

مقام معظم رهبری (مدظله العالی): هدف پژوهش دو چیز است: یکی رسیدن به مرجعیت علمی و حضور در جمع سرآمدان علم و فناوری، دوم حل مسائل کنونی و آینده کشور. ۱۳۹۷/۰۳/۲۰

موقعیت راهبردی نیروی پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده

علیرضا الهامی^۱ اردشیر محمدی^۲، ابراهیم ایجایی^{۳*}، مرتضی اکبری آلاشتی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۵

چکیده

پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در آینده و در راستای انجام مأموریت ذاتی خود و حفاظت از قلمرو هوافضایی در محیط‌های آینده، نیازمند به‌کارگیری راهبردهای نوینی است. در مورد اینکه آیا پهپاد کشف‌شده توسط سامانه‌های حسگر، مخرب است یا نه فقط یک بازه زمانی بسیار کوتاه در اختیار دارد، تجهیزات، روش‌ها و شیوه‌نامه‌های موجود برای شناسایی و تصمیم‌گیری‌های مناسب و انهدام یا خنثی‌سازی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین جوابگو نیستند. امروزه در کنار تهدیدهای برون‌مرزی، تهدیدهای هواپیماهای بدون سرنشین در داخل جغرافیای کشورها از چالش‌های اصلی پدافند هوایی در فرماندهی و کنترل برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین است. در چنین محیطی تصمیم‌گیری برای سامانه فرماندهی و کنترل امری مشکل و دشوار خواهد بود؛ بنابراین مقاله حاضر باهدف شناسایی عوامل محیط داخلی شامل نقاط قوت و ضعف و عوامل خارجی شامل فرصت‌ها و تهدیدها در نیروی پدافند هوایی ارتش جمهوری اسلامی ایران انجام شده است. نوع تحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی است، که برای این منظور از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده شده است. بر اساس تجزیه و تحلیل به‌عمل‌آمده از ۳۳ عامل محیط داخلی، ۱۸ قوت و ۱۵ ضعف شناسایی شد و از ۲۰ عامل محیط خارجی، ۱۰ فرصت و ۱۰ تهدید شناسایی گردید و در مجموع وضعیت پدافند هوایی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده در منطقه محافظه‌کارانه خفیف معطوف به قوت قرار دارد و تا رسیدن به موقعیت ایده‌آل ۵۶ درجه زاویه دارد.

واژگان کلیدی: موقعیت راهبردی، پدافند هوایی، هواپیماهای بدون سرنشین، پهپاد، نبردهای آینده، نیروی پدافند هوایی آجا

۱. دانشجوی مدیریت دفاعی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.

Email: senobar.alert.e192@gmail.com

۲. عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.

Email: ardashir4870@gmail.com

۳. استادیار آینده‌پژوهی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا (نویسنده مسئول).

Email: e.ejabi@casu.ac.ir

۴. دانشجوی دکتری علوم دفاعی راهبردی و عضو هیئت علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش.

Email: sorenaali.110@gmail.com

مقدمه

برخلاف بیشتر رشته‌های نظامی، چالش دفاع در برابر سامانه هواپیماهای بدون سرنشین محدود به یک سناریوی زمان جنگ نیست. در عوض، بخش قابل توجهی از اقدام مقابله با هواگردهای بدون سرنشین از قبل باید به‌عنوان یک وظیفه در زمان صلح طرح‌ریزی شود (Johanna, 2018). با توجه به وجود تهدیدها سامانه هواپیماهای بدون سرنشین در زمان صلح و جنگ، باید پدافند هوایی برای مقابله با هواپیمای بدون سرنشین (C-UAS)^۱ از زمان صلح تا درگیری آماده باشد؛ که این مهم مستلزم رفع تضاد بین مسئولیت‌های نظامی و غیرنظامی است. امروزه تهدید UAS قابل توجه بوده و در حال افزایش است و به لحاظ امنیتی و نظامی نمی‌توان آن را نادیده گرفت. با توجه به ماهیت برخی از UA ها، آن‌ها بسیار دیر شناسایی می‌شوند که به گونه قابل توجهی زمان موجود برای اجرای زنجیره عملیات پدافند هوایی را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، تنها داشتن همه ابزارهای متعارف، مانند سامانه‌های دفاع هوایی (AD)^۲، برای مقابله با این تهدید، کافی نیست، بلکه باید یک سامانه فرماندهی و کنترل (C)^۳ مناسب و انواع سامانه‌های حسگر متناسب با این نوع تهدیدها برای تکمیل زنجیره عملیات پدافند هوایی نیز وجود داشته باشد. این چرخه برای به بیشترین حد رساندن کارایی و در واقع موفقیت سامانه پدافند هوایی ضد سامانه هواپیماهای بدون سرنشین ضروری است.

موفقیت عملیات UAS در سراسر جهان علیه تروریسم و همچنین استفاده از هواپیماهای بدون سرنشین توسط خود تروریست‌ها، تقاضای بی‌سابقه‌ای را برای این سامانه‌ها در هر دو طرف ایجاد کرده است. حداقل ۹۵ کشور در حال حاضر دارای UAS هستند، یا برنامه‌های توسعه خود را اجرا می‌کنند (Dan, 2019).

1. Countering Unmanned Aircraft Systems

2. AD: Air Defence

3. C: Command and Control

۱. کلیات

۱-۱. بیان مسئله: ارائه فناوری‌های پنهان‌کاری^۱ (با عامل انسانی و غیرانسانی) و به‌کارگیری وسیع پرنده‌های بدون سرنشین (UAV)^۲ در نبردهای یک دهه اخیر چالش و بحرانی را برای سامانه پدافند هوایی نیروهای مسلح جهت مقابله با این تهدیدها به وجود آورده که مصداق عدم تطابق وضعیت موجود با وضعیت مورد انتظار است. تغییر ماهیت تهدید به لحاظ پیشرفت‌های فناوری، تجهیزات و تاکتیک‌ها و روش‌های به‌کارگیری و ویژگی‌های عملیاتی آن‌ها، موجب ایجاد اختلاف بین وضع موجود و وضع مطلوب و کیفیت انجام مأموریت سامانه پدافند هوایی شده است، به‌گونه‌ای که پاسخگویی به این وضعیت نیازمند تدوین و به‌کارگیری راهبردهای جدید پدافند هوایی برای کشف و فرماندهی و کنترل برای مقابله هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده شده است؛ این واقعیت که خلبان بخشی از چارچوب واقعی هواپیماهای بدون سرنشین نیست یا در اصل ضروری نیست، اجازه داده تا دسته‌های جدیدی از هواپیما ایجاد شود و همچنین روش‌های جدیدی برای استفاده از آن‌ها با مهمات پیشرفته، برای اجرای عملیات آفندی امکان‌پذیر شود؛ بنابراین به توسعه‌دهندگان اجازه داده تا سامانه را با تفکری مأموریت محورتر از قبل طراحی کنند. تصمیم‌گیری در خصوص نوع اقدام تاکتیکی در کمترین زمان ممکن، بعد از کشف و تشخیص، به‌منظور مقابله مؤثر با تهدیدهای پهبادهای^۳ توسط سامانه پدافند هوایی ضروری بوده و برای دستیابی به این مهم، تدوین راهبردهای پدافند هوایی در محیط نبردهای آینده در مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با توجه به مسائل و چالش‌های بیان‌شده، این مقاله به دنبال پاسخ به این سؤال است که موقعیت راهبردی پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در محیط نبردهای آینده چگونه است؟

1. Stealth

2. Unmanned Aerial Vehicles

۳. پهباد: پرنده هدایت‌پذیر از دور

۱-۲. اهمیت و ضرورت تحقیق

انجام این تحقیق از آن جهت اهمیت دارد که موجب شناسایی نقاط قوت و فرصت، ظرفیت‌ها و چالش‌های موجود برای سامانه پدافند هوایی و حرکت به سمت هم‌افزایی در جهت اتخاذ راهبردهای مناسب و کاربردی برای مقابله مؤثر با هواپیماهای بدون سرنشین در محیط نبردهای آینده می‌گردد. کم‌توجهی به نتایج تحقیق ممکن است موجب شناسایی نشدن نقاط ضعف و تهدید و در نهایت نداشتن راهبردی صحیح در خصوص مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین گردد و مانع از ایجاد امنیت هوفضایی بومی و درون‌زای منطقه‌ای در حوزه دفاع هوایی کشور در زمان صلح و جنگ شود.

۱-۳. پیشینه تحقیق

تعدادی تحقیقات و مطالعات انجام‌شده در قالب رساله و مقالات علمی و پژوهشی مرتبط با برخی از کلیدواژه‌های این تحقیق از قبیل «تدوین راهبرد» و «الگوی راهبردی پدافند هوایی» به شرح زیر هست:

- ۱- علی نژاد (۱۳۹۶) مقاله «الگوی مناسب برای آرایه‌های پدافندی زمین به هوا در مقابله با تهدیدها علیه مراکز حیاتی و حساس کشور در افق ۱۴۰۴».
- ۲- شهر آئینی (۱۳۹۴) رساله دکتری با عنوان «الگوی راهبردی چابک سازی یگان‌های عمده‌ی عملیاتی قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (صلی‌الله‌علیه‌وآله‌وآحبابه‌سلام‌الله‌علیهم‌الجمیع) آجا متناسب با تهدیدها ناهم‌تراز».
- ۳- غفاری (۱۴۰۰) مقاله «تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر بُعد فیزیکی ارتقای توان رزمی پدافند هوایی ج.ا.ایران جهت مقابله با تهدیدهای هوایی آینده».
- ۴- فرنی‌ا و همکاران (۱۴۰۲) مقاله «طراحی الگوی راهبردی شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی».

۴-۱. سؤال‌های تحقیق**۴-۱-۱. سؤال اصلی**

موقعیت راهبردی نیروی پدافند هوایی برای مقابله با پهپادها در محیط نبردهای آینده چگونه است؟

۴-۲. سؤال‌های فرعی

- (۱) عوامل داخلی مؤثر در مقابله با پهپادها در محیط نبردهای آینده کدام‌اند؟
- (۲) عوامل خارجی مؤثر در مقابله با پهپادها در محیط نبردهای آینده کدام‌اند؟

۵-۱. هدف‌های تحقیق

۵-۱-۱. هدف اصلی: تعیین موقعیت راهبردی نیروی پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در محیط نبردهای آینده.

۵-۲. هدف‌های فرعی

- (۱) شناسایی عوامل داخلی مؤثر در مقابله با پهپادها در محیط نبردهای آینده.
- (۲) شناسایی عوامل خارجی مؤثر در مقابله با پهپادها در محیط نبردهای آینده.

۶-۱. روش‌شناسی تحقیق

با توجه به اینکه پژوهش حاضر در پی درک و شناسایی عوامل مؤثر بر مقابله با پهپادها در نبردهای آینده است و می‌خواهد به دانش‌افزایی بپردازد، بنابراین از جنبه هدف یک تحقیق کاربردی و از نظر روش انجام آن با ویژگی‌های روش توصیفی و به صورت کمی انجام شده است. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسشنامه می‌باشد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS در دو بخش توصیفی و استنباطی تجزیه و تحلیل شده‌اند. جامعه آماری در این تحقیق شامل صاحب‌نظران و کارشناسان آشنا به موضوع تحقیق با حداقل ۲۰ سال خدمت، دارای مدرک تحصیلی بالاتر از کارشناسی ارشد مرتبط با موضوع، دارای تخصص در حداقل یکی از سامانه‌های کشف، سلاح و فرماندهی و کنترل و داشتن جایگاه سازمانی حداقل ۱۷ بوده است. بر اساس ویژگی‌های بالا و با استفاده از فرمول

کوکران با سطح اطمینان ۹۵ درصد حجم نمونه آماری ۵۴ نفر محاسبه گردید. این تحقیق جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا با بررسی اسناد و مدارک مرتبط با موضوع و بهره گرفتن از نظرهای جامعه خبرگی داده‌ها گردآوری شد و با انجام مراحل زیر، اقدام به تدوین راهبردها گردید:

۱- در مرحله اول به روش تحلیل اسنادی، ضمن مطالعه و بررسی اسناد بالادستی، کتاب‌ها، نشریه‌ها در حوزه تحقیق، اقدام به استخراج عوامل و متغیرهای تأثیرگذار در این حوزه گردید.

۲- در مرحله دوم با استفاده از تحلیل محتوای اطلاعات گردآوری شده از مصاحبه با جامعه خبرگی، اهداف و عوامل محیطی (ضعف‌ها، قوت‌ها، تهدیدها و فرصت‌ها) استخراج گردید.

۳- در مرحله سوم نظر اعضای جامعه آماری تحقیق در خصوص متغیرهای تأثیرگذار و عوامل محیطی مرتبط با موضوع تحقیق با مقیاس رتبه‌ای در قالب طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت دریافت و پس از گردآوری اطلاعات پرسشنامه‌ها، با استفاده از آمار توصیفی ارزش‌گذاری و تحلیل گردید.

۵- بهره‌گیری از روش تعیین موقعیت راهبردی SPACE.

۲. ادبیات و مبانی نظری تحقیق

۱-۲ مفهوم راهبرد

راهبرد: راهبرد، برنامه طراحی شده‌ای است برای نحوه کاربرد امکانات (بالفعل/بالقوه) در جهت نیل به اهداف در سطح ملی و در دوره زمانی مشخصی که با توجه به شرایط داخلی و خارجی هر بازیگر صورت می‌پذیرد (افتخاری، ۱۳۸۴: ۲۸).

راهبرد نظامی: راهبرد نظامی علم و هنر توسعه و به‌کارگیری نیروهای مسلح برای دستیابی به اهداف سیاسی - نظامی است از طریق تهدید یا توسل به زور و یا هر طریق دیگر (افشردی، ۱۳۸۷: ۱۱). راهبرد نظامی علم و هنر به‌کارگیری قدرت نظامی، تحت

هر شرایطی، به منظور نیل به اهداف امنیت ملی از طریق کاربرد نیرو یا تهدید به زور یا علم و هنر فرماندهی برای طرح ریزی و هدایت عملیات بزرگ نظامی، جهت پشتیبانی از سیاست‌های ملی (چگینی، ۱۳۷۴: ۳۶۳).

پدافند هوایی^۱: پدافند هوایی عبارت است از کلیه اعمال و اقداماتی که به منظور انهدام، خنثی کردن و یا تقلیل اثرات عملیات هواپیماها، موشک‌های بالستیکی و سایر انواع موشک‌های هوایی دشمن در هوا انجام می‌گیرد و شامل پدافند هوایی عامل و غیرعامل هست. پدافند هوایی عامل شامل چهار مرحله شامل: ۱- کشف، ۲- شناسایی، ۳- ره‌گیری و ۴- درگیری و انهدام است.

تهدید هوایی: هر نوع عملیات هوایی دشمن که وضعیت آفندی یا پدافندی و پشتیبانی نیروهای خودی را به مخاطره می‌اندازد (نوروزی، ۱۳۸۵: ۲۷۷). واقعیت‌های مسلمی در جنگ‌های آینده وجود خواهد داشت که نقش‌پذیری پدافند هوایی را در آن تحت تأثیر قرار می‌دهد. این واقعیت‌ها عبارت‌اند از: ۱- جنگ آینده هر چه باشد کاربرد نیروی پدافند هوایی و قدرت هوایی جزء یکی از اجزای ضروری آن خواهد بود. ۲- پدافند و آفند الکترونیکی و سایبری نقش حساس و حیاتی دارد (شاملو و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۴۶).

مدیریت فضای هوایی: مدیریت حریم فضای هوایی شامل شناسایی، هماهنگی، ادغام و تنظیم نیازهای کاربران حریم هوایی و حصول اطمینان از هماهنگی استفاده از حریم هوایی در زمان، مکان و هدف به صورت متقابل با نیروهای مشترک است. نیروی پدافند هوایی از یگان‌های دفاع هوایی برای کنترل فضای هوایی در سطوح منتخب برای پشتیبانی از این عملیات استفاده خواهند کرد (FM100-44).

اهداف تاکتیکی پدافند هوایی: اهداف عملیاتی تاکتیکی حفاظت از نیروها به‌عنوان فرماندهان صحنه نبرد، برنامه‌ریزی و اجرای نبردها و درگیری‌ها، محافظت از نیروها و دارایی‌ها در برابر حمله و نظارت، ایجاد آزادی در برابر تهدیدها هوایی به‌گونه‌ای که

نیروها بتوانند مانور دهند و نابود کردن هواپیماها و موشک‌های دشمن در حال پرواز است. تأکید در سطح تاکتیکی محافظت از نیروهای سطحی است (FM 100-44).

محیط‌های نبرد آینده: برخلاف اکثر رشته‌های نظامی، چالش دفاع در برابر سامانه هواپیماهای بدون سرنشین محدود به یک سناریوی زمان جنگ نیست. در عوض، بخش قابل توجهی از اقدام مقابله با هواگردهای بدون سرنشین از قبل باید به‌عنوان یک وظیفه در زمان صلح طرح‌ریزی شود (Johanna, 2018).

۲-۲. سامانه‌های کشف هواپیماهای بدون سرنشین (UAS)^۱

سامانه حسگر: برای ادراک یک تهدید از سامانه حسگر استفاده می‌شود که شامل یک یا چند حسگر است که قادر به جمع‌آوری اطلاعات برون‌یابی شده از طیف الکترومغناطیسی یا صوتی، بسته به فناوری و پردازش سیگنال درگیر است. به گونه کلی عملیات ادراک را می‌توان به مراحل زیر تقسیم کرد:

تشخیص: یافتن یک یا چندشی در حریم هوایی که باید تحت نظر باشد. در این مرحله اول، سیستم هنوز قادر به تشخیص اینکه آیا شیء کشف‌شده واقعاً یک هواپیمای بدون سرنشین است یا خیر، نیست. این مرحله را می‌توان از طریق دو نشانگر «سرعت تشخیص» و «سرعت هشدار نادرست» مشخص کرد که به ترتیب احتمال تشخیص صحیح و هشدار نادرست را بیان می‌کنند.

طبقه‌بندی: هنگامی که رویداد شناسایی رخ داد، لازم است بررسی شود که جسم شناسایی‌شده واقعیت دارد و اینکه یک هواپیمای بدون سرنشین است. به‌عنوان مثال، ممکن است هدف شناسایی‌شده در مرحله قبل پرنده‌ای باشد که دارای ویژگی‌های الکترومغناطیسی است که می‌تواند مشابه ویژگی‌های یک هواپیمای بدون سرنشین باشد (سطح مقطع راداری یا اندازه و شکل هندسی که امکان تشخیص دیداری وجود دارد). به این تأیید «شناسایی» یا «تشخیص» نیز می‌گویند. در ادامه، این سیستم برخی از ویژگی

1. UAS: unmanned aircraft systems

های برجسته (ویژگی های) هواپیمای بدون سرنشین مانند نوع (اندازه، نوع پیشرانه، تعداد روتورها، مدل)، مکان احتمالی یک خلبان از راه دور، وجود محموله و نوع شناسی آن را برون یابی می کند. این مرحله را می توان در مقاله ها تحت عنوان «شناسایی» یافت.

۲-۳. سامانه های درگیری و انهدام / خنثی سازی: سامانه های خنثی سازی توسط

سیستم فرماندهی و کنترل فعال می شوند تا به تهدید ناشی از هواپیماهای بدون سرنشین مخرب شناسایی شده پاسخ دهند. چندین سیستم خنثی سازی را می توان هم زمان فعال کرد تا برای بهبود اثربخشی خنثی سازی همکاری کنند. افزون بر این، این سامانه ها را می توان بر روی یک یا چند پلت فرم مجزا با توجه به معماری فیزیکی CUS قرارداد. طبق طبقه بندی سامانه های خنثی سازی می توانند اقدام های زیر را انجام دهند: هشدار، کنترل، ایجاد وقفه، از کار انداختن و انهدام از جمله اقدام هایی است که از طریق تکنیک های خنثی سازی انجام می شوند و به گونه ساده تر در ادبیات تخصصی به عنوان خنثی کننده (فرونشاندن) بیان می شوند (Kang, et al.2020). خنثی کننده ها به روش های مختلفی طبقه بندی شده اند. خنثی کننده ها بر اساس آسیب فیزیکی به هواپیماهای بدون سرنشین به انواع، فیزیکی و غیر فیزیکی تقسیم شدند. افزون بر این، در مورد خنثی کننده های غیر فیزیکی که هیچ تماسی بین خنثی کننده و هواپیمای بدون سرنشین (چند روتوری^۱ یا کواد کوپتر) وجود ندارد، اما برخی از آن ها در واقع می توانند به هواپیمای بدون سرنشین چند روتوری آسیب وارد کنند. (Chamola, et al.2020)، با این حال، در تقسیم بندی بین خنثی کننده های الکترونیکی، بر اساس امواج الکترومغناطیسی که آسیب مستقیمی به هواپیماهای بدون سرنشین چند روتوری وارد نمی کنند (به عنوان مثال پارازیت) و خنثی کننده های فیزیکی (سیتیکی) که هواپیماهای بدون سرنشین را با ابزار فیزیکی ره گیری می کنند، انجام شد؛ خنثی کننده های الکترونیکی شامل لیزرهای پر قدرت و ماکروویو

می‌شود. با توجه به تعریف‌های توصیف‌شده بالا، طبقه‌بندی زیر انتخاب گردیده است: خنثی‌کننده‌های الکترونیکی که بر اساس استفاده از امواج الکترومغناطیسی که قادر به قطع (عملیات)، از کار انداختن یا حتی نابود کردن (حداقل تا حدی) هواپیماهای بدون سرنشین هستند. خنثی‌کننده‌های جنبشی - مکانیکی که بر اساس استفاده از ابزارهای مکانیکی که شامل تماس بین خنثی‌کننده (بخشی از آن) و هواپیماهای بدون سرنشین مخرب است (Lykou, et al.2020)، دیوید و همکاران معماری سیستم دفاعی UAS را توسعه دادند. در این معماری، آن‌ها محدوده درگیری مؤثر را شامل محدوده هدف اولیه، محدوده تشخیص و محدوده خنثی‌سازی که برای پاسخ غالب است، مشخص کردند؛ و گزارش آن‌ها نشان داد که وقتی برد بیش از ۱/۲ کیلومتر است، واکنش و خنثی‌سازی مبتنی بر سخت‌افزار می‌تواند به گونه مؤثر عمل کند و در فواصل کمتر از این اقدام‌های مبتنی بر خنثی‌کننده‌های الکترونیکی می‌تواند مؤثر باشند (Arteche and Others,2017).

۲-۴. سامانه‌های فرماندهی و کنترل مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون

سرنشین: یکی از موضوع‌های مهم مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین، سطح مقطع راداری بسیار کوچک، مسیرهای پروازی ارتفاع کم و زیرمجموعه بزرگ آن‌ها است، زیرا تشخیص برای شروع فرایند فرماندهی و کنترل کلیدی است. این کار منجر به مشکلات قابل توجهی در پوشش حسگر می‌شود و مانع موفقیت فرماندهی و کنترل در مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین می‌شود؛ مانند سایر سازه‌های فرماندهی و کنترل، فرماندهی و کنترل برای عملیات مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین به گونه مداوم در حال تکامل است تا با تهدید همیشه در حال تحول مقابله کند. با این حال، طبیعت عملیات C-UAS مشترک و چند حوزه‌ای است، بنابراین فرماندهی و کنترل در آن‌ها پیچیده است. در مجموع، آگاهی وضعیتی از تهدید UAS باید با داده‌های موجود در زمان واقعی و غیرواقعی به بیشترین حد برسد. هرچه داده‌های بیشتری از حسگرهای مختلف در محیط مشترک موجود باشد و استفاده متقابل از UAS پویاتر باشد (به‌ویژه با

RCS کوچک و پروفایل پروازی کم)، فرماندهی و کنترل مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین سریع‌تر نیاز به تصمیم‌گیری مرتبط و مؤثر دارد. پیاده‌سازی هوش مصنوعی (AI) یا فرایندهای یادگیری عمیق ممکن است برای پشتیبانی از فرماندهی و کنترل مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین برای تفسیر تصویر پدافند هوایی و پشتیبانی از تصمیم‌ها مفید باشد. بازم، باید تنظیم و تعریف شود که چگونه می‌توان از تصمیم‌های فرماندهی و کنترل پشتیبانی شده توسط ماشین در مأموریت‌های مقابله با سامانه‌های هواپیماهای بدون سرنشین استفاده کرد یا آن‌ها را اجرا کرد یا چنین ابزارهایی فقط روند فرماندهی و کنترل موجود را تقویت کند (NATO C-UAS WG, 2019).

روشن است که یکی از حیاتی‌ترین جنبه‌های طراحی سیستم ۲C به قابلیت برنامه‌ریزی آن مربوط می‌شود که باید اجرای خودکار را تضمین کند و باید بر کل تیم دفاعی تأثیر بگذارد. در واقع، این قابلیت عامل کلیدی برای ویژگی تصمیم‌گیری خودکار سیستم است. در مجموع، برنامه‌ریزی جنبه استدلالی عمل است و یک فرآیند مشورتی انتزاعی و صریح است که با ارزیابی وضعیت محیط فعلی (از طریق آگاهی موقعیتی خودکار) و با پیش‌بینی نتایج مورد انتظار اقدام‌های برنامه‌ریزی شده، اقدام‌ها را انتخاب و سازماندهی می‌کند. هدف این بحث دستیابی به بهترین اهداف از پیش تعریف شده است. باید طبق اصول برنامه‌ریزی خودکار که حوزه‌ای از هوش مصنوعی (AI) است که این فرآیند مشورت را از نقطه نظر محاسباتی مطالعه و اجرا شود (Ghallab, et al. 2004).

برنامه‌ریزی مأموریت به‌عنوان فرآیندی برای ترکیب یک توالی از وظایف بر اساس اهداف تاکتیکی، یک مسیر (عمومی یا خاص)، زمان‌بندی و اقدامات هماهنگی تعریف می‌شود (National Institute of Standards and Technology, 2008).

۶-۲. چارچوب نظری

ابعاد و عناصر اصلی پدافند هوایی: غلامی در کتاب پدافند هوایی ناهمپراز ابعاد پدافند هوایی ج.ا.ایران را شامل سه عنصر دانسته است که اساس و بنیاد پدافند هوایی را تشکیل می‌دهد (غلامی، ۱۳۹۴: ۱-۲):

(۱) **حسگرها**^۱: به روش‌های گوناگون، وجود شیء پرنده را در فضای کشور کشف نموده و از محل و نحوه فعالیت آن شبکه یکپارچه پدافند هوایی را به طرق مختلف مطلع می‌نماید.

(۲) **بازوهای اجرایی**: مجریان سامانه یکپارچه پدافند هوایی هستند و وظیفه درگیری با متجاوزین به حریم هوایی یا دشمن را تحت فرمان و کنترل سامانه فرماندهی به عهده‌دارند و از دو بخش مجزای هوا پایه و زمین پایه تشکیل شده‌اند.

(۳) **شبکه فرماندهی و کنترل**: مسئولیت جمع‌آوری، تجزیه و تحلیل و تطابق اخبار و گزارش‌ها را به صورت لحظه‌ای در کل شبکه و اطلاع‌رسانی، کنترل و صدور فرمان‌ها به اعضای شبکه یکپارچه پدافند هوایی را به عهده دارد (غلامی، ۱۳۹۴). همچنین کاستریلو و همکارانش در مقاله‌ای با عنوان «مروری بر فناوری‌های ضد UAS^۲ برای تیم‌های پدافندی مشترک هواگردهای بدون سرنشین» آوردنا که از نقطه نظر معماری، یک سامانه ضد هواپیما بدون سرنشین به‌طور کلی از زیرسامانه‌های اساسی زیر تشکیل شده است:

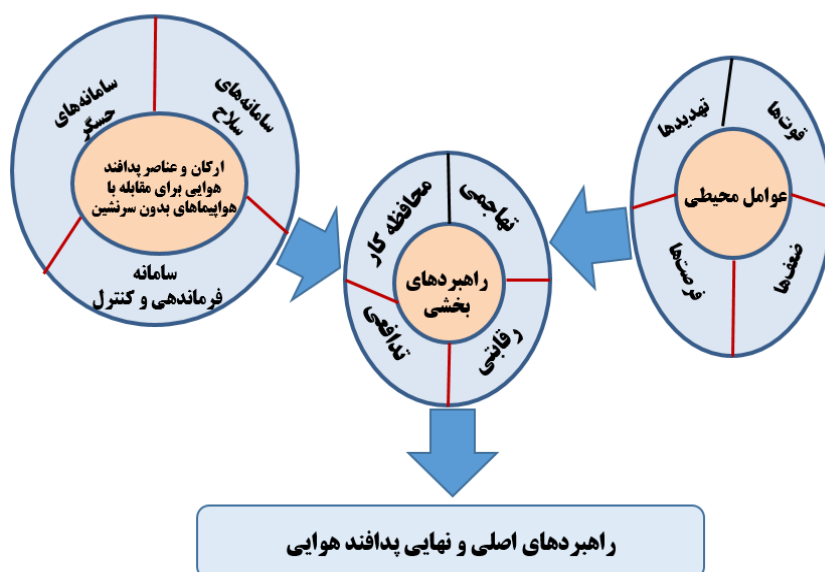
سامانه حسگر؛ سامانه درگیری و انهدام / تعدیل / فرونشاندن / خنثی‌سازی؛ سامانه فرماندهی و کنترل (C^۳)، سیستم تشخیص و کشف شامل یک یا چند حسگر است که قادر به گردآوری اطلاعات از محیط اطراف هستند. سیستم انهدام یا خنثی‌کننده شامل یک یا چند عنصر کاهش‌دهنده است که قادر به از کار انداختن، نابود کردن یا کنترل پهباد شناسایی شده به‌عنوان یک تهدید هستند. سیستم C^۲ داده‌ها را از حسگرها گردآوری

1. Sensors

2. UAS: unmanned aerial systems

3. C^۲: Command and control

می‌کند و الگوریتم‌های تشخیص را اجرا می‌کند که بر اساس آن‌ها وجود یک تهدید را مشخص می‌کند، آن را شناسایی می‌کند (موجودیت آن را طبقه‌بندی می‌کند) و مناسب‌ترین حالت ردیابی و انهدام و کاهش را تعیین می‌کند (Castrillo, et al.2022).



شکل (۱) الگوی مفهومی راهبردهای پدافند هوایی

۳. یافته‌های تحقیق و تجزیه و تحلیل آن‌ها

پس از استخراج عوامل و مشخص شدن نوع عامل (داخلی شامل قوت‌ها و فرصت‌ها یا خارجی شامل فرصت‌ها و تهدیدها) به منظور تعیین موقعیت راهبردی نیروی پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده در دو جدول زیر وضعیت موجود، درجه اهمیت، وزن نسبی و امتیاز موزون هر کدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید آورده شده است!

۱. جهت حفاظت اطلاعات طبقه‌بندی شده به جای نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید از کد استفاده شده است.

جدول (۱) محاسبه امتیاز موزون و تلفیق عوامل داخلی (قوت) (IFAS)

مؤلفه	نقاط قوت	درجه اهمیت	وضع موجود	وزن نسبی	امتیاز موزون
سامانه‌های حسگر	S _۱	۴/۷۲	۴/۵۴	۰/۰۳۲۰	۰/۱۴۵۴
	S _۲	۴/۶۷	۳/۸۹	۰/۰۳۱۷	۰/۱۲۳۳
	S _۳	۴/۶۷	۴/۴۶	۰/۰۳۱۷	۰/۱۴۱۳
	S _۴	۴/۴۸	۳/۸۹	۰/۰۳۰۴	۰/۱۱۸۲
	S _۵	۴/۴۸	۳/۸۹	۰/۰۳۰۴	۰/۱۱۸۲
	S _۶	۴/۷۸	۴/۳۳	۰/۰۳۲۴	۰/۱۴۰۴
	S _۷	۴/۶۳	۴/۲۲	۰/۰۳۱۴	۰/۱۳۲۶
	S _۸	۴/۵۲	۴/۵۲	۰/۰۳۰۷	۰/۱۳۸۶
	S _۹	۴/۵۶	۴/۲۶	۰/۰۳۰۹	۰/۱۳۱۸
	S _{۱۰}	۴/۸	۳/۸۹	۰/۰۳۲۶	۰/۱۲۶۷
سامانه‌های سلاح	S _{۱۱}	۴/۶۱	۳/۸۵	۰/۰۳۱۳	۰/۱۲۰۴
	S _{۱۲}	۴/۶۹	۳/۸۳	۰/۰۳۱۸	۰/۱۲۱۹
سامانه‌های فرماندهی و کنترل	S _{۱۳}	۴/۶۳	۳/۷۴	۰/۰۳۱۴	۰/۱۱۷۵
	S _{۱۴}	۴/۶۳	۴/۳۵	۰/۰۳۱۴	۰/۱۳۶۷
	S _{۱۵}	۴/۶۳	۳/۸۱	۰/۰۳۱۴	۰/۱۱۹۷
	S _{۱۶}	۴/۵۶	۳/۸۱	۰/۰۳۰۹	۰/۱۱۷۹
	S _{۱۷}	۴/۶۵	۴/۵۶	۰/۰۳۱۶	۰/۱۴۳۹
	S _{۱۸}	۴/۶۳	۴/۵	۰/۰۳۱۴	۰/۱۴۱۴
مجموع					۲/۳۳۵۹

جدول (۲) محاسبه امتیاز موزون و تلفیق عوامل داخلی (ضعف‌ها) (IFAS)

در دفتر فصلنامه موجود است

تحلیل وضع موجود عوامل داخلی: با محاسبات صورت گرفته و میانگین عوامل داخلی و از طرفی با توجه به جمع امتیازهای موزون محاسبه شده در جدول (۱)، (نمره دریافتی در وضعیت موجود عوامل داخلی در مؤلفه‌ها بیشتر از ۳ به دست آمده)، این گونه

استنباط و نتیجه‌گیری می‌گردد که سازمان از نظر عوامل داخلی دارای قوت بوده و در وضعیت خوبی قرار دارد.

جدول (۳) جدول محاسبه امتیاز موزون و تلفیق عوامل خارجی (فرصت‌ها) (EFAS)

مؤلفه	فرصت‌ها	درجه اهمیت	وضع موجود	وزن نسبی	امتیاز موزون
سامانه‌های حسگر	O _۱	۴/۴۸	۳/۲۶	۰/۰۵۳۷	۰/۱۷۵۱
	O _۲	۴/۵۶	۳/۸	۰/۰۵۴۷	۰/۲۰۷۷
سامانه‌های سلاح	O _۳	۴/۵۷	۴/۵۴	۰/۰۵۴۸	۰/۲۴۸۷
	O _۴	۴/۶۳	۳/۷۴	۰/۰۵۵۵	۰/۲۰۷۶
	O _۵	۴/۵۹	۳/۷۴	۰/۰۵۵۰	۰/۲۰۵۸
	O _۶	۴/۶۷	۳/۰۹	۰/۰۵۶۰	۰/۱۷۳۰
	O _۷	۴/۶۳	۳/۲۲	۰/۰۵۵۵	۰/۱۷۸۷
سامانه‌های فرماندهی و کنترل	O _۸	۴/۶۳	۳/۹۸	۰/۰۵۵۵	۰/۲۲۰۹
	O _۹	۴/۶۳	۳/۶۱	۰/۰۵۵۵	۰/۲۰۰۳
O _{۱۰}	۴/۴۸	۳/۲۶	۰/۰۵۳۷	۰/۱۷۵۱	۰/۱۷۵۱
مجموع					۱/۸۱۷۶

جدول (۴) جدول محاسبه امتیاز موزون و تلفیق عوامل خارجی (تهدیدها) (EFAS)

مؤلفه	تهدیدها	درجه اهمیت	وضع موجود	وزن نسبی	امتیاز موزون
سامانه‌های حسگر	T _۱	۴/۵۹	۴/۳۷	۰/۰۵۵۰	۰/۲۴۰۴
	T _۲	۴/۴۶	۴/۵	۰/۰۵۳۵	۰/۲۴۰۶
	T _۳	۴/۵۹	۴/۳۹	۰/۰۵۵۰	۰/۲۴۱۵
سامانه‌های سلاح	T _۴	۴/۵	۳/۷۸	۰/۰۵۳۹	۰/۲۰۳۹
	T _۵	۴/۲	۴/۳	۰/۰۵۰۳	۰/۲۱۶۵
	T _۶	۴/۲۲	۳/۸۳	۰/۰۵۰۶	۰/۱۹۳۷
	T _۷	۳/۸۷	۳/۳۹	۰/۰۴۶۴	۰/۱۵۷۲
سامانه‌های فرماندهی و کنترل	T _۸	۴/۰۴	۳/۳۳	۰/۰۴۸۴	۰/۱۶۱۳
	T _۹	۳/۷۲	۳/۷۴	۰/۰۴۴۶	۰/۱۶۶۸
	T _{۱۰}	۳/۸۵	۳/۴۶	۰/۰۴۶۱	۰/۱۵۹۷
مجموع					۱/۹۸۱۵
مجموع عوامل خارجی				۱	۳/۷۹۹۱

تحلیل وضع موجود عوامل خارجی

با محاسبات صورت گرفته و میانگین عوامل خارجی و از طرفی با توجه به جمع امتیازهای موزون محاسبه شده در جدول (۲)، (نمره دریافتی در وضعیت موجود کمتر از ۳ به دست آمده آمده)، این گونه استنباط و نتیجه گیری می گردد که؛ سازمان از نظر عوامل خارجی، دارای تهدید بوده و در وضعیت مناسبی نیست و از حد متوسط پایین تر است.

تعیین موقعیت راهبردی و تحلیل شکاف

جدول زیر جمع نمرهای موزون عوامل داخلی و خارجی را نشان می دهد:

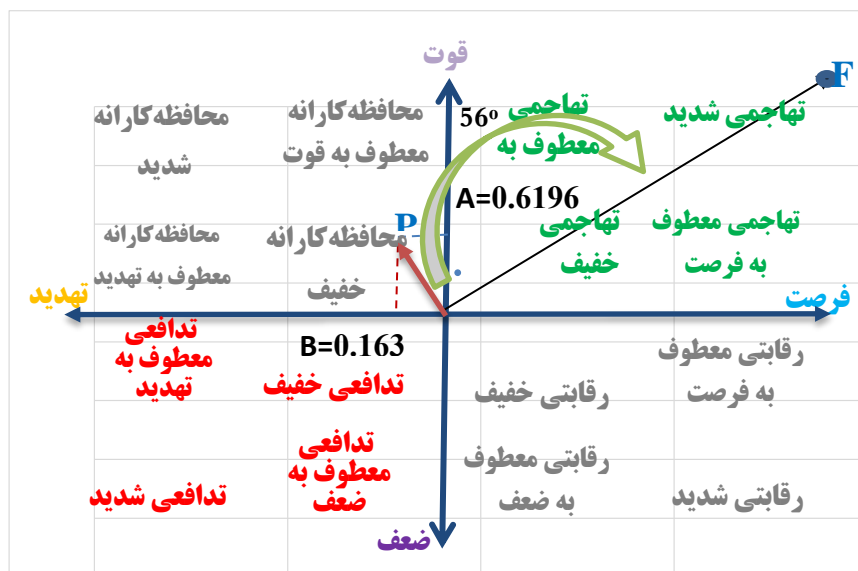
جدول (۵) جمع نمرهای موزون عوامل داخلی و خارجی

۱/۸۱۷۶	فرصت	۲/۳۳۵۹	قوت
۱/۹۸۱۵	تهدید	۱/۷۱۶۳	ضعف

نقطه مطلوب در این دستگاه مختصات، بردار به طول $7/0711 = \sqrt{2 \times 5^2}$ با زاویه ۴۵

درجه می باشد و هدف مشخص کردن زاویه بین این دو بردار است تا با اختصاص امکانات لازم از وضع موجود به وضع مطلوب برسیم. شکل شماره (۲) در قالب یک نمودار بیان کننده موارد درج شده می باشد.

جهت تعیین موقعیت راهبردی بر روی نمودار مختصات، پس از مطالعه و شناخت راهبردی محیط درون سازمانی و برون سازمانی مبتنی بر ارزیابی کمی، نسبت به عوامل کلیدی محیط داخلی و خارجی سازمان اقدام گردید. مطابق جدول عوامل داخلی جمع جبری قوت ها و ضعف ها عدد $0/6196$ و در جدول عوامل خارجی جمع جبری فرصت ها و تهدیدها عدد $-0/1639$ حاصل شد؛ بنابراین می توان جایگاه و موقعیت سازمان را در نمودار تعیین و ارزیابی موقعیت و رویکرد راهبردی سازمان (SPACE) برابر شکل زیر با تعیین نقطه P نشان داد.



شکل (۲) تعیین موقعیت راهبردی

برای تحلیل شکاف نیز، باید در ماتریس‌های IFE و EFE نمره موزون شده قوت‌ها و ضعف‌ها را از نمره موزون ۳ کسر نمود که عدد حاصل را به نام A نام‌گذاری می‌شود و همچنین نمره موزون فرصت‌ها و تهدیدها را نیز از نمره موزون ۳ کسر و آن را به نام B نام‌گذاری می‌شود. این دو عدد مختصات نقطه‌ای است که روی محور X ها، عوامل محیط خارجی و روی محور Y ها، عوامل محیط داخلی قرار می‌گیرد؛ بنابراین خطی که از نقطه P مربوط به وضع موجود به مبدأ مختصات رسم می‌شود زاویه‌ای به وجود می‌آورد. از طرفی نقطه وضع ایده‌آل در نمودار مختصات (نقطه F) دارای بیشترین مقدار قوت و همچنین بیشترین مقدار فرصت است. به عبارتی یعنی در طیف اعدادی که در پرسشنامه‌ها بین ۱ الی ۵ درج می‌شد، مقدار عددی ۵ را دارا می‌باشند بنابراین نقطه وضعیت ایده‌آل دارای مختصات (۵ ۵) و در ربع اول نمودار مختصات بوده و اگر خطی از این نقطه به مبدأ مختصات رسم کنیم زاویه آن با محور X ها برابر ۴۵ درجه می‌باشد

(که اسم این زاویه D نام‌گذاری می‌شود). تانژانت 45° درجه برابر ۱ می‌باشد؛ بنابراین زاویه‌ای که بین پاره‌خط‌های این دو نقطه (بین نقطه وضع موجود و نقطه ایده‌آل بر روی محور مختصات تشکیل می‌شود، مقدار چرخش از وضع موجود به وضع ایده‌آل (مطلوب) می‌باشد. در ضمن برای محاسبه میزان زاویه نقطه وضع موجود با محور X ها باید از (آرک‌تانژانت) استفاده کرد که به این شکل به دست می‌آید: قدر مطلق فاصله‌ای B تقسیم بر قدر مطلق فاصله‌ای A ؛ بنابراین میزان چرخش راهبردی از وضع موجود به وضع ایده‌آل (مطلوب) از مجموع دو زاویه مورد اشاره به دست می‌آید؛ یعنی:

$$A = 0/6196 \text{ نمره موزون قوت‌ها} + \text{نمره موزون ضعف‌ها} = A$$

$$B = 0/1639 \text{ و } \text{tg } B/A = 0/2994 \text{ نمره موزون تهدیدها} + \text{نمره موزون فرصت‌ها} = B$$

$$C = \text{Arctg } 0/2994 \text{ و } C = 11^\circ$$

$$D = X \text{ با محور } (\text{ایده‌آل}) = 45^\circ$$

$$C+D = \text{مقدار زاویه چرخش راهبردی از وضع موجود به سمت وضع مطلوب} = 56^\circ$$

طبق نمودار تعیین موقعیت، مقدار زاویه چرخش از وضع موجود به وضع مطلوب 56° درجه است، بنابراین وضعیت موجود در ربع محافظه‌کارانه خفیف قرار دارد.

۴. نتیجه گیری

۴-۱. نتایج

پدافند هوایی به عنوان متولی پاسداری و دفاع از هوافضای کشور که مأموریت کشف، شناسایی، ره گیری، درگیری و انهدام اهداف هوایی متجاوز را به عهده دارد شایسته است به گونه مناسبی نسبت به انجام مأموریت محوله اقدام نماید. از طرفی ویژگی های تهدیدهای هوایی به صورت دائمی در حال تغییر می باشند. با توجه به رشد روزافزون فناوری های نظامی و به دنبال آن تغییر ویژگی های تهدیدهای هوایی آینده با عامل غیرانسانی، به نظر می رسد به منظور مقابله با تهدیدهای موصوف، مطالعه پدافند هوایی نیروهای مسلح جمهوری اسلامی ایران برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده الزامی است. پس از تجزیه و تحلیل محیط های داخلی و خارجی نتایج زیر به دست آمد:

الف) در محیط داخلی تعداد ۳۳ گویه شناسایی گردید که در ۱۸ گویه سازمان پدافند هوایی دارای قوت و در ۱۵ گویه دارای ضعف هایی بود. قوت ها و ضعف ها شناسایی شده در جدول زیر لیست شده اند:

جدول (۶) نقش عوامل داخلی پدافند هوایی برای مقابله با پهپادها در نبردهای آینده

مؤلفه	نقاط قوت	نقاط ضعف
سامانه های حسگر	۱۰ نقطه قوت	۷ نقطه ضعف
سامانه های سلاح	۲ نقطه قوت	۳ نقطه ضعف
سامانه های فرماندهی و کنترل	۶ نقطه قوت	۵ نقطه ضعف

الف) در محیط خارجی تعداد ۲۰ گویه شناسایی گردید که ۱۰ گویه برای سازمان پدافند هوایی فرصت و ۱۰ گویه تهدید بود. فرصت ها و تهدیدها شناسایی شده در جدول زیر لیست شده اند:

جدول (۷) نقش عوامل خارجی پدافند هوایی برای مقابله با پهپادها در نبردهای آینده

مؤلفه	نقاط فرصت	نقاط تهدید
سامانه های حسگر	۲ نقطه فرصت	۳ نقطه تهدید
سامانه های سلاح	۵ نقطه فرصت	۴ نقطه تهدید
سامانه های فرماندهی و کنترل	۳ نقطه فرصت	۳ نقطه تهدید

بر اساس محاسبات انجام شده در بخش تعیین موقعیت راهبردی، وضعیت پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده در ناحیه محافظه کارانه خفیف و معطوف به قوت قرار دارد که به سمت تهاجمی خفیف و معطوف به قوت در حال حرکت می باشد.

۴-۲. پیشنهادها

پیشنهاد می شود نتایج تحقیق در اختیار فرماندهان و مدیران عالی و میانی ستاد کل نیروهای مسلح، ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران و نیروی پدافند هوایی قرار گیرد تا در تصمیم گیری های آینده از این نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید استفاده نمایند.

فهرست منابع

الف) منابع فارسی

۱. افتخاری، اصغر. (۱۳۸۴). سیر تحولات مطالعات راهبردی روندهای جهانی و تجارت ایرانی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مطالعات راهبردی در ج.ا.ا، تهران پژوهشکده مطالعات راهبردی.
۲. افشردی، محمدحسین. طرح ریزی راهبردی نظامی در صحنه جنگ و عملیات، تهران انتشارات دعا.
۳. چگینی، حسن. (۱۳۷۴). طرح ریزی راهبردی نظامی و برنامه ریزی دفاعی، تهران: دانشگاه عالی دفاع ملی.
۴. شاملو، رضا. غفاری، بهزاد. سپهری، محمد. (۱۴۰۱). راهکارهای ارتقای توان رزم یگان‌های واکنش سریع پدافند هوایی جهت مقابله با تهدیدها هوایی آینده. فصلنامه راهبرد دفاعی، سال بیستم، شماره ۷۹.
۵. فرنی، فرهاد؛ شهر آئینی، سید اسماعیل؛ جبار رشیدی، علی؛ رضائی دهقی، رسول. (۱۴۰۲). طراحی الگوی راهبردی شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی. فصلنامه علمی راهبرد دفاعی، سال بیست و یکم، شماره هشتاد و چهار.
۶. شهر آئینی، سید اسماعیل. (۱۳۹۴). طراحی الگوی راهبردی چابک‌سازی یگان‌های عمده قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (ص) آجا متناسب با تهدیدهای ناهم‌تراز، تهران، دانشگاه عالی دفاع ملی.
۷. علی نژاد، مهدی. (۱۳۹۶). طراحی الگوی آرایه‌های پدافندی زمین به هوا در مقابله با تهدیدها علیه مناطق و مراکز حیاتی و حساس در افق چشم‌انداز ۱۴۰۴، تهران، انتشارات دعا.
۸. علی نژاد، مهدی، پهباده‌ها چالش‌های امروز پدافند هوایی، مطالعات دفاعی و امنیتی، پائیز ۱۳۹۰ شماره ۶.
۹. غفاری، بهزاد (۱۳۹۸)، «الگوی ارتقای توان رزمی قرارگاه پدافند هوایی کشور متناسب با تهدیدها هوایی آینده»، تهران، دانشگاه عالی دفاع ملی.
۱۰. غفاری، بهزاد. (۱۴۰۰)، تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر بُعد فیزیکی ارتقای توان رزمی پدافند هوایی ج.ا.ایران جهت مقابله با تهدیدهای هوایی آینده، فصلنامه راهبرد دفاعی، سال نوزدهم، شماره ۷۳.
۱۱. غلامی، برات علی (۱۳۹۴)، پدافند هوایی ناهم‌تراز، تهران، نشر ایران سبز.
۱۲. نوروزی، محمدتقی (۱۳۸۵)، فرهنگ دفاعی - امنیتی، تهران، انتشارات سنا.

ب) منابع انگلیسی

1. Artech, D. Chivers, K. Howard, Long, B. T. Merriman, W. Padilla, Pinto, A. Smith, S. and Thoma, V. (2017). "Drone defense system architecture for us navy strategic facilities, Naval Postgraduate School Monterey United States, Tech. Rep.
2. Castrillo, V.U. Manco, A. Pascarella, D. Gigante, G. A (2022). Review of Counter-UAS Technologies for Cooperative Defensive Teams of Drones. Drones.
3. Chamola, V. Kotes, P. Agarwal, A. Gupta, N. Guizani, M. (2020). A Comprehensive Review of Unmanned Aerial Vehicle Attacks and Neutralization Techniques. Ad Hoc Netw.
4. Dan, Gettinger. (2019). The Drone Databook', The Center for the Study of the Drone at Bard College2000, Hindsight and Foresight, A Conceptual Framwork for.
5. FM 44-100 U.S. Army Air and Missile Defense Operations available at Army Knowledge Online at www.us.army.mil.
6. Ghallab, M. Nau, D. Traverso, P. (2004). Automated Planning Theory and Practice; Morgan Kaufmann Publishers: San Francisco, CA, USA.
7. Johanna Frew, (2018). 'Drone Wars: The Next Generation', Drone Wars UK.
8. Kang, H. Joung, J. Kim, J. Kang, J. (2020). Cho, Y.S. Protect Your Sky: A Survey of Counter Unmanned Aerial Vehicle Systems. IEEE Access, 8, 168671–167810. [CrossRef].
9. Lykou, G. Moustakas, D. Gritzalis, D. (2020). Defending Airports from UAS: A Survey on Cyber-Attacks and Counter-Drone Sensing Technologies.
10. National Institute of Standards and Technology. Autonomy Levels for Unmanned Systems (ALFUS) Framework; NIST Special Publication 1011-I-2.0; Terminology Version 2.0; NIST: Gaithersburg, MD, USA, 2008; Volume I.
11. NATO Standardization Office (NSO), 'ATP-3.3.8.1 Minimum Training Requirements for Unmanned Aircraft Systems (UAS) Operators and Pilots', Edition B Version 1, May 2019.