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

Prioritizing Demand Forecasting Methods in the Supply Chain of the 9th Supply Class of the Islamic Republic of Iranian Army Land Forces

Nader Shamami [1] | **Mahdi Saki** [2]✉ | **Hasan Ghazi** [3]

1. Assistant Professor of Industrial Engineering, IRI Military command and staff university, Tehran, Iran. Email:n.shamami@casu.ac.ir
2. Master's student in Defense Management, IRI Military command and staff university, Tehran, Iran. Email:m.saki@casu.ac.ir
3. Assistant Professor of Strategic Defense Sciences, IRI Military command and staff university, Tehran, Iran. Email: hsngh_af@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received:
2025-5-29
Received in revised form:
2025-8-7
Accepted:
2025-8-19
Published online
2026-2-20

Keywords:
Demand Forecasting Methods, Supply Chain, Supply Class 9

ABSTRACT

Objective: Examining and prioritizing different methods of demand forecasting in the supply chain of the 9th Supply Class of the Islamic Republic of Iranian Army Land Forces.

Methods: real-world data related to the demand for these items were collected for two units. Five forecasting methods were used to analyze demand patterns: moving average, weighted moving average, exponential smoothing, adjusted exponential smoothing, and linear regression. The performance of the methods was evaluated using the Mean Absolute Error (MAE) and Mean Squared Error (MSE) metrics, and statistical differences between them were assessed using ANOVA and Tukey's tests. The research method employed is a descriptive comparison, in which we compared demand forecasting methods based on two variables without considering the cause-and-effect relationship between the variables.

Findings: The results indicated that for three items (light tires, heavy tires, and light batteries), the linear regression method had the lowest error, while for the fourth item, heavy batteries, the best performance was related to the moving average method. The ANOVA test for the three items showed that there was no significant difference between the methods, but for heavy batteries, a significant difference was observed.

Conclusion: The results indicated that it is best to choose the appropriate forecasting method based on the type of item and its demand pattern. Although the linear regression method often showed. Therefore, a thorough evaluation of the characteristics of each type of item and its operating environment is key to successfully improving forecasting processes in the supply chain.

Cite this article: Shamami,N. , Saki,M. and Ghzi,H. (2026). Prioritizing Demand Forecasting Methods in the Supply Chain of the 9th Supply Class of the Islamic Republic of Iranian Army Land Forces. *Defensive Future Studies*, *10*(39), 125-164.
DOI: https://doi.org/10.22034/dfsr.2025.2061881.1910

CC BY NC ND

Publisher: IRI Military Command and Staff University

Extended Abstract

Introduction

Demand forecasting plays a pivotal role in the efficiency and resilience of supply chains, particularly within military logistics systems. In the context of the Islamic Republic of Iran Army, the supply chain for Class 9th Supply Class logistics items—comprising spare parts and equipment—must operate with high accuracy to prevent both inventory shortages and excess stock, which can lead to operational delays and resource wastage. Prior research has explored various forecasting methods, ranging from traditional statistical models to modern AI-based approaches. However, there remains a lack of consensus on the most effective method tailored for military logistics, especially for the specific demands of Class 9th Supply Class items. Several studies indicate that demand patterns are often irregular and influenced by operational events, political situations, and environmental factors, complicating predictive accuracy. Consequently, this study aims to evaluate and prioritize demand forecasting techniques for supply chain management in the specific context of the 9th Supply Class of the Iranian Army Land Forces.

Methodology

This research employs a descriptive, comparative approach grounded in quantitative analysis. Data collected from two military units over six half-year periods (from October 2020 to September 2023), focusing on demand for key items such as tires and batteries (both light and heavy variants). The study compares five forecasting methods:

Moving Average (MA)
Weighted Moving Average (WMA)
Exponential Smoothing (ES)
Modified Exponential Smoothing (MES)
Linear Regression (LR)

The performance of these methods was assessed using two key error metrics:

Mean Absolute Error (MAE) : $MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|yi - y|n$

Mean Squared Error (MSE): $MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi-\widehat{Y})}{n}$

Parameters for each model were optimized using grid search and validation techniques to minimize errors. The analysis also involved statistical testing to determine the significance of performance differences:

Analysis of Variance (ANOVA)
Tukey's Post Hoc Test
The comparison aimed to identify the most accurate prediction method for each item category, considering demand patterns unique to each.

Results

The demand forecasting results reveal varying performance across different items. For most products, the linear regression model yielded the lowest error, but some items favored simpler models like moving averages. Detailed results are summarized in the following tables.

Table 1: Forecasting Performance for Light Tires (Unit 1)
Method MAE MSE
Moving Average 30 1064
WMA28 1032
Exponential Smoothing 23 662
Modified Exponential 22 610
Linear Regression 16 370
Observation: Linear Regression outperforms other models with the lowest MAE and MSE.

Table (1): Forecast and Evaluation of Light Tire Quantity – Unit 1

Forecast using Linear Regression	Forecast using Adjusted Exponential Smoothing	Forecast using Simple Exponential Smoothing	Forecast using Weighted Moving Average	Forecast using Moving Average (1)	Actual Consumption of Light Tires (Units)	Time Periods	Row
45	*	*	*	*	32	Second Half of 1400	1
45	32	32	*	*	40	First Half of 1401	2
46	34	34	*	*	52	Second Half of 1401	3
46	39	37	44	41	68	First Half of 1402	4
47	46	43	58	53	69	Second Half of 1402	5

Forecast using Linear Regression	Forecast using Adjusted Exponential Smoothing	Forecast using Simple Exponential Smoothing	Forecast using Weighted Moving Average	Forecast using Moving Average (1)	Actual Consumption of Light Tires (Units)	Time , Periods	Row
48	52	49	65	63	16	First Half of 1403	6
48	43	42	42	51	*	Second Half of 1403	7
49	32	34	19	42	*	First Half of 1404	8
16	22	23	28	30	*	Mean Absolute Error	9
370	610	662	1032	1064	*	Mean Squared Error	10

Summary of Statistical Tests:

The ANOVA results indicated that for light and heavy tires, differences among methods were not statistically significant ($p > 0.05$), but for heavy batteries, there was a significant difference ($p < 0.05$). Post hoc tests confirmed linear regression as the most consistent method overall, whereas for some items like heavy batteries, moving averages can compete effectively.

Discussion and Conclusions:

The analysis demonstrates that no one-size-fits-all forecasting method exists for military supply chain items. For items such as light and heavy tires, linear regression, capturing linear demand trends, provided the most accurate predictions. Conversely, for specific items like heavy batteries, simple moving average models performed comparably or better, likely due to demand volatility or irregularity.

This suggests that selecting an appropriate forecasting method should involve an analysis of demand pattern characteristics in conjunction with operational environment factors. Relying solely on traditional models without contextual adjustments may lead to suboptimal inventory decisions, potentially causing shortages or excess stock.

Furthermore, the integration of advanced models like machine learning could improve forecast accuracy, especially in situations with complex demand behaviors influenced by unpredictable external factors.

References

Christopher, M. (2022). Logistics and Supply Chain Management. Pearson.

Sani, S., et al. (2022). Military logistics and supply chain resilience. Journal of Defense Logistics, 45(2), 85-105.

Silver, E. A., et al. (2017). Inventory Management and Supply Planning in Military Operations. Defense Logistics Journal, 20(4), 1-15.

Van der Auweraer, H., et al. (2019). Demand forecasting in supply chains: a review. Operations Research Perspectives, 6, 100118.

Noubakhthi, A. (2021). Challenges in military demand forecasting. Iranian Journal of Defense Studies, 12(3), 45

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه علمی آینده‌پژوهی دفاعی
http://www.dfsr.ir/
دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا

اولویت‌بندی روش‌های پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین آماد طبقه نه نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران

نادرشمامی [۱] | مهدی ساکی [۲] ✉ | حسن قاضی [۳]

۱. استادیار مهندسی صنایع، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران.رایانامه: n.shamami@casu.ac.ir
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت دفاعی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران.رایانامه:m.saki@casu.ac.ir
۳. استادیار علوم دفاعی راهبردی، دانشگاه فرماندهی و ستاد آجا، تهران، ایران. رایانامه: hsngh_af@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخچه مقاله:
تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۳/۰۸
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۵/۱۶
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۵/۲۹
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۱۲/۰۱

کلیدواژه‌ها:
روش‌های پیش‌بینی تقاضا، زنجیره تأمین، آماد طبقه ۹

چکیده

زمینه و هدف: بررسی و اولویت‌بندی روش‌های مختلف پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین آماد طبقه ۹ نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران.

روش‌ها: در این پژوهش، داده‌های واقعی مربوط به تقاضای این اقلام برای دو یگان جمع‌آوری شد. از پنج روش پیش‌بینی شامل میانگین متحرک، میانگین متحرک وزنی، هموارسازی نمایی، هموارسازی نمایی تعدیل‌شده و رگرسیون خطی برای تحلیل الگوهای تقاضا استفاده شد. عملکرد روش‌ها با معیارهای میانگین خطای مطلق و میانگین مربعات خطا ارزیابی و تفاوت‌های آماری بین آن‌ها با آزمون ANOVA و تست Tukey مقایسه گردید. روش اجرای پژوهش مقایسه‌ای توصیفی است که در آن روش‌های پیش‌بینی تقاضا بر اساس دو متغیر بدون اینکه رابطه علی و معلولی بین متغیرها را مدنظر قرار دهیم مقایسه کردیم.

یافته‌ها: نتایج نشان داد سه قلم کالا (لاستیک سبک، سنگین و باتری سبک) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد، درحالی‌که برای قلم چهارم یعنی باتری سنگین، بهترین عملکرد مربوط به روش میانگین متحرک بود. آزمون ANOVA در مورد سه قلم کالا نشان داد که بین روش‌ها تفاوت معناداری وجود ندارد، اما در مورد باتری سنگین، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: نتایج این مطالعه نشان داد بهتر است روش پیش‌بینی مناسب بر اساس نوع کالا و الگوی تقاضای آن انجام شود. اگرچه روش رگرسیون خطی غالباً بهترین عملکرد را نشان داد، اما در برخی موارد، روش میانگین متحرک نیز کارآمد است؛ بنابراین، ارزیابی دقیق ویژگی‌های هر نوع کالا و محیط عملیاتی، کلید موفقیت در بهبود فرایندهای پیش‌بینی در زنجیره تأمین است.

استناد: شمامی، نادر؛ ساکی، مهدی و قاضی،حسن. (۱۴۰۴). اولویت‌بندی روش‌های پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین آماد طبقه نه نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران. *آینده‌پژوهی دفاعی*، ۱۰ (۳۹)، ۱۶۴-۱۲۵.
DOI: https://doi.org/10.22034/dfsr.2025.2061881.1910

ناشر: دانشگاه فرماندهی و ستاد ارتش جمهوری اسلامی ایران

CC BY NC ND

مقدمه

امروزه تقریباً نمی‌توان هیچ سازمانی را بدون درنظرگرفتن جایگاه آن در یک زنجیره تأمین تصور نمود. زنجیره‌های تأمین شبکه‌های پیچیده‌ای از موجودی‌های به‌هم‌پیوسته هستند که تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، خرده‌فروشان و مصرف‌کنندگان هر کدام نقشی اساسی در تضمین جریان یکپارچه کالاها و خدمات ایفا می‌کند (Zangara, 2024).

لجستیک به‌خودی‌خود باعث برد در جنگ نمی‌شود، ولی عامل مؤثری در شکست در خیلی از جنگ‌ها بوده است (ضرغامی، ۱۴۰۲). بسیاری از صاحب‌نظران معتقدند لجستیک یا آماد به حرکت مواد، خدمات، پول و اطلاعات در داخل یک زنجیره تأمین گفته می‌شود. به‌عبارت دیگر لجستیک شامل حرکت در داخل یک مجموعه، نظارت بر ورود و خروج محموله‌ها و کالاها، و جریان اطلاعات در سرتاسر زنجیره تأمین گفته و در حقیقت لجستیک زیرمجموعه زنجیره تأمین محسوب می‌شود؛ لذا زنجیره تأمین و لجستیک به شکلی درهم‌تنیده شده‌اند که به سختی می‌توان آنها را از هم جدا نمود (Hyndman & Athanasopoulos, 2018:36). پیش‌بینی تقاضا، فرایندی است که طی آن، نیازهای آتی به کالاها و خدمات بر اساس داده‌های تاریخی، روند بازار، و سایر عوامل مرتبط، تخمین زده می‌شود. دقت پیش‌بینی تقاضا، تأثیر مستقیمی بر سطح موجودی، هزینه‌های تأمین، و کیفیت خدمات ارائه شده دارد (Chase, 2013:27).

برابر بررسی‌های به‌عمل‌آمده روش پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران معمولاً باتوجه‌به ارسال درخواست نیازمندی‌های ضروری یگان‌ها انجام می‌شود. در این روش، اگرچه به نظر می‌رسد که نیازمندی‌های فوری و ضروری یگان‌ها به‌موقع مرتفع می‌گردد؛ ولی اشکالاتی به وجود می‌آورد که باعث ایجاد خلل در زنجیره تأمین می‌شود و نیاز به پیش‌بینی دقیق ضروری است. معمولاً یگان‌ها با این شیوه نیازمندی واقعی خود را اعلام نمی‌کنند. همچنین به علت ضعف در اولویت‌بندی‌های درخواست در بسیاری از اقلام واگذاری، نگهداری بیش از حد اقلام در انبارهای یگان‌های مصرف‌کننده رخ می‌دهد و سال‌ها از آن اقلام استفاده نمی‌شود و گاهی اقلام به علت طی دوره زمانی خاص غیرقابل‌استفاده می‌شوند. همچنین مشاهدات نشان می‌دهد که درصد زیادی از زمان تلف شده کارکنان تعمیر و نگهداری یگان‌ها را می‌توان به نبود قطعات یدکی در زمان مناسب نسبت داد. بررسی‌ها در یگان‌های نیروی

زمینی ارتش نشـــان داده که در این روش پیش‌بینی طولانی‌بودن فرایند تأمین قطعات، دقیق نبودن محاســـبات کنترل موجودی و خرید، مشـــخص نبودن اهمیت هر قطعه، مناسب نبودن شرایط نگهداری اقلام در انبار، نبود پایش مصرف اقلام و عدم دسترسی به قطعات در زمان نیاز تعدادی از چندین مسئله‌ای‌ست که یگان‌ها به‌صورت روزانه با آن روبرو هستند.

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تقاضـــا وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. این روش‌ها را می‌توان به‌طورکلی به دودسته تقسیم کرد: روش‌های کیفی مانند نظرســـنجی از خبرگان و تکنیک دلفی و روش‌های کمی مانند روش‌های ســـری زمانی و مدل‌های علّی (Armstrong, 2001:823). روش‌های ســـری زمانی، از داده‌های قبلی تقاضا برای پیش‌بینی تقاضای آینده استفاده می‌کنند. این روش‌ها شامل روش‌های ســـاده مبتنی بر میانگین‌گیری مانند میانگین متحرک وزنی و هموارســـازی نمایی می‌شـوند (Holt, 2004). مدل‌های علّی، سـعی در شـناسـایی و مدل‌سـازی روابط بین تقاضا و سایر عوامل مؤثر بر آن دارند. این مدل‌ها شامل رگرسیون خطی، مدل‌های اقتصادسنجی می‌شوند (Montgomery et al., 2015:339).

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تقاضـــا وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. این روش‌ها را می‌توان به‌طورکلی به دودسته تقسیم کرد: روش‌های کیفی مانند نظرســـنجی از خبرگان و تکنیک دلفی و روش‌های کمی مانند روش‌های ســـری زمانی و مدل‌های علّی (Armstrong, 2001:823). روش‌های ســـری زمانی، از داده‌های قبلی تقاضا برای پیش‌بینی تقاضای آینده استفاده می‌کنند. این روش‌ها شامل روش‌های ســـاده مبتنی بر میانگین‌گیری مانند میانگین متحرک وزنی و هموارســـازی نمایی می‌شـوند (Holt, 2004). مدل‌های علّی، سـعی در شـناسـایی و مدل‌سـازی روابط بین تقاضا و سایر عوامل مؤثر بر آن دارند. این مدل‌ها شامل رگرسیون خطی، مدل‌های اقتصادسنجی می‌شوند (Montgomery et al., 2015:339).

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تقاضـــا وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. این روش‌ها را می‌توان به‌طورکلی به دودسته تقسیم کرد: روش‌های کیفی مانند نظرســـنجی از خبرگان و تکنیک دلفی و روش‌های کمی مانند روش‌های ســـری زمانی و مدل‌های علّی (Armstrong, 2001:823). روش‌های ســـری زمانی، از داده‌های قبلی تقاضا برای پیش‌بینی تقاضای آینده استفاده می‌کنند. این روش‌ها شامل

روش‌های ساده مبتنی بر میانگین‌گیری مانند میانگین متحرک وزنی و هموارسازی نمایی می‌شوند (Holt, 2004). مدل‌های علّی، سعی در شناسایی و مدل‌سازی روابط بین تقاضا و سایر عوامل مؤثر بر آن دارند. این مدل‌ها شامل رگرسیون خطی، مدل‌های اقتصادسنجی می‌شوند (Montgomery et al., 2015:339).

روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تقاضا وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. این روش‌ها را می‌توان به‌طورکلی به دودسته تقسیم کرد: روش‌های کیفی مانند نظرسنجی از خبرگان و تکنیک دلفی و روش‌های کمی مانند روش‌های سری زمانی و مدل‌های علّی (Armstrong, 2001:823). روش‌های سری زمانی، از داده‌های قبلی تقاضا برای پیش‌بینی تقاضای آینده استفاده می‌کنند. این روش‌ها شامل روش‌های ساده مبتنی بر میانگین‌گیری مانند میانگین متحرک وزنی و هموارسازی نمایی می‌شوند (Holt, 2004). مدل‌های علّی، سعی در شناسایی و مدل‌سازی روابط بین تقاضا و سایر عوامل مؤثر بر آن دارند. این مدل‌ها شامل رگرسیون خطی، مدل‌های اقتصادسنجی می‌شوند (Montgomery et al., 2015:339).

مرور پیشینه و مبانی نظری

مرور پیشینه

پیش از توسعه روش‌های کمی و آماری، پیش‌بینی تقاضا عمدتاً بر اساس روش‌های کیفی و شهودی استوار بود. این روش‌ها، شامل نظرات کارشناسان، بررسی روندهای بازار، و تحلیل رقبا می‌شد. اگرچه تاریخ دقیق پیدایش این روش‌ها مشخص نیست، اما استفاده از آن‌ها به دوران باستان بازمی‌گردد. برای مثال، بازرگانان در طول تاریخ، همواره به دنبال پیش‌بینی نیازهای بازار و تقاضای مشتریان بوده‌اند (Armstrong, 2001:90).

توسعه علم آمار در قرن نوزدهم، زمینه‌ساز ظهور روش‌های کمی پیش‌بینی شد. نخستین روش‌های آماری مورداستفاده در پیش‌بینی، مبتنی بر تحلیل سری‌های زمانی بودند. این روش‌ها، شامل تحلیل روند، تحلیل فصلی، و روش‌های هموارسازی می‌شدند. روش‌هایی مانند تجزیه سری‌های زمانی به‌عنوان ابزاری برای جداکردن اجزای مختلف سری زمانی و پیش‌بینی بر اساس این اجزا، توسعه یافتند (Box et al. 2015:14).

ایده استفاده از میانگین به‌عنوان یک روش برای صاف‌کردن داده‌ها و کاهش اثر نوسانات، قدمتی طولانی دارد. روش میانگین متحرک به شکل امروزی، در اوایل قرن بیستم در

حوزه تحلیل سری‌های زمانی مطرح شد. هدف اصلی از توسعه این روش، حذف نویز و شناسایی الگوهای کلی در داده‌های سری زمانی بود. میانگین متحرک وزنی نیز به‌عنوان یک توسعه بر روش میانگین متحرک، به‌منظور اعمال وزن‌های متفاوت به نقاط داده‌ای مختلف به کار گرفته شد (Makridakis, 2008:78).

روش هموارسازی نمایی ساده و هموارسازی نمایی تعدیل‌شده در اواخر دهه ۱۹۵۰ توسعه یافتند. هموارسازی نمایی ساده به عنوان یک روش کارآمد برای پیش‌بینی سری‌های زمانی بدون روند معرفی شد. در اوایل دهه ۱۹۶۰، روش هموارسازی نمایی تعدیل‌شده را برای پیش‌بینی سری‌های زمانی دارای روند خطی ارائه نمودند (Holt,2004:89).

در دهه‌های میانی قرن بیستم، با توسعه علم اقتصادسنجی، روش‌های رگرسیونی به‌عنوان ابزاری قدرتمند برای پیش‌بینی تقاضا معرفی شدند. روش‌های رگرسیون چندگانه و مدل‌های اقتصادسنجی امکان پیش‌بینی تقاضا بر اساس عوامل متعددی مانند قیمت، درآمد، تبلیغات و غیره را فراهم می‌کردند (Frisch & Waugh, 1933:53).

با پیشرفت فناوری و افزایش حجم داده‌ها، روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به‌عنوان ابزاری قدرتمند در پیش‌بینی تقاضا مطرح شدند. روش‌هایی مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی، ماشین‌های بردار پشتیبان و درخت‌های تصمیم که امکان مدل‌سازی روابط غیرخطی و پیچیده در داده‌ها را فراهم می‌کردند (Bishop & Nasrabadi, 2006:76). در قرن بیست و یکم، رویکردهای ترکیبی و یکپارچه در پیش‌بینی تقاضا موردتوجه قرار گرفته‌اند. این رویکردها، با ترکیب نقاط قوت روش‌های مختلف کیفی، کمی، آماری و هوش مصنوعی تلاش می‌کنند تا دقت پیش‌بینی را افزایش دهند.

در کتابی با عنوان «اصول پیش‌بینی» که توسط آرمسترانگ در سال ۲۰۰۱ نوشته شده عنوان می‌کند که پیش‌بینی تقاضا یکی از جنبه‌های کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین شناخته می‌شود و در زمینه‌های نظامی و دفاعی اهمیت ویژه‌ای دارد. زنجیره تأمین نیروهای نظامی به دلیل نیاز به پاسخ سریع و کارآمد به تهدیدات و چالش‌های متغیر، باید بادقت مدیریت شود. این موضوع در قالب پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین نظامی به بررسی اینکه چگونه می‌توان به بهبود عملکرد و کارایی این زنجیره کمک کرد، متمرکز است. پیش‌بینی تقاضا به فرایند تخمین نیازهای آتی مصرف‌کنندگان اشاره دارد و

می‌تواند با اســـتفاده از داده‌های تاریخی، تحلیل روندها و اســـتفاده از مدل‌های آماری و تحلیلی انجام شود (Armstrong, 2001:180).

در پژوهشی با عنوان «پیش‌بینی تقاضا برای عملیات نظامی آینده‌نگاری» که توسط پارلیر در سال ۲۰۱۶ انجام شده به بررسی کاربرد مدل‌های یادگیری ماشین در پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین نظامی پرداختند و نشـان دادند که این مدل‌ها می‌توانند دقت پیش‌بینی را به طور چشمگیری بهبود بخشند (Parlier, 2016:58). در پژوهشی با عنوان «اثربخشی فرایندهای لجسـتیک در زنجیره تأمین نظامی» که توسـط جالوس و گرالا در سـال ۲۰۲۰ انجام شـده بود بیان می‌کند پیش‌بینی دقیق تقاضـا به‌عنوان راهی برای کاهش هزینه‌ها و بهبود کـارایی زنجیره تـأمین تـأکیـد کرده و اســـتفاده از مـدل‌هـای پیش‌بینی آمـاری را پیشـنهاد داده است (Jałowiec & Grala, 2020). در پژوهش دیگری با عنوان «پیش‌بینی فروش با استفاده از رگرسیون خطی» که توسـط کوهلی در سـال ۲۰۲۰ نوشـته شـده بود بیان می‌کند که پیش‌بینی فروش نقش اساسی در ایجاد یک کســب‌وکار دارد. این یکی از مهم‌ترین قســـمت‌هـای هوش تجاری است. پیش‌بینی فروش، بینشی در مورد چگونگی مدیریت یک نیروی کار توسـط شـرکت نیروی کار، گردش پول و منابع خود ارائه می‌دهد. پس از بررسـی مدل‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که با اسـتفاده از رگرسـیون خطی می‌توانیم فروش را در آینـده بـه طور دقیق پیش‌بینی کنیم. با این ســـازمان‌ها منابع خود را بهتر برنامه‌ریزی کنند و همچنین در بهینه‌سازی هزینه حداکثر رساندن سود با حداقل منابع کمک می‌کند (Kohli, 2020). در پژوهش دیگری با عنوان «درک یادگیری عمیق نیازمند بازنگری در ارتباطات تعمیم است» که توسط ژانک و همکاران در سال ۲۰۲۱ نوشته شده بود بیان می‌کند که در برخی از پژوهش‌ها نشـان داده‌اند اسـتفاده از تکنیک‌های یادگیری عمیق می‌تواند دقت پیش‌بینی را به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش دهد (Zhang et al., 2021). در پژوهشـی با عنوان «اسـتراتژی‌های دسـتیابی به انعطاف‌پذیری پیشـگیرانه در زنجیره‌های تأمین نظامی» که توسـط سـانی و شـفر در سـال ۲۰۲۲ انجام شـده بود بر چالش‌های پیش‌بینی تقاضـــا در زنجیره تأمین نظامی تأکید کرده و دریافتند که ناکافی بودن همکاری بین واحدها و فقدان یکپارچگی داده‌ها از عوامل مؤثر بر دقت پیش‌بینی هسـتند (Sani & Schaefer, 2022). در پژوهشـی با عنوان «ریسـک‌های زنجیره تأمین و اسـتراتژی‌های مدیریت در صـنعت دفاعی» که توسـط کورکماز در سـال ۲۰۲۴ انجام شـده

بود به بررسی مدیریت ریسک در پیش‌بینی تقاضا پرداخته و تأکید کردند که متغیرهای ریسک می‌توانند تأثیر زیادی بر پیش‌بینی دقیق تقاضا داشته باشند (Korkmaz, 2024). در پژوهشی با عنوان «نقش هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در پیش‌بینی تقاضا» که توسط کاگالوالا و همکاران در سال ۲۰۲۵ انجام شده است بیان می‌کند روش‌های پیش‌بینی سنتی اغلب برای توضیح شرایط پویای بازار تلاش می‌کنند که منجر به ناکارآمدی و اختلال می‌شود. مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر هوش مصنوعی از داده‌های تاریخی، بینش‌های بازار در زمان واقعی و عوامل خارجی مانند روندهای اقتصادی و رفتار مصرف‌کننده برای ایجاد پیش‌بینی‌های قابل‌اعتمادتر استفاده می‌کنند. پیشرفت‌های کلیدی، از جمله یادگیری عمیق، پردازش زبان طبیعی، و یادگیری تقویتی، قابلیت‌های پیش‌بینی را بهبود بخشیده است و به کسب‌وکارها امکان می‌دهد تا استراتژی‌های زنجیره تأمین را به طور فعال تنظیم کنند. علاوه بر این، اتوماسیون مبتنی بر هوش مصنوعی چابکی زنجیره تأمین افزایش می‌دهد، هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهد و با همسو کردن تولید با نوسانات تقاضا، اتلاف را به حداقل می‌رساند (Kagalwala et al., 2025).

در طول تاریخ، پیش‌بینی تقاضا از روش‌های کیفی و شهودی به سمت روش‌های کمی و آماری پیشرفت کرده است. ابتدا، نظرات کارشناسان و تحلیل روندهای بازار مورداستفاده قرار می‌گرفت، اما با توسعه علم آمار در قرن نوزدهم، روش‌های تحلیل سری‌های زمانی مانند تحلیل روند و هموارسازی نمایی معرفی شدند. در دهه‌های میانی قرن بیستم، اقتصادسنجی و روش‌های رگرسیونی به‌عنوان ابزارهای قدرتمند برای پیش‌بینی تقاضا بر اساس عوامل متعددی مانند قیمت و درآمد مورداستفاده قرار گرفتند. با پیشرفت فناوری، روش‌های هوش مصنوعی و یادگیری ماشین مانند شبکه‌های عصبی و درخت‌های تصمیم، امکان مدل‌سازی روابط غیرخطی و پیچیده در داده‌ها را فراهم کردند. رویکردهای ترکیبی و یکپارچه در قرن بیست و یکم نیز باهدف افزایش دقت پیش‌بینی، موردتوجه قرار گرفته‌اند.

در زمینه زنجیره تأمین نظامی، پیش‌بینی تقاضا به دلیل نیاز به پاسخ سریع و کارآمد به تهدیدات متغیر، اهمیت ویژه‌ای دارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و پیش‌بینی دقیق تقاضا می‌تولند به کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی

زنجیره تأمین کمک کند. بااین‌حال، چالش‌هایی مانند ناکافی بودن همکاری بین واحدها و فقدان یکپارچگی داده‌ها، همچنان بر دقت پیش‌بینی تأثیرگذار هستند.

کلیه پژوهش‌های موردبررسی بر اهمیت حیاتی پیش‌بینی تقاضا برای افزایش دقت تصمیم‌گیری، کاهش هزینه‌ها و بهبود کارایی، به‌ویژه در زنجیره تأمین نظامی، اتفاق‌نظر دارند و همگی نشان‌دهنده تکامل روش‌ها از رویکردهای کیفی و شهودی به سمت مدل‌های آماری، اقتصادسنجی و نهایتاً هوش مصنوعی و یادگیری ماشین هستند که قادر به تحلیل روابط پیچیده و حجم عظیم‌داده‌ها هستند. بااین‌حال، این پژوهش‌ها در تمرکز بر روش‌های خاص (سری‌های زمانی، رگرسیون، یادگیری ماشین)، حوزه کاربرد (عمومی یا نظامی)، عوامل مؤثر بر پیش‌بینی (روندها، قیمت، درآمد، ریسک) و سطح پیچیدگی مدل‌ها متفاوت هستند. نوآوری‌های کلیدی شامل توسعه تکنیک‌های هموارسازی و رگرسیون، ورود انقلابی هوش مصنوعی و یادگیری ماشین برای مدل‌سازی روابط غیرخطی پیچیده، ظهور رویکردهای ترکیبی و یکپارچه برای افزایش دقت، و تمرکز اخیر بر انعطاف‌پذیری، مدیریت ریسک و استفاده از داده‌های بلادرنگ در محیط‌های خاص مانند زنجیره تأمین نظامی است.

مبانی نظری

زنجیره تأمین نشان‌دهنده شبکه‌ای از سازمان‌ها است که از طریق پیوندهای بالادستی و پایین‌دستی درگیرفرآیندها و فعالیت‌های مختلفی هستند که در قالب محصولات و خدمات در دست مشتری نهایی ارزش تولید می‌کنند. در یک مفهوم گسترده، یک زنجیره تأمین شامل دو یا چند سازمان قانونی مجزا است که به واسطه مواد، اطلاعات و جریان‌های مالی به یکدیگر مرتبط شده‌اند. این سازمان‌ها ممکن است شرکت‌های تولیدکننده قطعات، اجزا و محصولات نهایی، ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک و حتی خود مشتری نهایی باشند؛ بنابراین طبق تعریف فوق یک زنجیره تأمین شامل گروه هدف یا همان مشتری نهایی نیز می‌گردد (خرم‌ورز،۱۴۰۱). لجستیک بخشی از زنجیره تأمین است که بر برنامه‌ریزی، اجرا، کنترل جریان و ذخیره‌سازی کالا، خدمات و اطلاعات مرتبط از نقطه مبدأ تا نقطه مصرف باهدف برآورده‌سازی الزامات مشتریان تمرکز دارد و در بخش دیگر پژوهش زنجیره تأمین و لجستیک را شریان حیاتی سازمان‌های نظامی مدرن به شمار می‌رود و نقش بنیادینی در حفظ آمادگی رزمی، پشتیبانی از عملیات، و تضمین

موفقیت در میدان نبرد ایفا می‌کند (Christopher, 2022:132). اگرچه کاربرد اولیه لجستیک در امور نظامی بوده و به تعبیر عموم یک فن نظامی تلقی می‌شود؛ اما امروزه گستردگی کاربرد آن از علوم نظامی نیز فراتر رفته و ضمن در برگرفتن علوم غیرنظامی به ستون فقرات تجارت تبدیل شده که از مجموعه‌ای از رشته‌های مختلف تشکیل شده است. لجستیک در شرایط کنونی به یک موضوع بین‌رشته‌ای تبدیل گردیده است تا جایی که امروزه در دانشگاه‌ها با دو بنیان و پیشینه مهندسی صنایع و مدیریت بازرگانی، لجستیک به‌صورت رشته‌ای علمی و پردرآمد شده است. در حوزه رشته‌های مدیریت، مانند مدیریت بازرگانی، دولتی و صنعتی، از آن به‌عنوان لجستیک خرد نام‌برده می‌شود. در حوزه مهندسی صنایع و بخش‌های صنعتی که بخش سخت‌افزاری لجستیک را درگیر می‌کند، در زمینه تجهیزات، زیرساخت‌ها، توسعه ناوگان‌ها، سیستم انبارداری و همچنین در رشته اقتصاد جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. در مطالعات اقتصادی منظور در سازمان‌های نظامی، زنجیره تأمین و مدیریت لجستیک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا نقش حیاتی در حفظ آمادگی رزمی، پشتیبانی از عملیات، و تضمین موفقیت در میدان نبرد ایفا می‌کند. یک زنجیره تأمین کارآمد و اثربخش در نیروهای مسلح باید قادر باشد تا به‌سرعت و با کمترین هزینه، نیازهای عملیاتی را برآورده سازد، از جمله تأمین تجهیزات، مهمات، قطعات یدکی، و سایر ملزومات موردنیاز (Kouvelis, 2006).

ویژگی‌های یک زنجیره تأمین کارآمد و اثربخش در نیروهای مسلح شامل موارد زیر است.

قابلیت اطمینان: توانایی تأمین کالا و خدمات موردنیاز در زمان و مکان مناسب.

انعطاف‌پذیری: توانایی پاسخگویی به تغییرات در تقاضا و شرایط عملیاتی.

چابکی: توانایی سازگاری سریع با شرایط جدید و فرصت‌های نوظهور. هزینه اثربخشی: توانایی ارائه کالا و خدمات با کمترین هزینه ممکن (Jałowiec & Grala, 2020).

پشتیبانی لجستیک معمولاً به سازماندهی اجرای تأمین مواد، مراقبت پزشکی، نگهداری تجهیزات، حمل‌ونقل و غیره و به‌طورکلی به خدمات حرفه‌ای به عموم اشاره دارد. درحالی‌که اصطلاح لجستیک می‌تواند چندین معانی مختلف را داشته باشد، در اصل به داشتن چیز مناسب، در مکان مناسب و در زمان مناسب مربوط می‌شود. ناتو لجستیک را به‌عنوان علم برنامه‌ریزی و انجام حرکت و نگهداری نیروها تعریف می‌کند (فرهمند نژاد،۱۴۰۲). فرایند لجستیک در سیستم‌های نظامی بافرایندد لجستیک در سیستم های

صنعتی یکسان است .ولی از آنجا که ماهیت سیستم های نظامی و نوع ماموریت آنها با سیستم های صنعتی تفاوت اساسی دارد، لجستیک این سیستم ها نیز علی رغم تشابه ظاهری، تفاوت های اساسی با سیستم های صنعتی دارند (ضیغمی نژاد،۱۴۰۱). یک سیستم لجستیک کارآمد می‌تواند اطمینان حاصل کند که نیروهای نظامی در هر زمان و مکان، به منابع موردنیاز خود دسترسی دارند، از جمله تجهیزات، مهمات، سوخت، غذا، و خدمات پزشکی. لجستیک نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران به ۱۰ طبقه اصلی و یک‌طبقه متفرقه تقسیم می‌شود، در این تقسیم‌بندی طبقه ۹ به کلیه قطعات یدکی موردنیاز سایر طبقات آمادی به جز قطعات یدکی طبقه ۸ گفته می‌شود. اقلام طبقه ۹ به طور خاص به قطعات یدکی و تجهیزات تعمیر و نگهداری مربوط می‌شود که در سازمان‌های نظامی و سایر صنایع، برای حفظ عملکرد و قابلیت اطمینان تجهیزات و ماشین‌آلات استفاده می‌شود. این اقلام شامل قطعاتی هستند که به منظور تعمیر، نگهداری و بالعکس برای به حداکثر رساندن زمان استفاده از تأسیسات و تجهیزات، ضروری هستند (خانجانی، ۱۴۰۱. ۳۲). مدیریت موجودی اقلام طبقه ۹ از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا هرگونه ناکافی بودن یا ناکارآمدی در تأمین این اقلام می‌تواند منجر به توقف فعالیت‌ها و کاهش کارایی عملیاتی شود. در سازمان‌های نظامی، عدم تأمین به موقع قطعات یدکی ممکن است باعث کاهش توان رزمی و ایجاد تأخیر در عملیات‌ها گردد (Christopher,2022:256). وجود موجودی مناسب از اقلام طبقه ۹ بر روند تصمیم‌گیری، تخصیص منابع، و برنامه‌ریزی عملیات تأثیرگذار است. به علاوه، سطح بالای موجودی این اقلام می‌تولند باعث افزایش هزینه‌های نگهداری و انبارداری گردد و همچنین ریسک منسوخ شدن آنها را افزایش دهد (Chase, 2013:276).چالش‌های متعددی در زنجیره تامین اقلام طبقه ۹ وجود داردکه از جمله آن می‌توان به چند مورد که در ادامه اشاره می‌شود توجه نمود، ابتدا عدم قطعیت در تقاضا یا به عبارتی تقاضای متغیر و غیرقابل پیش‌بینی برای اقلام طبقه ۹ می‌تواند به مشکلاتی در تأمین موجودی مناسب منجر شود (Hyndman & Athanasopoulos, 2018:97). هزینه‌های انبارداری و نگهداری، به ویژه در مورد قطعات حیاتی، می‌تواند نسبت به تقاضای واقعی بسیار بالا باشد (Montgomery et al., 2015:66). انتخاب و پیاده‌سازی مدل‌های پیش‌بینی تقاضا که بتواند به دقت نیازهای آتی را تخمین بزند، یکی

دیگر از چالش‌های اصلی است (Armstrong, 2001:213). اکنون با توجه به مطالب عنوان شده ضرورت شناخت روش‌های پیش‌بینی تقاضا ضروری است. ابتدا در تعریف آن داریم پیش‌بینی تقاضا فرآیندی است که در آن از داده‌های گذشته، الگوهای آماری، و اطلاعات بازار برای تخمین تقاضای آینده برای یک محصول یا خدمت استفاده می‌شود (Hyndman & Athanasopoulos, 2018:15). پیش‌بینی دقیق تقاضا برای مدیریت مؤثر زنجیره تأمین، برنامه‌ریزی تولید، و تصمیم‌گیری‌های مربوط به موجودی ضروری است (Chase, 2013:351).پیش‌بینی دقیق تقاضا، به سازمان‌ها کمک می‌کند تا با داشتن تخمین دقیقی از تقاضای آینده باعث بهبود برنامه‌ریزی تولید سازمان‌ها می‌شود،که این برنامه‌ریزی تولید می‌تواند از کمبود یا مازاد تولید جلوگیری کند (Armstrong, 2001:613). پیش‌بینی تقاضا به سازمان‌ها کمک می‌کند تا سطح موجودی خود را بهینه کنند و هزینه‌های نگهداری و انبارداری را کاهش دهند. با داشتن موجودی کافی از محصولات مورد نیاز، سازمان‌ها می‌توانند نیازهای مشتریان را به موقع برآورده سازند و سطح خدمات مشتری را بهبود بخشند. و همچنین پیش‌بینی دقیق تقاضا، اطلاعات ارزشمندی را برای تصمیم‌گیری‌های مربوط به قیمت‌گذاری، بازاریابی، و توسعه محصول فراهم می‌کند (Deng & Liu, 2021).

روش‌های پیش‌بینی تقاضا: روش‌های مختلفی برای پیش‌بینی تقاضا وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به دودسته اصلی روش‌های کیفی و کمی تقسیم کرد (Hyndman & Athanasopoulos, 2018:351). روش‌های کیفی، بر اساس نظرات متخصصان، نظرسنجی از مشتریان، و تحلیل روندهای بازار استوار هستند. روش‌های کیفی معمولاً برای پیش‌بینی تقاضا در بلندمدت یا برای محصولاتی که داده‌های تاریخی کافی در دسترس نیست، استفاده می‌شوند (Armstrong, 2001:434). روش‌های کیفی در این نوع پیش‌بینی، آمار و اطلاعات گذشته، اصول پیش‌بینی آینده قرار می‌گیرد. به‌عبارت‌دیگر، فرض ما بر این است که در کوتاه‌مدت، می‌توان روند گذشته را به آینده تخصیص داد. به همین دلیل این روش برای پیش‌بینی‌های بلندمدت، قابلیت استفاده چندانی ندارد؛ زیرا اگر چه اطلاعات گذشته راهنمای خوبی برای آینده است؛ اما به علت تغییراتی که در طول زمان رخ می‌دهد، این روش به طور دقیق نمی‌تواند آینده را آن‌چنان که اتفاق خواهد افتاد، پیش‌بینی کند؛ بنابراین، در مواردی که دوره پیش‌بینی بلندمدت باشد، نمی‌توان از

این روش به طور مؤثر سود انتظار داشت. روش‌های کمی، دارای انواع متعددی هستند که برخی از آنها عبارت‌اند از: روش‌های نمو هموار ساده، میانگین، نمو هموار تعدیل شده، میانگین متحرک، آریما و میانگین متحرک وزنی (دارابی،۱۴۰۱:۱۰).

روش‌های کمی مورداستفاده در این پژوهش به ترتیب روش میانگین متحرک است که در این روش، مقدار تقاضا به طور میانگین در دوره‌های زمانی مختلف محاسبه می‌شود تا روندها و الگوهای اصلی شناسایی شوند، روش دوم میانگین متحرک وزنی که در این روش برخلاف میانگین متحرک ساده به آمار جدیدتر وزن بیشتری نسبت به آمار قدیمی‌تر داده می‌شود، روش بعدی هموارسازی نمایی این روش نوعی میانگین متحرک است و مهم‌ترین تفاوت این است که در این روش ارزش‌گذاری تابع تصاعدی هندسی نزولی است، روش هموارسازی نمایی دوبل همانند روش هموارسازی نمایی ساده است، با این تفاوت که روند زمانی نیز به آن اضافه شده است و آخرین روش رگرسیون خطی یک‌متغیره است که در این روش رابطه‌ای ریاضی بین اطلاعات گذشته ایجاد کرده و سپس بر اساس آن به پیش‌بینی آینده می‌پردازیم.

میانگین متحرک: [1] در این روش، مقدار تقاضا به طور میانگین در دوره‌های زمانی مختلف محاسبه می‌شود تا روندها و الگوهای اصلی شناسایی شوند. در این روش سعی می‌شود که بیشتر دوره‌های معاصر در محاسبه میانگین تقاضا استفاده شود و حالتی بین دو روش تقاضای آخرین دوران و روش میانگین ریاضی دارد و درعین‌حال محاسن هر دوی آنها را دارا است (نوبختی، ۱۴۰۱ :۲۴) که در آن مقدار میانگین متحرک ساده یا MA و مقدار داده n ام در یک بازه زمانی با An و تعداد داده‌ها در یک بازه زمانی با n نشان داده می‌شود که فرمول آن به صورت زیر است.

$$SMA = \frac{A1 + A2 + \cdots + An}{n} \qquad (۱)$$

میانگین متحرک وزنی[2]: در روش میانگین متحرک ساده به آمار و ارقام گذشته ارزش مساوی داده می‌شود درصورتی‌که اغلب، آمار جدیدتر دوره ارزش بیشتری نسبت به آمار

1 Moving AverageSimple(MA)
2 Weighted Moving Average- (WMA)

دوره‌های قبل خود در برآورد دوره آینده دارند. یعنی به‌این‌ترتیب به آمار جدیدتر وزن بیشتری نسبت به آمار قدیمی‌تر داده می‌شود (نوبختی، ۱۴۰۱ :۲۴).که در این رابطه مقدار میانگین متحرک وزنی را با WMA و مقدار وزن هر متغیر را با W و همچنین مجموع وزن متغیرها W1+W2+W3+…+Wn=1 است. که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد.

$$WMAt = \sum_{i=1}^{n} Wi \times Xt - i + 1 = W1Xt + W2Xt - 1 + \quad (۲)$$

هموارسازی نمایی[1] :این روش نوعی میانگین متحرک است و به آماری که به زمان پیش‌بینی نزدیک‌تر باشد وزن (ارزش) بیشتری داده و آماری که در فاصله دورتری هستند با وزن کمتری در محاسبات دخالت داده می‌شوند و مهم‌ترین تفاوت این است که این ارزش‌گذاری تابع تصاعدی هندسی نزولی است (نوبختی، ۱۴۰۱ :۲۴). که در این رابطه مقدار هموارسازی نمایی با ES ، پیش‌بینی تقاضا دوره قبل با F_t ، پیش‌بینی تقاضا دوره بعد با F_{t+1} ، فروش واقعی دوره قبل با A_t و ضریب نموهموار که بین ۱ و صفر است با α نشان داده می‌شود که فرمول آن به صورت زیر است.

$$ES = Ft + 1 = Ft + \alpha(At - Ft) \quad (۳)$$

هموارسازی نمایی تعدیل شده[2]: روش هموارسازی نمایی دوگانه همانند روش هموارسازی نمایی ساده است، با این تفاوت که روند زمانی نیز به آن اضافه شده است. نسخه پیشرفته‌تری از هموارسازی نمایی که شامل دو عامل اضافی برای تنظیم فصل‌ها و روندها است (نامی، ۱۴۰۱:۱۴) که در این رابطه مقدار هموارسازی نمایی تعدیل شده با HOES ، پیش‌بینی تقاضا دوره قبل با Ft و پیش‌بینی تقاضا بر اساس روش نموهموار ساده با F_{t+1} پیش‌بینی تقاضا دوره بعد با AF_{t+1} و فروش واقعی دوره قبل با A_t و ضریب نموهموار که بین ۱ و صفر است با α و ضریب نموهموار روند با β و شاخص روند نموهمواربا T_{+1} نشان داده می‌شود. که فرمول آن به صورت زیر می‌باشد.

$$HOES = AF_{t+1} = F_{t+1} + T_{t+1} \quad (۴)$$

---

1 Exponential Smoothing(ES)
2 Holt-Winters Exponential Smoothing(HOES)

رگرسیون خطی[1]:رگرسیون به معنای پیش‌بینی و بیان تغییرات یک متغیر بر اساس اطلاعات متغیر دیگر است. زمانی که بین دو متغیر همبستگی وجود داشته باشد؛ می‌توان نمره فردی را از طریق متغیر دیگر برآورد کرد. مقدار ضریب همبستگی بین متغیرها بین ۱- تا ۱ می باشد. هرچه همبستگی بین متغیرها بالاتر باشد؛ به همان اندازه پیش‌بینی دقیقتر است(Lupsa et al., 2024). که در آن متغیر وابسته را با y، متغیر مستقل را با X ، محل تقاطع خط با محورy را با a و ضریب زاویه شیب خط را با b نشان داده می شود. که فرمول آن به شکل زیر می‌باشد.

$$y = ax + b \quad (۵)$$

پس از انجام پیش‌بینی‌ها با استفاده از روش‌های فوق، دقت پیش‌بینی هر یک از روش‌ها با استفاده از معیارهای مختلف سنجیده می‌شود. معیارهای عملکرد مهم برای ارزیابی دقت پیش‌بینی شامل موارد زیر هستند:

میانگین خطای مطلق[2]: میانگین قدرمطلق تفاوت بین پیش‌بینی‌ها و مقادیر واقعی. این معیار می‌تواند به‌خوبی خطاهای پیش‌بینی را نشان دهد. عمده کاربرد میانگین خطای مطلق در سنجش دقت پیش‌بینی‌ها است. در محاسبه این معیار از تفاضل مطلقِ میان داده‌های حقیقی و پیش‌بینی شده، میانگین گرفته می‌شود. به طور معمول زمانی از MAE استفاده می‌شود که بخواهیم کیفیت پیش‌بینی‌ها را نسبت به‌اندازه مطلق و نه اندازه نسبی آن‌ها ارزیابی کنیم که در آن تعداد کل نمونه‌ها را با n و مقادیر پیش‌بینی شده را با yi و مقادیر حقیقی را با y نشان داده می‌شود که فرمول آن به‌صورت زیر است (محمدی، ۱۴۰۱).

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|yi - y| \quad (۶)$$

میانگین مربعات خطا3 : در حقیقت خطای میانگین مربعات یا MSE، فاصله خط «رگرسیونی» را با مجموعه‌ای از نقاط داده اندازه‌گیری می‌کند. اگر مدل یادگیری ماشین بدون خطا باشد، MSE برابر با صفر خواهد بود. این معیار با میانگین گرفتن از مربع کل خطاهای حاصل از داده‌ها به دست می‌آید که در آن مقدار حقیقی برای نمونه‌ای که در جایگاه i ام قرار دارد را با yi و مقدار پیش‌بینی شده برای نمونه‌ای که در جایگاه i ام قرار

1 Linear Regression(LR)
2 Mean Absolute Error(MAE)
3 Mean Squared Error(MSE)

دارد را با $\hat{Y}$ و تعداد کل نمونه‌ها را با n نشـان داده می شـود. که فرمول آن به صـورت زیر می‌باشد(محمدی ، ۱۴۰۱).

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Yi-\widehat{Y})}{n} \quad (۷)$$

چالش‌های پیش‌بینی تقاضا: پیش‌بینی تقاضا در محیط‌های مختلف با چالش‌های متعددی روبرو است که بر دقت و کارایی آن تأثیر می‌گذارد. یکی از این چالش‌ها، نوسانات شدید و غیرقابل‌پیش‌بینی بازار است که می‌تواند ناشی از عوامل اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و حتی رویدادهای غیرمنتظره باشد. این نوسانات، الگوهای تاریخی تقاضا را مخدوش کرده و مدل‌های پیش‌بینی سنتی را با شکست مواجه می‌سازد. علاوه بر این، کمبود یا کیفیت پایین داده‌های تاریخی نیز مانع بزرگی در راه پیش‌بینی دقیق محسوب می‌شود. داده‌های ناقص، نادرست یا قدیمی نمی‌توانند تصویر کاملی از رفتار مشتریان و روند بازار ارائه دهند و در نتیجه، منجر به پیش‌بینی‌های نادرست می‌شوند (Van der Auweraer et al., 2019).

روش‌شناسی

باتوجه‌به اینکه از نتایج این پژوهش می‌توان به روش مناسب پیش‌بینی تقاضا قطعات یدکی دست‌یافت، و فرماندهان می‌توانند از نتایج آن در کوچک‌ترین یگان‌هایی که دارای یگان نگهداری و تعمیر هستند مثل تیپ‌ها و همچنین در سطوح بالاتر مثل یگان‌های پشتیبانی مناطق و در نهایت در معاونت آماد نیرو استفاده نمایند؛ بنابراین نوع پژوهش کاربردی است. همچنین باتوجه‌به اینکه در این پژوهش با مقایسه روش‌های پیش‌بینی تقاضا بر اساس دو متغیر بدون اینکه بخواهیم رابطه علی و معلولی بین متغیرها را بررسی کنیم، روش اجرای تحقیق مقایسه‌ای توصیفی است. اطلاعات و داده‌های این پژوهش، از تقاضای واقعی و میزان مصرفی در شش دوره زمانی شش‌ماهه از ابتدای مهر ۱۴۰۰ تا پایان شهریور ۱۴۰۳ استفاده می‌شود. داده‌ها شامل اطلاعات مربوط به تقاضای گذشته برای اقلام طبقه ۹ هستند که از سیستم‌های موجود در نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران جمع‌آوری شدند. این اطلاعات از ۲ یگان منتخب که دقت بسیار زیادی شده شرایط و ماهیت یکسانی داشته باشند جمع‌آوری شد. لذا باتوجه‌به اینکه داده‌ها و اطلاعات عددی و واقعی میزان تقاضا و مصرف قطعات یدکی مانند لاستیک و باتری جمع‌آوری و

سپس آن‌ها را در روش‌های مختلف پیش‌بینی تقاضا آزمایش می‌کند و در روال پژوهش از مصاحبه استفاده نشده است ؛ بنابراین رویکرد پژوهش کمی است. برای روایی اسناد و مدارک در این تحقیق به‌صورت مستقیم از برگ درخواست‌ها، برگ نیازمندی، صورت مصرفی‌های و همچنین موجودی انبارها یگان‌های منتخب در چهار دوره زمانی استفاده شد و همچنین از فیش‌برداری‌های انجام‌شده از اسناد و مدارک که از کتابخانه‌ها، مراکز پژوهش نظامی، انتشارات و کلیه مدارک، کتب و مقالاتی که در جهت موضوع پژوهش تدوین گردیده و موجود است، استفاده گردید و با افراد صاحب‌نظر در زمینه لجستیک تبادل نظر صورت‌گرفته و درنهایت پس از چندین بار مطالعه باهم مقایسه شدند تا تداخلی در متن آن‌ها وجود نداشته باشد و درواقع خصیصه موردنظر بررسی‌شده و پژوهش با استفاده از منابع مؤثر علمی و مقالات مربوط به موضوع انجام گردد. به‌منظور اطمینان از پایایی اسناد و مدارک باتوجه‌به اینکه سیستم آمادی کلیه یگان‌ها نزاجا در درخواست نیازمندی، دریافت و مصرف قطعات یدکی به یک‌شکل است، این مدارک در سایر یگان‌ها نیز مورد بررسی قرارمی گیرد تا پایایی اسناد و مدارک افزایش یابد و همچنین اسناد و مدارک، از کتابخانه‌ها و مراکز تحقیقاتی نظامی استفاده شد تا باعث افزایش پایایی اسناد و مدارک شود. برای بالابردن پایایی از اسناد و مدارک مربوط به موضوع و همچنین کتب ،مقالات و سایر نشریات معتبر موجود در اینترنت مرتبط با موضوع استفاده خواهد شد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، از پنج روش پیش‌بینی تقاضا (میانگین متحرک، میانگین متحرک وزنی، هموارسازی نمایی، هموارسازی نمایی دوبل و رگرسیون) برای پیش‌بین استفاده شد. برای هر یک از این روش‌ها، پارامترهای بهینه (مانند وزن‌ها در میانگین متحرک وزنی و ضرایب هموارسازی در روش‌های هموارسازی) با استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی (مانند جستجوی شبکه‌ای یا الگوریتم‌های بهینه‌سازی دیگر) تعیین گردید. هدف از بهینه‌سازی، یافتن پارامترهایی است که کمترین خطا را در پیش‌بینی داده‌های آموزشی داشته باشند. پس از پیش‌بینی مدل‌ها، عملکرد آن‌ها بر روی داده‌های آزمون ارزیابی گردید. برای ارزیابی عملکرد، میانگین قدرمطلق خطا (MAE) و ریشه میانگین مربعات خطا (MSE) استفاده گردید .در نهایت روش اجرای این پژوهش مقایسه‌ای توصیفی است، این روش زمانی استفاده می‌شود که محقق به دنبال مقایسه دو یا چند گروه بر اساس یک یا چند متغیر است، بدون اینکه بخواهد رابطه علی و معلولی بین

متغیرها را بررسی کند در این پژوهش ابتدا متغیرهای مناسب از قطعات یدکی لاستیک و باتری را انتخاب نموده و سپس آنها را در روش‌های مختلف کمی پیش‌بینی تقاضا به ترتیب به ۵ روش میانگین متحرک (پیش‌بینی ۱)، میانگین متحرک وزنی (پیش‌بینی ۲)، نمو هموار ساده (پیش‌بینی ۳)، نمو هموار تعدیل شده (پیش‌بینی ۴)و رگرسیون خطی (پیش‌بینی ۵) اندازه‌گیری نموده سپس، به‌منظور مقایسه معنادار بودن تفاوت بین نتایج حاصل از روش‌های مختلف پیش‌بینی، با تحلیل واریانس (ANOVA) آزمون شد. ANOVA به تعیین اینکه آیا تفاوت‌های مشاهده شده در معیارهای ارزیابی خطا بین روش‌های مختلف، از نظر آماری معنادار هستند یا خیر، کمک می‌کند (Shamami et al., 2024). درصورتی‌که نتایج ANOVA نشان‌دهنده معنادار بودن تفاوت‌ها باشد، از آزمون تعقیبی Tukey برای تعیین اینکه کدام روش‌ها به طور خاص با یکدیگر تفاوت معناداری دارند، انجام می‌گیرد. در نهایت، روش پیش‌بینی که کمترین میزان خطا را بر اساس معیارهای ارزیابی در داده‌های آزمون داشته باشد و تفاوت معناداری با سایر روش‌ها از نظر آماری داشته باشد، به‌عنوان روش برتر برای پیش‌بینی تقاضا در زنجیره تأمین آماد طبقه ۹ یگان‌های منتخب و اولویت‌بندی شد.

تجزیه‌وتحلیل یافته‌ها

همان‌طور که اشاره شد در این پژوهش دو قلم کالا از قطعات یدکی با عنوان لاستیک و باتری که هر کدام به دو قسمت سبک‌وسنگین تقسیم شده برای پیش‌بینی انتخاب شده است که مجموعاً ما ۴ قلم کالا را مورد پیش‌بینی قرار داده‌ایم. ضمناً لازم به ذکر است که ما دو یگان از یگان‌های مشابه و دارای ماهیت یکسان نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران را انتخاب کردیم که با این توصیف ما مجموعاً ۸ جدول جهت پیش‌بینی و ارزیابی تشکیل داده‌ایم که در هر جدول به ۵ روش به ترتیب میانگین متحرک، میانگین متحرک وزنی، نمو هموار ساده، نمو هموار تعدیل شده و رگرسیون خطی پیش‌بینی انجام داده‌ایم و همچنین به دو روش میانگین خطای مطلق و میانگین مربعات خطا ارزیابی نموده‌ایم. در نهایت در هر کدام از این جداول باتوجه‌به روش‌های پیش‌بینی و ارزیابی هر کدام از روش‌ها که کمترین خطا را داشت به‌عنوان روش بهتر انتخاب شد.

جدول (۱) مقدار پیش‌بینی و ارزیابی لاستیک سبک یگان ۱

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سبک (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۳۲	*	*	*	*	۴۵
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۴۰	*	*	۳۲	۳۲	۴۵
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۵۲	*	*	۳۴	۳۴	۴۶
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۶۸	۴۱	۴۴	۳۷	۳۹	۴۶
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۶۹	۵۳	۵۸	۴۳	۴۶	۴۷
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۱۶	۶۳	۶۵	۴۹	۵۲	۴۸
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۵۱	۴۲	۴۲	۴۳	۴۸
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۴۲	۱۹	۳۴	۳۲	۴۹
۹	میانگین خطای مطلق	*	۳۰	۲۸	۲۳	۲۲	۱۶
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۱۰۶۴	۱۰۳۲	۶۶۲	۶۱۰	۳۷۰

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۱) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۱۶ برای روش میانگین خطای مطلق و مقدار ۳۷۰ برای روش میانگین مربعات خطا با کمترین مقدار عددی) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که روش رگرسیون خطی با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۲) مقدار پیش‌بینی لاستیک سنگین یگان ۱

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سنگین (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۲۰	*	*	*	*	۱۳
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۴	*	*	۲۰	۲۰	۱۳
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۱۰	*	*	۱۷	۱۶	۱۳
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۱۰	۱۱	۱۰	۱۵	۱۵	۱۳
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۳۰	۸	۹	۱۴	۱۵	۱۴
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۶	۱۷	۲۰	۱۷	۱۶	۱۴
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۱۵	۱۴	۱۵	۱۵	۱۴

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سنگین (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۱۸	۸	۱۲	۱۴	۱۴
۹	میانگین خطای مطلق	*	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۷
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۲۰۲	۲۱۲	۱۴۱	۱۲۸	۷۸

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۲) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۷ برای روش میانگین خطای مطلق و مقدار ۷۸ برای روش میانگین مربعات خطا با دارا بودن کمترین مقدار عددی) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که روش رگرسیون خطی با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۳) مقدار پیش‌بینی باتری سبک یگان ۱

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف باتری سبک (آمپر)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۱۵۷۷	*	*	*	*	۲۰۱۴
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۲۵۴۵	*	*	۱۵۷۷	۱۵۷۷	۱۹۳۳
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۱۲۶۴	*	*	۱۷۷۱	۱۸۲۹	۱۹۷۲
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۲۸۳۴	۱۷۹۵	۱۷۱۱	۱۶۶۹	۱۸۱۵	۱۹۵۲
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۲۲۷۲	۲۲۱۴	۲۳۰۵	۱۹۰۲	۱۹۶۳	۱۹۳۱
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۱۲۸۰	۲۱۲۳	۲۲۳۹	۱۹۷۶	۲۱۰۲	۱۹۱۰
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۲۱۲۹	۱۸۸۸	۱۸۳۷	۱۸۹۳	۱۸۸۹
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۱۷۷۶	۸۳۸	۱۴۷۰	۱۲۱۳	۱۸۶۸
۹	میانگین خطای مطلق	*	۶۴۶	۷۰۵	۱۳۲۶	۷۳۶	۵۹۳
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۵۹۷۸۴۴	۷۲۲۷۹۲	۶۳۴۵۲۲	۶۱۳۱۵۵	۳۸۱۳۴۰

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۳) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۵۹۳ برای روش میانگین خطای مطلق و مقدار ۳۸۱۳۴۰ برای روش میانگین مربعات خطا با دارابودن کمترین مقدار عددی) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد. این بدان

معنا است که روش رگرسیون خطی با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۴) مقدار پیش‌بینی باتری سنگین یگان ۱

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف باتری سنگین (آمپر)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۴۸۰۰	*	*	*	*	۵۰۷۹
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۵۹۰۰	*	*	۴۸۰۰	۴۸۰۰	۴۳۰۹
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۹۸۰	*	*	۵۰۲۰	۵۰۸۶	۳۵۴۰
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۳۷۹۰	۳۸۹۳	۳۲۲۰	۴۲۱۲	۴۱۷۰	۲۷۷۰
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۲۶۷۰	۳۵۵۷	۳۳۶۹	۴۱۲۸	۳۴۶۱	۲۰۰۱
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۷۹۰	۲۴۸۰	۲۶۶۸	۳۸۳۶	۳۲۵۲	۱۲۳۱
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	***	۲۴۱۷	۱۹۵۴	۳۲۲۷	۲۸۹۸	۴۶۲
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	***	۱۷۳۰	۳۲۲۰	۴۸۰۰	۴۸۰۰	۳۰۷
۹	میانگین‌خطای‌مطلق	***	۸۹۳	۱۰۴۹	۲۰۱۶	۱۷۶۷	۱۰۹۳
۱۰	میانگین مربعات خطا	***	۱۲۱۷۸۲۶	۱۴۴۶۷۹۵	۵۸۲۲۷۱۳	۴۹۸۰۱۵۲	۱۸۰۷۱۶۶

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۴) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۸۹۳ برای روش میانگین خطای مطلق و مقدار ۱۲۱۷۸۲۶ برای روش میانگین مربعات خطا به علت دارابودن کمترین مقدار عددی)، روش میانگین متحرک کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که روش متحرک با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۵) مقدار پیش‌بینی لاستیک سبک یگان ۲

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سبک (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۲۵	*	*	*	*	۲۳

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سبک (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۱۴	*	*	۳۲	۳۲	۲۷
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۵۰	*	*	۲۸	۲۷	۳۱
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۱۴	۳۰	۳۴	۳۳	۳۳	۳۵
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۶۰	۲۶	۲۵	۲۹	۲۸	۳۹
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۳۳	۴۱	۴۴	۳۵	۳۷	۴۳
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۳۶	۳۷	۳۵	۳۶	۴۷
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۴۷	۲۲	۲۷	۲۶	۵۱
۹	میانگین خطای مطلق	*	۱۹	۲۲	۱۸	۱۹	۱۶
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۴۹۲	۵۸۲	۴۲۶	۴۵۰	۲۵۲

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۵) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۱۶ برای روش میانگین خطای مطلق و مقدار ۲۵۲ برای روش میانگین مربعات خطا با دارابودن کمترین مقدار عددی) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که روش رگرسیون خطی با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۶) مقدار پیش‌بینی لاستیک سنگین یگان ۲

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سنگین (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۲۰	*	*	*	*	۸
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۷	*	*	۲۰	۲۰	۹
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۴	*	*	۱۷	۱۷	۱۱
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۲	۱۰	۸	۱۵	۱۵	۱۲
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۴	۵	۵	۱۳	۱۴	۱۳
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۳۰	۴	۴	۱۱	۱۲	۱۴

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف لاستیک سنگین (حلقه)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۱۳	۱۷	۱۵	۱۴	۱۵
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۱۸	۸	۱۲	۱۴	۱۶
۹	میانگین خطای مطلق	*	۱۷	۱۰	۱۳	۱۳	۱۶
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۲۳۷	۲۳۱	۱۸۰	۱۷۶	۳۷۰

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۶) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۱۰ برای روش میانگین خطای‌مطلق و مقدار ۱۷۶ برای روش میانگین مربعات خطا با دارا بودن کمترین مقدار عددی)به ترتیب روش میانکین متحرک وزنی و روش نمو هموار تعدیل شده کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که این دو روش با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۷) مقدار پیش‌بینی باتری سبک یگان ۲

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف باتری سبک (آمپر)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۱۵۹۷	*	*	*	*	۱۶۸۲
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۲۲۴۵	*	*	۱۵۷۷	۱۵۷۷	۱۹۳۵
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۱۵۶۵	*	*	۱۷۱۱	۱۷۵۱	۲۱۸۹
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۲۶۷۵	۱۸۰۲	۱۷۷۵	۱۶۸۱	۱۷۹۴	۲۴۴۲
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۳۲۸۹	۲۱۶۲	۲۲۵۶	۱۸۸۰	۱۹۷۰	۲۶۹۶
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۲۵۲۳	۲۵۱۰	۲۷۶۰	۲۱۶۲	۲۳۷۰	۲۹۴۹
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۲۸۲۹	۲۷۸۳	۲۲۳۴	۲۵۳۵	۳۲۰۳
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۱۷۷۶	۸۳۸	۱۴۷۰	۱۷۶۹	۳۴۵۶
۹	میانگین خطای‌مطلق	*	۶۷۱	۵۹۵	۳۶۰۹	۹۳۹	۲۷۹
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۶۷۷۴۷۵	۶۴۴۴۱۹	۷۱۴۲۳۵	۶۰۴۰۳۰	۱۸۰۰۱۹

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۷) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۲۷۹ برای روش میانگین خطای‌مطلق و مقدار ۱۸۰۰۱۹ برای روش میانگین مربعات خطا با دارا بودن کمترین مقدار عددی) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که روش رگرسیون خطی با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۸) مقدار پیش‌بینی باتری سنگین یگان ۲

ردیف	دوره‌های زمانی	مقدار واقعی مصرف باتری سنگین (آمپر)	پیش‌بین به روش میانگین متحرک (۱)	پیش‌بینی به روش میانگین متحرک وزنی	پیش‌بینی به روش نموهموار ساده	پیش‌بینی به روش نموهموار تعدیل شده	پیش‌بینی به روش رگرسیون خطی
۱	شش ماه دوم ۱۴۰۰	۵۰۰۰	*	*	*	*	۴۹۴۷
۲	شش ماه اول ۱۴۰۱	۵۴۰۰	*	*	۴۸۰۰	۴۸۰۰	۴۲۷۵
۳	شش ماه دوم ۱۴۰۱	۱۹۸۰	*	*	۴۹۲۰	۴۸۵۶	۳۶۰۶
۴	شش ماه اول ۱۴۰۲	۲۷۹۰	۴۱۲۷	۳۶۱۰	۴۳۳۲	۴۲۵۶	۲۹۳۱
۵	شش ماه دوم ۱۴۰۲	۲۶۴۰	۳۳۹۰	۳۰۶۹	۴۰۲۴	۳۴۴۷	۲۲۵۹
۶	شش ماه اول ۱۴۰۳	۱۷۹۰	۲۴۷۰	۲۵۵۳	۳۷۴۷	۳۰۹۲	۱۵۸۷
۷	شش ماه دوم ۱۴۰۳	*	۲۴۰۷	۲۲۴۵	۳۳۵۶	۲۹۸۹	۹۱۵
۸	شش ماه اول ۱۴۰۴	*	۱۷۳۰	۱۰۶۵	۴۸۰۰	۲۴۱۱	۴۹۴۷
۹	میانگین خطای‌مطلق	*	۴۲۵۵	۶۷۰	۶۰۷	۸۵۴	۵۸۷
۱۰	میانگین مربعات خطا	*	۹۳۷۴۸۹	۷۷۹۵۳۶	۳۴۲۵۳۳۴	۲۷۴۷۷۳۱	۶۴۶۸۰۲

بر اساس داده‌های حاصل از جدول (۸) محاسبات روش‌های ارزیابی (مقدار ۵۸۷ برای روش میانگین خطای مطلق و مقدار ۶۴۶۸۰۲ برای روش میانگین مربعات خطا با دارابودن کمترین مقدار عددی) روش رگرسیون خطی کمترین خطا را دارد. این بدان معنا است که روش رگرسیون خطی با کمترین خطا از سایر روش‌های انتخابی بهتر عمل می‌نماید.

جدول (۹) نتایج آزمون ANOVA برای مقدار پیش‌بینی لاستیک سبک یگان ۱ و یگان ۲

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.

Between Groups	۲۷۴/۰۰۰	۴	۶۱/۷۵۰	۰/۷۰۲	۰/۵۹۶
Within Groups	۳۰۷۹/۰۰۰	۳۵	۸۷/۹۷۱		
Total	۳۲۲۶/۰۰۰	۳۹			

همان‌طور که در جدول ۹ نشـان داده شـده اسـت، مقدار sig آزمون مقایسـه ANOVA مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای استفاده شده در پژوهش برای لاستیک سبک یگان ۱ و یگان ۲ برابر ۰/۵۹۶ شـده اسـت و مقدار آن بیش‌از ۰/۰۵ اسـت در نتیجه مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضـای مورد استفاده اختلاف معناداری وجود ندارد.

جدول (۱۰) نتایج آزمون ANOVA برای مقدار پیش‌بینی لاستیک سنگین یگان ۱ و یگان ۲

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	۱۲۵/۰۰۰	۴	۳۱/۲۵۰	۲/۶۶۴	/۰۵۱
Within Groups	۴۱۰/۵۰۰	۳۵	۱۱/۷۲۹		
Total	۵۳۵/۵۰۰	۳۹			

همان‌طور که در جدول ۱۰ نشان داده شده است، مقدار sig آزمون مقایسه ANOVA مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای استفاده شده در پژوهش برای لاستیک سنگین یگان ۱ و یگان ۲ برابر ۰/۰۵۱ شده است و مقدار آن بیش‌از ۰/۰۵ است در نتیجه مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورد استفاده اختلاف معناداری وجود ندارد.

جدول (۱۱) نتایج آزمون ANOVA برای مقدار پیش‌بینی باتری سبک یگان ۱ و یگان ۲

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	۶۵۶۱۶۱/۱۵۰	۴	۱۶۴۰۴۰/۲۸۸	۲/۰۴۷	/۱۰۹
Within Groups	۲۸۰۴۲۲۵/۲۵۰	۳۵	۸۰۱۲۱/۴۶۴		
Total	۳۴۶۰۴۱۲/۴۰۰	۳۹			

همان‌طور که در جدول ۱۱ نشان داده شده است، مقدار sig آزمون مقایسه ANOVA مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای استفاده شده در پژوهش برای باتری سبک یگان ۱ و یگان ۲ برابر ۰/۱۰۹ شده است و مقدار آن بیش‌از ۰/۰۵ است در نتیجه مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورد استفاده اختلاف معناداری وجود ندارد.

جدول (۱۲) نتایج آزمون ANOVA برای مقدار پیش‌بینی باتری سنگین یگان ۱ و یگان ۲

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	۲۳۰۵۳۵۹۴/۹۰۰	۴	۵۷۶۳۳۹۸/۷۲۵	۱۳/۵۱۶	۰/۰۰۰
Within Groups	۲۴۹۲۵۰۰۲/۸۷۵	۳۵	۴۲۶۴۲۸/۶۵۴		
Total	۳۷۹۷۸۵۹۷/۷۷۵	۳۹			

.همان‌طور که در جدول ۱۲ نشان داده شده است، مقدار sig آزمون مقایسه ANOVA مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای استفاده شده در پژوهش برای لاستیک سنگین یگان ۱ و یگان ۲ برابر ۰/۰۰۰ شده است و مقدار آن کمتر از ۰/۰۵ است در نتیجه مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورد استفاده اختلاف معناداری وجود دارد.

جدول (۱۳) نتایج آزمون توکی مقایسه نتایج پیش‌بینی لاستیک سبک یگان ۱ و یگان ۲

لاستیک سبک	N	Subset for alpha 0.05
		1
پیش‌بینی ۳	۸	۳۷/۸۷۵۰
پیش‌بینی ۴	۸	۳۹/۲۵۰۰
پیش‌بینی ۱	۸	۴۲/۶۲۵۰
پیش‌بینی ۲	۸	۴۳/۶۲۵۰
پیش‌بینی ۵	۸	۴۴/۱۲۵۰
Sig.		./۶۷۳

باتوجه‌به نتایج آزمون ANOVA برابر جدول شماره ۹ که مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضا اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، نتایج آزمون توکی نیز برابر جدول ۱۳ نشان می‌دهد تمام روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورد استفاده در پژوهش در یک گروه قرار داشته و اختلاف معنادار مابین آن‌ها وجود ندارد.

جدول (۱۴) نتایج آزمون توکی مقایسه نتایج پیش‌بینی لاستیک سنگین یگان ۱ و یگان ۲

لاستیک سنگین	N	Subset for alpha 0.05
		1
پیش‌بینی ۳	۸	۱۰/۳۷۵۰
پیش‌بینی ۴	۸	۱۰/۸۷۵۰
پیش‌بینی ۱	۸	۱۳/۶۲۵۰
پیش‌بینی ۲	۸	۱٤/۳۷۵۰

پیش‌بینی ۵	۸	۱٤/٥۰۰۰
Sig.		۰/۱۳۷

باتوجه‌به نتایج آزمون ANOVA برابر جدول شماره ۱۰ که مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضا اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، نتایج آزمون توکی نیز برابر جدول ۱۴ نیز نشان می‌دهد تمام روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورداستفاده در پژوهش در یک گروه قرار داشته و اختلاف معنادار مابین آن‌ها وجود ندارد.

جدول (۱۵) نتایج آزمون توکی برای مقایسه نتایج پیش‌بینی باتری سبک یگان ۱ و یگان ۲

		Subset for alpha 0.05
باتری سبک	N	1
پیش‌بینی ۳	۸	۱۹۱۷/۶۲۵۰
پیش‌بینی ۴	۸	۱۹۲۰/۵۰۰۰
پیش‌بینی ۱	۸	۲۰۵۵/۲۵۰۰
پیش‌بینی ۲	۸	۲۱۹۵/۵۰۰۰
پیش‌بینی ۵	۸	۲۲۱۴/۶۲۵۰
Sig.		۰/۲۴۳

برابر جدول شماره ۱۱ که مابین روش‌های پیش‌بینی ANOVAباتوجه‌به نتایج آزمون تقاضا اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، نتایج آزمون توکی نیز برابر جدول ۱۵ نیز نشان می‌دهد تمام روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورداستفاده در پژوهش در یک گروه قرار داشته و اختلاف معنادار مابین آن‌ها وجود ندارد.

جدول (۱۶) نتایج آزمون توکی مقایسه نتایج پیش‌بینی باتری سنگین یگان ۱ و یگان ۲

		Subset for alpha = 0.05		
باتری ۱	N	1	2	3
پیش‌بینی ۵	۸	۱۶۱۶/۰۰۰۰		
پیش‌بینی ۲	۸		۲۸۳۶/۰۰۰۰	
پیش‌بینی ۱	۸		۳۰۹۲/۶۲۵۰	۳۰۹۲/۶۲۵۰
پیش‌بینی ۴	۸		۳۴۴۶/۷۵۰۰	۳۴۴۶/۷۵۰۰
پیش‌بینی ۳	۸			۳۷۸/۷۵۰۰

Sig.	۱/۰۰۰	۰/۳۲۵	۰/۱۵۶

باتوجه‌به نتایج آزمون ANOVA برابر جدول شماره ۱۲ که مابین روش‌های پیش‌بینی تقاضا اختلاف معنی‌داری وجود دارد، نتایج آزمون توکی نیز برابر جدول ۱۶ نیز نشان می‌دهد روش‌های پیش‌بینی تقاضای مورداستفاده در پژوهش درسه گروه قرار داشته که در آن گروه یک شامل پیش‌بینی پنجم یعنی روش رگرسیون ، گروه دوم شامل پیش‌بینی یکم، دوم و چهارم و گروه سوم شامل پیش‌بینی یکم، سوم و چهارم که این موضوع نشان می‌دهد اختلاف معنادار مابین آن‌ها وجود دارد.

بحث و نتیجه‌گیری:

در این پژوهش، پنج روش پیش‌بینی تقاضا شامل میانگین متحرک، میانگین متحرک وزنی، هموارسازی نمایی، هموارسازی نمایی تعدیل‌شده و رگرسیون خطی، برای پیش‌بینی تقاضای چهارقلم کالای لاستیک سبک، لاستیک سنگین، باتری سبک و باتری سنگین برای زنجیره تأمین آماد طبقه ۹ نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران مورداستفاده قرار گرفت. این پیش‌بینی در دو یگان همسان که دارای شرایط یکسانی هستند انجام شد. روش‌های پیش‌بینی با استفاده از دو معیار میانگین خطای مطلق (MAE) و میانگین مربعات خطا (MSE) ارزیابی‌شده و نتایج با آزمون ANOVA و آزمون Tukey مقایسه گردید. نتایج نشان داد که در یگان اول سه قلم کالای لاستیک سبک، لاستیک سنگین و باتری سبک، روش رگرسیون خطی کمترین خطا را داشته است، درحالی‌که برای باتری سنگین، میانگین متحرک بهترین عملکرد را از خود نشان داد، و در یگان دوم سه قلم کالای لاستیک سبک، و باتری سبک و باتری سنگین روش رگرسیون خطی کمترین خطا را داشته است، درحالی‌که برای لاستیک سنگین، به ترتیب روش میانگین متحرک وزنی و روش نمو هموار تعدیل‌شده کمترین خطا را دارد. بااین‌حال، آزمون ANOVA که هر دو یگان را باهم در نظر گرفته در سه قلم اول اختلاف معنی‌داری را در بین روش‌ها در سطح ۵٪ نشان نداد. نتایج آزمون ANOVA برای باتری سنگین اختلاف معنی‌دار رابین روش‌ها نشان داد، که نشان‌دهنده برتری روش میانگین متحرک در پیش‌بینی تقاضای این قلم کالا می‌باشد. این تفاوت عملکرد روش‌ها می‌تواند به ویژگی‌های خاص داده‌های مربوط به باتری سنگین و الگوی تقاضای

آن نسبت داده شود. عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری در سه قلم کالای دیگر را می‌توان با استفاده از داده‌های با حجم بیشتر و یا روش‌های پیش‌بینی پیشرفته‌تر به‌صورت دقیق‌تر تائید یا رد کرد. درنهایت، انتخاب بهترین روش پیش‌بینی تقاضا به عوامل متعددی ازجمله نوع کالا، ماهیت داده‌ها، هزینه محاسباتی و دقت موردنیاز بستگی دارد. در این پژوهش، علی‌رغم برتری روش رگرسیون خطی در اغلب موارد، نتایج نشان داد که بهترین روش پیش‌بینی برای هر قلم کالا می‌تواند متفاوت باشد. این یافته اهمیت انتخاب روش پیش‌بینی بر اساس خصوصیات منحصربه‌فرد هر کالا و ارزیابی دقیق روش‌های مختلف را در زنجیره تأمین نشان می‌دهد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی جهت بهبود فرآیند پیش‌بینی تقاضای قطعات یدکی در زنجیره تأمین آماد نیروی زمینی ارتش جمهوری اسلامی ایران، از مدل‌های ترکیبی و بومی‌شده مبتنی بر تلفیق روش‌های آماری و یادگیری ماشین استفاده گردد. این رویکرد می‌تواند دقت پیش‌بینی‌های مبتنی بر داده‌های تاریخی محدود یا ناپایدار را افزایش داده و سازگاری با شرایط تغییرپذیر محیط عملیاتی را فراهم آورد. علاوه بر این، ایجاد و به‌روزرسانی مستمر پایگاه داده‌های جامع و منعطف، نقش حیاتی در ارائه ورودی‌های معتبر به مدل‌های پیش‌بینی ایفا می‌نماید و زمینه را برای تحلیل‌های دقیق‌تر و تصمیم‌گیری‌های بهتر فراهم می‌آورد.

همچنین، بهره‌گیری از نظرات خبرگان و فرماندهان در کنار داده‌های تاریخی به‌عنوان روشی مکمل، در شرایط عدم قطعیت شدید و کمبود داده‌های دقیق، می‌تواند دقت و کارایی سیستم پیش‌بینی را ارتقا بخشد. بر این اساس، آموزش تخصصی و پیوسته نیروهای انسانی درزمینه تحلیل داده و کار با نرم‌افزارهای پیشرفته، به‌عنوان عامل کلیدی در افزایش اثربخشی فرایندهای پیش‌بینی، پیشنهاد می‌گردد. علاوه بر این، توسعه ابزارهای نرم‌افزاری پیشرفته و تعریف شاخص‌های عملکرد برای ارزیابی مستمر دقت پیش‌بینی، امکان اصلاح و بهبود فرایندهای پیش‌بینی را فراهم می‌آورد و درنتیجه، قابلیت پاسخ سریع و مؤثر به نوسانات تقاضا در زنجیره تأمین را تقویت می‌کند.

توسعه سیستم یکپارچه اطلاعات: ایجاد و پیاده‌سازی یک سیستم یکپارچه اطلاعات که تمامی داده‌های مربوط به تقاضا، موجودی، سفارش‌ها و تحویل کالاها را در یک پلتفرم

متمرکز جمع‌آوری و مدیریت کند. این کار باعث افزایش دقت پیش‌بینی تقاضا، کاهش زمان پاسخگویی و بهبود هماهنگی بین بخش‌های مختلف زنجیره تأمین می‌شود.

بهره‌گیری از تکنیک‌های پیشرفته تحلیل داده؛ مانند یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای بهبود دقت پیش‌بینی تقاضا. این تکنیک‌ها می‌توانند الگوهای پیچیده و روابط غیرخطی در داده‌ها را شناسایی کنند که با روش‌های سنتی قابل‌تشخیص نیستند.

همکاری با دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی برای توسعه مدل‌های پیش‌بینی مبتنی بر یادگیری ماشین، جمع‌آوری و برچسب‌گذاری داده‌های آموزشی مناسب، و آموزش کارکنان برای تفسیر و استفاده از نتایج مدل‌ها.

تقویت همکاری و اشتراک اطلاعات با تأمین‌کنندگان: با ایجاد روابط قوی و پایدار با تأمین‌کنندگان و به اشتراک‌گذاری اطلاعات مربوط به تقاضا و موجودی با آن‌ها. این کار باعث افزایش دید پذیری در زنجیره تأمین، کاهش زمان تحویل کالاها و بهبود پاسخگویی به تغییرات ناگهانی در تقاضا می‌شود. با استفاده از قراردادهای بلندمدت با تأمین‌کنندگان، ایجاد پلتفرم‌های آنلاین برای اشتراک اطلاعات، و برگزاری جلسات منظم برای برنامه‌ریزی و هماهنگی.

توصیه‌های کلیدی برای سیاست‌گذاران دفاعی

سرمایه‌گذاری بر مدل‌های ترکیبی و یادگیری ماشین: باتوجه‌به پیچیدگی و نوسانات ذاتی تقاضا در محیط نظامی، سیاست‌گذاران باید بر استفاده از مدل‌های پیش‌بینی ترکیبی که قادر به ترکیب نقاط قوت روش‌های آماری کلاسیک و تکنیک‌های پیشرفته یادگیری هستند، تمرکز کنند.

۲-توسعه زیرساخت‌های داده و فناوری اطلاعات: پیاده‌سازی موفقیت‌آمیز روش‌های پیشرفته پیش‌بینی تقاضا نیازمند داده‌های دقیق، کامل و به‌روز است. سیاست‌گذاران باید برای بهبود سیستم‌های جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، پردازش و تحلیل داده‌های مربوط به مصرف آماد، موجودی، تعمیرات و نگهداری، سرمایه‌گذاری کنند.

۳-آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی متخصص: موفقیت هر سیستم پیش‌بینی تقاضا به دانش و مهارت نیروی انسانی بستگی دارد. لازم است برنامه‌های آموزشی تخصصی برای کارکنان زنجیره تأمین در خصوص استفاده از ابزارها و مدل‌های

پیش‌بینی جدید، تفسیر نتایج و به‌کارگیری آن‌ها در تصمیم‌گیری‌ها تدوین و اجرا شود. جذب و حفظ متخصصان حوزه علم داده و تحلیل پیش‌بینانه نیز از اهمیت بالایی برخوردار است.

۵-ادغام پیش‌بینی تقاضا با فرآیندهای تصمیم‌گیری کلان دفاعی: نتایج حاصل از پیش‌بینی دقیق تقاضا باید به‌عنوان ورودی حیاتی در فرآیندهای برنامه‌ریزی استراتژیک، بودجه‌بندی، مدیریت موجودی و تخصیص منابع در سطح کلان دفاعی مورداستفاده قرار گیرد.

۶-تقویت فرماندهی دانش‌محور: استفاده از تجربیات دانشی کارکنان و ایجاد سامانه‌های فرماندهی و کنترل هوشمند و یک پارچه.

تشکر و قدردانی:

از صاحب‌نظران و اندیشمندان ارجمندی که در فرایند این تحقیق، خالصانه و دلسوزانه با ارائه دیدگاه‌ها و نقطه‌نظرات علمی خود، پژوهشگران را یاری کرده‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع:

بدین‌وسیله نویسندگان به‌روشنی و با اطمینان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص پژوهش حاضر وجود ندارد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع فارسی:

- خانجانی، داود. (۱۴۰۰). رکن چهارم دوره عالی ،چاپ نامعلوم، تهران :انتشارات مرکز آموزش پشتیبانی شهید فیض‌الله امانی نزاجا

- خرم‌ورز، فاطمه. (۱۴۰۱). شناسایی و کاهش ریسک زنجیره‌تامین با استفاده از چارچوب داده‌کاوی،پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشکده فنی و مهندسی،دانشگاه خوارزمی. (url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/7f610ed1cb28729)

- دارابی، احسان. (۱۴۰۱). پیش‌بینی تقاضا با داده‌کاوی و تعیین استراتژی سفارش دهی مطالعه موردی: شرکت خدمات و تجارت بم خودرو ،پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشکده صنایع و مدیریت گروه مهندسی صنایع دانشگاه صنعتی سجاد.(url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/f620b8a0261a375ce044ba1b05971c48)

- محمدی، شعبان، سعیدی، طالبی نجف‌آبادی، عبدالحسین، & الهی شیروان. (۱۴۰۱). ارائه مدلی برای پیش‌بینی سری زمانی قیمت‌های نویز دار سهام با استفاده از تحلیل طیف تکین، رگرسیون بردار پشتیبان به همراه بهینه‌سازی ازدحام ذرات و مقایسه آن با عملکرد مدل‌های تبدیل موجک، شبکه عصبی، فرآیند میانگین متحرک خود رگرسیون و رگرسیون چندجمله‌ای. مهندسی مالی و مدیریت اوراق بهادار، ۴۹. (url: https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/2007008)

- نامی، علی. (۱۳۹۹). بررسی ترکیب‌های روش‌های پیش‌بینی تقاضا در زنجیره‌های تأمین و کاربردهای آن ،پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشکده ریاضی و کامپیوتر،دانشگاه شهید باهنر کرمان. (url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/article)

- نوبختی، سید عباس.(۱۴۰۱). بررسی مقایسه‌ای روش‌های منتخب برای پیش‌بینی تقاضا مطالعه موردی شرکت کرمان موتور،پایان‌نامه کارشناسی ارشد،دانشکده مهندسی پیشرفت،دانشگاه علم و صنعت. (url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles/ec)

-ضرغامی، حمیدرضا، فرهادی، علی و ستار پور، سعید . (۱۴۰۲). تعیین و اولویت‌بندی عوامل مزیت ساز لجستیک دفاعی ارتش جمهوری اسلامی ایران. علوم و فنون نظامی, ۱۹(۶۵), ۸۷-۱۱۱. (doi: https://doi.org/10.22034/qjmst.2024.561434.1768)

-ضیغمی نژاد، پرویز، روشنی، رضا، طگانی، غلامرضا، فروزان، ایرج و ایجابی، ابراهیم . (۱۴۰۱). تدوین راهبردهای لجستیک (آماد و پشتیبانی) عملیات مشترک ارتش جمهوری اسلامی ایران. آینده‌پژوهی دفاعی. (doi: https://doi.org/10.22034/dfsr.2022.550231.1583)

- فرهمند نژاد، علی، محمد زهرایی، سپهر و محمد زهرایی، سهیل. (۱۴۰۲). کاربرد اینترنت اشیاء در لجستیک ارتش جمهوری اسلامی ایران. فصلنامه مطالعات جنگ. (doi: 10.22034/qjws.2024.2014134.1177)

منابع انگلیسی:

- Alejandro-Chable, J. D., Salais-Fierro, T. E., Saucedo-Martínez, J. A., & Cedillo-Campos, M. G. (2024). A new Lean logistics management model for the modern supply chain. Mobile Networks and Applications, 29(1), 70-81 url: https://link.springer.com/article/10.1007/s11036-022-02018-1

- Armstrong, J. S. (Ed.). (2001). Principles of forecasting: a دســـتینـه for researchers and practitioners (Vol. 30). Springer Science & Business Media. url: https://books.google.com/books?hl=
- Bishop, C. M., & Nasrabadi, N. M. (2006). Pattern recognition and machine learning (Vol. 4, No. 4, p. 738). New York: springer. url: https://link.springer.com/book/
- Box, G. E., Jenkins, G. M., Reinsel, G. C., & Ljung, G. M. (2015). Time series analysis: forecasting and control. John Wiley & Sons. url: https://elib.vku.udn.vn/bitstream/
- Chase, C. W. (2013). Demand-driven forecasting: a structured approach to forecasting. John Wiley & Sons. url: https://books.google.com/books?
- Christopher, M. (2022). Logistics and supply chain management: logistics & supply chain management. Pearson UK. url: https://books.google.com/books?
- Darabi, E. (1401). Forecasting demand with data mining and determining the ordering strategy of a case study: Bam Khodro Service and Trade Company, Master's Thesis, Faculty of Industry and Management, Department of Industrial Engineering, Sajjad University of Technology. [InPersian]. url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/
- Deng, C., & Liu, Y. (2021). A deep learning based inventory management and demand prediction optimization method for anomaly detection. Wireless communications and mobile computing, 2021(1), 9969357. url: https://doi.org/10.1155/2021/9969357
- Farhamandenjad, Ali, Mohammad Zahraei, Sepehr and Mohammad Zahraei, Sohail. (1402). The use of Internet of Things in the logistics of the Islamic Republic of Iran Army. War Studies Quarterly, 5(19), 74-103[In Persian]. doi: 10.22034/qjws.2024.2014134.1177
- Frisch, R., & Waugh, F. V. (1933). Partial time regressions as compared with individual trends. Econometrica: Journal of the Econometric Society, 387-401. url: https://www.jstor.org/stable/
- Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. International journal of forecasting, 20(1), 5-10. url: https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.015
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). Forecasting: principles and practice. OTexts. url: https://books.google.com/books?
- Jałowiec, T., & Grala, D. (2020, April). The Effectiveness of Logistic Processes in Military Supply Chains. In Proceedings of the 35th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) (pp. 1-2).
- Kagalwala, H., Radhakrishnan, G. V., Mohammed, I. A., Kothinti, R. R., & Kulkarni, N. (2025). Predictive analytics in supply chain management:

The role of AI and machine learning in demand forecasting. Advances in Consumer Research, 2, 142-149. url: https://acr-journal.com/article/

Khanjani, D. (2021). The fourth pillar of the higher course, unknown publication, Tehran: Publications of Shahid Faizullah Amani Nezaja Support Training Center. [In Persian]. url: https://ganj.irandoc.ac.ir/

Khorramvarz, F. (2022). Identifying and reducing supply chain risk using a data mining framework, Master's thesis, Technical and Engineering Faculty, Kharazmi University. [In Persian] url: https://ganj.irandoc.ac.ir/

- Kohli, S., Godwin, G. T., & Urolagin, S. (2020). Sales prediction using linear and KNN regression. In Advances in Machine Learning and Computational Intelligence: Proceedings of ICMLCI 2019 (pp. 321-329). Singapore: Springer Singapore. url: https://link.springer.com/chapter/
- Korkmaz, G. (2024). SUPPLY CHAIN RISKS AND MANAGEMENT STRATEGIES IN THE DEFENSE INDUSTRY. Journal of Defense Resources Management (JoDRM), 15(1), 35-60. url: https://www.ceeol.com/search/article-detail?id
- Kouvelis, P., Chambers, C., & Wang, H. (2006). Supply chain management research and production and operations management: Review, trends, and opportunities. Production and Operations Management, 15(3),449-469. Doi: https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2006.tb00257.x.
- Lupsa, M., Arnell, A., Malmström, M., & Mutic, E. (2024). From incoherence to coherence. Which languages are given (which) importance in the Swedish curricula from 1962 to 2022?. In Coherence and Fragmentation: The Languages of the Nordic Countries and their Interrelations Today. University of Florence 14-16 Nov 2024.
- Montgomery, D. C., Jennings, C. L., & Kulahci, M. (2015). Introduction to time series analysis and forecasting. John Wiley & Sons. url: https://books.google.com/books
- Nami, A. (2019). Examining the combinations of demand forecasting methods in supply chains and their applications, Master's Thesis, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman.[InPersian] url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles
- Nobakhti, A. (2022). A comparative study of selected methods for demand forecasting, a case study of Kerman Motor Company, Master's Thesis, Advance Engineering College, University of Science and Technology.[In Persian] url: https://ganj.irandoc.ac.ir/#/articles
- Parlier, G. H. (2016). Mission-Based Forecasting: Demand Forecasting for Military Operations. Foresight: The International Journal of Applied Forecasting, (43). url: https://openurl.ebsco.com/EPDB

- Sani, S., Schaefer, D., & Milisavljevic-Syed, J. (2022). Strategies for achieving pre-emptive resilience in military supply chains. Procedia CIRP, 107, 1526-1532. doi:https://doi.org/
- Shaaban,M. Talebi-Najafabadi,S. & Elahishirvan,A. (2021). Presenting a model for predicting the time series of noisy stock prices using singular spectrum analysis, support vector regression along with particle swarm optimization and comparing it with the performance of wavelet transform models, neural network, autoregressive moving average process and polynomial regression. Financial Engineering and Securities Management, 49(12), 399-421. [In Persian]. url: https://www.noormags.ir/view/en/articlepage/
- Shamami, N., Mehdizadeh, E., Yazdani, M., & Etebari, F. (2024). War game problem considering the mobility of weapons and targets. Journal of Engineering Research, 12(1), 214-225. doi: https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.11.021
- Sharma, A. (2023). Managing Complex Supply Chains: Lessons from Military Logistics. International Journal of Supply Chain Management, 12(6), 26-38. url: https://core.ac.uk/reader/595400010#:~
- Silver, E. A., Pyke, D. F., & Thomas, D. J. (2017). Inventory management and production planning and scheduling.
- Van der Auweraer, S., Boute, R. N., & Syntetos, A. A. (2019). Forecasting spare part demand with installed base information: A review. International Journal of Forecasting, 35(1), 181-196 url: https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2018.09.002
- Zaighminejad, Parviz, Roshni, Reza, Tahani, Gholamreza, Forozan, Iraj and Ijabi, Ibrahim. (1401). Compilation of logistics strategies (readiness and support) of joint operations of the Islamic Republic of Iran Army. defense future research, 7(24), 81-107. doi: https://doi.org/10.22034/dfsr.2022.550231.1583
- Zangara, G., Corvello, V., & Filice, L. (2024). Are rules for social sustainability in supply chains strong enough? Defining the “nullification principle”.ProcediaComputerScience,232,87-96. doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.009
- Zarghami, Hamidreza, Farhadi, Ali and Sattarpour, Saeed. (1402). Determining and prioritizing the advantageous factors of defense logistics of the Islamic Republic of Iran Army. Military Sciences and Techniques.[In Persian]. doi:https://doi.org/10.22034/qjmst.2024.561434.1768
- Zhang, C., Bengio, S., Hardt, M., Recht, B., & Vinyals, O. (2021). Understanding deep learning (still) requires rethinking generalization.

Communications of the ACM, 64(3), 107-115. doi:https://doi.org/10.1145/3446776

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی