

آینده پژوهی در حوزه محصولات ضد پهپاد با استفاده از اولویت گذاری پابرجا

عبدالرحیم پدram^۱

مهدی احمدیان^۲

یوسف امیرمزلقانی^{۳*}

چکیده

رشد سریع و روز افزون فناوری‌های نظامی، تأثیر چشم‌گیری بر کوتاه شدن چرخه عمر محصولات دفاعی برای مقابله با آنها داشته است؛ در این میان دارا بودن مزایایی مانند پایداری عملیاتی، خودمختاری، هزینه پایین، طراحی انعطاف‌پذیر و دور نگه‌داشتن زندگی انسان‌ها از خطر، به‌کارگیری پهپادها را به عنوان راه‌حلی برای بسیاری از چالش‌های هوایی آینده در پی خواهد داشت. به‌همین علت ارتش‌های جهان همواره در تلاش هستند تا برای حفظ توانمندی دفاعی خود، تجهیزات و سلاح‌های خود را به‌روز رسانی کنند. از طرفی یک روند صعودی در راستای خرید و توسعه پهپادها، هم مسلح و هم غیرمسلح برای اکثر نیروهای نظامی در جهان مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه این پژوهش به دنبال آسان کردن عملیات اجرایی و نیز حل چالش‌های بلند مدت است، نوع پژوهش از لحاظ هدف کاربردی و رویکرد آن آمیخته است و داده‌های کمی و کیفی تحقیق همزمان گردآوری شده است. در این پژوهش به فناوری‌های دفاعی ضدپهپادی با رویکرد آینده‌پژوهی نگریسته است و در انجام این مهم از اولویت‌گذاری پابرجا به عنوان یکی از روش‌های فعالیت آینده‌پژوهی استفاده کرده است. با مبنا قرار دادن الگوی اولویت‌گذاری و با به‌کارگیری پانل خبرگان، شناسایی و ارزیابی تهدیدهای حال و آتی برخاسته از پهپادها انجام شده و در یافته‌های پژوهش ۱۱ نوع محصول ضدپهپادی که در برابر تهدیدهای آتی پهپادی موثرتر بوده نیز فهرست شده است.

واژه‌های کلیدی:

آینده پژوهی، فناوری‌های پهپاد، اولویت‌گذاری پابرجا.

^۱. استادیار دانشگاه عالی دفاع ملی

^۲. دکتری آینده‌پژوهی دانشگاه تهران و پژوهشگر دانشگاه عالی دفاع ملی

^۳. دانش‌آموخته آینده‌پژوهی، موسسه آموزش عالی طلوع مهرقم

مقدمه

رشد سریع و روز افزون فناوری‌های نظامی، موجب تغییر شکل نبردها و در نتیجه تغییر نیاز کاربران عملیاتی شده است. این موضوع تاثیر چشمگیری بر کوتاه شدن چرخه عمر محصولات دفاعی برای مقابله با آنها داشته‌است؛ به‌همین علت، ارتش‌های جهان همواره در تلاش هستند تا برای حفظ توانمندی دفاعی خود، تجهیزات و سلاح‌های خود را جایگزین و به‌روز رسانی کنند و این اقدام، هزینه‌های زیادی را به آنها تحمیل می‌کند (عزیززاده و همکاران، ۱۳۹۴).

تغییرات سریع فناوری‌ها در جهان امروز در بخش دفاعی کشورها اثرات شگرفی گذاشته است. بی‌تردید این اثرات نبردهای آینده را با پیچیدگی‌هایی روبه‌رو خواهد کرد. حفظ اقتدار دفاعی و ارتقای توانمندی‌های نظامی نیازمند اشراف کامل بر محیط آینده است. در واقع لازم است تا جهت‌گیری‌های آینده این فناوری‌ها را شناخت. در سال‌های اخیر پهپادهای کوچک مسلح، به کابوس نیروهای نظامی تبدیل شده‌اند، چرا که این ابزارها ارزان و در دسترس بوده، و به دلیل اندازه کوچک و جنس بدنه (عمدتاً مواد پلیمری) به سختی قابل ردیابی خواهند بود. پهپادها به خصوص در نبردهای نامتقارن بسیار پرکاربرد هستند. به‌عنوان مثال نیروهای یمنی برای آسیب‌زدن به پایگاه‌های عربستان سعودی، ابتدا با استفاده از پهپادهای کوچک انتحاری پست‌های راداری و پدافند ضد موشکی را از کار انداخته و سپس موشک‌های بالستیک خود را به سمت اهداف مورد نظر پرتاب می‌کنند. ارتش‌های دنیا نیز با توجه به تهدید جدی پهپادهای کوچک، همواره به دنبال راه‌های مقابله جدید و توسعه سلاح‌های ضد پهپاد کارآمد هستند (Mizokami, 2017).

یکی از اصلی‌ترین چالش‌های سازمان، تلاش برای هماهنگ کردن برنامه‌ریزی بلندمدت با چرخه توسعه است تا بتوانند ساختاری کارا و اثربخش برای مواجهه با آینده ارائه کرده و تجزیه و تحلیل‌های رسمی برای ارزیابی اثرات آینده روی سازمان انجام دهند، تا بدین ترتیب راهبردی مناسب و فعالانه را برای موقعیت‌های جدیدی که پیش خواهد آمد، توسعه دهند (Dortmants & Curtis, 2004).

پهپادها نقش مهمی در طراحی نیروی هوایی در سال‌های آتی خواهند داشت. دارا بودن مزایایی مانند پایداری، خودمختاری، هزینه پایین، طراحی انعطاف‌پذیر و دور نگه داشتن زندگی انسان‌ها از خطر، به‌کارگیری پهپادها را به عنوان راه‌حلی برای بسیاری از چالش‌های هوایی آینده

۱. پایگاه خبری اینترنتی پاپولر مکانیکز، قابل دسترس در <http://www.popularmechanics.com> (تاریخ دسترسی

در پی خواهد داشت. اکثر نظامیان در جهان در حال سرمایه‌گذاری‌های هنگفت در حوزه فناوری‌های پهپادها هستند به طوری که تکامل نیروهای هوایی، مقید به هواپیماهای بدون سرنشین خواهد بود. ایالات متحده آمریکا، چین و دیگر کشورهای توسعه یافته در حال حاضر به دنبال توسعه وسایل نقلیه هوایی بدون سرنشین هستند (ME4 Gerald, 2014).

ایالات متحده آمریکا در حال حاضر ۵۷ پایگاه پروازی برای عملیات پهپادها در سرتاسر جهان در اختیار دارد و حملات پهپادهای ایالات متحده آمریکا به طور عمده در چهار کشور افغانستان، پاکستان، یمن و سومالی رخ می‌دهد که این حملات در کشور اول به وسیله نیروهای هوایی و در سه کشور دیگر، به وسیله سیا صورت می‌گیرد (11: Rothe & Kauzlarich, 2014). نخستین حمله تسلیحاتی پهپادهای آمریکایی در ۵ نوامبر ۲۰۰۲ در یمن به یک جیب که حامل ۶ مظنون تروریست از جمله هیثم الهزیتی، عامل بمب‌گذاری حملات ناو آمریکایی یواس اس کول^۱ بود، با موفقیت صورت پذیرفت (13: Altman, 2013).

یک روند صعودی در راستای خرید و توسعه پهپادها، هم مسلح و هم غیرمسلح برای اکثر نیروهای نظامی در جهان مشاهده می‌شود به طوری که پیش بینی شده است که هزینه‌های خرید و توسعه از ۶/۶ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۳ به رشدی در حدود ۱۱/۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۲۲ خواهد رسید (Davis, 2012).

با بررسی فناوری‌های پهپادها و سامانه‌های پدافندی ضد آنها در آینده‌های بدیل، صنایع نظامی قادر به کسب نتایج زیر خواهند بود:

س شناسایی و ارزیابی تهدیدهای آتی برخاسته از پهپادها؛

س شناسایی محصولات دفاعی مناسب جهت مقابله با پهپادها؛

س تأمین نیاز نیروهای مسلح با سبد محصول متناسب با تهدیدهای پهپادها؛ و

س جلوگیری از غافلگیری در برابر تهدیدهای آینده پهپادها.

حال با در نظر گرفتن دستاوردهای ذکر شده در بالا و با تغییر سریع و مداوم تهدیدهای آتی در سایه فناوری‌های مدرن استفاده شده در پهپادها، در صورت عدم آینده‌پژوهی در این حوزه، نتایج زیر برای صنایع مذکور دور از انتظار نخواهد بود:

س از دست دادن کارایی تجهیزات و سلاح‌های تولید شده قبلی؛ و

س تحمیل هزینه‌های هنگفت به صنایع هوافضا به دلیل عدم شناخت فناوری مناسب و محصول کارا جهت مقابله با تهدیدهای پهپادها.

^۱. USS Cole

مقایسه این پژوهش با سایر تحقیقات انجام شده جنبه‌های نوآوری آن را به شرح زیر مشخص می‌سازد:

- در این پژوهش کوشش شده‌است تا با در نظر گرفتن آینده‌های بدیل، فضای تصمیم‌گیری برای تولید و استفاده محصولات در صنایع دفاعی توسعه یابد؛
- با استفاده از الگوی اولویت‌گذاری پابرجا سبدي برای محصولات دفاعی تعیین می‌شود؛ و
- نگاه به آینده، جایگزین در نظر گرفتن نیاز به پاسخگویی به تهدیدهای هوایی کنونی می‌شود.

در این مقاله، جمع‌آوری مجموعه‌ای از داده‌ها در مورد تهدیدها و قابلیت‌های کنونی و آینده پهپادها صورت می‌گیرد. سپس با ترسیم آینده‌های بدیل عملیات این فناوری (پهپاد)، توسعه فضای تصمیم‌گیری برای تصمیم‌سازان صنایع نظامی در جهت تدوین راهبردهای مناسب برای مقابله با تهدیدهای احتمالی ناشی از پهپادها صورت می‌پذیرد.

مرور مبانی نظری و پیشینه تحقیق

پیشینه پژوهش

در بررسی آثار و دیدگاه برخی از نظریه پردازان نظامی غرب و ره‌نگاشت نظامی آمریکا توسط عبدی و حیدری (۱۳۹۱)، مشخصات زیادی برای جنگ‌های آینده استخراج شده است که از آن جمله می‌توان به عملیات سریع و قاطع، راه اندازی ائتلاف و انجام عملیات مرکب، انجام عملیات غیرخطی، ارزیابی همه جانبه اطلاعاتی، درگیری هم زمان در سطوح سه‌گانه، انجام عملیات پیش‌دستانه، استمرار عملیات تحت هر شرایطی در هر زمانی و مکانی به صورت ناپیوسته و نامتناوب، توسعه صحنه نبرد و نفوذ بر عمق با تکیه بر عملیات روانی، حمله به مراکز ثقل، تهاجم هوایی و موشکی دقیق، مدیریت زمان، کاهش هزینه‌های جنگ، مدیریت آستانه تحمل ملت‌ها، تاکید بر عملیات سایبری و مجازی سازی جنگ، تکیه بر ابزارهای الکترونیکی و مخابراتی، رویکرد شبکه محوری به جنگ، مد نظر قرار دادن ابعاد و جنبه‌های مختلف جنگ نرم و استفاده از توانمندی‌های پهپادها اشاره کرد (حیدری و عبدی، ۱۳۹۱: ۴۷-۷۷).

یکی از پژوهش‌هایی که به بحث حوزه پدافندی در ایران پرداخته است با عنوان «طراحی الگوی اولویت‌گذاری پابرجا در صنایع راهبردی» به چاپ رسیده است. این الگو شامل نه گام اساسی است که با مشارکت صاحب‌نظران و ذینفعان مختلف پدید آمده و تکامل یافته است. مهم‌ترین یافته پژوهش، بهینه‌سازی و ارتقای کیفی این الگو، از طریق اجرای آن در میدان عمل

و در یک صنعت راهبردی در حوزه دفاعی و درمورد سامانه‌های ضد بالگرد آزموده شده است (پدرام، احمدیان و زالی، ۱۳۹۴). در این پژوهش الگوی اولویت‌گذاری پابرجا به خوبی تبیین و مشخص شده است اما از حیث انتخاب مورد کاربردی آن که در زمینه ضدبالگرد است و با توجه به تلاش کشورهای نظامی به جنگ‌های از راه دور، استفاده حداقلی از نیروی انسانی درگیر در میدان جنگ و نیز کاهش هزینه تجهیزات نظامی، افق استفاده از پهپاد بسیار روشن‌تر از بالگرد است. لازم به ذکر است گروهک‌های نظامی نیز به راحتی و با پرداخت هزینه‌ای اندک در مقایسه با هزینه لازم جهت تهیه بالگرد، قادر به دستیابی به فناوری پهپادهای گوناگون برای انجام اهداف مختلف خویش هستند.

در مقاله‌ی دیگری که با عنوان «برنامه‌ریزی منابع دفاعی در شرایط عدم قطعیت^۱»، توسط شش تن از محققان اندیشکده رند^۲ به چاپ رسیده است، نشان می‌دهد که چگونه تصمیم‌گیری پابرجا می‌تواند برای برنامه‌ریزی دفاعی استفاده شود و اینکه می‌تواند انواع اطلاعات تحلیلی را فراهم کند تا وزارت دفاع در سایه شناسایی راهبردهایی پابرجا و انعطاف‌پذیر با وجود پیش‌بینی کردن شکست، به موفقیت دست یابد (Lempert et al., 2017). این پژوهش به کلیات سلاح و مهمات در صنایع دفاعی پرداخته است و اهتمام محققین به بیان روش تصمیم‌گیری معطوف بوده است بدون اشاره به نام تجهیزات و ادوات نظامی، به گونه‌ای که خواننده پژوهش در انتها تنها با مفهوم الگوی مورد نظر نویسندگان آشنا می‌شود بدون اینکه برداشتی از تجهیزات نظامی مورد استفاده داشته باشد.

سامانه‌های ضد پهپاد

فناوری ضد پهپاد که به عنوان فناوری ضد سامانه‌های بدون سرنشین نیز شناخته می‌شوند به سامانه‌هایی اشاره دارند که برای شناسایی و یا رهگیری هواپیماهای بدون سرنشین استفاده می‌شوند. درحالی‌که نگرانی از تهدیدهای امنیتی بالقوه از پهپادهای نظامی و نیز شخصی در حال رشد است یک بازار جدید برای فناوری ضد پهپاد به سرعت در حال ظهور است. تا به امروز حداقل ۲۳۵ عدد از محصولات ضد پهپاد در بازار و یا در حال تحقیق و توسعه برای ورود به بازار شناسایی شده‌اند (Holland, 2018: 1).

1. Defense Resource Planning Under Uncertainty

2. RAND Corporation

سامانه‌های آشکارساز و رهگیر پهپاد

رادار: پهپاد با اثر راداری که از برخورد آن با پالس‌های فرکانسی رادیویی تولید شده توسط رادار، ایجاد شده است، شناسایی می‌شود. این سامانه‌ها اغلب دارای الگوریتم خاصی برای تمایز بین پهپادها و دیگر اجسام کوچک پروازی، مانند پرنده‌ها هستند. تصدیق شده است که با تحلیل امواج میکرو داپلر به دست آمده از رادار چندشاخه، باعث شناسایی و ردیابی هواپیماهای بدون سرنشین با دقت بالا می‌شود (Hoffmann et al., 2016).

امواج رادیویی: هواپیماهای بدون سرنشین معمولاً با کنترلرهای خود در برخی از باندهای فرکانس خاص ارتباط برقرار می‌کنند (Peacock & Johnston, 2013).

تصویری: تشخیص هواپیماهای بدون سرنشین بر اساس تصاویر ویدئویی جسم در زمینه دید رایانه و تشخیص الگو است. یک شی را می‌توان بر اساس ویژگی‌های ظاهر آن شناسایی کرد (Zhang et al., 2016).

مادون قرمز: پهپادها با اثر دمایی خود تشخیص داده می‌شوند (Holland, 2018: 4).

صوتی: شناسایی پهپادها با شناسایی صداهای منحصر به فرد تولید شده توسط موتورهای آنها انجام می‌شود. در محیط عملیاتی سامانه‌های صوتی برای تشخیص به یک کتابخانه از صداها تولید شده توسط پهپادهای شناخته شده تکیه می‌کنند. سامانه‌های صوتی هزینه اجرایی کمی دارند و برای تشخیص محل هواپیماهای بدون سرنشین از الگوریتم پردازش آرایه سیگنال، مانند طبقه بندی سیگنال چندگانه استفاده می‌شود (Christnacher et al., 2016).

حسگرهای ترکیبی: بسیاری از سامانه‌ها انواع مختلف حسگرها را به منظور آرایه تشخیص قوی‌تر با هم ادغام می‌کنند. به عنوان مثال، یک سامانه ممکن است شامل یک حسگر صوتی در کنار یک حسگر نوری باشد. در ضمن اینکه استفاده از عناصر تشخیص چندگانه احتمال تشخیص موفقیت‌آمیز را افزایش می‌دهد (Holland, 2018: 4).

سامانه‌های اختلال گر در عملیات پهپاد

اختلال امواج رادیویی: با تولید حجم زیادی از امواج رادیویی، ارتباط فرکانس رادیویی بین پهپاد و اپراتور آن را مختل می‌کند. هنگامی که لینک رادیویی، که می‌تواند شامل لینک وای فای نیز باشد، قطع شود، پهپاد یا به زمین می‌افتد یا بازگشت به خانه را آغاز می‌کند.

اختلال در سامانه ناوبری جهانی: ارتباط ماهواره‌ای با پهپاد را مانند سامانه موقعیت‌یاب جهانی یا سامانه ماهواره‌ای ناوبری جهانی، که برای ناوبری استفاده می‌شود مختل می‌کند. در صورت قطع ارتباط ماهواره‌ای، پهپاد یا به زمین می‌افتد یا بازگشت به خانه را آغاز می‌کند.

دستکاری: در این یک شیوه، فرد با استفاده از مهارت و تجربه خود به غیر از اپراتور پشه‌پاد، از طریق نرم‌افزار و امواج رادیویی کنترل آن را بدست می‌گیرد.

لیزر: بخش‌های حیاتی و مهم پشه‌پاد توسط امواج لیزر هدف قرار گرفته و باعث می‌شود که آن پرنده سقوط کند.

تور یا دام: برای به دام انداختن پشه‌پاد یا بخش‌های چرخان بیرونی آن کاربرد دارد.

مهمات پرتابه‌ای: استفاده از گلوله و یا موشک و یا دیگر ادوات انفجاری که برای انهدام پشه‌پاد به کار می‌رود.

ترکیب ادوات بازدارنده: تعدادی از سامانه‌های ضد پشه‌پاد از ترکیب عناصر بازدارنده استفاده می‌کنند. بیشترین موارد مرسوم استفاده ترکیبی از پارازیت رادیویی و پارازیت در سامانه نوبری جهانی است که پشت‌سرهم کار می‌کنند (5: ibid).

روش‌شناسی پژوهش

در تقسیم‌بندی پژوهش براساس هدف، اختلاف نظر بین نویسندگان رشته‌های مختلف وجود دارد. عده‌ای در این تقسیم‌بندی به دو نوع تحقیق کاربردی و بنیادی معتقدند. برخی محققین دیگر در این تقسیم‌بندی انواع تحقیق را به سه دسته تقسیم کرده‌اند. مثلاً برخی به تحقیق عملیاتی نیز تأکید دارند (دانایی، فر، الوانی و آذر، ۱۳۸۵). با توجه به اینکه این پژوهش به دنبال آسان کردن عملیات اجرایی و نیز حل چالش‌های بلند مدت است، لذا نوع آن کاربردی است.

روش‌های پژوهش ترکیبی یا پژوهش‌های آمیخته، پژوهش‌هایی هستند که با استفاده از ترکیب دو مجموعه روش‌های پژوهش کمی و کیفی به انجام می‌رسند. یکی از ویژگی‌های تحقیق آمیخته، توالی استفاده از روش‌های پژوهش کمی و کیفی است (بازرگان، ۱۳۸۷). در این تحقیق با توجه به اینکه علاوه بر داده‌های کمی از داده‌های کیفی نیز استفاده شده است، لذا رویکرد این تحقیق آمیخته است و داده‌های کمی و کیفی تحقیق همزمان گردآوری شده است. در این تحقیق با تکیه بر منابع معتبر، ذیل رویکرد کتابخانه‌ای، ادبیات تحقیق گردآوری شده و بستر لازم فراهم شد. پس از این مطالعه، از روش‌های میدانی استفاده شد در این تحقیق علاوه بر پرسش‌نامه، بررسی و پویش اسناد و مدارک در اینترنت به عنوان ابزار گردآوری اطلاعات، استفاده شده است لازم به ذکر است با توجه به حوزه این پژوهش که

نظامی است، اسناد و مدارک کمی یافت شد که بتوان به آن استناد کرد و از آن برای انجام یک تحقیق پر محتوا بهره برد.

جامعه آماری این پژوهش را برخی از متخصصان صنایع دفاعی ایران و شاغل در صنایع هوافضا که در زمینه محصولات پدافند هوایی در گروه خبرگان این حوزه هستند، تشکیل داده‌اند. با توجه به اینکه استفاده از تمام جامعه آماری مورد نظر مقدور نبود، پس به ناچار اقدام به نمونه‌گیری شد. چون پژوهشگر کوشیده تا با تلاش فردی و داوری خویش نمونه‌گیری را انجام دهد، لذا روش نمونه‌گیری هدفمند در این پژوهش مدنظر بوده است. در ضمن با در نظر گرفتن محدودیت مالی و زمانی، تعداد ۱۰ نمونه از جامعه آماری پژوهش انتخاب شده است. در ادامه به تشریح روش پژوهشی بکار رفته در این تحقیق پرداخته شده است.

تشریح روش‌های اولویت‌گذاری

شناسایی اولویت‌های پژوهشی راهبردی، دارای پتانسیل بالایی به منظور کمک به توسعه اقتصادی مطلوب و ارضای نیازهای اجتماعی جامعه است. این درحالی است که استفاده و به‌کارگیری بهینه منابع محدود عمومی، موضوع بسیاری از مطالعات آینده‌پژوهی است (شفیعی و همکاران، ۱۳۷۸). در این تحقیق بررسی ۵ روش از روش‌های متداول اولویت‌گذاری انجام شد که عبارتند از:

۱. ماسکو^۱: یک روش اولویت‌بندی است که در تجزیه و تحلیل کسب و کار، مدیریت پروژه و توسعه نرم افزار، مورد استفاده قرار می‌گیرد تا به درک مشترک با ذینفعان بر اهمیت آنها در تحویل هر یک از نیازها دست یابند (Davis, 2012)؛
۲. ماتریس اولویت‌بندی^۲: ماتریس اولویت‌بندی یکی از ابزارهای رایج و ایده‌آل برای اولویت‌بندی است که در آن موارد منتخب در برابر تعداد زیادی از معیارها در نظر گرفته می‌شوند (Pande et al., 2002)
۳. فناوری‌های کلیدی^۳: از روش فناوری‌های کلیدی برای به‌کارگیری مجموعه‌ای از معیارها جهت سنجش و اندازه‌گیری میزان کلیدی بودن و اهمیت یک فناوری خاص استفاده می‌شود. چرا که به علت محدودیت‌های مالی تحقیق و توسعه‌ای حتی در اقتصادهای

^۱. MoSCoW

^۲. Prioritization Matrix

^۳. Critical Technologies

ثروتمند جهان، نه دولت‌ها و نه صنایع، هیچکدام استطاعت سرمایه‌گذاری در تمامی حوزه‌های پژوهشی را ندارند (Unido, 2004: 119)

۴. تصمیم‌گیری پابرجا^۱: تصمیم‌گیری پابرجا رویکردی کمی در حوزه گسترده علم تصمیم‌گیری است که هدف آن کمک در جهت مدیریت و اتخاذ تصمیم‌های دشوار در شرایط عدم قطعیت است. در این رویکرد تحلیل‌گران با استفاده از مدل‌های رایانه‌ای و داده‌های جمع‌آوری شده، برای توصیف آینده به بهترین شکل، از میان ده‌ها تا هزار مجموعه مختلف مفروضات، برای توصیف نحوه اجرای برنامه‌ها در محدوده آینده احتمالی اجرا می‌کنند (Lempert & Myles, 2007: 109) و

۵. اولویت‌گذاری پابرجا: در این روش، نیازهای سازمان با راهکارهایی پاسخ داده می‌شود که در حالات و احتمالات مختلف مؤثر باشند، تا منافع سازمان با خطر جدی روبه‌رو نشود (پدرام و احمدیان، ۱۳۹۴: ۱۵۲).

نقدی بر روش‌های اولویت‌گذاری

- یکی از چالش‌های روش ماسکو فقدان درجه‌بندی در داخل دسته‌های موجود است. برای مثال، چطور می‌توانیم بدانیم که الزامات مهم‌تر در دسته الزامات از نظر دیگران کدامند؟ ایراد دیگر این روش، داشتن عدم قطعیت در مورد زمان بندی الزامات است. برای مثال، تا چه زمانی یک ویژگی، ایده و یا محصول از نظر مشتری دارای ارزش ناچیز و یا حتی بی‌فایده خواهد بود؟
- محدودیت روش ماتریس اولویت‌بندی این است که اولویت‌بندی را به ارزیابی‌های ذهنی کاربر وابسته می‌کند و در نتیجه برای خروجی‌های این روش باید از یک راهنمای اولویت‌بندی استفاده شود و تیم ارزیابی آن بیشتر مورد ارزیابی قرارگیرد. یکی از ضعف‌های اصلی این روش عدم وجود راه حل برای چگونگی استخراج ایده‌ها و مواردی که نیاز به اولویت بندی دارند، است. لذا می‌توان از این روش به عنوان یک مکمل برای روش‌های دیگر بهره برد.
- در روش فناوری‌های کلیدی تجویزهای نهایی در مورد محصول و فناوری بر اساس تصویر حال شکل گرفته در نظر خبرگان صورت می‌گیرند و از آینده‌های بدیل پیش رو در برابر نیاز مخاطبان سخنی به میان نمی‌آید. از چالش‌های مهم دیگر این روش پرداختن به

^۱. Robust Decision Making (RDM)

ویژگی‌های خود فناوری‌ها بیش از توجه به مقتضیات محیطی (سیاسی، اجتماعی، فرهنگی و ...) است. این در حالی است که در صنایع راهبردی، ارزش یک محصول یا فناوری در برابر مخاطرات محیطی سنجیده می‌شود.

➤ روش تصمیم‌گیری پابرجا همانطور که پیش‌تر اشاره شد دارای پیچیدگی‌های اجرایی بوده که اغلب موجب زمان‌بر شدن و هزینه‌بر داشتن می‌شود. هر دو روش یادشده فناوری‌های کلیدی و تصمیم‌گیری پابرجا، برای اندیشیدن به تعداد زیادی از گزینه‌ها ابداع شده‌اند. هر دو روش خبره‌محور هستند و از رایانه برای تحلیل مسأله کمک می‌گیرند، اما در روش تصمیم‌گیری پابرجا، شبیه‌سازی رایانه‌ای نقش پررنگ‌تری دارد که قابل واگذاری به خبرگان نیست. تفاوت مهم دو روش این است که در روش فناوری‌های کلیدی، تجویزهای نهایی بر اساس تصویر حال صورت می‌گیرند، اما در روش تصمیم‌گیری پابرجا، تجویزهای نهایی بر تصاویر متعدد آینده استوار شده‌اند. در حقیقت روش تصمیم‌گیری پابرجا از آینده‌نگری و بدیل‌اندیشی به نحو شایسته‌تری بهره برده است، اما اتکای این روش به رایانه و پیچیدگی‌های اجرایی، دامنه کاربرد آن را محدود می‌کند.

همانگونه که مشاهده می‌شود، روش تصمیم‌گیری پابرجا برای دستیابی به نتایج پابرجا مفید است، اما دشواری‌هایی دارد که ممکن است زمان و هزینه اجرای آن را بالا برده یا اجرای روش را ناممکن سازند. از این‌رو، هر روشی که بتواند با پرهیز از دشواری‌های خاص تصمیم‌گیری پابرجا، فرآیند اولویت‌گذاری را به پابرجایی بیشتر سوق دهد، برای آینده‌پژوهان و ذینفعان پروژه‌های آینده‌پژوهی جذاب خواهد بود. لذا در این پژوهش از الگوی نوین اولویت‌گذاری پابرجا استفاده شده است که پیچیدگی‌های روش تصمیم‌گیری پابرجا را ندارد و تصمیم‌گیری در آن بر اساس آینده‌های بدیل پیش‌روی سازمان با در نظر گرفتن پابرجایی آنها انجام می‌شود.

گام‌های اجرایی اولویت‌گذاری پابرجا

گام یکم: پیش‌نگری و دورنماسازی

در این گام با استفاده از دیدبانی، روندپژوهی و سناریونویسی، فضایی از حالت‌های بدیل، تهدیدها و فرصت‌های پیش‌رو تصویر می‌شود. با این توصیفات محصول این گام، مواد خام اولویت‌گذاری است (همان: ۱۵۴). در این گام برای دستیابی به محیط پیش‌روی سازمان به مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی منابع معتبر موجود در مقالات و نشریات الکترونیکی پرداخته شد. مشخصات انواع مختلف پهپاد به همراه محصولات متفاوت جهت مقابله با آنها گردآوری شد.

گام دوم: تدوین معیارهای جذابیت و امکان پذیری

معیارهای جذابیت باید تمام وجوه جذابیت موضوع را پوشش دهند، اما با هم همپوشانی نداشته باشند. به عبارتی باید از هم مستقل باشند تا مزیت هر یک از گزینه‌های سازمان به روشنی مشخص شود. شاخص امکان پذیری هم باید معیارهای فرعی داشته باشند و با در نظر گرفتن هزینه‌ها و ریسک‌های هر گزینه، تعیین شوند (همان: ۱۵۶). در جدول (۱) شاخص‌های جذابیت حاصل از پانل خبرگان آمده است.

جدول (۱) شاخص‌های جذابیت

فرماندهی و کنترل	مانورپذیری	آشکارسازی و شناسایی	بقا و تداوم عملیاتی	اخلال و انهدام
ارتباطات داخلی و خارجی کنترل پذیری از راه دور	زمان حاضر به راه و جنگ جابجایی پذیری قابلیت شلیک در حال حرکت	تعداد اهداف قابل رهگیری آشکارسازی در تمام محیط‌ها توانایی تشخیص هدف واقعی و کاذب	پنهان سازی عملیات در تمام شرایط محیطی	پشتیبانی آتش احتمال انهدام هدف تعداد اهداف قابل درگیری همزمان درگیری با هدف خارج از دید مستقیم
تذکر: ویژگی‌های «اخلال و انهدام»، «آشکارسازی» و «بقا و تداوم پذیری»، ویژگی‌های ضروری و اجباری هستند، اما دو ویژگی «مانورپذیری» و «فرماندهی و کنترل»، حتی اگر صفر هم باشند، ارزش کل را صفر نمی‌کنند.				

گام سوم: طراحی و وزن دهی حالت‌های بدیل

با توجه به تصویری که از آینده موجود است، حالت‌های بدیل طراحی می‌شوند. وزن هر حالت یا آینده بدیل، با دو معیار احتمال و شدت اثر سنجیده شده و حالت‌های بدیل وزن دهی می‌شوند. آینده‌های بدیل باید تفاوت ملموسی با هم داشته باشند، اما نباید در تفکیک آنها زیاده‌روی کرد.

گام چهارم: طراحی پرسش‌نامه

با توجه به آینده‌های بدیل بدست آمده چهار پرسش‌نامه برای جذابیت، یک پرسش‌نامه برای امکان پذیری (البته در این پژوهش پرسش‌نامه هزینه که امتیازهایش معکوس امتیازهای امکان پذیری است، طراحی شد بدین معنا که امتیاز بیشتر به معنای امکان پذیری کمتر است) و سه پرسش‌نامه هم برای وزن دهی به آینده‌های بدیل، معیارهای جذابیت و معیارهای امکان پذیری طراحی شده است.

گام پنجم: تعیین روابط ریاضی و طراحی نرم‌افزار

شاخص جذابیت با جمع کردن امتیازهای مربوط به معیارهای فرعی‌اش که توسط خبرگان داده شده، محاسبه می‌شود. رابطه ریاضی که معیارهای فرعی را تجمیع می‌کند همیشه یک جمع ساده نیست. برای معیارهای امکان‌پذیری به ازای تمامی حالات بدیل، جهت جلوگیری از پیچیده‌تر شدن پژوهش، می‌توان یک امتیاز را در نظر گرفت. برآیند ارزش‌های ناشی از صفات و ویژگی‌های هر گزینه با ضرب (جمع لگاریتمی) محاسبه می‌شود؛ به این معنا که گزینه‌ی متعادل بهتر از گزینه‌ی کاریکاتوری است، هر چند که جمع خطی امتیازهایشان برابر باشد.

گام ششم: دریافت امتیاز مربوط به شاخص‌ها از خبرگان

در این گام باید پرسش‌نامه‌های امکان‌پذیری و جذابیت توسط خبرگان پرسش شوند. به ازای هر گزینه و معیار نمره‌ای جداگانه داده می‌شود. در این مرحله پرسش‌نامه‌ها برای تکمیل به خبرگان داده شد و با توجه به اینکه ممکن بود در بعضی از معیارها برداشت‌های متفاوتی بین خبرگان باشد، توضیح شفاهی نیز علاوه بر خلاصه تعاریف معیارها، جهت ایجاد زبان مشترک در بین خبرگان ارائه شد.

گام هفتم: تشکیل سبدهای پابرجا

برای هر حالت آینده، چند گزینه‌ی برتر کدامند؟ پاسخ این پرسش می‌تواند برای شکل دادن به سبدهای پابرجا راهگشا باشد. بر این اساس، تعدادی سبد پابرجا تشکیل می‌شود. سپس بازی با اعداد شروع می‌شود. برای مثال، یک بار ضریب شاخص جذابیت صفر می‌شود تا امکان پذیرترین گزینه‌ها دیده شوند. بار دیگر، ضریب امکان‌پذیری صفر می‌شود تا فقط شاخص جذابیت در شاخص اولویت مؤثر باشد، و جذاب‌ترین گزینه‌ها دیده شوند.

گام هشتم: ارزیابی نهایی و ارائه‌ی توصیه‌های تکمیلی

با مشخص شدن سبدهای برتر، انتخاب نهایی به صورت کیفی انجام می‌شود. پیشنهاد می‌شود که برای ارزیابی کار، کل فرآیند اولویت‌گذاری تا این مرحله، یک بار از ابتدا با خبرگان بررسی شود تا بتوان ادعا کرد که محاسبات ریاضی کمک ذهنی داده‌اند و نتیجه‌ای غریب و دور از انتظار نداشته‌اند.

یافته‌های پژوهش

باتوجه به نوع تحقیق، افق زمانی آن، پابرجایی و سهولت دستیابی به نتایج بدست آمده داده‌های جمع‌آوری شده که از اطلاعات پهبادها و نیز تجهیزات دفاعی لازم برای مقابله با آنها تشکیل شده است، با به‌کارگیری الگوی اولویت‌گذاری پابرجا تجزیه و تحلیل شدند. ابتدا از طریق مطالعه مقالات و تحقیقات انجام گرفته در مورد پهبادها و محصولات ضد پهباد، و نیز روش‌های اولویت‌گذاری، ادبیات و پیشینه تحقیق گردآوری شد. پس از آن به منظور شناسایی معیارهای محصولات ضد پهباد، با مطالعه اسناد و نیز مصاحبه با خبرگان این امر، ۸ معیار جهت رتبه‌بندی و نیز ۴ آینده بدیل تهدید جهت استفاده در روش اولویت‌گذاری این محصولات مطرح شدند. در جدول (۲) نام معیارها به همراه وزن استخراج شده از پرسش‌نامه‌های خبرگان و در جدول (۳) حالت‌های بدیل با شرح مختصر آن آمده است.

جدول (۲) مقدار وزن معیارهای جذابیت و امکان‌پذیری

ویژگی	نماد	مقدار وزن	توضیحات
امکان پژوهش و توسعه فناوری	W_R	۰/۴۵	مجموع وزن‌های معیارهای امکان‌پذیری برابر عدد یک است.
امکان تولید	W_P	۰/۲۶۳	
امکان عملیاتی	W_O	۰/۲۸۷	
اخلال و انهدام	W_K	۰/۵۵۵	مجموع وزن‌های معیارهای جذابیت برابر عدد یک است.
کشف و آشکارسازی	W_D	۰/۱۴	
بقا و تداوم عملیاتی	W_S	۰/۱۸	
مانورپذیری	W_M	۰/۰۶۱	
فرماندهی و کنترل	W_F	۰/۰۶۴	

جدول (۳) حالت‌های بدیل تهدید پهبادها

ردیف	آینده بدیل تهدید	امتیاز (۰ تا ۱)	تشریح مختصر حالت بدیل
۱	تهدید سنگین		هجوم چند جانبه و انفرادی پهبادهای بزرگ در منطقه مسکونی
۲	تهدید سبک		ورود بدون مجوز پهبادهای متوسط و کوچک جهت شناسایی، جاسوسی، آزار و اذیت در مناطق مسکونی
۳	زنگ خطر		حضور بدون مجوز پهبادهای بزرگ و غول پیکر در مناطق غیر مسکونی
۴	هشدار		ورود بدون اجازه پهبادهای متوسط و کوچکتر به مناطق غیرمسکونی

جهت تعیین وزن دهی به معیارها، فرآیند استفاده از ماتریس مقایسه زوجی انتخاب شد. در ضمن گزینه‌های مناسب جهت تعیین سبب محصولات ضد پهپاد برای ارائه به خبرگان در پرسش‌نامه نیز تدوین شدند (شکل ۱). در جدول (۴) نقاط قوت و ضعف گزینه‌های پیشنهادی که به خبرگان داده شده، آمده است.



شکل (۱) نمودار سبب محصولات ضد پهپاد

پس از مشخص شدن وزن معیارها، محصولات مورد نظر بر اساس فرآیند محاسباتی ریاضی نسبت به معیارها اولویت‌بندی شدند.

روابط ریاضی حاکم بر محاسبات

در این تحقیق برآیند ضربی محاسبه شده است. خبرگان ضرایب و امتیازهای هر ویژگی را تعیین کرده و از حاصل ضرب این امتیازها، شاخص جذابیت هر سامانه به ازای هر صحنه‌ی تهدید به دست می‌آید. جمع امتیازهای هر سامانه در تمام تهدیدها، میزان جذابیت آن سامانه را نشان می‌دهد. اگر سامانه‌ای در تمام تهدیدها ارزش بالایی داشته باشد، امتیاز بیشتری به دست خواهد آورد. با مشخص شدن گزینه‌های مستعد و حذف گزینه‌های ضعیف، می‌توان به سوی تشکیل سبد پابرجا حرکت کرد.

در گام بعدی، تحلیل کیفی و ارزیابی کارشناسی آغاز می‌شود. در کنار بحث کیفی، می‌توان از ارزیابی کمی هم برای تعیین ترکیب‌های هم‌افزا استفاده کرد. جذابیت این ترکیب‌ها در هر صحنه‌ی تهدید، برابر جمع جذابیت آن‌ها است. اکنون ترکیب برتر ترکیبی است که برآیند ضربی امتیاز آن در تهدیدهای بدیل، از امتیاز ترکیب‌های دیگر بیشتر باشد. دلیل استفاده از برآیند ضربی این است که سبد ترکیبی نباید در هیچ تهدیدی ناکارآمد باشد.

توان شاخص جذابیت عدد «۳» و توان شاخص امکان‌پذیری عدد «۱» در نظر گرفته شده است، زیرا اهمیت کارکردی بیشتر از اهمیت نیازهای پژوهشی و هزینه‌ها است. جذابیت در هر صحنه‌ی تهدید بدیل، یک بار ارزیابی می‌شوند. بازه‌ی امتیاز برای هر ویژگی، از ۰ تا ۱۰ است. جدول (۲) نماد اختصاری هر مولفه را نمایش می‌دهد.

ویژگی‌های «اخلال و انهدام»، «آشکارسازی» و «بقا و تداوم‌پذیری»، ویژگی‌های ضروری و اجباری هستند، اما دو ویژگی «مانورپذیری» و «فرماندهی و کنترل»، حتی اگر صفر هم باشند، ارزش کل را صفر نمی‌کنند. برای این منظور در جدول نهایی که میانگینی از نظرات خبرگان است عدد ثابت ۱ به این دو معیارهای جذابیت (مانورپذیری و فرماندهی و کنترل) افزوده می‌شود و نتیجه بر عدد ۱/۱ تقسیم می‌شود. لذا با این کار علاوه بر حفظ شدن نظر خبره، در محاسبات در صورت صفر بودن امتیاز گزینه، نتیجه نهایی صفر نمی‌شود.

شاخص امکان‌پذیری (P) از میانگین حسابی وزنی هزینه‌ها به دست می‌آید:

$$P = \frac{W_R C_R + W_P C_P + W_O C_O}{W_R + W_P + W_O} \quad (\text{الف})$$

شاخص جذابیت به ازای هر صحنه، از میانگین هندسی وزنی قابلیت‌های عملیاتی به دست می‌آید:

$$A_i = K^{W_K} D^{W_D} S^{W_S} \times M^{W_M} F^{W_F} \quad 1/W_K \quad W_D \quad W_S \quad W_M \quad W_F \quad (\text{ب})$$

شاخص جذابیت کامل برای هر سامانه (A)، از میانگین حسابی وزنی جذابیت هر صحنه به دست می‌آید:

$$A = \prod_{i=1}^N T_i A_i$$

که در آن A_i وزن هر صحنه‌ی تهدید، T_i وزن نرمال شده در همان صحنه تهدید و N تعداد صحنه‌های تهدید است. ارزش کل، از رابطه‌ی زیر با جذابیت و امکان‌پذیری هر محصول، متناسب می‌شود:

$$V = \sqrt[4]{A^3 P}$$

تمام ضرایب وزنی اعدادی بین صفر و یک هستند. با استفاده از رابطه‌ی ضربی برای محاسبه‌ی ارزش برآیند، فقط نسبت ضرایب مهم است و بزرگی یا کوچکی آن‌ها، ارزش نسبی گزینه‌ها را تغییر نمی‌دهد.

جدول (۴) نقاط قوت و ضعف محصولات ضد پهپاد پیشنهادی

نقاط ضعف	نقاط قوت	محصول
کاربرد چند وجهی - تعدد اهداف درگیر - سرعت اثرگذاری بر میدان نبرد - مقاوم در برابر جمینگ - برد زیاد - اثرگذاری بر اهداف پنهان در پشت موانع - جابجایی آسان - کاربری آسان - کارکرد ۲۴ ساعته	تهدید غیر کشنده - تاثیر منفی موازی بر نیروهای خودی - قابلیت آشکارسازی و انهدام با موشک‌ها و پهپادهای ضد تشعشع	ریزموج پرتوان

<p>زمان آماده به جنگ کم- جابجاپذیری زیاد- دقت و قدرت آتش خوب- استتار خوب (نسبت به برد موثر)- کاربری آسان- شلیک در حرکت</p>	<p>فناوری بالا- هزینه زیاد- برد کم - ناکارآمدی در برابر اقدام متقابل و جمینگ فروسرخ - ناتوانی در هدف قرار دادن اهداف پشت مانع</p>	<p>سامانه‌های موشکی دوش‌پرتاب</p>
<p>کاربرد چند وجهی- زمان آماده به راه و جنگ کم - زمان عکس‌العمل کم- دقت و قدرت آتش زیاد - رهایی از اقدام متقابل (به جز اقدام متقابل ضد رادار) - کاربری تحت شبکه-کارایی در شرایط اقلیمی مختلف- تحرک بالا</p>	<p>هزینه زیاد- برد کم (معمولاً محدود به چهار کیلومتر در کالیبر زیر ۳۰)- ناتوانی در هدف قرار دادن اجسام پشت مانع - ناتوانی در درگیری با اهداف متعدد - شناسایی آسان از سوی دشمن - کاهش و عدم دقت در صورت شلیک در حال حرکت</p>	<p>سامانه‌های پدافند هوایی توپخانه‌ای</p>
<p>دقت آشکارسازی بالا- کاربرد چند وجهی - رهایی از اقدام متقابل (به جز اقدام متقابل ضد رادار) - تعدد اهداف قابل رهگیری و درگیری- زمان عکس‌العمل کم- آگاهی محیطی بالا و طبقه‌بندی خودکار اهداف - برد و ارتفاع زیاد- دقت و قدرت آتش زیاد-قابلیت درگیری با اهداف پشت مانع - جابجاپذیری خوب- کاربری شبکه‌ای-کارکرد در شب و روز</p>	<p>هزینه‌ی بالا- فناوری بالا - محدودیت در شرایط جنگ الکترونیک-شناسایی آسان (در صورت کاربست رادار فعال) - نیاز به نیروی کار متخصص</p>	<p>سامانه ترکیبی (توپ و موشک)</p>
<p>دقت آشکارسازی بالا - تعدد اهداف قابل رهگیری و درگیری - آگاهی محیطی بالا و طبقه‌بندی خودکار اهداف - برد و ارتفاع زیاد- دقت و قدرت آتش زیاد-قابلیت درگیری با اهداف پشت مانع-جابجاپذیری خوب- کاربری شبکه‌ای- کارکرد در شب و روز</p>	<p>هزینه‌ی بالا-فناوری بالا-محدودیت در شرایط جنگ الکترونیک-شناسایی آسان (در صورت کاربست رادار فعال)-نیاز به نیروی کار متخصص</p>	<p>سامانه‌های موشکی راداری</p>
<p>دقت آشکارسازی بالا-تعدد اهداف قابل رهگیری و درگیری-آگاهی محیطی بالا و طبقه‌بندی خودکار اهداف-برد و ارتفاع متفاوت (زیاد و کم)-دقت و قدرت آتش زیاد-قابلیت درگیری با اهداف پشت مانع-جابجاپذیری خوب- کاربری شبکه‌ای-کارکرد در شب و روز</p>	<p>هزینه‌ی بالا-فناوری بالا-محدودیت در شرایط جنگ الکترونیک-شناسایی آسان (در صورت کاربست رادار فعال)-نیاز به نیروی کار متخصص</p>	<p>سامانه‌های موشکی چندگانه</p>
<p>هزینه‌ی شلیک کم-کاربرد چند وجهی-رهگیری اهداف متعدد-زمان عکس‌العمل و حاضر به جنگ کم-تهاجم با سرعت نور-مقاوم در برابر اقدام متقابل-دقت بالا-برد زیاد-کاربری شبکه‌ای</p>	<p>فناوری بالا-هزینه‌ی بالا-شناسایی آسان توسط دشمن (به دلیل خط آتش مستقیم)- ناکارآمدی در شرایط آب و هوایی نامساعد- ناتوانی در انهدام اهداف پنهان در پشت مانع- آلودگی بالای زیست محیطی</p>	<p>لیزر پرتوان</p>
<p>کاربرد چند وجهی-تعدد اهداف درگیر-سرعت اثرگذاری بر میدان نبرد-مقاوم در برابر جمینگ- برد زیاد-اثرگذاری بر اهداف پنهان در پشت</p>	<p>تهدید غیر کشنده-تاثیر منفی موازی بر نیروهای خودی-قابلیت آشکارسازی و انهدام با موشک‌ها و پهپادهای ضد تشعشع</p>	<p>اخلال‌گر زمین پایه</p>

موانع-جابجایی آسان-کاربری آسان-کارکرد ۲۴ ساعته		
کاربرد چند وجهی-تعدد اهداف درگیر-سرعت اثرگذاری بر میدان نبرد-مقاوم در برابر جمینگ-اثرگذاری بر اهداف پنهان در پشت موانع-جابجایی آسان-کاربری آسان-کارکرد ۲۴ ساعته	تهدید غیر کشنده-تأثیر منفی موازی بر نیروهای خودی-قابلیت آشکارسازی و انهدام با موشکها و پهپادهای ضد تشعشع-برد کم	اخلال گر نفری
نا امن سازی فضا-قدرت درگیری با اهداف متعدد-قدرت تخریب بالا-درگیری با اهداف پنهان در پشت مانع-استتار خوب با امکان غافلگیری-تحرک زیاد-کاربری شبکه‌ای	آسیب پذیری در برابر آتش توپخانه‌ی دشمن-محدودیت دقت و عدم امکان محاسبات تأثیرپذیری-محدودیت آب و هوایی فناوری بالا-هزینه‌ی بالا (متناسب با تعداد)-ناکارآمدی در شرایط آب و هوایی نامساعد	دسته پهپاد انتحاری
نا امن سازی فضا-قدرت درگیری با اهداف متعدد-درگیری با اهداف پنهان در پشت مانع-استتار خوب با امکان غافلگیری-تحرک زیاد-کاربری شبکه‌ای	آسیب پذیری در برابر آتش توپخانه‌ی دشمن-محدودیت آب و هوایی-فناوری بالا-هزینه‌ی بالا-ناکارآمدی در شرایط آب و هوایی نامساعد-نیاز به نیروی کار متخصص	پهپاد پلیس

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

پس از بررسی داده‌های کمی و کیفی به دست آمده از پرسش‌نامه‌ها (۵) و نشست ۱۲۰ دقیقه‌ای با خبرگان که برای سنجش آرای خبرگان و صحت سنجی مراحل انجام ارزیابی و کمی سازی داده‌ها انجام شد، نتایج ذیل به دست آمد:

- ✓ سامانه موشکی چندگانه و اخلال گر زمین پایه، هر کدام در دو حالت بدیل مختلف به عنوان بهترین گزینه انتخاب شدند. علیرغم اینکه در دو حالت بدیل بعدی این دو سامانه نتایج ضعیفی داشتند، به نظر می‌رسد که این دو سامانه مکمل خوبی برای هم هستند و دارا بودن هردو آنها تمامی حالت‌های بدیل تهدید را پوشش می‌دهد؛
- ✓ سامانه ترکیبی توپ و موشک که در حالت کلی در مکان سوم است، در بدیل‌هایی رتبه بیشتری دارد که سامانه موشکی چندگانه در آن رتبه یک است. لذا داشتن سامانه ترکیبی توپ و موشک با در نظر گرفتن سامانه موشکی چندگانه، به دلیل شباهت زیاد محصول ضرورتی نداشته و از سبد منتخب حذف می‌شود؛

✓ موشک دوش پرتاب در حالت کلی رتبه چهارم است. این سامانه در سه آینده بدیل از اهمیت کمی برخوردار است، اما در حالت بدیل هشدار رتبه دوم است. لذا وجود آن در سبد منتخب ضروری است؛

✓ سامانه موشکی راداری که در کل رتبه پنجم است. با توجه به اینکه در هیچکدام از آینده‌های بدیل در میان ۵ رتبه نیست و داشتن بدیل قوی‌تر آن (سامانه موشکی چندگانه) از سبد منتخب حذف شده است؛

✓ پدافند هوایی توپخانه‌ای در حالت‌های بدیل هشدار، زنگ خطر و تهدید سبک رتبه بالایی داشته و متمم خوبی نیز برای اخلال گر زمین پایه در این بدیل‌ها خواهد بود. لیکن در سبد منتخب پیشنهاد می‌شود؛ و

✓ پهپاد پلیس علیرغم رتبه کم در سه حالت بدیل، به دلیل داشتن اهمیت بالا (رتبه سوم) در حالت بدیل تهدید سبک و نیز کاربرد چندوجهی خوب (پهپاد می‌تواند یک سامانه آفندی مناسب باشد) در سبد منتخب پیشنهاد می‌شود.

در میان سامانه‌هایی که توسط صاحب‌نظران مطالعه شدند، بعضی سامانه‌ها هستند که هنوز به دوران بلوغ خود نرسیده‌اند. ممکن است با پیشرفت‌ها یا جهش‌های فناورانه در سال‌های آینده، امکان‌پذیری و جذابیت این سامانه‌ها نیز افزایش چشم‌گیری داشته باشد. در رویکرد آینده‌نگر به اولویت‌گذاری، چنین گزینه‌هایی نباید به طور قاطع کنار گذاشته شوند، بلکه به عنوان «سبد محصولات مستعد» مورد توجه سازمان باشند. در این سبد چهار گزینه مطرح می‌شوند: ریزموج پرتوان، لیزر پرتوان، اخلال گر نفری و دسته پهپاد انتحاری.

جدول (۵) رتبه‌بندی محصولات ضد پهپاد

نام سامانه	رتبه‌بندی				
	سنگین تهدید رتبه	تهدید سبک رتبه	زنگ خطر رتبه	هشدار رتبه	امکان‌پذیری (جدول رتبه‌بندی تهدید)
ریزموج پرتوان	۶	۴	۱۰	۵	۶
موشکی دوش‌پرتاب	۱۰	۶	۷	۲	۴
پدافند هوایی توپخانه‌ای	۸	۲	۵	۳	۷
ترکیبی (توپ و موشک)	۳	۸	۳	۷	۳
موشکی راداری	۲	۱۰	۲	۱۰	۵
سامانه موشکی چندگانه	۱	۹	۱	۹	۱
لیزر پرتوان	۴	۵	۱۱	۴	۹
اخلال گر زمین پایه	۵	۱	۴	۱	۲

۱۱	۸	۶	۷	۱۱	اخلال گر نفری
۱۰	۶	۹	۱۱	۹	دسته پهباد انتحاری
۸	۱۱	۸	۳	۷	پهباد پلیس

از مهمترین یافته‌های این پژوهش جنبه نوآوری آن در بخش‌های زیر است؛

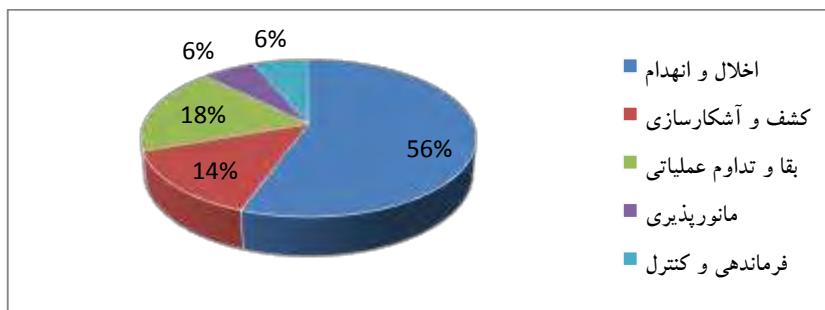
۱. در انتهای انجام این پژوهش، مشخص شد که از بین محصولات مختلف موجود در کشورهای مختلف برای مقابله با پهبادهای، محصولاتی منتخب شدند که اغلب خبره‌های پرسش شونده، نتایج عملی و کاربردی آنها را دیده و یا از صحت و سقم کارایی آن تا حد زیادی مطمئن بودند. این امر بیانگر نوعی کمبود در تفکر آینده نگر در بین پرسش شوندگان در مورد موضوع تحقیق است.

۲. میزان اهمیت آینده‌های بدیل تهدید پهباد با توجه به امتیاز خبرگان و استفاده از میانگین حسابی و نرمال سازی در جدول (۶) آمده است. بر طبق این داده‌ها آینده بدیل «تهدید سبک»، به عنوان مهم ترین تهدید و آینده بدیل «تهدید سنگین»، به عنوان کم ترین اهمیت انتخاب شدند.

جدول (۶) آینده‌های بدیل

نرمال شده	وزن	آینده بدیل
۰/۱۷	۰/۴۱	تهدید سنگین
۰/۳۳	۰/۷۸	تهدید سبک
۰/۲۸	۰/۶۷	زنگ خطر
۰/۲۲	۰/۵۱	هشدار

۳. یافته‌ها نشان داده که رویکرد نتیجه‌گرایی (اخلال و انهدام پهباد) در بین راهبردهای مقابله‌ای دارای تفاوت معناداری با دیگر راهبردها است. طوری که در بین معیارهای جذابیت بیش از نیمی (۵۶ درصد) از اهمیت را به خود اختصاص داد (شکل ۲). در حالی که در چارچوب منطقی پدافندهوایی، کشف و آشکار سازی در ابتدای سلسله مقابله با هر تهدیدی است و دارا بودن اهمیت نسبتاً کم (۱۴ درصد) در نتایج این تحقیق تأمل برانگیز است. در ضمن در تحقیقات مشابه نیز که به معرفی محصولات پدافندی ضد پهباد اشاره کرده‌اند، بیش از توانایی اخلال و انهدام، بر جذابیت آشکار سازی و کشف تمرکز کرده‌اند.



شکل (۲) نمودار درصد وزن معیارهای جذابیت

۴. نتیجه کلی ارزیابی محصولات و استخراج سبد منتخب حاکی از آن است که نقصی که در بالا (اهمیت کم معیار آشکارسازی) پژوهشگر به آن اذعان داشته، پوشش داده شده است و سبد منتخب محصولاتی را در خود جای داده است که علاوه بر قدرت اخلال و انهدام بالا (سامانه موشکی چندگانه)، از توانایی کشف و آشکارسازی بالایی (اخلال‌گر زمین‌پایه) نیز برخوردار هستند. بنابراین می‌توان گفت در صورت به کارگیری صحیح رویکرد اولویت‌گذاری پارجا، اغلب جوانب محیطی موضوع (امکان‌پذیری و جذابیت) به درستی پوشش داده می‌شود و نتیجه کلی چنانچه در نتیجه مشاهده شد، دور از ذهن و غیرمنطقی نخواهد شد.

منابع

- احمدیان، مهدی. پدرام، عبدالرحیم. و زالی، سلمان. (۱۳۹۴). طراحی الگوی اولویت گذاری پابرجا در صنایع راهبردی، نشریه علمی پژوهشی بهبود مدیریت، ۹ (۴).
- بازرگان هرنندی، عباس. (۱۳۸۷). روش تحقیق آمیخته: رویکردی برتر برای مطالعات مدیریت، دانش مدیریت، شماره ۸۱.
- پدرام، عبدالرحیم. و احمدیان، مهدی. (۱۳۹۴). *آموزه‌ها و آموزه‌های آینده پژوهی*، تهران: انتشارات موسسه افق آینده پژوهی راهبردی.
- تدینی، عباس. و کازرونی، مصطفی. (۱۳۹۳). بررسی قواعد بشردوستانه حاکم بر کاربرد پهپادها در مخاصمات مسلحانه، *فصلنامه راهبرد*، ۲۴ (۷۴).
- حیدری، کیومرث. و عبدی، مهدی. (۱۳۹۱). جنگ‌های آینده و مشخصات آن با تحلیلی بر دیدگاه برخی صاحب‌نظران نظامی غرب، *فصلنامه علمی- پژوهشی مدیریت نظامی*، ۱۲ (۴۸).
- دانایی‌فرد، حسن. الوانی، سیدمهدی. و آذر، عادل. (۱۳۹۴). *روش‌شناسی پژوهش کیفی در مدیریت: رویکردی جامع*، تهران: انتشارات صفار.
- دورتمان‌تیز، کورتیس. (۲۰۰۴). *ارزیابی تأثیرات فناوری بر امور دفاعی*، مترجمان: علیپور، وحیده و باشکوه، محمد، تهران: انتشارات مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری دفاعی.
- شفیعی، سعید و همکاران. (۱۳۸۷). *راهنمای آینده‌نگاری فناوری یونید*، تهران: انتشارات مرکز آینده‌پژوهی علوم و فناوری‌های دفاعی.
- عسگری، محمود. (۱۳۹۰). *جنگ نرم عرصه دفاع ملی*، چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه امام صادق (ع).

Altmann, J. (2013). Arms control for Armed Uninhabited Vehicles: an Ethical Issue, *Ethics Inf Technol*, 15 (2): 137-152.

Balamurugan, G., Valarmathi, J. & Naidu V. P. S. (2016). Survey on UAV navigation in GPS denied environments International Conference on Signal Processing, Communication, Power and Embedded System (SCOPES), pp. 198-204.

Bennett Moses, L. (2007). *Recurring Dilemmas: The Law's Race to Keep up with Technological Change*. Sydney: University of New South Wales.

Christnacher, F. & et al. (2016). Optical and Acoustical UAV Detection, Proc. *SPIE Security+ Defense*, vol. 9988, pp. 1-9

Gerald, M. (2014). Unmanned Aerial Vehicles And the Future of Airpower: a Technological Perspective Pointer, *Journal of the singapore armed for ces*, 43 (2): 45-57

- Hoffmann, F. & et al. (2016). *Micro-Doppler Based Detection and Tracking of UAVs with Multistatic Radar*, Proc. IEEE Radar-Conf, Philadelphia, PA, May, pp. 1--6
- Holland, M.A. (2018). *Counter-Drone Systems*. Center for the Study of the Drone at Bard College, February <http://dronecenter.bard.edu/counter-drone-systems/>
- Jackson, B. A. Frelinge, D. R., Lostumbo, M. J. & Button, R. W. (2008). *Evaluating Novel Threats to the Homeland: Unmanned Aerial Vehicles & Cruise Missiles*, RAND Corporation, 2008.
- Lempert, R. J., Myles T. C. (2007). Managing the Risk of Uncertain Threshold Responses Risk Analysis, *RAND Corporation*, 27 (4): 1009-1026.
- Lempert, R. J., Popper, S. W. & Bankes, S. C. (2017). Robust Decision Making: XLRM framework, *Journal of Conservation Planning*, 13 (24).
- Lynn E. D. & et al. (2012). *Armed and Dangerous? UAVs and U.S. Security*, RAND_Corporation, may.
- Pande, P.S., Neuman, R.P., & Cavanagh, R.R. (2002). *The Six Sigma Way Team Fieldbook: An Implementation Guide for Process Improvement Teams*. New York, NY: McGraw-Hill.
- Peacock, M. & Johnstone, M. N. (2013). *Towards Detection and Control of Civilian Unmanned Aerial Vehicles*, Proc. 14th Australian Info. Warfare and Security Conf., Edith Cowan Univ., Perth, Western Australia, Dec, pp. 9~ 15
- Rothe, D. L. & Kauzlarich, D. (2014). *Victims of State Crime*, London, Routledge.
- Sukhankin, S. (2018). The S-400PPantsir Tandem : The New-Old Feature of Russian A2/AD Capabilities, *Eurasia Daily Monitor*, Volume: 15.
- Unido. (2004). *Foresight Methodologies*, Unido Nations Industrial Development Organization, p. 119.
- Zhang, Z. & et al. (2016). *An Intruder Detection Algorithm for Vision Based Sense and Avoid System*, Proc. IEEE ICUAS, Arlington, VA, June, pp. 550--56.