Quarterly Journal Defensive Future Studies
IRI Military Command and Staff University www.dfsr.ir Online ISSN: 2645-7172 Print ISSN: 2588-428x

Needs assessment of low-altitude air defense systems in line with future threats; requirements and features for designing System's

Hadi teimuri [1] | Shahab Rostami [2] ✉ | Ahmad mehdi jamali [3]

1.Researcher in Defense Management, IRI Military Command and Staff University, Tehran, Iran. Email: teimurihadi@gmail.com

2.Assistant Professor of DefenseManagement, IRI Military Command and Staff University, Tehran, Iran. Email: s.rostami@casu.ac.ir

3. Assistant Professor of Defense Management, IRI Military Command and Staff University, Tehran, Iran. Email: a.jamali@casu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research & Science Article

Article history:
Received:
2025-6-10
Received in revised form:
2025-7-28
Accepted:
2025-7-29
Published online:
2026-2-20

Keywords:
Need Assessment, Air Defence, Future Threats System's design

ABSTRACT

Objective: To identify and explain the essential requirements and characteristics in the design of low-altitude air defense systems (LAADS) for the Iranian Army Ground Force (NEZAJA), with a focus on future studies and analysis of emerging threats.

Method: This study employs a mixed-methods approach. Data were collected through interviews with 11 defense experts and a structured questionnaire distributed among 82 specialists. Qualitative data were analyzed using MaxQDA software, and quantitative analysis was conducted using SmartPLS and SWOT analysis for confirmatory factor analysis. The findings revealed that the "Requirements and Characteristics" component includes six key indicators, with the highest factor loading attributed to "System Automation."

Findings: Future-oriented analysis indicates that the efficient design of these systems requires emphasis on automation, rapid response capabilities, network-centric interactions, and the ability to counter hybrid threats such as decoy drones, cyber warfare, and high-speed attacks.

Conclusion: The "Requirements and Characteristics" component plays a pivotal role in enhancing NEZAJA's combat readiness against future threats. These requirements must be developed based on attributes such as real-time responsiveness, integrated recognition, high-level automation, and systemic coordination. The results emphasize that the only effective approach to confronting future threats is through the transformation of technical and operational requirements and the conceptual modernization of these systems.

Cite this article: H,(2025) Needs Assessment of Low-Altitude Air Defense Systems for NEZAJA with a Future-Oriented Approach toward Future Threats", Defensive Future Studies, 10 (39), 69-92.

DOI: https://doi.org/10.22034/dfsr.2025.2063313.19174781-4

CC BY NC ND

Publisher: IRI Military Command and Staff University

Extended Abstract

INTRODUCTION

Geopolitical developments and the emergence of technological threats in the arena of future warfare have made it more evident than ever that it is necessary to review the structure and requirements of air defense systems. Among these, low-altitude air defense systems—which are tasked with ensuring the security of surface units and vital points—will be the most vulnerable to the swift and intelligent threats of the future. Therefore, focusing on the design and deployment of systems with clear operational requirements, up-to-date technical features, and rapid response capability is regarded as a strategic necessity.

This study, focusing on the "requirements and features" component from the perspective of "defense systems," seeks to address this fundamental question: "What key features and requirements should be considered for the low-altitude air defense systems of the Army Ground Forces so that preparedness to confront future threats is relatively assured?"

Utilizing a futures studies approach—drawing on expert panels, as well as qualitative and quantitative data analysis—an effort has been made to consider not only current needs but also the necessities of the future battlefield environment in the conceptual design of these systems. The results of the research can serve as a basis for planning the development of equipment, training personnel, and formulating a future-oriented defensive doctrine for the Army Ground Forces. Therefore, the purpose of this study is to identify and explain the requirements and features influencing the design of low-altitude air defense systems of the Army Ground Forces, with an emphasis on futures studies and the analysis of future threats.

METHODOLOGY

The research is applied in nature, and the research method is a mixed-method approach, conducted in both qualitative and quantitative sections. In the qualitative section, data were collected through interviews with 11 experts (including university professors and operational commanders), as well as the study of documents and records. These data were analyzed using MAXQDA software through thematic analysis. In the quantitative section, a questionnaire was distributed among 82 officers and specialized experts. The reliability of the tool was confirmed by a Cronbach's alpha of 0.872, and confirmatory factor analysis using SmartPLS software was also validated. The SWOT analysis method was employed to identify the weaknesses of air defense systems in order to address these weaknesses, considering current threats and

opportunities. The futures studies method utilized in this research is the expert panel technique, which was used to identify future threats.

RESULT

The findings of the present study indicate that "requirements and features" constitute one of the main pillars in the design and improvement of the Army Ground Forces' low-altitude air defense systems. This component includes four indicators: "technical and operational characteristics," "mission objectives," "threat assessment and weapon allocation," and "level of automation," each of which plays a distinct role in the combat readiness of the units.

Factor loading analysis in SmartPLS showed that the "system automation" indicator, with a value of 0.88, has the highest impact weight. This finding aligns with global literature; for example, Skeer (2018) in his book also emphasizes that the future of warfare will be centered around automated systems, where reactions occur in seconds, and decisions are made without human intervention. In fact, under modern threats such as smart drones, cruise missiles, and high-speed cyber-attacks, a system that waits for human analysis simply cannot be completely reliable.

The "threat assessment and weapon allocation" indicator ranks second with a factor loading of 0.86. This indicator necessitates the use of artificial intelligence algorithms, real-time data analysis from various sensors, and multi-criteria decision-making. Effective implementation of this feature can lead to better utilization of weapon resources and a reduction in unintended damage.

The "technical and operational characteristics" indicator, with a factor loading of 0.84, also demonstrates that agility, accuracy, mobility, resilience, integration, firepower density, and combination are still vital elements in future battles. Especially in asymmetric combat environments, systems without high mobility are easily targeted or removed from the battlefield.

Therefore, the current air defense system is facing a serious challenge within the Army structure. These systems are mostly data-driven, outdated technologies, and lack the capability for automatic detection and engagement with modern threats. The findings of this research also confirm the results of Kiani's (2022) studies, which emphasize the necessity of a complete modernization of air defense artillery. In particular, the integration of these systems with electro-optic sensors and real-time command is considered a strategic necessity.

A comparison of the indicators shows that a future-oriented design of air defense systems can only be effective if:

The level of automation is enhanced so that decisions and actions can be carried out within fractions of a second.

The threat assessment system, instead of being human-centered, becomes data-driven and decision-support algorithms.
The technical features of the system are adapted to future threats (in terms of range, accuracy, mobility, survivability, and multifunction detection).
Traditional artillery systems are redesigned with up-to-date technology and artificial intelligence.

DISCUSSION and CONCLUSIONS

A comparison of the indicators shows that the future-oriented design of air defense systems can only be effective if:
The level of automation is enhanced to the point where decision-making and action are carried out within fractions of a second.
The threat assessment system shifts from being human-centric to being data-driven and decision-support algorithms.
The technical features of the system are adapted to future threats in terms of range, accuracy, mobility, survivability, and multi-role detection.
Traditional artillery systems are redesigned using up-to-date technologies and artificial intelligence.
The results of this research clarify not only the practical aspects of system design but, from a strategic perspective, also inform defense policymakers that future threats require systems designed to be flexible, automated, multi-purpose, and resilient against electronic warfare and cyber threats. Neglecting the modernization of these system requirements could seriously jeopardize the Army Ground Forces' defensive capabilities.
Ultimately, this study emphasizes that the "requirements and features" component must be at the heart of the doctrine for designing future air defense systems and serve as the basis for decision-making regarding technological development and the operational structure of the Army Ground Forces. The requirements and features component plays a central role in increasing the Army's combat readiness against future threats. These requirements should be formulated data-driven characteristics such as real-time response, integrated detection, high-level automation, and system coordination. The findings stress that the only way to counter future threats is through transformation in the technical and operational requirements and conceptual modernization in the design of these systems. Future threats will be complex, diverse, and multidimensional. Therefore, air defense systems must not only be equipped with new technologies, but their requirements structures must also be redefined. This research demonstrates that without attention to indicators such as automation, intelligent weapon assignment, and mission-orientation, effective counteraction against future threats will not be possible.

فصلنامه علمی آینده‌پژوهی دفاعی
http://www.dfsr.ir/
شاپای چاپی ۲۲۵۸-۲۲۵۷ شاپای الکترونیکی ۲۶۴۵-۷۱۷۴
دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا

نیازسنجی سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین نزاجا متناسب با تهدیدهای آینده؛ الزامات و ویژگی‌های طراحی سامانه

هادی تیموری[۱] | شهاب رستمی[۲]✉ | احمدمهدی جمالی[۳]

۱. پژوهشگرمدیریت‌دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش، تهران، رایانامه:teimurihadi@gmail.com
۲. استادیار مدیریت دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستادارتش، تهران، ایران، رایانامه:s.rostami@casu.ac.ir
۳. استادیار مدیریت دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش، تهران، رایانامه:a.jamali@casu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ علمی-پژوهشی

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۳/۲۰
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۵/۰۶
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۵/۰۷
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۱۲/۰۱

کلیدواژه‌ها:
نیازسنجی، پدافندهوائی، تهدیدهای آینده، طراحی سامانه‌ها

چکیده

هدف: شناسایی و تبیین الزامات و ویژگی‌های مؤثر در طراحی سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین نزاجا با تأکید بر آینده‌پژوهی و تحلیل تهدیدات آینده

روش: روش تحلیل آمیخته ، داده‌ها از طریق مصاحبه با ۱۱ نفر از خبرگان دفاعی و همچنین توزیع پرسش‌نامه میان ۸۲ نفر متخصص گردآوری‌شده است. تحلیل داده‌های کیفی با استفاده از نرم‌افزار MaxQDA و تحلیل عاملی تأییدی با نرم‌افزار SmartPLS و تحلیل SWOT انجام شد.

یافته‌ها: تحلیل آینده‌پژوهانه یافته‌ها حاکی از آن است که طراحی کارآمد این سامانه‌ها مستلزم تمرکز بر خودکارسازی، قدرت واکنش سریع، تعامل شبکه‌ای و توان مقابله با تهدیدات ترکیبی آینده همچون پهپادهای کوتاه پرواز و ریزپرنده‌ها، جنگ سایبری و حملات پرسرعت خواهد بود.

نتیجه‌گیری: مؤلفه الزامات و ویژگی‌ها در سامانه‌های پدافند هوایی نقش محوری در افزایش آمادگی رزمی نزاجا در برابر تهدیدات آینده دارد. این الزامات باید بر اساس ویژگی‌هایی چون واکنش بلادرنگ، شناسایی ترکیبی، اتوماسیون سطح بالا و هماهنگی سامانه‌ای طراحی شوند. یافته‌ها تأکید دارند که مهم‌ترین راه‌کار اثربخش مقابله با تهدیدات آینده، تحول در الزامات فنی و عملیاتی و نوسازی مفهومی در طراحی این سامانه‌هاست.

استناد: رستمی، شهاب، جمالی، احمدمهدی، تیموری، هادی؛ (۱۴۰۴). نیازسنجی سامانه‌های پدافندهوائی ارتفاع پائین نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران متناسب با تهدیدهای آینده. آینده‌پژوهی دفاعی، ۱۰ (۳۹)؛ ۶۹-۹۲.
DOI: https://doi.org/10.22034/dfsr.2025.2063313.19174781-405

ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران

CC BY NC ND

مقدمه

تحولات ژئوپلیتیکی و ظهور تهدیدات فناورانه در عرصه نبردهای آینده، اهمیت بازنگری در ساختار و الزامات سامانه‌های پدافند هوایی را بیش از پیش آشکار ساخته است. در این میان، سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین که مأموریت تأمین امنیت یگان‌های سطحی و نقاط حیاتی را بر عهده دارند، بیشترین آسیب‌پذیری را در برابر تهدیدات هوشمند و برق‌آسا آینده خواهند داشت. بر همین اساس، توجه به طراحی و استقرار سامانه‌هایی با الزامات عملیاتی مشخص، ویژگی‌های فنی به‌روز و قابلیت واکنش سریع، ضرورتی راهبردی تلقی می‌شود.

پژوهش حاضر با تمرکز بر مؤلفه (الزامات و ویژگی‌ها) از بعد (سامانه‌های دفاعی)، در صدد پاسخ به این مسئله بنیادین است که: (چه ویژگی‌ها و الزامات کلیدی باید برای سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین نزاجا در نظر گرفته شود تا آمادگی مقابله با تهدیدات آینده به طور نسبی تضمین گردد؟)

با بهره‌گیری از رویکرد آینده‌پژوهی به روش پنل خبرگی و تحلیل داده‌های کیفی و کمی، تلاش شده تا نه‌تنها نیازهای فعلی، بلکه اقتضائات محیط آینده نبرد نیز در طراحی مفهومی این سامانه‌ها در نظر گرفته شود. نتایج تحقیق می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی توسعه تجهیزات، آموزش نیروها و تدوین دکترین دفاعی آینده‌محور در نزاجا باشد.ازاین‌رو هدف از انجام این تحقیق، شناسایی و تبیین الزامات و ویژگی‌های مؤثر در طراحی سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین نزاجا با تأکید بر آینده‌پژوهی و تحلیل تهدیدات آینده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مرور پیشینه و مبانی نظری

اهمیت تحقیق

چنانچه از نتایج پژوهش به‌صورت میدانی استفاده شود، به نظر می‌رسد که نتایج مثبتی به شرح زیر حاصل خواهد شد:

۱ -ضرورت عقلی افزایش آمادگی‌رزمی و ارتقای توان سامانهٔ پدافندهوائی ارتفاع پائین با تأکید بر اصل دقت و سرعت، جهت دفاع در برابر تهدیدهای بالقوه و خطراتی که امنیت ملی، استقلال و تمامیت ارضی کشور را نشانه گرفته (مانند آن‌چه که در جنگ ۱۲ روزه شاهد بودیم).

۲ -انجام این تحقیق از آن جهت حائز اهمیت است که با تبیین نیازمندی سامانهٔ پدافندهوائی ارتفاع پائین نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران در نبردهای آینده، مزیت‌های زیر حاصل می‌شود:

الف: مبانی نظری لازم برای مقابله با تهدیدهای آیندهٔ عملیات، ارائه و به انجام دفاع زمین‌به‌هوا در نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران در نبردهای آینده به شکل علمی کمک می‌کند.

ب: دید روشن و شفاف نسبت به سامانهٔ پدافند هوایی ارتفاع پائین به کارشناسان داده و باعث می‌شود که تا یک سامانهٔ پدافند هوایی مناسب برای مقابله با تهدیدات هوائی شناسائی و انتخاب شود.

پ: معماری و چارچوب سامانه پدافند هوایی ارتفاع پائین، برای مقابله با انواع تهدیدات به‌ویژه هواپیماهای بدون سرنشین، به‌گونه‌ای مشخص می‌شود که بتواند شکل کارآمد از تجهیزات مناسب برای دفاع هوایی خود استفاده نمایند.

ت: موجب ایجاد فهم مشترک و ادبیات یکسان در بین عوامل عملیاتی و طرح ریزی پدافند هوایی در بین نیروهای پدافند هوایی و زمینی خواهد شد.

ث: ارائهٔ این تحقیق، زمینه علمی برای توجه به رشد و ارتقاء متوازن ابعاد و مؤلفه‌های پدافند هوایی کشور را فراهم خواهد نمود و زمینهٔ تقویت اجرای سیاست‌های بازدارندگی دفاعی کشور را فراهم می‌نماید

ضرورت تحقیق:

با عنایت به ظهور فناوری‌های نوین در عرصه‌های مختلف به‌ویژه در صنایع و تجهیزات نظامی، تهدیدات منطقه‌ای و جهانی در ابعاد کمی و کیفی رو به فزونی و درحال‌توسعه است؛ بنابراین ضروری است، به‌منظور ارتقای توان رزمی ارتش جمهوری اسلامی ایران و جلوگیری از غافلگیری نیروهای نظامی در مواجه با توانمندی‌های نوین دفاعی سایر کشورها در شرایط بحرانی، تهدیدات نوین شناسایی و بر مبنای آن توانمندی‌های نیروها ارتقا یابد. توجه ننمودن به نیاز یگان‌های پدافندهوائی نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران، به سامانه‌های به‌روز و متناسب با تهدیدات آینده، خطرهای فزاینده‌ای برای امنیت ملی کشور، به همراه دارد. علاوه‌برآن می‌توان به موارد زیر به‌عنوان اثرات سوء جانبی این مهم، اشاره نمود:

۱ -ضعف اعتماد به نفس فرماندهان و کارکنان، هنگام مواجه با تهدیدهای نوین و فن‌آورانه در میدان نبرد.

۲ -غافلگیری در مقابل تجهیزات نوین متخاصم و عدم قاطعیت فرماندهان در صدور دستورات و اقدامات، در نتیجه به‌وجود آمدن تلفات سنگین انسانی، تجهیزاتی و قبول شکست.

در صورت توجه ننمودن نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران، به نتایج حاصل از این پژوهش، ممکن است امنیت فضای هوائی یگان‌های سطحی این نیرو در شرایط بی‌ثبات و شکننده قرار گیرد. چه‌بسا در لحظات نفس‌گیر نبرد، تجهیزات نوین، دست برتر فرمانده در میدان نبرد باشد و سرنوشت جنگ را مشخص نماید.

۳ -به نظر می‌رسد بی‌توجهی به موضوع تحقیق موجب خواهد شد تا ضمن لاینحل ماندن مسئلهٔ تحقیق، کاستی‌ها و ضعف‌های ناشی از برخوردارنبودن مزیت‌های ذکر شده در بندقبل، در اجرای مأموریت پدافند هوایی خلل به وجود آید.

۴ -پیچیدگی‌های محیط آیندهٔ عملیات، مانع انجام موفقت‌آمیز مأموریت پدافند هوایی خواهدشد.

۵-دید روشن و شفاف نسبت به مقابله با تهدیدهای آینده در کارشناسان ایجاد نخواهد شد.

مرور پیشینه

مطالعات پیشین متعددی در زمینه پدافند هوایی و الزامات سامانه‌های رزمی در سطوح مختلف نزاجا انجام شده است. پژوهش محقق، امیر (۱۳۹۶) با تمرکز بر به‌کارگیری جنگ‌افزارهای پدافند هوایی نیروی زمینی ارتش در شرایط رزمی ناهمتراز، نشان داد که از میان شش شاخص بررسی‌شده، شاخص دقت در اجرای آتش بیشترین نقش را در افزایش اثربخشی عملیاتی ایفا می‌کند.

در راستای تبیین الزامات فنی سامانه‌های موشکی، حکیمی (۱۳۹۸) با بررسی تهدیدات منطقه‌ای و استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره ای اچ پی[1]، بر اهمیت عواملی چون برد، دقت اصابت، نوع سوختو توان عبور از سد دفاعی در طراحی سامانه‌های کوتاه‌برد تأکید کرده است.

شفیع‌پویا، مصیب (۱۳۹۹) در پژوهشی پیرامون به‌کارگیری گردان‌های توپخانه پدافند هوایی ۲۳ میلی‌متری کششی، ساختار به‌کارگیری این سامانه‌ها را در دو بعد ثابت و نیمه‌ثابت و سه بُعد نیروی انسانی، تجهیزات و روابط فرماندهی تحلیل کرد و به ضرورت بازآرایی ساختاری آن‌ها برای عملیات‌های آینده اشاره نموده است.

در مطالعه‌ای دیگر، کیانی، محمد (۱۴۰۱) به بررسی ارتقاء عملکرد گردان‌های توپخانه ۲۳ میلی‌متری شیلکای نزاجا در مقابله با تهدیدات نوپدید پرداخت. نتایج با بهره‌گیری از آزمون کای‌دو نشان داد که ابعاد تجهیزات، سطوح رهبری و عوامل انسانی به‌ترتیب با ضرایب همبستگی ۷۰، ۷۰ و ۷۲ درصد، مؤثرترین عناصر در ارتقاء عملکرد محسوب می‌شوند.

---

1 - AHP

در زمینه مقابله با تهدیدات پهپادی، محمدی، اردشیر (۱۴۰۱) با ارائه الگویی برای پدافند هوایی نیروهای مسلح، ابعاد اصلی شامل حسگرها، سامانه‌های درگیری و فرماندهی و کنترل را تحلیل کرد و ۴۴ شاخص مؤثر در این الگو را احصاء و تأیید نموده است.

پژوهش غفاری وحید (۱۳۹۹) نیز بر امنیت الکترونیکی سامانه فرماندهی و کنترل نیروی هوایی ارتش متمرکز بوده است. وی نشان داده که مؤلفه‌های حفاظت فعال و غیرفعال الکترونیکی، پایداری، برگشت‌پذیری و کاهش آسیب‌پذیری از عوامل کلیدی در ارتقاء امنیت این سامانه‌ها در برابر تهدیدات فرامنطقه‌ای هستند.

در حوزۀ آینده‌پژوهی فناوری‌های دفاعی، ایجابی، ابراهیم (۱۳۹۸) با بهره‌گیری از روش‌های فراترکیب و مدل‌سازی ساختاری تفسیری، چارچوبی برای آینده‌نگاری راهبردی پدافند هوایی تا افق ۱۴۲۰ طراحی کرد که طی آن مؤلفه‌ها، گام‌ها و روابط میان آن‌ها به‌صورت سطح‌بندی‌شده ارائه شده است.

سرانجام، ، نادر (۱۴۰۳) الزامات پدافند هوایی تیپ‌های زرهی نزاجا را در مواجهه با سامانه‌های هدایت‌پذیر از دور بررسی کرد و چهار مؤلفه اصلی شامل کشف و شناسایی، رهگیری، درگیری و کنترل را به‌همراه ۲۲ شاخص کلیدی شناسایی و تحلیل نموده است.

مبانی نظری

در مفهوم کلی، الزامات و ویژگی‌ها در سامانه‌های دفاعی به مجموعه‌ای از مشخصات، توانمندی‌ها و استانداردهایی اطلاق می‌شود که تحقق مأموریت‌های دفاعی را در شرایط محیطی و تهدیدی متنوع تضمین می‌کند(صادقی، کریم، ۱۴۰۲). در ادبیات علمی، به‌ویژه در حوزه پدافند هوایی، این الزامات نه‌تنها متکی بر طراحی فنی بلکه وابسته به اصول عملیاتی، قابلیت هماهنگی و تحرک سامانه‌ای، میزان اتوماسیون و قابلیت پاسخ سریع در شرایط پیچیده عملیاتی و یکپارچگی هستند. الزامات و ویژگی‌های مؤثر در موفقیت این سامانه‌ها به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شوند: الزامات و ویژگی‌ها،اهداف ، اتوماسیون و ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح.(تیموری، هادی، ۱۴۰۴) در فضای نبردهای آینده، الزاماتی چون اتوماسیون بالا، توان کشف و رهگیری چندلایه، ارتباطات امن و بلادرنگو واکنش سریع، اهمیت بالایی خواهند یافت. نظریه‌های موجود در آینده‌پژوهی نظامی از جمله نظریه (سناریوهای تهدید ترکیبی) و (عدم‌قطعیت عملیاتی) تأکید می‌کنند که طراحی سامانه‌های دفاعی نمی‌تواند بر اساس تهدیدات گذشته و یا فعلی صورت گیرد. بر اساس

دیدگاه اسکیر(۲۰۱۸)[1] در کتاب ارتش نیستی[2] ، آینده نبردها با تسلط سامانه‌های خودمختار و تعاملات ماشینی در سامانه‌های جنگی تعریف خواهد شدگورملی(۲۰۲۳).[3] نیز بر تهدید موشک‌های کروز و پنهان‌کار تأکید دارد که موجب تحول در ساختارهای پدافند هوایی می‌شود. از منظر بومی، پژوهش‌های داخلی نظیر صادقی (۱۴۰۲) و طالبیان (۱۳۹۰) بر ناکارآمدی سامانه‌های توپخانه‌ای قدیمی در برابر تهدیدات پرسرعت آینده تأکید دارند. بنابراین الزامات و ویژگی‌های سامانه‌های پدافند هوایی باید نه تنها پاسخگوی تهدیدات کنونی، بلکه سازگار با تهدیدهای آینده هواپایه از جمله پهپادهای هوشمند، جنگ الکترونیک پیشرفته و تسلیحات سایبری نیز باشند.

در این میان، مؤلفه الزامات و ویژگی‌ها در پژوهش حاضر شامل چهار شاخص (ویژگی‌های فنی و عملیاتی)، (اهداف مأموریتی)، (ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح)، (سطح اتوماسیون) است که هر یک به‌صورت علمی تحلیل شده‌اند.

مطالعات داخلی مانند صادقی (۱۴۰۲) و غفاری (۱۴۰۰) بر لزوم بازتعریف الزامات فنی سامانه‌های پدافند هوایی نزاجا با توجه به تهدیدات ترکیبی، تأکید دارند. از نگاه آنان، عوامل کلیدی شامل برد عملیاتی، دقت هدف‌گیری، قابلیت درگیری هم‌زمان با چند تهدید، توان تحرک سامانه و سطح ادغام با سامانه فرماندهی و کنترل و ترکیب با سایر جنگ‌افزارها است. همچنین، ساختار پدافندهوایی باید قابلیت مواجهه با تهدیداتی همچون پهپادهای انتحاری، موشک‌های کروز و اخلال‌گرهای الکترونیکی را داشته باشد (غلامی و اخوت، ۱۳۹۹).

از منظر بین‌المللی،(لامبت،۲۰۲۱) به نقش رو به گسترش اتوماسیون در سامانه‌های پدافند هوایی روسیه پرداخته و تأکید دارد که بدون سطح بالایی از خودکارسازی، سامانه‌ها قادر به واکنش مؤثر در برابر تهدیدات پرسرعت نخواهند بود. گورملی(۲۰۲۳) نیز با اشاره به گسترش موشک‌های کروز با سطح مقطع راداری پایین، طراحی سامانه‌های پدافندی را نیازمند پاسخ‌های چابک، چندمنظوره و قابل بازپیکربندی می‌داند.

هر یک از شاخص‌هایی که در این پژوهش لحاظ شده‌اند به شرح زیر تبیین می‌گردند:

---

1 - Scharre (2018)
2 - Army of None
3 - Gormley (2008)

۱. ویژگی‌های فنی و عملیاتی

به آن دسته از ویژگی‌ها و قابلیت‌هایی اشاره دارند که عملکرد سامانه را در میدان واقعی نبرد تعریف می‌کنند. ویژگی‌هایی همچون تحرک، توده آتش، ترکیب و یکپارچگی جزء مؤلفه‌های بنیادین در این طبقه قرار می‌گیرند.(غفاری، بهزاد، ۱۴۰۳)

تحرک: تحرک یکی از عوامل تعیین‌کننده بقاء سامانه پدافندی خواهد بود. سامانه‌ای که در کوتاه‌ترین زمان قابلیت جابه‌جایی، استقرار و خروج از منطقه تهدید را نداشته باشد، به‌راحتی قابل هدف‌گیری توسط دشمن خواهد بود. مطالعات انجام‌شده در حوزه طراحی سامانه‌های دفاع متحرک، بر نقش حیاتی تحرک تاکتیکی و استراتژیک در ارتقاء ضریب بقاء تأکید دارند (کوپ، ۲۰۲۲).

توده و ترکیب: در جنگ‌های مدرن، تنوع و حجم مناسب تسلیحات در سامانه‌های پدافندی، موجب پوشش دهی گسترده‌تر منطقه، افزایش قدرت بازدارندگی و مقابله هم‌زمان با چندین نوع تهدید می‌شود. ترکیب به‌معنای تنوع نوع سلاح و سنسورهایی است که در یک سامانه تجمیع شده‌اند. به‌عنوان مثال، ترکیب موشک‌های کوتاه‌برد، توپخانه دقیق، سامانه جنگ الکترونیک و رادارهای چندمنظوره، الزامی غیرقابل اجتناب در برابر تهدیدات ترکیبی به شمار می‌رود(لامبت، ۲۰۲۱).

یکپارچگی: یکی از ارکان مؤثر بر کارایی عملیاتی، میزان یکپارچگی سامانه‌های پدافندی با شبکه فرماندهی و کنترل و سایر یگان‌های رزمی است. در نبردهای آینده، مفهوم (دفاع لایه‌ای شبکه‌محور) جایگزین سامانه‌های جزیره‌ای و مستقل خواهد شد (گورملی، ۲۰۲۳) از این رو، یکپارچگی بین عناصر حسگر، تصمیم‌ساز و درگیرشونده در سطح تاکتیکی، عملیاتی و استراتژیک اهمیت حیاتی دارد.

۲. اهداف ماموریتی:

بدون تعیین اهداف مأموریتی واقع‌گرایانه و آینده‌نگر، حتی پیشرفته‌ترین سامانه نیز در اولویت‌بندی تهدیدات دچار خطا خواهد شد. اهداف مأموریتی باید بر مبنای تحلیل سناریوهای تهدید، تعیین نقاط حیاتی قابل دفاع و تبیین مأموریت‌های رزمی (از پایش تا درگیری) تدوین شوند (غفاری، ۱۴۰۰).

(تیموری، هادی، ۱۴۰۴) معتقد است اهداف ماموریتی در حوزه پدافندهوائی ارتفاع پائین به دو دسته کلی تقسیم شده است؛ بنابراین لازم است طراحی سامانه‌های پدافندی با توجه به ماموریت واگذاری صورت پذیرد.

الف) شناسایی تهدید:

عبارت است از کشف کلیه فعالیت‌های پروازی در قلمرو هوایی کشور ایـــران و شناسایی آن‌ها به‌منظور اعلام‌خطر اولیه که این مرحله از مأموریت عملیاتی پدافند هوایی شامل کشف و طبقه‌بندی (شناسایی) است.

ب) فعالیت‌های رزمی:

عبارت است از کلیه اقدامات تاکتیکی برای خنثی کردن تهدیدات احتمالی دشمن که این مرحله از مأموریت عملیات پدافند هوایی شامل رهگیری و انهدام هدف است.

۲. سطح اتوماسیون

لازم است در زمینه‌های قدرت کشف و رهگیری، دقت آتش، مقاومت الکترونیکی، سطح مقطع راداری و توان بقای سامانه با استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و یا واحدهای خودمختار، سطح اتوماسیون سامانه پدافندهوائی را ارتقا داد. به‌ویژه با رشد استفاده از مهمات هوشمند و موشک‌های پنهان‌کار، سامانه پدافندی باید از ویژگی‌هایی چون کشف چندطیفی (راداری، فروسرخ، صوتی) برخوردار باشد. به گفته(گورملی، ۲۰۲۳)، در برابر تهدیدات ارتفاع پائین، سامانه‌هایی که تنها به رادار متکی‌اند، به‌راحتی ناکارآمد خواهند شد.

سطح اتوماسیون سامانه‌های پدافندی در آینده به سطوح ۴ و ۵ نزدیک خواهد شد، جایی که نه‌تنها تصمیم‌گیری بلکه واکنش درگیری نیز بدون دخالت انسان انجام می‌شود. پژوهش ویلسون(۲۰۲۰) بر این باور است که (سرعت تصمیم) عامل تعیین‌کننده در شکست یا پیروزی در میدان نبرد آینده است. اتوماسیون وابستگی به تصمیم‌گیری انسانی را کاهش داده و سبب ارتقاء سرعت، دقت و اعتمادپذیری عملکرد می‌شود.

آموزش اپراتورها برای کار با سامانه‌های با سطح اتوماسیون بالا، نیازمند تغییر بنیادین در محتوای آموزشی و ساختار تمرینی است. تجربیات ارتش‌های پیشرفته نشان می‌دهد که ناتوانی در تطبیق منابع انسانی با سامانه‌های پیشرفته، خود می‌تواند به یک تهدید داخلی تبدیل شود(لامبت، ۲۰۲۱).

۴. ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح:

طراحی سیستم‌های پدافند آینده مستلزم بهره‌مندی از سامانه‌های تخصیص هوشمند منابع[1] است که بر اساس حجم، نوع، مسیر و رفتار هدف، بهترین نوع تسلیحات را انتخاب و تخصیص دهند. این توانایی نیازمند ترکیب الگوریتم‌های هوش مصنوعی با داده‌های سنسوری است(اسکیر، ۲۰۱۸).

سامانه‌های توپخانه‌ای باید توان انطباق با داده‌های هدف‌گیری بلادرنگ، حسگرهای مستقل و سرعت بالا در چرخش و درگیری داشته باشند. در حالی که سامانه‌های موشکی نیازمند توان درگیری چندهدفه، تطبیق با جنگال، برد و دقت بالا، مانورپذیری و مقاومت در برابر ضدتسلیحات هستند (صادقی، ۱۴۰۲).

جمع‌بندی نظری

طبقه‌بندی الزامات در سه بعد عملیاتی، فناورانه و سازمانی، نشان می‌دهد که برای مقابله با تهدیدات آینده، سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین نیازمند بازتعریف در شاخص‌های بنیادین خود هستند. به‌ویژه در محیط نبردهای غیرهم‌سطح، تنها سامانه‌هایی که الزاماتشان بر مبنای داده‌های محیطی، پیش‌بینی تهدید و سرعت واکنش تنظیم شده باشند، توان ادامه مأموریت را خواهند داشت. مدل مفهومی تحقیق بر این اساس بنا نهاده شده است که شاخص‌های ذکرشده هر یک در یکی از این سه بعد قابل تبیین بوده و نقش کلیدی در اثربخشی سامانه ایفا می‌کنند.

معرفی سامانه‌های ایده‌آل جهانی

برابر پژوهش‌های انجام شده به‌نظر می‌رسد سامانه‌های زیر، در مقابل تهدیدهای ارتفاع پائین آینده ایده‌آل خواهندبود:

سامانه ناسامس[2] (نروژ/آمریکا)، پنتسیر اس-۱ [3](روسیه) و اسکای سابر[4](بریتانیا) اشاره کرد.

---

1 -Smart Resource Allocation Systems
2 - NASAMS
3 - Pantsir-S1
4 - Sky Sabre

ناسامس یک سامانه مدرن با برد کوتاه و متوسط و ساختار کاملاً شبکه‌محور است که قابلیت شناسایی و انهدام هم‌زمان چند هدف از طریق پیوند داده‌های بلادرنگ میان حسگرهای مختلف را داراست. اتوماسیون بالا، یکپارچگی با سایر سامانه‌ها و تحرک تاکتیکی از شاخص‌های کلیدی این سامانه است.(گورملی، ۲۰۲۳).

پنتسیر اس-۱ ترکیبی از توپ و موشک است که برای درگیری با اهداف در برد نزدیک تا متوسط طراحی شده است. این سامانه به‌دلیل ترکیب توپ‌های ۳۰ میلی‌متری و موشک‌های سطح به هوا، نمونه‌ای از (ترکیب و توده) مؤثر به شمار می‌رود، اما سطح اتوماسیون آن در مقایسه با ناسام-اس پایین‌تر است.

اسکای سابربه‌عنوان یکی از جدیدترین سامانه‌های بریتانیا، تمرکز بالایی بر یکپارچگی عملیاتی و تحلیل تهدید در سطح راهبردی دارد. این سامانه دارای رادار فعال چندگانه و اتوماسیون سطح بالا بوده و با بهره‌گیری از موشک کم[1] توان درگیری با اهداف سریع، کوچک و جنگال‌محور را دارد (گورملی، ۲۰۲۳).

یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که سامانه‌های موفق جهانی، در سه محور تحرک‌پذیری، اتوماسیون و ترکیب چندسلاحی مشترک هستند(تیموری و همکاران، ۱۴۰۴: ۱۹۸)

روش‌شناسی

نوع تحقیق کاربردی، روش تحقیق به صورت آمیخته[2]و در دو بخش کیفی و کمی انجام شده است. در بخش کیفی، داده‌ها از مصاحبه با ۱۱ خبره شامل استادان دانشگاهی و فرماندهان عملیاتی، ۴ نفر از خبرگان بین‌المللی و همچنین مطالعه اسناد و مدارک، استخراج و در نرم‌افزار مکس کیودا[3] تحلیل محتوا شده‌اند. در بخش کمی، پرسش‌نامه بین ۸۲ نفر از افسران و کارشناسان تخصصی توزیع شد. پایایی ابزار با آلفای کرونباخ ۰.۸۷۲ و تحلیل عاملی تأییدی با نرم‌افزاراسمارت پی ال اس[4] تأیید شد. همچنین از روش تحلیل اس دبلیو ا تی[5] به منظور یافتن نقاط ضعف سامانه‌های پدافندی به منظور مرتفع نمودن نقاط ضعف با توجه به تهدیدها و فرصت‌های موجود استفاده گردیده است. روش

---

1 - CAMM
2 - Mixed Method
3 - MaxQDA
4 - SmartPLS
5 -SWOT

آینده‌پژوهی این پژوهش، پنل خبرگی است که به منظور احصاء تهدیدهای آینده استفاده گردیده است.

به علت اینکه محقق، دور از هرگونه استنتاج ذهنی با استفاده از اسناد و مدارک، پاسخ‌های صاحب‌نظران به سؤالات مطرح‌شده در مصاحبه و بررسی نتایج آماری حاصله از پاسخ‌های پرسش‌نامه، به تحلیل واقعیت‌های موجود پرداخته و نتایج را آن‌گونه که هست توصیف نموده و سپس به دنبال چیستی نیازهای سامانه پدافندهوائی ارتفاع پائین رفته، لذا روش تحقیق توصیفی است؛ از طرفی چون یافته‌های این تحقیق را به سازمان‌های دیگر چه نظامی و چه شخصی نمی‌توان تعمیم داد پس‌زمینه‌ای موردی خواهد بود. روش آینده پژوهانه مورد استفاده در این پژوهش پنل خبرگی است.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

نتایج نشان می‌دهد که شاخص (اتوماسیون) بیشترین بار عاملی را دارد که دلالت بر ضرورت ارتقاء سطح اتوماسیون سامانه‌ها دارد. در مقابل، سامانه‌های توپخانه‌ای فعلی از نظر فناوری عقب‌مانده‌اند و نمی‌توانند پاسخگوی تهدیدات پرشتاب و چندمنظوره باشند. به‌طور کلی، نیاز به ادغام حداکثری حسگرها، درگیری چندلایه و فرماندهی و کنترل شبکه‌محور از مهم‌ترین اولویت‌ها در طراحی آینده‌پایه سامانه‌های پدافند هوایی است

جدول شماره۱- تحلیل مؤلفه (الزامات و ویژگی‌ها)

ردیف	شاخص	بار عاملی	گزاره‌های کلیدی	تحلیل
۱	ویژگی‌های فنی و عملیاتی	۰/۸۴	(اگر سیستم سریع و خودکار نباشد، علیه پهپادهای هجومی عملاً کارایی ندارد)	ضرورت طراحی سامانه‌هایی با قابلیت کشف سریع، واکنش بلادرنگ، کاهش سطح مقطع راداری و تحرک بالا برای مقابله با پرنده‌های هوشمند آینده.
۲	اهداف مأموریتی	۰/۷۹	(هدف مأموریتی باید متناسب با تهدید نوظهور تدوین شود نه تهدید کلاسیک)	نیاز به بازتعریف مأموریت‌ها با تأکید بر درگیری با تهدیدات ترکیبی، شناسایی تهدیدات سایبری و شناختی.

ردیف	شاخص	بار عاملی	گزاره‌های کلیدی	تحلیل
۳	ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح	۰/۸۶	سامانه‌ای که خودش نتواند تخصیص تسلیحاتی انجام دهد در جنگ آینده بی‌معناست	طراحی الگوریتم‌های تخصیص هوشمند منابع بر اساس داده‌های بلادرنگ چندمنبعی و تهدیدات متحرک و .
۴	سطح اتوماسیون سامانه	۰/۸۸	در آینده، اپراتور فقط باید نظارت کند نه درگیری مستقیم داشته باشد	سامانه‌های آینده باید از سطح ۴ اتوماسیون (مداخله انسانی حداقلی) برخوردار باشند تا در محیط پرآشوب عملکرد قابل اعتماد داشته باشند.

- **بالاترین بار عاملی** مربوط به شاخص (اتوماسیون سامانه) است (۰.۸۸)، که نشان‌دهنده اهمیت تصمیم‌گیری اتوماسیون در سامانه‌های پدافندهوائی است.
- تطابق یافته‌های کیفی با نتایج اسمارت پی‌ال‌اس نشان می‌دهد الزامات و ویژگی‌های سامانه پدافندهوائی ارتفاع پائین باید متناسب با تهدیدهای آینده تعریف شود. این مهم به‌درستی توسط خبرگان تأکید شده است.

جدول شماره۲ – تحلیل بارهای عاملیSmartPLS

ردیف	بار عاملی	تحلیل	کدهای انتخابی
۱	۰/۸۴	نیاز به تحرک، ماندگاری، دقت بالا و کشف ترکیبی	ویژگی‌های فنی و عملیاتی
۲	۰/۷۹	تعیین اهداف قابل انطباق با سناریوهای تهدید	اهداف مأموریتی
۳	۰/۸۶	نیاز به سامانه‌های هوش مصنوعی برای تخصیص بلادرنگ	ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح
۴	۰/۸۸	کاهش وابستگی به انسان، تصمیم‌گیری مستقل	سطح اتوماسیون سامانه

- تحلیل فوق نشان می‌دهد اتوماسیون با بار عاملی ۰/۸۸، تاثیرگزارترین عامل بر مؤلفه تحقیق(الزامات و ویژگی‌ها) جهت طراحی سامانه‌های پدافندهوائی متناسب با تهدیدهای آینده است.

تحلیل اس-دبلیو-اُ-تی[1] برای الزامات پدافند هوایی ارتفاع پایین

یکی از راه‌کارهای مفید برای تحلیل جامع، استفاده از چارچوب **SWOT**است. بر اساس داده‌های پژوهش مصاحبه با خبرگان و پرسش‌نامه‌های جمع‌آوری شده و بوسیله کدگذاری باز، محوری و گزینشی تحلیل شدند تا عوامل کلیدی شناسائی و در چهار طبقه **SWOT** قرار گیرند. این تحلیل نه صرفاً ابزاری توصیفی، بلکه روشی آینده‌نگر، تلفیقی و راهبرد محور است که با تلفیق داده‌های کیفی و تجربی، به تدوین توصیه‌های دفاعی و طراحی الزامات سامانه پدافندهوائی مدرن کمک شایانی نموده است. در ادامه به طور مختصر به متدولوژی استفاده از این ابزار در این پژوهش پرداخته شده است.

تعریف چارچوب مفهومی:

قوت‌ها:

وجود دانش بومی اولیه در حوزه طراحی سامانه‌های کوتاه‌برد

ظرفیت تجربه میدانی در مأموریت‌های رزمی نزاجا

زیرساخت‌های موجود در رادار و فرماندهی و کنترل منطقه‌ای

ضعف‌ها:

پایین بودن سطح اتوماسیون سامانه‌های توپخانه‌ای

نداشتن الگوریتم‌های تخصیص تهدید و سلاح در زمان واقعی

نبود تحرک کافی در بسیاری از سامانه‌های فعلی

فرصت‌ها:

دستیابی به فناوری‌های بومی جنگال، رادار آرایه فازی و حسگرهای اپتیکی

ارتقاء ظرفیت تحقیقاتی دفاعی کشور از طریق هم‌افزایی صنعت و دانشگاه

امکان طراحی سامانه‌های ترکیبی مبتنی بر تجارب جهانی

---

1 - SWOT

تهدیدها:

گسترش پهپادهای انتحاری و گله‌ای در محیط پیرامونی کشور
پیچیدگی تهدیدات سایبری و جنگال پیشرفته
افزایش شتاب و غافلگیری در عملیات‌های خصمانه

گردآوری داده‌های اولیه:

- مصاحبه با خبرگان حوزه پدافندهوائی در نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران
- مصاحبه با خبرگان بین‌المللی حوزه پدافندهوائی، فرماندهی و کنترل
- پاسخ‌نامه‌های جمع‌آوری شده از ۸۲ نفر از متخصصان عملیاتی و فنی حوزه پدافندهوائی
- بررسی منابع علمی و مطالعات آینده پژوهانه(مانند گورملی)

کدگذاری و طبقه‌بندی محتوا:

با استفاده از نرم‌افزار مکس‌کیودا داده‌های کیفی مصاحبه‌ها و منابع به صورت کدگذاری باز، محوری و گزینشی تحلیل شدند تا عوامل کلیدی شناسائی و در چهار دسته این تحلیل قرار گیرد. این مرحله از تحلیل موجب گردید تا قوت‌ها و ضعف‌های داخلی به دقت از فرصت‌ها و تهدیدهای بیرونی تفکیک شوند.

جدول شماره۳- ترسیم ماتریس SWOT

SWOT	محتوا
قوت	وجود دانش بومی اولیه در حوزه طراحی سامانه‌های کوتاه‌برد ظرفیت تجربه میدانی در مأموریت‌های رزمی نزاجا زیرساخت‌های موجود در رادار و فرماندهی و کنترل منطقه‌ای
ضعف	پایین بودن سطح اتوماسیون سامانه‌های توپخانه‌ای نداشتن الگوریتم‌های تخصیص تهدید و سلاح در زمان واقعی نبود تحرک کافی در بسیاری از سامانه‌های فعلی
فرصت	دستیابی به فناوری‌های بومی جنگال، رادار آرایه فازی و حسگرهای اپتیکی

SWOT	محتوا
	ارتقاء ظرفیت تحقیقاتی دفاعی کشور از طریق هم‌افزایی صنعت و دانشگاه امکان طراحی سامانه‌های ترکیبی مبتنی بر تجارب جهانی
تهدید	گسترش پهپادهای انتحاری و گله‌ای در محیط پیرامونی کشور پیچیدگی تهدیدات سایبری و جنگال پیشرفته افزایش شتاب و غافلگیری در عملیات‌های رزمی

استخراج نتایج:

نتیجه تحلیل **SWOT** با تطبیق قوت‌ها با فرصت‌ها، قوت‌ها با تهدیدها، ضعف‌ها با فرصت‌ها و ضعف‌ها با تهدیدها نتایج زیر حاصل شد:

اس-اُ: الزامات و ویژگی‌ها باید به‌گونه‌ای طراحی شود که از فرصت‌های فناورانه و مزیت‌های عملیاتی بهره‌برداری کند.

دبلیو-تی: ضعف‌های ساختاری را به کمک راه‌حل‌های اتوماسیونی و طراحی ترکیبی پوشش دهد.

بحث و نتیجه‌گیری:

یافته‌های پژوهش حاضر حاکی از آن است که (الزامات و ویژگی‌ها) یکی از ارکان اصلی در طراحی و ارتقاء سامانه‌های پدافند هوایی ارتفاع پایین نزاجا محسوب می‌شود. این مؤلفه شامل ۴ شاخص (ویژگی‌های فنی و عملیاتی)، (اهداف مأموریتی)، (ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح)، (سطح اتوماسیون) است که هر یک به شکلی در آمادگی رزمی یگان‌ها نقش ایفا می‌کنند.

تحلیل بارهای عاملی در اسمارت پی‌ال‌اس نشان داد که شاخص (اتوماسیون سامانه) با مقدار ۰.۸۸ دارای بالاترین وزن تأثیر است. این یافته با ادبیات جهانی هم‌راستا است؛ (اسکیر، ۲۰۱۸) نیز در کتاب خود تأکید می‌کند که آینده نبردها با محوریت سامانه‌های خودکار شکل خواهد گرفت، جایی که واکنش در مقیاس ثانیه و تصمیم‌گیری بدون مداخله انسانی صورت می‌گیرد. در واقع، در شرایط تهدیدات نوین مانند پهپادهای هوشمند، موشک‌های کروز و حملات پرسرعت سایبری، سامانه‌ای که منتظر تحلیل انسانی بماند، به طور کامل قابل اطمینان نخواهد بود.

در رتبه دوم شاخص (ارزیابی تهدید و تخصیص سلاح) با بار عاملی ۰.۸۶ قرار دارد. این شاخص مستلزم به‌کارگیری الگوریتم‌های هوش مصنوعی، تحلیل بلادرنگ داده‌ها از حسگرهای مختلف و تصمیم‌سازی چندمعیاره است. پیاده‌سازی مؤثر این ویژگی می‌تواند سبب بهره‌وری بیشتر از منابع تسلیحاتی و کاهش خسارات ناخواسته شود.

شاخص (ویژگی‌های فنی و عملیاتی) با بار عاملی ۰.۸۴ نیز نشان می‌دهد که هنوز چابکی، دقت، تحرک‌پذیری و پایداری سامانه‌ها ، یکپارچگی ، توده آتش و ترکیب، عناصر حیاتی در نبردهای آینده خواهند بود. به‌ویژه در محیط‌های رزمی ناهمتراز، سامانه‌هایی که تحرک بالایی ندارند، به‌راحتی مورد هدف قرار می‌گیرند یا از صحنه نبرد حذف می‌شوند .

لذا سامانه پدافندهوائی موجود با چالشی جدی در ساختار نزاجا روبرو است. این سامانه اغلب مبتنی بر فناوری‌های قدیمی است و فاقد قابلیت شناسایی و درگیری خودکار با تهدیدات نوین هستند. یافته‌های این پژوهش مؤید نتایج مطالعات کیانی (۱۴۰۱) نیز هست که بر لزوم نوسازی کامل توپخانه‌های پدافندهوایی تأکید دارد. به‌ویژه، ادغام این سامانه‌ها با حسگرهای الکترواپتیکی و فرماندهی بلادرنگ یک ضرورت راهبردی به شمار می‌رود.

مقایسه شاخص‌ها نشان می‌دهد که طراحی آینده‌پایه سامانه‌های پدافند هوایی، تنها در صورتی می‌تواند مؤثر واقع شود که:

سطح اتوماسیون به گونه‌ای ارتقاء یابد که تصمیم‌گیری و اقدام در کسری از ثانیه انجام شود.

سیستم ارزیابی تهدید به‌جای انسان‌محور بودن، مبتنی بر الگوریتم‌های تصمیم‌یار و داده‌محور شود.

ویژگی‌های فنی سامانه با تهدیدات آینده (از نظر برد، دقت، تحرک، بقاء و کشف چندمنظوره) تطبیق داده شود.

سامانه‌های سنتی توپخانه‌ای با فناوری روز و هوش مصنوعی بازطراحی شوند.

نتایج این پژوهش نه‌تنها ابعاد کاربردی طراحی سامانه را روشن می‌سازد، بلکه از منظر راهبردی به سیاست‌گذاران دفاعی اعلام می‌دارد که تهدیدهای آینده نیازمند سامانه‌هایی با طراحی انعطاف‌پذیر، خودکار، چندمنظوره و مقاوم در برابر جنگال و تهدیدات سایبری‌اند. غفلت از نوسازی الزامات این سامانه‌ها، می‌تواند توان دفاعی نزاجا را به‌طور جدی با مخاطره مواجه سازد.

در نهایت، این تحقیق تأکید می‌کند که مؤلفه (الزامات و ویژگی‌ها) باید در قلب دکترین طراحی سامانه‌های پدافند هوایی آینده قرار گیرد و مبنای تصمیم‌سازی برای توسعه فناورانه و ساختار عملیاتی نیروی زمینی ارتش باشد. مؤلفه الزامات و ویژگی‌ها در سامانه‌های پدافند هوایی نقش محوری در افزایش آمادگی رزمی نزاجا در برابر تهدیدات آینده دارد. این الزامات باید بر اساس ویژگی‌هایی چون واکنش بلادرنگ، شناسایی ترکیبی، اتوماسیون سطح بالا و هماهنگی سامانه‌ای طراحی شوند. یافته‌ها تأکید دارند که تنها راه مقابله با تهدیدات آینده، تحول در الزامات فنی و عملیاتی و نوسازی مفهومی در طراحی این سامانه‌هاست. تهدیدات آینده، پیچیده، متنوع و چندبعدی خواهند بود. از این‌رو سامانه‌های پدافند هوایی باید نه‌تنها به فناوری‌های نو مجهز باشند، بلکه ساختار الزامات آن‌ها نیز باید بازتعریف شود. پژوهش حاضر اثبات می‌کند که بدون توجه به شاخص‌هایی نظیر اتوماسیون، تخصیص هوشمند سلاح و مأموریت‌محوری، امکان مقابله مؤثر با تهدیدهای آینده وجود ندارد.

پیشنهادها:

معاونت عملیات نزاجا:

ارتقاء سامانه‌های توپخانه‌ای با حسگرهای الکترواپتیکی و هوش مصنوعی

تدوین الزامات مأموریتی قابل تغییر با سناریوهای تهدید ترکیبی

پیاده‌سازی الگوریتم‌های تخصیص سلاح در بستر بلادرنگ شبکه‌محور

معاونت تربیت و آموزش نزاجا:

آموزش تخصصی اپراتورها برای مدیریت سامانه‌های خودکار

اهم محدودیت‌هایی که پژوهشگر در این تحقیق با آن‌ها مواجه بود:

۱- برخی از اطلاعات و منابع موردنیاز برحسب ماهیت اسناد نظامی و جامعه هدف دارای طبقه‌بندی و دسترسی به آن‌ها مشکل و بعضاً ناممکن بود.

۲- دسترسی به برخی از خبرگان با توجه به مشغله کاری ایشان ممکن نگردید.

۳- مسئولیت سنگین و تراکم کاری فرماندهان و مدیران عالی‌رتبه انجام مصاحبه را با مشکل مواجه می‌نمود، به‌طوری که با مراجعات مکرر انجام مصاحبه ممکن گردید.

۵- نبود منابع کافی و در دسترس در حوزه پدافندهوائی

توصیه‌های کلیدی برای سیاست‌گذاران دفاعی

۱- تشکیل کارگروه تخصصی آینده‌پژوهی تهدیدات هواپایه با مشارکت مشترک نیروهای مسلح و مراکز علمی

۲- تدوین برنامه بلندمدت برای ارتقاء سطح اتوماسیون سامانه‌ها و کاهش مداخلات انسانی در چرخه شناسایی تا درگیری

۳- اولویت‌دهی به تحقیق و توسعه در حوزه سامانه‌های چندلایه، شبکه‌محور و مجهز به حسگرهای چندطیفی

۴- بازنگری در آموزش و دکترین‌های رزمی به‌نحوی که تطابق‌پذیری با تهدیدات ترکیبی آینده فراهم گردد

۵- سرمایه‌گذاری راهبردی در توسعه زیرساخت‌های فرماندهی و کنترل امن و قابل اطمینان با مقاومت سایبری بالا

تشکر و قدردانی

نگارنده بر خود لازم می‌داند از تمامی استادان محترم، فرماندهان ارشد و کارشناسان گرانقدر پدافند هوایی نزاجا که در مراحل گردآوری داده‌ها و تحلیل‌های میدانی این تحقیق مشارکت داشتند، صمیمانه قدردانی نماید. همچنین از همکاری علمی دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا در فرآیند تأیید و هدایت پژوهش نهایت سپاسگزاری را دارد. از حمایت معنوی جناب آقای دکتر وحدانی‌نیا، همکاران علمی یا داوران ناشناس (نشریه آینده‌پژوهی دفاعی)، که در خصوص ویراستاری و چاپ مقاله همکاری نمودند، کمال سپاسگزاری را دارد.

تضاد منافع:

بدین وسیله نویسنده تصریح می‌نماید که هیچ گونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

منابع

احمدیان، علی‌اکبر و پورصادق، ناصر. (۱۳۹۹). آینده‌پژوهی پدافند. مطالعات دفاعی راهبردی، ۷۲، ۶۸-۸۳. (URL: https://dsrc.modares.ac.ir/article_58130.html)

تیموری، هادی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، نیازسنجی سامانه‌های پدافندهوائی ارتفاع پائین نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران متناسب با تهدیدهای آینده، دافوس آجا، بهار ۱۴۰۴.

عبدی، جواد، خرازیان، پیمان و پرتوی، محمدعلی. (۱۳۹۹). ارائه مدل مفهومی برای مدیریت منابع دفاعی. علوم و فنون نظامی، ۱۶(۵۰)، ۵۷-۸۰. (URL: http://jmst.ir/article-1-2393-fa.html)

صادقی، کریم، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، الزامات عملیاتی طراحی سامانه‌های پدافند هوایی به‌منظور مقابله با موشک‌های کروز. انتشارات دافوس آجا، ۱۴۰۲

غفاری، بهزاد. (۱۴۰۰). تبیین مؤلفه‌های اثرگذار بر ارتقاء توان رزمی پدافند هوایی جمهوری اسلامی ایران. راهبرد دفاعی، ۷۳، ۹۹-۱۱۸. (URL: https://dsri.modares.ac.ir/article_68010.html)

ولی‌وند زمانی، حسین، نیازی، علی و مرادیان، محسن . (۱۴۰۴). الگوی نیروی مشترک دانش‌بنیان در ارتش جمهوری اسلامی ایران مبتنی بر رویکردی آینده‌نگرانه. آینده‌پژوهی دفاعی، ۱۰(۳۶)، ۱-۳۴. (URL: doi: 10.22034/dfsr.2025.2049210.1872)

Abdi, J., Kharazian, P., & Partovi, M.-A. (2020). Presenting a Conceptual Model for Defense Resource Management. Military Science andTechnology, 16(50), 57–80. [in Persian] URL:http://jmst.ir/article-1-2393-fa.html

Ahmadian, A.-A., & Poursadegh, N. (2020). Foresight in Air Defense. Strategic Defense Studies, 72, 68–83. [in Persian] URL:https://dsrc.modares.ac.ir/article_58130.html

Ghaffari, B. (2021). Explaining the Effective Components in Enhancing the Combat Capability of Iran’s Air Defense. Defensive Strategy, 73, 99–118. [in Persian] URL:https://dsri.modares.ac.ir/article_68010.html

Gormley, D. M. (2023). Missile Contagion: Cruise Missile Proliferation and the Threat to International Security. Naval Institute Press.
URL: https://www.usni.org/press/books/missile-contagion

Lambeth, B. S. (2021). Russia’s Air Defense System and the Role of Automation in Counter-Stealth Operations. RAND Corporation.: URL: https://www.rand.org/pubs/perspectives/PEA1270-1.html

Wilson, C. (2020). Future Warfare and the Use of Autonomous Defense Systems: Policy Considerations. Journal of Military Ethics, 14(3-4), 245-264. URL: https://www.tandfonline.com/journals/rjme20

Kopp, C. (2022). High Mobility Air Defense Systems: Technical Requirements and Future Challenges. Defense Today, 12(4), 18–24. URL: http://www.ausairpower.net/

Scharre, P. (2018). Army of None: Autonomous Weapons and the Future of War. W. W. Norton & Company. URL: https://wwnorton.com/books/9780393608991

Sadeghi, K. (2023). Operational Requirements for the Design of Air Defense Systems against Cruise Missiles (Master's thesis). AJA Command and Staff University. [in Persian]

Teimouri, H. (2025). Needs Assessment of the Army Ground Forces' Low-Altitude Air Defense Systems in Accordance with Future Threats (Master's thesis). AJA Command and Staff University. [in Persian]

Valivand Zamani, H., Niazi, A., & Moradian, M. (2025). A Future-Oriented Model for Knowledge-Based Joint Forces in the Islamic Republic of Iran Army. Defensive Foresight, 10(36), 1–34. [in Persian] URL: https://doi.org/10.22034/dfsr.2025.2049210.1872

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی