فصلنامهٔ علمی راهبرد دفاعی، سال بیست و دوم، شمارهٔ ۸۶، تابستان ۱۴۰۳

مقام معظم رهبری (مدظله العالی): هدف پژوهش دو چیز است: یکی رسیدن به مرجعیّت علمی و حضور در جمع سرآمدان علم و فنّاوری، دوّم حلّ 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 ایجابی*[۳]، مرتضی اکبری آلاشتی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۵ /۱۴۰۲/۰۶ تاریخ پذیرش۱۴۰۳/۰۶/۰۱

## 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 انجام‌شده است. نوع تحقیق کاربردی و روش تحقیق توصیفی است، که برای این منظور از روش‌های آمار توصیفی و استنباطی استفاده‌شده است. بر اساس تجزیه‌وتحلیل 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 درمجموع 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 ایده‌ال 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.el92@gmail.com

۲. عضو هیئت‌علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا.

Email: ardashir4870@gmail.com

۳. دانشیار 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 قابل‌توجهی 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)[1] از زمان صلح تا درگیری آماده باشد؛ که این مهم مستلزم رفع تضاد بین مسئولیت‌های نظامی و غیرنظامی است. امروزه تهدید UAS قابل‌توجه 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 قابل‌توجهی زمان موجود برای اجرای زنجیره عملیات پدافند هوایی را کاهش می‌دهد؛ بنابراین، تنها داشتن همه ابزارهای متعارف، مانند سامانه‌های دفاع هوایی (AD)[2]، برای مقابله با این تهدید، کافی نیست، بلکه باید یک سامانه فرماندهی و کنترل (C۲)[3] 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 درواقع 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:۲Command and Control

## ۱. کلیات

**۱-۱. بیان مسئله:** ارائه فنّاوری‌های پنهان‌کاری[1] (با عامل انسانی و غیرانسانی) و به‌کارگیری وسیع پرنده‌های بدون سرنشین (UAV)[2] 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 پهپادها[3] 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. پهپاد: پرنده هدایت‌پذیر از دور

### ۲-۱. اهمیت و ضرورت تحقیق

انجام این تحقیق ازآن‌جهت 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 درنهایت نداشتن راهبردی صحیح در خصوص مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین گردد و مانع از ایجاد امنیت هوافضایی بومی و درون‌زای منطقه‌ای در حوزه دفاع هوایی کشور در زمان صلح و جنگ شود.

### ۳-۱. 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 (۱۳۹٦) مقاله «الگوی مناسب برای آرایه‌های پدافندی زمین به هوا در مقابله با تهدیدها علیه مراکز حیاتی و حساس کشور در افق ۱٤۰٤».

۲- شهر آئینی (۱۳۹٤) رساله دکتری با عنوان «الگوی راهبردی چابک سازی یگان‌های عمده‌ی عملیاتی قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (صلی‌الله علیه واله) آجا متناسب با تهدیدها ناهمطراز».

۳- غفاری (۱٤۰۰) مقاله «تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر بعُد فیزیکی ارتقای توان رزمی پدافند هوایی ج.ا.ایران جهت مقابله با تهدیدهای هوایی آینده».

۴- فرنیا و همکاران (۱٤۰۲) مقاله «طراحی الگوی راهبردی شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی».

**٤-۱. سؤال‌های تحقیق**

**۱-٤-۱. سؤال اصلی**

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

**۲-٤-۱. 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؟

**٥-۱. هدف‌های تحقیق**

**۱-٥-۱. هدف اصلی:** تعیین موقعیت راهبردی نیروی پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در محیط نبردهای آینده.

**۲-٥-۱. 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.

**٦-۱. روش‌شناسی تحقیق**

با توجه به اینکه پژوهش حاضر در پی درک و شناسایی عوامل مؤثر بر مقابله با پهپادها درنبردهای آینده است و می‌خواهد به دانش‌افزایی بپردازد، بنابراین از جنبه هدف یک تحقیق کاربردی و ازنظر روش انجام آن با ویژگی‌های روش توصیفی و به‌صورت کمی انجام‌شده است. ابزار گردآوری اطلاعات، پرسشنامه می‌باشد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS در دو بخش توصیفی و استنباطی تجزیه‌وتحلیل 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 ٥٤ نفر محاسبه گردید. این تحقیق جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، ابتدا با بررسی اسناد و مدارک مرتبط با موضوع و بهره گرفتن ازنظرهای 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 گردآوری‌شده 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

### ۲-۱ مفهوم راهبرد

**راهبرد:** راهبرد، برنامه طراحی‌شده‌ای 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، ١٣٨٤: ٢٨).

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

هر شرایطی، به‌منظور نیل به اهداف امنیت ملی از طریق کاربرد نیرو یا تهدید به‌زور یا علم و هنر فرماندهی برای طرح‌ریزی و هدایت عملیات بزرگ نظامی، جهت پشتیبانی از سیاست‌های ملی (چگینی، ۱۳۷٤: ۳٦۳).

**پدافند هوایی**[1]: پدافند هوایی عبارت است از کلیه اعمال و اقداماتی که به‌منظور 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 ٤- 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، ۱٤۰۱: ۱٤٦).

**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 به‌صورت 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

1. Air Defenc

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 قابل‌توجهی 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)[1]

**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:** هنگامی‌که رویداد شناسایی رخ داد، لازم است بررسی شود که جسم شناسایی‌شده واقعیت دارد و اینکه یک هواپیمای بدون سرنشین است. به‌عنوان‌مثال، 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

1. UAS:unmanned aircraft systems

ویژگی‌های برجسته (ویژگی‌های) 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 برون‌یابی می‌کند. این مرحله را می‌توان در مقاله‌ها تحت عنوان «شناسایی» یافت.

**۲-۳. سامانه‌های درگیری و انهدام /خنثی‌سازی:** سامانه‌های خنثی‌سازی توسط سیستم فرماندهی و کنترل فعال می‌شوند تا به تهدید ناشی از هواپیماهای بدون سرنشین مخرب شناسایی‌شده پاسخ دهند. چندین سیستم خنثی‌سازی را می‌توان هم‌زمان فعال کرد تا برای بهبود اثربخشی خنثی‌سازی همکاری کنند. افزون بر این، این سامانه‌ها را می‌توان بر روی یک یا چند پلت‌فرم مجزا با توجه به معماری فیزیکی CUS قرارداد. طبق طبقه‌بندی سامانه‌های خنثی‌سازی می‌توانند اقدام‌های زیر را انجام دهند: هشدار، کنترل، ایجاد وقفه، از کار انداختن و انهدام ازجمله اقدام‌هایی است که از طریق تکنیک‌های خنثی‌سازی انجام می‌شوند و به گونه ساده‌تر در ادبیات تخصصی به‌عنوان خنثی‌کننده (فرونشاندن) بیان می‌شوند (Kang, et al.2020). خنثی‌کننده‌ها به روش‌های مختلفی طبقه‌بندی‌شده‌اند. خنثی‌کننده‌ها بر اساس آسیب فیزیکی به هواپیماهای بدون سرنشین به انواع، فیزیکی و غیر فیزیکی تقسیم شدند. افزون بر این، در مورد خنثی‌کننده‌های غیر فیزیکی که هیچ تماسی بین خنثی‌کننده و هواپیمای بدون سرنشین (چندروتوری[1] یا کوادکوپتر) وجود ندارد، اما برخی از آن‌ها درواقع می‌توانند به هواپیمای بدون سرنشین چندروتوری آسیب وارد کنند. (Chamola, et al.2020)، بااین‌حال، در تقسیم‌بندی بین خنثی‌کننده‌های الکترونیکی، بر اساس امواج الکترومغناطیسی که آسیب مستقیمی به هواپیماهای بدون سرنشین چند روتوری وارد نمی‌کنند (به‌عنوان‌مثال پارازیت) و خنثی‌کننده‌های فیزیکی (سینتیکی) که هواپیماهای بدون سرنشین را با ابزار فیزیکی ره‌گیری می‌کنند، انجام شد؛ خنثی‌کننده‌های الکترونیکی شامل لیزرهای پرقدرت و

1. M-drone: Multi-Rotor Drones

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).

**۲-٤. 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 قابل‌توجهی 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. بااین‌حال، طبیعت عملیات C-UAS مشترک و چند حوزه‌ای است، بنابراین فرماندهی و کنترل در آن‌ها پیچیده است. درمجموع، 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)[1] 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. بازهم، 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 2C به قابلیت برنامه‌ریزی آن مربوط می‌شود که باید اجرای خودکار را تضمین کند و باید بر کل تیم دفاعی تأثیر بگذارد. درواقع، این قابلیت عامل کلیدی برای ویژگی تصمیم‌گیری خودکار سیستم است. درمجموع، 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 برنامه‌ریزی‌شده، اقدام‌ها را انتخاب و سازماندهی می‌کند. هدف این بحث دستیابی به بهترین اهداف از پیش تعریف‌شده است. باید طبق اصول برنامه‌ریزی خودکار که حوزه‌ای از هوش مصنوعی (AI) است که این فرآیند مشورت را ازنقطه‌نظر 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).

1. Artificial Intelligence

### ۲-٦. چارچوب نظری

**ابعاد و عناصر اصلی پدافند هوایی:** غلامی در کتاب پدافند هوایی ناهمطراز ابعاد پدافند هوایی ج.ا.ایران را شامل سه عنصر دانسته است که اساس و بنیاد پدافند هوایی را تشکیل می‌دهد (غلامی، ۱۳۹٤: ۲-۱):

**(۱) حسگرها**[1]: 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.

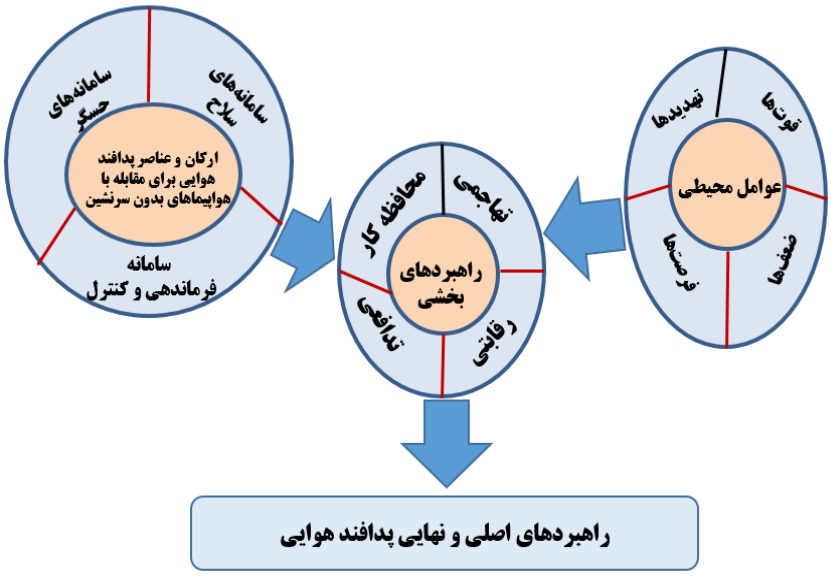
**(۲) بازوهای اجرایی:** مجریان سامانه یکپارچه پدافند هوایی هستند و وظیفه درگیری با متجاوزین به حریم هوایی یا دشمن را تحت فرمان و کنترل سامانه فرماندهی به عهده‌دارند و از دو بخش مجزای هوا پایه و زمین پایه تشکیل‌شده‌اند.

**(۳) شبکه فرماندهی و کنترل:** مسئولیت جمع‌آوری، تجزیه‌وتحلیل و تطابق اخبار و گزارش‌ها را به‌صورت لحظه‌ای در کل شبکه و اطلاع‌رسانی، کنترل و صدور فرمان‌ها به اعضای شبکه یکپارچه پدافند هوایی را به عهده دارد (غلامی، ۱۳۹٤). همچنین کاستریلو و همکارانش در مقاله‌ای با عنوان «مروری بر فناوری‌های ضد UAS[2] برای تیم‌های پدافندی مشترک هواگردهای بدون سرنشین» آوردنا که ازنقطه‌نظر معماری، یک سامانه ضد هواپیما بدون سرنشین به‌طورکلی از زیرسامانه‌های اساسی زیر تشکیل‌شده است:

سامانه حسگر؛ سامانه درگیری و انهدام / تعدیل / فرونشاندن/ خنثی‌سازی؛ سامانه فرماندهی و کنترل (C۲)[3]، 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 پهپاد شناسایی‌شده به‌عنوان یک تهدید هستند. سیستم C۲ داده‌ها را از حسگرها گردآوری

1. Sensors
2. UAS: unmanned aerial systems
3. C۲: 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 تجزیه‌وتحلیل آن‌ها

پس از استخراج عوامل و مشخص شدن نوع عامل (داخلی شامل قوت‌ها و فرصت‌ها یا خارجی شامل فرصت‌ها و تهدیدها) به‌منظور 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 هرکدام از نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید آورده شده است[۱].

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 نسی | امتیاز موزون |
|---|---|---|---|---|---|
| سامانه‌های حسگر | $S_1$ | ٤/٧٢ | ٤/٥٤ | ۰/۰۳۲۰ | ۰/۱٤٥٤ |
| | $S_2$ | ٤/٦٧ | ۳/۸۹ | ۰/۰۳۱۷ | ۰/۱۲۳۳ |
| | $S_3$ | ٤/٦٧ | ٤/٤٦ | ۰/۰۳۱۷ | ۰/۱٤۱۳ |
| | $S_4$ | ٤/٤٨ | ۳/۸۹ | ۰/۰۳۰٤ | ۰/۱۱۸۲ |
| | $S_5$ | ٤/٤٨ | ۳/۸۹ | ۰/۰۳۰٤ | ۰/۱۱۸۲ |
| | $S_6$ | ٤/٧٨ | ٤/۳۳ | ۰/۰۳۲٤ | ۰/۱٤۰٤ |
| | $S_7$ | ٤/٦۳ | ٤/۲۲ | ۰/۰۳۱٤ | ۰/۱۳۲٦ |
| | $S_8$ | ٤/٥۲ | ٤/٥۲ | ۰/۰۳۰۷ | ۰/۱۳۸٦ |
| | $S_9$ | ٤/٥٦ | ٤/۲٦ | ۰/۰۳۰۹ | ۰/۱۳۱۸ |
| | $S_{10}$ | ٤/۸ | ۳/۸۹ | ۰/۰۳۲٦ | ۰/۱۲٦۷ |
| سامانه‌های سلاح | $S_{11}$ | ٤/٦۱ | ۳/۸٥ | ۰/۰۳۱۳ | ۰/۱۲۰٤ |
| | $S_{12}$ | ٤/٦۹ | ۳/۸۳ | ۰/۰۳۱۸ | ۰/۱۲۱۹ |
| سامانه‌های فرماندهی و کنترل | $S_{13}$ | ٤/٦۳ | ۳/۷٤ | ۰/۰۳۱٤ | ۰/۱۱۷٥ |
| | $S_{14}$ | ٤/٦۳ | ٤/۳٥ | ۰/۰۳۱٤ | ۰/۱۳٦۷ |
| | $S_{15}$ | ٤/٦۳ | ۳/۸۱ | ۰/۰۳۱٤ | ۰/۱۱۹۷ |
| | $S_{16}$ | ٤/٥٦ | ۳/۸۱ | ۰/۰۳۰۹ | ۰/۱۱۷۹ |
| | $S_{17}$ | ٤/٦٥ | ٤/٥٦ | ۰/۰۳۱٦ | ۰/۱٤۳۹ |
| | $S_{18}$ | ٤/٦۳ | ٤/٥ | ۰/۰۳۱٤ | ۰/۱٤۱٤ |
| مجموع | | | | | ۲/۳۳٥۹ |

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

**تحلیل وضع موجود عوامل داخلی**: با محاسبات صورت گرفته و میانگین عوامل داخلی و از طرفی با توجه به جمع امتیازهای موزون محاسبه‌شده در جدول (۱)، (نمره دریافتی در وضعیت موجود عوامل داخلی در مؤلفه‌ها بیشتر از ۳ به‌دست‌آمده)، این‌گونه استنباط و نتیجه‌گیری می‌گردد که سازمان ازنظر 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 | $O_1$ | ٤/٤٨ | ٣/٢٦ | ٠/٠٥٣٧ | ٠/١٧٥١ |
| | $O_2$ | ٤/٥٦ | ٣/٨ | ٠/٠٥٤٧ | ٠/٢٠٧٧ |
| سامانه‌های سلاح | $O_3$ | ٤/٥٧ | ٤/٥٤ | ٠/٠٥٤٨ | ٠/٢٤٨٧ |
| | $O_4$ | ٤/٦٣ | ٣/٧٤ | ٠/٠٥٥٥ | ٠/٢٠٧٦ |
| | $O_5$ | ٤/٥٩ | ٣/٧٤ | ٠/٠٥٥٠ | ٠/٢٠٥٨ |
| | $O_6$ | ٤/٦٧ | ٣/٠٩ | ٠/٠٥٦٠ | ٠/١٧٣٠ |
| | $O_7$ | ٤/٦٣ | ٣/٢٢ | ٠/٠٥٥٥ | ٠/١٧٨٧ |
| سامانه‌های فرماندهی و کنترل | $O_8$ | ٤/٦٣ | ٣/٩٨ | ٠/٠٥٥٥ | ٠/٢٢٠٩ |
| | $O_9$ | ٤/٦٣ | ٣/٦١ | ٠/٠٥٥٥ | ٠/٢٠٠٣ |
| | $O_{10}$ | ٤/٤٨ | ٣/٢٦ | ٠/٠٥٣٧ | ٠/١٧٥١ |
| **مجموع** | | | | | ١/٨١٧٦ |

جدول (٤) جدول محاسبه امتیاز موزون و تلفیق عوامل خارجی (تهدیدها) (EFAS)

| مؤلفه | تهدیدها | درجه اهمیت | وضع موجود | وزن نسبی | امتیاز موزون |
|---|---|---|---|---|---|
| سامانه‌های حسگر | $T_1$ | ٤/٥٩ | ٤/٣٧ | ٠/٠٥٥٠ | ٠/٢٤٠٤ |
| | $T_2$ | ٤/٤٦ | ٤/٥ | ٠/٠٥٣٥ | ٠/٢٤٠٦ |
| | $T_3$ | ٤/٥٩ | ٤/٣٩ | ٠/٠٥٥٠ | ٠/٢٤١٥ |
| سامانه‌های سلاح | $T_4$ | ٤/٥ | ٣/٧٨ | ٠/٠٥٣٩ | ٠/٢٠٣٩ |
| | $T_5$ | ٤/٢ | ٤/٣ | ٠/٠٥٠٣ | ٠/٢١٦٥ |
| | $T_6$ | ٤/٢٢ | ٣/٨٣ | ٠/٠٥٠٦ | ٠/١٩٣٧ |
| | $T_7$ | ٣/٨٧ | ٣/٣٩ | ٠/٠٤٦٤ | ٠/١٥٧٢ |
| سامانه‌های فرماندهی و کنترل | $T_8$ | ٤/٠٤ | ٣/٣٣ | ٠/٠٤٨٤ | ٠/١٦١٣ |
| | $T_9$ | ٣/٧٢ | ٣/٧٤ | ٠/٠٤٤٦ | ٠/١٦٦٨ |
| | $T_{10}$ | ٣/٨٥ | ٣/٤٦ | ٠/٠٤٦١ | ٠/١٥٩٧ |
| **مجموع** | | | | | ١/٩٨١٥ |
| **مجموع عوامل خارجی** | | ٤٣/٨٣ | - | ١ | ٣/٧٩٩١ |

### تحلیل وضع موجود عوامل خارجی

با محاسبات صورت گرفته و میانگین عوامل خارجی و از طرفی با توجه به جمع امتیازهای موزون محاسبه‌شده در جدول (۲)، (نمره دریافتی در وضعیت موجود کمتر از ۳ به‌دست‌آمده آمده)، این‌گونه استنباط و نتیجه‌گیری می‌گردد که؛ سازمان ازنظر عوامل خارجی، دارای تهدید بوده و در وضعیت مناسبی نیست و از حد متوسط پایین‌تر است.

### تعیین موقعیت راهبردی و تحلیل شکاف

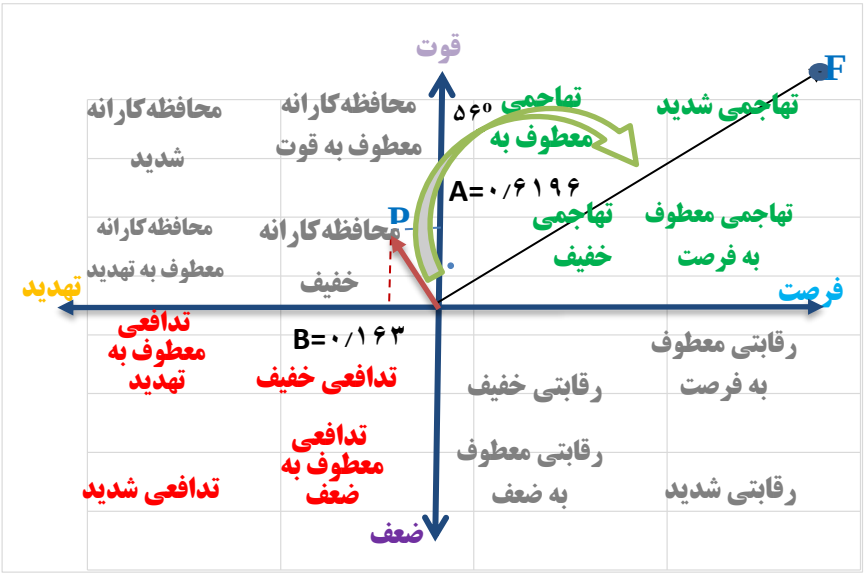
جدول زیر جمع نمرهای موزون عوامل داخلی و خارجی را نشان می‌دهد:

**جدول (۵) جمع نمرهای موزون عوامل داخلی و خارجی**

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

نقطه مطلوب در این دستگاه مختصات، بردار به طول $\sqrt{۲ \times ۵^{۲}} = ۷/۰۷۱۱$ با زاویه ۴۵ درجه می‌باشد 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 بیان‌کننده موارد درج‌شده می‌باشد.

جهت تعیین موقعیت راهبردی بر روی نمودار مختصات، پس از مطالعه و شناخت راهبردی محیط درون‌سازمانی و برون‌سازمانی مبتنی بر ارزیابی کمّی، نسبت به عوامل کلیدی محیط داخلی و خارجی سازمان اقدام گردید. مطابق جدول عوامل داخلی جمع جبری قوت‌ها و ضعف‌ها عدد ۰/۶۱۹۶ و در جدول عوامل خارجی جمع جبری فرصت‌ها و تهدیدها عدد ۰/۱۶۳۹- حاصل شد؛ بنابراین می‌توان 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. به‌عبارتی 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 ٤٥ درجه برابر ۱ می‌باشد؛ بنابراین زاویه‌ای که بین پاره‌خط‌های این دونقطه (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 تقسیم‌بر قدر مطلق فاصله‌ای A؛ بنابراین میزان چرخش راهبردی از وضع موجود به وضع ایده آل (مطلوب) از مجموع دو زاویه مورداشاره به دست می‌آید؛ یعنی:

A = نمره موزون قوت‌ها + نمره موزون ضعف‌ها= ۰/٦۱۹٦ A

B = نمره موزون فرصت‌ها + نمره موزون تهدیدها = ۰/۱٦۳۹ B و tg B/A =۰/۲۹۹٤

C = Arctg ۰/۲۹۹٤C =۱۱° و

D = X زاویه نقطه مطلوب (ایده آل) با محور = ٤٥°

C+D = مقدار زاویه چرخش راهبردی از وضع موجود به سمت وضع مطلوب

= ٤٥° +۱۱° =٥٦°

طبق نمودار تعیین موقعیت، مقدار زاویه چرخش از وضع موجود به وضع مطلوب ٥٦ درجه است، بنابراین وضعیت موجود در ربع محافظه‌کارانه خفیف قرار دارد.

## ٤. نتیجه‌گیری

### ٤-١. نتایج

پدافند هوایی به‌عنوان متولی پاسداری و دفاع از هوافضای کشور که مأموریت کشف، شناسایی، ره‌گیری، درگیری و انهدام اهداف هوایی متجاوز را به عهده دارد شایسته است به گونه مناسبی نسبت به انجام مأموریت محوله اقدام نماید. از طرفی ویژگی‌های تهدیدهای هوایی به‌صورت دائمی در حال تغییر می‌باشند. با توجه به رشد روزافزون فناوری‌های نظامی و به دنبال آن تغییر ویژگی‌های تهدیدهای هوایی آینده با عامل غیرانسانی، به نظر می‌رسد به‌منظور 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 تجزیه‌وتحلیل محیط‌های 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 ضعف‌هایی بود. قوت‌ها و ضعف‌ها شناسایی‌شده در جدول زیر لیست شده‌اند:

**جدول (٦) نقش عوامل داخلی پدافند هوایی برای مقابله با پهپادها در نبردهای آینده**

| مؤلفه | نقاط قوت | نقاط ضعف |
|---|---|---|
| سامانه‌های حسگر | ۱۰ نقطه قوت | ۷ نقطه‌ضعف |
| سامانه‌های سلاح | ۲ نقطه قوت | ۳ نقطه‌ضعف |
| **سامانه‌های فرماندهی و کنترل** | ٦ نقطه قوت | ۵ نقطه‌ضعف |

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

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

| مؤلفه | نقاط فرصت | نقاط تهدید |
|---|---|---|
| سامانه‌های حسگر | ۲ نقطه فرصت | ۳ نقطه تهدید |
| سامانه‌های سلاح | ۵ نقطه فرصت | ٤ نقطه تهدید |
| سامانه‌های فرماندهی و کنترل | ۳ نقطه فرصت | ۳ نقطه تهدید |

بر اساس محاسبات انجام‌شده در بخش تعیین موقعیت راهبردی، وضعیت پدافند هوایی برای مقابله با هواپیماهای بدون سرنشین در نبردهای آینده در ناحیه محافظه‌کارانه خفیف و معطوف به قوت قرار دارد که به سمت تهاجمی خفیف و معطوف به قوت در حال حرکت می‌باشد.

### ٤-۲. پیشنهادها

پیشنهاد می‌شود 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 تصمیم‌گیری‌های آینده از این نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدید استفاده نمایند.

## فهرست منابع

### الف) منابع فارسی


۱. افتخاری، اصغر. (۱۳۸٤). 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. طرح‌ریزی راهبردی نظامی درصحنه جنگ و عملیات، تهران انتشارات داعا.

۳. چگینی، حسن. (۱۳۷٤). طرح‌ریزی راهبردی نظامی و برنامه‌ریزی دفاعی، تهران: دانشگاه عالی دفاع ملی.

۴. شاملو، رضا. غفاری، بهزاد. سپهری، محمد. (۱٤۰۱). راهکارهای ارتقای توان رزم یگان‌های واکنش سریع پدافند هوایی جهت مقابله با تهدیدها هوایی آینده. فصلنامه راهبرد دفاعی، سال بیستم، شماره ۷۹.

۵. فرنیا، فرهاد؛ شهر آئینی، سید اسماعیل؛ جبار رشیدی، علی؛ رمضانی دهقی، رسول. (۱٤۰۲). طراحی الگوی راهبردی شبکه فرماندهی و کنترل پدافند هوایی. فصلنامهٔ علمی راهبرد دفاعی، سال بیست و یکم، شمارهٔ هشتادوچهار.

۶. شهرآئینی، سید اسماعیل. (۱۳۹٤). طراحی الگوی راهبردی چابک‌سازی یگان‌های عمده قرارگاه پدافند هوایی خاتم‌الانبیاء (ص) آجا متناسب با تهدیدهای ناهمطراز، تهران، دانشگاه عالی دفاع ملی.

۷. علی نژاد، مهدی. (۱۳۹٦)، طراحی الگوی آرایه‌های پدافندی زمین به هوا در مقابله با تهدیدها علیه مناطق و مراکز حیاتی و حساس در افق چشم‌انداز ۱٤۰٤، تهران، انتشارات داعا.

۸. علی نژاد، مهدی، پهپادها چالش‌های امروز پدافند هوایی، مطالعات دفاعی و امنیتی، پائیز ۱۳۹۰ شماره ٦.

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. (۱٤۰۰)، تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر بعُد 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 (۱۳۹٤)، پدافند هوایی ناهمطراز، تهران، نشر ایران سبز.

۱۲. نوروزی، محمدتقی (۱۳۸۵)، فرهنگ دفاعی– امنیتی، تهران، انتشارات سنا.

**ب) منابع انگلیسی**

1. Arteche, 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. Kotesh, 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.