبد غیرهوشمند ناوبری ریزپرنده‌ها
		سامانه شناسایی و اختلال گنبدی تمام‌جهته
		استفاده از تسلیحات مختلف لیزری، انرژی مستقیم، اشعه مادون‌قرمز

در این گام، ۲۴ مقوله فرعی ویرایش شده در قالب سه مقوله اصلی شامل کشف و شناسایی، روش‌های انهدام (سخت) و روش‌های انهدام (نرم) انتخاب شده است.

۵. نتیجه‌گیری

امروزه از پهپادها به‌عنوان یکی از بهترین، دقیق‌ترین، کم‌خطرترین، عملیاتی‌ترین و قوی‌ترین فناوری نظامی مدرن یاد می‌شود. این سامانه‌ها، روش‌ها را در هدایت جنگ تغییر داده‌اند و در آینده نیز تغییر خواهند داد. فناوری‌های مربوطه با سرعت بی‌سابقه‌ای در حال توسعه هستند. ماهیت و سرعت بی‌امان این پیشرفت‌ها باعث گردید جذب، تحلیل و درک کامل پیامدهای آن‌ها کاری دشوار شود. این امر باعث می‌شود برنامه‌ریزی روشن و مطمئن برای آینده دشوار شود. نگاهی کوتاه در منطقه، جهان و همچنین گستردگی استفاده از پهپادها جهت شناسایی و بمباران اهداف موردنظر در این کشورها، اهمیت آشنایی با پهپادها و سامانه‌های آن‌ها را برجسته‌تر می‌کند.

پهپادها یا همان پرنده‌های هدایت‌پذیر از دور، به دلیل قابلیت‌های حمل سلاح، انجام عملیات شناسایی و خرابکاری، رادار گریزی، انجام عملیات در انواع شرایط آب‌وهوایی، عدم داشتن سرنشین و بسیاری از ویژگی‌های دیگر، یکی از جامع‌ترین و مهم‌ترین اهدافی

است که کشورهای مختلف بر روی آن‌ها سرمایه‌گذاری می‌کنند. ازجمله مواردی که می‌توان آن را تهدید جدی از سوی پرنده‌های بدون‌سرنشین برشمرد؛ موضوع جاسوسی و تصویربرداری هوایی از اماکن ممنوعه، پادگان‌ها، مراکز نظامی، صنعتی و... با توجه به کیفیت بالای تصویربرداری این نوع از پهپادها است.

سؤال اصلی تحقیق عبارت بود از؛ «راهکارهای مقابله با تهدیدات دفاع هوایی (ریز پرنده) کدام‌اند؟». در این تحقیق تلاش گردید تا برای سؤال تحقیق: پاسخ مناسبی ارائه گردد. در پاسخ به سؤال فوق، با توجه به مطالعات نظری و هم‌چنین با توجه به یافته‌های پژوهش و تجزیه‌وتحلیل انجام‌شده می‌توان اذعان داشت با وجود برتری سایر سامانه‌های هوایی، دریایی و زمینی در جنگ‌های اخیر، حضور فناوری پهپاد، در محاسبات نظامی و ژئواستراتژیک بسیار مهم و تأثیرگذار است و هواپیماهای بدون سرنشین اکنون بخشی جدایی‌ناپذیر از هنر عملیاتی جنگ تسلیحات ترکیبی مدرن محسوب می‌گردند. فناوری پهپاد نشان داد که با وجود یک ساختار پدافند هوایی شبکه محور قوی هواپیماهای بدون سرنشین ازجمله تجهیزات بسیار مؤثر و تعیین‌کننده هستند.

استفاده از پهپادها در مقایسه با هواپیماهای سرنشین‌دار نیز آسان‌تر، ارزن‌تر و کم‌خطرتر است و اگر نیروهای مسلح هر کشوری توجه اساسی به مقوله مقابله با پهپادها نداشته و برنامه‌های لازم در این رابطه نداشته باشد، در درگیری‌های آینده به‌سختی شکست خواهد خورد. روش‌های مقابله و انهدام به شرح شکل (۶ و ۷) ارئه گردیده است.

شکل شماره ۶. روش‌های کشف ریز پرنده‌ها

روش‌های مقابله و انهدام به شرح شکل (۷) ارئه گردیده است.

شکل شماره ۷. روش‌های مقابله و انهدام ریز پرنده‌ها

۱-۵. پیشنهادات

به‌طورکلی این تحقیق قابل توسعه است و پیشنهاد می‌شود:

(۱) وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح و مراکز تحقیقاتی نیروهای مسلح و آجا قابلیت به‌کارگیری فناوری‌های جدید مقابله با این تهدیدها را در قالب طرح‌های تحقیقاتی مناسب در این حوزه تدوین و پیگیری کنند.

(۲) در جهت افزایش آگاهی و دانش دانشجویان، دروس ویژه اختصاصی در رابطه با پهپادها، ریزپرنده‌ها در مراکز آموزشی مرتبط با نیروهای مسلح در دستور کار قرار گیرد.

(۳) یگان‌های عملیاتی در سطح نیروهای مسلح با طراحی سناریوهای قابل‌استفاده ریزپرنده‌ها در آینده و تهدیدات حال ریزپرنده‌ها، نسبت به اجرای تمرینات تاکتیکی و رزمایش در جهت کشف و انهدام ریزپرنده‌ها در مناطق مختلف کشور اقدام نمایند.

(۴) اختصاص بودجه مناسب توسط مبادی ذی‌ربط برای انجام تحقیقات، بسترسازی و توسعه زیرساخت، ساخت و تولید انبوه ریزپرنده‌ها برای مقابله با تهدیدات.

منابع

الف- فارسی

- افتخاری، اصغر (۱۳۸۵). ***کالبدشکافی تهدید***، تهران: انتشارات دانشگاه امام حسین(ع).
- ایران‌پور، داوود؛ نیازی‌حصار، رضا (۱۳۹۹). ***مطالعه و بررسی انواع ریزپرنده‌ها و راهکار مقابله با آن‌ها***. پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء(ص). دانشکده فرماندهی و کنترل.
- بختیاری، ایرج (۱۴۰۱). «تحلیلی بر اینترنت اشیاء در شبکه پدافند هوایی از منظر آسیب‌ها و تهدیدها»، ***فصلنامه علوم و فنون نظامی***، ۱۸ (۶۱)، ۸۲-۵۵.
- تربتی‌فرد، حمید؛ نوروزی، یاسر؛ و شیخ‌محمدی، مجید (۱۴۰۱). «مدل‌سازی تصمیم‌گیری برای کشف و شناسایی ریزپرنده در فضای جنگ الکترونیک با تأثیر مؤلفه‌های هزینه و برد عملیاتی بر اساس نظریه بازی‌ها»، ***فصلنامه فرماندهی و کنترل***، ۶ (۳)، ۸۳-۵۶.
- جاجرمی، کاظم؛ پیشگاهی‌فرد، زهرا؛ و مهکویی، حجت (۱۳۹۲). «ارزیابی تهدیدات زیست‌محیطی در امنیت ملی ایران»، ***فصلنامه راهبرد***، ۲۲ (۶۷)، ۲۳۰-۱۹۳.
- چمنی، مسلم؛ مبشری‌نیک، محسن (۱۳۹۶). ***فرماندهی و کنترل***. تهران: دانشگاه پدافند هوایی.
- خرم‌فعال، حسین (۱۳۹۹). ***تهدیدات ریزپرنده‌ها و راهکارهای مقابله با آن***. تهران: ستاد کل نیروهای مسلح، معاونت آموزش و پژوهش.
- حافظ نیا، محمدرضا، (۱۳۸۵). ***اصول و مفاهیم ژئوپلیتیک***. مشهد: انتشارات پاپلی
- شاملو، رضا (۱۴۰۱). «واکاوی نقش پهپادها در فرماندهی و کنترل صحنه نبرد»، ***فصلنامه مطالعات جنگ***، ۴ (۱۳)، ۱۲۲-۹۹.
- شکوهی، حسین؛ قرایی‌آشتیانی، محمدرضا؛ احدی، محمد؛ و حاجیلو، علی (۱۴۰۱). «بررسی نقش ریزپرنده‌ها در جنگ‌های آینده»، ***فصلنامه مطالعات دفاعی استراتژیک***، ۲۰ (۸۷)، ۱۸۲- ۱۵۹.
- طهماسبی، سیامک؛ کیانی، فاطمه؛ نظری‌زاده، فرهاد؛ و معصومی، منوچهر (۱۴۰۰). «دیده‌بانی و تحلیل روند فناوری‌های صنایع راهبردی؛ مطالعه موردی ریزپرنده‌ها»، ***فصلنامه سیاست علم و فناوری*** ۱۴ (۳)، ۹۰-۷۰.

- قاسم‌آبادی، داوود؛ نعمتی، حسن (۱۳۹۸). «معرفی ریزپرنده‌ها و ارائه روش کشف و شناسایی آن‌ها»، (صص ۷-۱)، پنجمین همایش علوم و مهندسی دفاعی، تهران: دانشگاه افسری و تربیت پاسداری امام حسین(ع) و دانشکده علوم و مهندسی دفاعی دانشگاه افسری و تربیت پاسداری امام حسین(ع).
- غفاری، بهزاد (۱۳۹۸). «تبیین نقش فرماندهی و کنترل در برترسازی و ارتقای توان رزمی پدافند هوایی»، ***فصلنامه فرماندهی و کنترل***، ۳ (۴)، ۱۲۷-۱۰۸.
- کلانتری، فتح‌الله (۱۳۹۳). «بررسی و تبیین راهبرد تهدید در مقابل تهدید در سیاست دفاعی جمهوری اسلامی ایران»، ***فصلنامه سیاست دفاعی***، ۲۲ (۸۸)، ۹۰-۶۳.
- مطالعه گروهی دوره دوازدهم مدیریت راهبردی نظامی (۱۳۹۹). ***تبیین تهدیدات نوپدید دفاعی جمهوری اسلامی ایران و ارائه راهبردهای نظامی متناسب با آن***. تهران: دانشگاه عالی دفاع ملی و تحقیقات راهبردی، دانشکده دفاع ملی
- مرادیان، محسن (۱۳۹۱). ***مبانی نظری امنیت***. تهران: انتشارات مؤسسه مطالعات و تحقیقات ابرار معاصر.
- مطاعی، مسعود؛ پریانی، محسن (۱۳۹۷). «تبیین چگونگی به‌کارگیری پهپاد جهت جمع‌آوری اطلاعات از صحنه نبرد در یگان‌های رزمی نزاجا»، ***فصلنامه علوم و فنون نظامی***، ۱۴ (۴۵)، ۲۹-۵۲.
- میرزایی‌کهق، علی (۱۴۰۱). «بررسی تهدیدهای امنیتی ریزپرنده‌ها با تأکید بر فناوری»، ***فصلنامه نظم و امنیت انتظامی***، ۱۶ (۱)، ۱۰۰-۶۷.

ب- انگلیسی

- Cheng Cheng, Jianghao Wu, Yanlai Zhang, Han Li & Chao Zhou (2020). "Aerodynamics and dynamic stability of micro-air-vehicle with four flapping wings in hovering flight", ***Advances in Aerodynamics***, 2 (5), DOI:10.1186/s42774-020-0029-0.
- joint doctrine note (JDN) (2017).The UK Approach to Unmanned Aircraft Systems, DCDC.
- Rotolo, Daniele; Hicks, Diana; Martin, Ben (2015). "What is Emerging Technologies", ***Research Policy***, 8-19.
- Venkatasubramani, S. R.; Pappu, James E. Steck (2016). "Turbulence Effects on Modified State Observer-Based Adaptive Control: Black Kite

Micro Aerial Vehicle", ***Aerospace journal***, 3 (1), At: DOI:10.3390/aerospace3010006.

- White, Margaret A. & Bruton, Garry D. (2011). ***The management of Technology and Innovation***. U.S.A: Cengage Learning
- Wezeman, Siemon (2007). ***UAVs and UCAVs: Developments in the European Union***, https://www.europarl.europa.eu/thinktank/mt/document/EXPO-SEDE_ET.