Journal of Strategic Value Chain Management, 3 (10), 2026, 1-36.

Journal of Strategic Value Chain Management

Journal homepage: **https://svcm.semnan.ac.ir/**

ISSN: 3092-6386

Semnan University

Modeling of the Factors Affecting the Smart Maturity of the Defense Supply Chain

Morteza Pourjafari
Ph.D. in Strategic Defense Sciences, Supreme National Defense University. Tehran, Iran.
E-mail : pjafarimorteza@gmail.com

Hamidreza Rezae
Ph.D. in Strategic Defense Sciences, Supreme National Defense University. Tehran, Iran.
E-mail : Rezaee55@chmail.ir

Mohammad Rouzbeh*
M.Sc. in Project Management, University of Tehran, Tehran, Iran.
E-mail : roozbeh@ut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2026-04-20
Revised: 2026-06-14
Accepted: 2026-06-14

Keywords:
Defense Supply Chain Maturity;
Smart Transformation;
Supply Chain Resilience;
Meta-Synthesis;
Structural Equation Modeling (SEM).

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: In the contemporary era, the global transition toward Industry 4.0 has fundamentally reshaped the paradigms of logistics and supply chain management. Within the defense sector, the Defense Supply Chain (DSC) represents a core pillar of national power and strategic deterrence. However, defense-oriented supply chains operate under a unique set of constraints, including pervasive sanctions, stringent security requirements, the necessity for high levels of strategic inventory, and the need for exceptional resilience in environments characterized by high uncertainty. Despite extensive research on commercial supply chain maturity models most of which emphasize lean principles and profit maximization existing frameworks rarely address the distinct security, operational, and resilience-related imperatives that define military contexts. As a result, the absence of a tailored and comprehensive smart maturity model appropriate for these high-risk conditions has constrained progress toward smart transformation in the defense supply chain domain. This study addresses this critical gap by developing a localized, multi-dimensional smart maturity framework designed specifically for the defense sector. The aim is to identify the fundamental dimensions, Components and indicators that characterize smart transformation in the DSC and to explain how these elements interact to strengthen operational resilience, enhance the speed of threat response, and support strategic deterrence.

Materials and Methods: This research employed a sequential mixed-methods design. The qualitative phase adhered to the seven-step meta-synthesis protocol established by Sandelowski and Barroso. A systematic review was conducted across Web of Science, Scopus, Google Scholar, and

* Corresponding author:
E-mail address: roozbeh@ut.ac.ir
https://orcid.org/0009-0005-5378-3357

Civilica, focusing on studies published within the preceding five years. From an initial pool of 110 articles, a final corpus of 25 high-quality studies was selected based on achieving a Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) score exceeding 60 percent. Through rigorous thematic coding, 32 distinct indicators were extracted and subsequently organized into 16 components and five core dimensions, demonstrating strong inter-coder reliability (Kappa = 0.874). In the quantitative phase, the proposed conceptual model was empirically validated using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) in SmartPLS4, drawing on survey data from a purposive sample of 150 senior experts in military logistics and digital transformation.

Results: This study, employing a rigorous mixed-methods approach, initially conducted a qualitative Meta-Synthesis to develop a multidimensional maturity model for the smart transformation of the defense supply chain. This model comprises five core dimensions: “Smart Operational Capabilities,” “Smart Efficiency and Productivity,” “Smart Integration and Collaboration,” “Smart Security and Resilience,” and “Smart Organizational Foundations.” The meta-synthesis process identified 16 key components and 32 precise quantitative indicators, establishing a structured framework for assessment and guidance. Subsequently, quantitative analysis was performed using SmartPLS4 to validate the model’s constructs. The analysis confirmed high reliability and validity across all dimensions, with Composite Reliability (CR) consistently exceeding 0.88 and Average Variance Extracted (AVE) values surpassing 0.60. Assessment of the structural model revealed “Smart Organizational Foundations” as the most influential driver of transformation. This dimension exhibited a significant path coefficient ($\beta = 0.52$, $p < 0.001$) towards “Smart Integration and Collaboration.” The model further demonstrated substantial explanatory power for “Smart Efficiency and Productivity” ($R^2 = 0.57$) and “Smart Integration and Collaboration” ($R^2 = 0.51$). Collectively, these findings underscore that while technological adoption is a critical factor, the maturity of the human and strategic infrastructure ultimately serves as the primary enabler for cultivating a truly smart defense ecosystem.

Conclusion: The findings emphasize that smart maturity in Iran's defense industries cannot be measured by commercial metrics like "just-in-time" delivery. Instead, it must be defined by "maximizing operational readiness" and "active resilience." The pivotal role of organizational foundations suggests that policymakers should prioritize human capital development and cultural change before large-scale technological investment. The inclusion of a dedicated security dimension highlights that for the DSC, technological advances are only as mature as the cyber-defense and recovery mechanisms protecting them. This model allows defense managers to identify performance gaps objectively and allocate resources to dimensions with the highest impact on combat support.

Cite this article as:
Pourjafari, M., Rezaei, H., & Rouzbeh, M. (2026). Modeling of the Factors Affecting the Smart Maturity of the Defense Supply Chain. *Journal of Strategic Value Chain Management, 3*(10), 1-36.

DOI: https://doi.org/10.22075/svcm.2026.40948.1106

© 2026 authors retain the copyright and full publishing rights. Journal of Strategic Value Chain Management Published by **Semnan University Press**.

This is an open access article under the CC-BY-4.0 license. (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0).

مدیریت زنجیره ارزش راهبردی

https://svcm.semnan.ac.ir

ISSN: 3092-6386

مدلسازی عوامل موثر بر بلوغ هوشمند زنجیره تأمین دفاعی

مرتضی پورجعفری

دکتری علوم دفاعی راهبردی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

ایمیل: pjafarimorteza@gmail.com

حمیدرضا رضائی

دکتری علوم دفاعی راهبردی، دانشگاه عالی دفاع ملی، تهران، ایران.

ایمیل: Rezaee55@chmail.ir

محمد روزبه*

کارشناسی ارشد مدیریت پروژه، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

ایمیل: roozbeh@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۳/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۴

واژه‌های کلیدی:

بلوغ زنجیره تأمین دفاعی؛

تحول هوشمند؛

تاب‌آوری زنجیره تأمین؛

فراترکیب؛

مدل سازی معادلات ساختاری.

چکیده

سابقه و هدف: گذار جهانی به سمت صنعت ۴.۰، بنیان‌های لجستیک و مدیریت زنجیره تأمین را دگرگون ساخته است. در حوزه دفاعی، زنجیره تأمین یکی از ارکان بازدارندگی و قدرت ملی به شمار می‌رود. با این حال، زنجیره‌های تأمین دفاعی با محدودیت‌های خاصی مواجه‌اند: تحریم‌های گسترده، الزامات امنیتی بالا، ضرورت نگهداری موجودی استراتژیک قابل‌توجه، و نیاز مبرم به تاب‌آوری در شرایط عدم قطعیت بالا. پژوهش‌های پیشین عمدتاً بر مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین تجاری تمرکز داشته‌اند که بر اصول ناب و سودمحوری استوارند. این چارچوب‌ها به‌ندرت به ملاحظات امنیتی، عملیاتی و تاب‌آورانه‌ای که فضای نظامی را شکل می‌دهند، توجه کرده‌اند. بنابراین، خلأ یک مدل بلوغ هوشمند متناسب با شرایط پرریسک بخش دفاعی، مانع اصلی تحول هوشمند در این حوزه محسوب می‌شود. پژوهش حاضر درصدد ارائه چارچوبی چندبعدی و بومی برای ارزیابی بلوغ هوشمند در بخش دفاعی است. این مطالعه ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های کلیدی تحول هوشمند را شناسایی کرده و نحوه تعامل آن‌ها را به‌منظور ارتقای تاب‌آوری عملیاتی، تسریع پاسخ به تهدیدات و تقویت بازدارندگی راهبردی تبیین می‌نماید.

روش: پژوهش حاضر از رویکرد آمیخته ساختارمند بهره می‌گیرد. بخش کیفی بر اساس رویه هفت‌مرحله‌ای سندلوفسکی و باروسو اجرا شده است. گردآوری شواهد از پایگاه‌های اطلاعاتی وب آو ساینس، اسکوپوس، گوگل اسکالر و سیویلیکا با تمرکز بر بازه زمانی پنج‌ساله اخیر صورت پذیرفت. از مجموع ۱۱۰ مقاله اولیه، تعداد ۲۵ مقاله بر اساس امتیاز کیفیت بالای ۶۰ درصد با ابزار

MMATانتخاب گردید. در فرایند کدگذاری، ۳۲ شاخص شناسایی و در قالب ۱۶ مؤلفه و پنج بعد کلان طبقه‌بندی شد. پایایی کدگذاری با ضریب کاپای ۰٫۸۷۴ تأیید گردید. در بخش کمّی، مدل مفهومی پیشنهادی با استفاده از مدلسازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) در نرم‌افزار SmartPLS4 و بر مبنای داده‌های پیمایشی گردآوری‌شده از یک نمونه هدفمند ۱۵۰ نفره از خبرگان ارشد لجستیک نظامی و تحول دیجیتال، مورد اعتبارسنجی تجربی قرار گرفت.

یافته‌ها: پژوهش حاضر با بهره‌گیری از روش آمیخته، در گام نخست فراترکیبی کیفی را به‌منظور طراحی مدل مفهومی بلوغ چندبعدی برای تحول هوشمند زنجیره تأمین دفاعی به انجام رساند. مدل حاصل مشتمل بر پنج بعد اصلی شامل «قابلیت‌های عملیاتی هوشمند»، «کارایی و بهره‌وری هوشمند»، «یکپارچگی و همکاری هوشمند»، «امنیت و تاب‌آوری هوشمند» و «زیرساخت‌های سازمانی هوشمند» است. فرایند فراترکیب، ۱۶ مؤلفه کلیدی و ۳۲ شاخص کمّی را شناسایی نمود و چارچوبی نظام‌مند برای سنجش و هدایت تحول هوشمند زنجیره تأمین دفاعی ایجاد کرد. در گام بعدی، تحلیل کمّی با بهره‌گیری از SmartPLS4 جهت اعتبارسنجی سازه‌های مدل صورت پذیرفت. نتایج حاکی از پایایی و روایی مطلوب در تمامی ابعاد بود، به‌طوری‌که ضریب پایایی ترکیبی (CR) به‌صورت مداوم بالاتر از ۰٫۸۸ و میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) فراتر از ۰.۶۰ قرار داشت. ارزیابی مدل ساختاری نشان داد «زیرساخت‌های سازمانی هوشمند» مؤثرترین محرک تحول هوشمند است و ضریب مسیر معناداری ($\beta= 0.52, p < 0.001$) را به سمت «یکپارچگی و همکاری هوشمند» ایجاد نمود. مدل همچنین قدرت تبیین قابل‌توجهی برای «کارایی و بهره‌وری هوشمند» ($R^2= 0.57$) و «یکپارچگی و همکاری هوشمند» ($R^2= 0.51$) را نشان داد. در مجموع، یافته‌ها حاکی از آن است که اگرچه پذیرش فناوری عاملی اساسی به شمار می‌رود، اما بلوغ زیرساخت انسانی و راهبردی در نهایت به‌عنوان پیشران اصلی شکل‌گیری اکوسیستم دفاعی هوشمند عمل می‌کند.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان می‌دهند که بلوغ هوشمند دفاعی ایران با معیارهای تجاری همچون تحویل "به‌موقع" قابل اندازه‌گیری نیست. بلکه، بایستی آن را بر اساس «به‌حداکثررساندن آمادگی عملیاتی» و «تاب‌آوری فعال» تعریف کرد. نقش کانونی مبانی سازمانی این گمانه را تقویت می‌کند که سیاست‌گذاران باید پیش از هرگونه سرمایه‌گذاری فناورانه در مقیاس وسیع، اولویت را به توسعه سرمایه انسانی و تحول فرهنگی بدهند.همچنین لحاظ شدنِ بعد امنیت، تاکید می‌کند که برای زنجیره تأمین دفاعی (DSC)، پیشرفت‌های فناورانه تنها تا اندازه‌ای بلوغ یافته‌اند که سازوکارهای پدافند سایبری و بازیابیِ محافظِ آن‌ها، توانمند باشند. این چارچوب به مدیران حوزه دفاع این امکان را می‌دهد تا شکاف‌های عملکردی را به‌طور عینی تشخیص داده و منابع را به ابعادی تخصیص دهند که بیشترین تأثیر را بر پشتیبانیِ نبرد دارند.

استناد: پورجعفری، مرتضی؛ رضائی، حمیدرضا و روزبه، محمد. (۱۴۰۵). مدل‌سازی عوامل مؤثر بر بلوغ هوشمند زنجیره تأمین دفاعی. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی، ۳ (۱۰)، ۱-۳۶.*

DOI: https://doi.org/10.22075/svcm.2026.40948.1106

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

مدیریت زنجیره تأمین[۱] به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین مؤلفه‌های مزیت رقابتی و بقای سازمان‌های صنعتی شناخته می‌شود (منشا و موانومو[۲]، ۲۰۲۳). این مفهوم، که ریشه در تحولات صنعتی دارد، در طول تاریخ تکامل یافته و با هر انقلاب صنعتی[۳] دچار دگرگونی‌های بنیادین شده است. انقلاب صنعتی اول با صنعتی شدن مکانیزه و انقلاب دوم با تولید انبوه، مفاهیم اولیه لجستیک و جریان کالا را شکل دادند. در ادامه، انقلاب صنعتی سوم با معرفی اتوماسیون و فناوری اطلاعات، پایه‌های مدیریت مدرن زنجیره تأمین را بنا نهاد(دینگ[۴]، ۲۰۲۳). اما جهش اصلی با ظهور انقلاب صنعتی چهارم [۵]رخ داد.

این انقلاب، با محوریت فناوری‌هایی چون اینترنت اشیا[۶]، هوش مصنوعی[۷]، داده‌های کلان [۸]و شبیه‌سازی [۹]پیشرفته، امکان تحول هوشمند[۱۰]را در تمامی ابعاد زنجیره تأمین فراهم آورده است(هامان[۱۱] و همکاران، ۲۰۲۵). در پی این تحولات، زنجیره‌های تأمین از یک سیستم خطی و ایستا به شبکه‌هایی پویا، متصل و هوشمند تبدیل شده‌اند که در آن‌ها تصمیم‌گیری‌ها بر پایه داده‌های لحظه‌ای و تحلیل‌های پیش‌بینانه صورت می‌گیرد(اجایی و لاسیینده[۱۲]، ۲۰۲۳). این دگرگونی، به‌ویژه در زنجیره تأمین دفاعی[۱۳]، که نقشی کلیدی در تأمین امنیت ملی و توان بازدارندگی ایفا می‌کند، از اهمیت راهبردی بالایی برخوردار است. با این حال، ماهیت حساس و پیچیده این زنجیره‌ها، شامل الزامات امنیتی سطح بالا، قوانین سخت‌گیرانه و تعدد بازیگران، پیاده‌سازی تحول هوشمند را با چالش‌های منحصربه‌فردی مواجه می‌سازد. در سطح جهانی، کشورهای پیشرفته با سرمایه‌گذاری گسترده در هوشمندسازی زنجیره تأمین دفاعی خود، توانسته‌اند تاب‌آوری[۱۴]، سرعت واکنش و کارایی عملیاتی را در شرایط بحرانی افزایش دهند(اورمستون[۱۵] و همکاران، ۲۰۲۴).

در کشور ما علی‌رغم تلاش‌های صورت گرفته، زنجیره تأمین دفاعی همچنان با چالش‌هایی نظیر پراکندگی اطلاعات و سامانه‌های جزیره‌ای، وجود فرآیندهای سنتی و تکراری، ضعف هماهنگی میان بازیگران مختلف زنجیره و ... روبه‌رو است. چالش‌هایی که معمولاً به کاهش سرعت واکنش، افت کارایی عملیاتی، خارج نشدن از بسترها و فرایندهای سنتی و تضعیف تاب‌آوری زنجیره در شرایط بحرانی می‌انجامند. در این راستا مدیریت تحول این وضعیت، ضرورت تدوین یک چارچوب مفهومی جامع برای هدایت و ارزیابی فرآیند هوشمندسازی بیش از پیش برجسته می‌شود. با این حال مرور ادبیات و تجارب عملی نشان می‌دهد که مدل‌های عمومی نظیر SCOR[16] ویا مدل بلوغ CMMI و سایر مدل‌ها و چارچوب‌های موجود، هرچند مفید، غالباً برای محیط‌های غیردفاعی یا شرایط تعمیم‌پذیر طراحی شده‌اند و به‌تنهایی قادر به پوشش کامل الزامات امنیتی، نهادی و فرهنگی ویژه محیط‌های دفاعی نیستند. از این رو، پژوهش حاضر با هدف ارائه «مدل مفهومی بلوغ زنجیره تأمین دفاعی با رویکرد تحول هوشمند» طراحی شده است؛ مدلی که برمبنای ابعاد، مولفه و شاخص‌های شناسایی

1 Supply chain management
2 Menesha & Mwanaumo
3 Industrial Revolution
4 Ding
5 Industry 4.0
6 Internet Of Things (IoT)
7 Artificial intelligence (AI)
8 Big data
9 Simulation
10 Smart transformation
11 Haman
12 Ajayi & Laseinde
13 Defense supply chain
14 Resilience
15 Urmston
16 Supply Chain Operations Reference

شده و با لحاظ اصول انقلاب صنعتی چهارم و ویژگی‌های بومی محیط‌های دفاعی، ابزاری تحلیلی و عملیاتی برای ارزیابی وضعیت موجود، شناسایی شکاف‌ها، اولویت‌بندی اقدامات و تدوین نقشه راه مرحله‌ای به‌منظور افزایش بهره‌وری، تاب‌آوری و آمادگی عملیاتی فراهم خواهد آورد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱.۲. مبانی نظری پژوهش

زنجیره تأمین و لجستیک: زنجیره تأمین و لجستیک[1] دو مفهوم مرتبط هستند که علی‌رغم شباهت‌ها، تفاوت‌های مهمی دارند. زنجیره تأمین به سیستمی جامع و پیچیده اطلاق می‌شود که همه چیز از تأمین مواد اولیه تا تحویل محصول نهایی به مشتری نهایی را در بر می‌گیرد. این سیستم شامل فعالیت‌های مختلفی همچون تأمین، تولید، توزیع و هماهنگی میان تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و توزیع‌کنندگان است. علاوه بر فرآیندهای فیزیکی، زنجیره تأمین شامل مدیریت جریان‌های اطلاعاتی، تصمیم‌گیری استراتژیک و تعاملات میان اجزای مختلف آن نیز می‌شود. هدف زنجیره تأمین افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها از طریق بهینه‌سازی تمامی این فرآیندها است (الشمری و سینگ[2]، ۲۰۲۵). در مقابل، لجستیک به بخشی خاص از زنجیره تأمین اشاره دارد که عمدتاً به مدیریت جابجایی کالاها و خدمات در سراسر زنجیره تأمین می‌پردازد. تمرکز آن بر حمل و نقل، انبارداری، مدیریت موجودی و توزیع است (فاتوراچیان[3] و همکاران، ۲۰۲۵). لجستیک بخشی از زنجیره تأمین است که بر جنبه‌های عملیاتی و اجرایی فرآیندها متمرکز است، مانند انتخاب مسیرهای حمل و نقل بهینه، اطمینان از دسترسی به محصول در زمان مناسب و کنترل هزینه‌های مرتبط با جابجایی و ذخیره‌سازی کالاها (الشمری و سینگ، ۲۰۲۵).

بنابراین، تفاوت اصلی این دو مفهوم در دامنه آن‌ها است: زنجیره تأمین یک سیستم جامع است که شامل تمامی جنبه‌های تأمین، تولید و توزیع می‌شود، در حالی که لجستیک فقط به بخش‌هایی از این فرآیندها که شامل جابجایی فیزیکی، ذخیره‌سازی و توزیع کالاها است، پرداخته می‌شود. به عبارت دیگر، لجستیک به‌عنوان یک زیرمجموعه از زنجیره تأمین عمل می‌کند و بر جنبه‌های عملیاتی آن تأکید دارد، در حالی که زنجیره تأمین شامل هماهنگی، بهینه‌سازی و مدیریت استراتژیک همه این فرآیندها در سطح کلان است (الشمری و سینگ، ۲۰۲۵؛ فاتوراچیان و همکاران، ۲۰۲۵).

زنجیره تأمین دفاعی: زنجیره تأمین دفاعی به سیستمی یکپارچه اشاره دارد که شامل سازمان‌های نظامی و خصوصی، فرآیندها و منابع است که به طور جمعی یا فردی در برنامه‌ریزی و تحویل منابع مادی برای عملیات‌های نظامی یا مأموریت‌های دفاعی مشارکت می‌کنند (احمدی[4] و همکاران، ۲۰۲۴). فرآیندهای زنجیره تأمین دفاعی نقش حیاتی در حفظ آمادگی عملیاتی نیروهای نظامی ایفا می‌کنند و از طریق تأمین مداوم منابع حیاتی همچون سلاح‌ها، تجهیزات، مواد مصرفی، پوشاک و سایر اقلام حمایتی، انتقال خدمات و منابع ضروری به خطوط مقدم و تئاترهای عملیاتی را تسهیل می‌کنند. این زنجیره تنها مسئول انتقال فیزیکی اقلام حیاتی نیست بلکه تضمین‌کننده حمایت لجستیکی و عملیاتی برای نیروهای رزمی در تمام مراحل مأموریت است (سانی[5] و همکاران، ۲۰۲۲).

1 Logistics
2 Alshammari & Singh
3 Fatorachian
4 Ahmadi
5 Sani

اهمیت ویژه این نوع زنجیره تأمین به این دلیل است که همواره در محیط‌هایی با عدم قطعیت بالا عمل می‌کند؛ محیط‌هایی که به طور مداوم در معرض تهدیدات طبیعی و انسان‌ساخت مختلف، از جمله حملات سایبری، خرابکاری‌های هدفمند و تهدیدات سخت و نرم ترکیبی هستند (احمدی و همکاران، ۲۰۲۴). بنابراین، الزامات طراحی، مدیریت و نظارت بر عملکرد این زنجیره فراتر از آن چیزی است که در زنجیره‌های تأمین تجاری مشاهده می‌شود و نیاز به سطح بالایی از تاب‌آوری، امنیت اطلاعات، پیش‌بینی‌پذیری و چابکی عملیاتی دارد (سانی و همکاران، ۲۰۲۲).

اولویت‌های عملیاتی اصلی:

- معیار موفقیت: نه از طریق سود اقتصادی، بلکه از طریق دستیابی به بالاترین سطح آمادگی عملیاتی و قابلیت بازدارندگی نظامی در برابر تهدیدات واقعی و بالقوه حاصل می‌شود(جدول (۱)).
- استراتژی موجودی: ذخایر استراتژیک و انبارهای امن نماد آمادگی بالای سازمان برای مقابله با بحران‌ها و جنگ‌های ناگهانی هستند که به طور کامل با مفهوم "موجودی احتیاطی صفر" در زنجیره‌های تأمین تجاری که در شرایط دفاعی به عنوان تهدیدی برای امنیت ملی شناخته می‌شود، تفاوت دارد (جدول ۲)).
- هدف اصلی: دستیابی به بالاترین سطح آمادگی با کمترین هزینه چرخه عمر کل تجهیزات و منابع، به جای صرفاً کاهش هزینه‌های کنونی یا بهینه‌سازی مالی کوتاه‌مدت (کریمی زارچی[1] و همکاران، ۲۰۲۰).

جدول ۱. ویژگی‌های متمایز زنجیره‌های تأمین دفاعی

ویژگی	توضیحات	تفاوت با زنجیره‌های تجاری
اولویت تصمیم‌گیری	امنیت ملی به جای ملاحظات اقتصادی	اهداف سودآور
پذیرش فناوری	یکپارچگی تطبیقی نوآوری‌های بخش خصوصی	تحقیق و توسعه بازار-محور
بهره‌برداران اصلی	نیروهای نظامی و عملیاتی به‌عنوان کاربران نهایی	مصرف‌کنندگان نهایی و کسب‌وکارها
نقش انسان‌دوستانه	نقش حیاتی در نجات جان انسان‌ها	محدودیت در وظایف نجات جان
تمرکز اصلی	آمادگی دفاعی در برابر تهدیدات نظامی	سهم بازار و رضایت مشتری
پیچیدگی نگهداری	دشواری بالای نگهداری تجهیزات پیچیده	پروتکل‌های استاندارد نگهداری
محیط عملیاتی	محیط‌های پرخطر (تهدیدات نظامی، تحریم‌ها، خرابکاری‌ها)	شرایط نسبتاً پایدار بازار
استراتژی موجودی	موجودی ذخیره زیاد علیرغم هزینه‌های اضافی	موجودی کم و اصول JIT
زمینه سیاسی-نظامی	مشارکت مستقیم در مناطق جنگی و عرصه‌های امنیتی	حداقل مواجهه با عملیات‌های جغرافیایی

تحول هوشمند و تحول دیجیتال: تحول دیجیتال، به‌طور کلی به "ادغام فناوری‌های دیجیتال در تمام جنبه‌های کسب‌وکار" و تغییر بنیادین در نحوه عملکرد سازمان‌ها اطلاق می‌شود (ریس و ملائو[2]، ۲۰۲۳ ؛ لی[3] و همکاران، ۲۰۲۵). در زنجیره تأمین، تحول دیجیتال[4] شامل استفاده از فناوری‌های پیشرفته (مانند اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی، بلاک‌چین و داده‌های کلان) برای خودکارسازی و بهینه‌سازی فرآیندها است، در حالی که دید کامل از فرآیندهای کل زنجیره را فراهم می‌آورد (لی و همکاران، ۲۰۲۵). به عبارت دیگر، با تحول دیجیتال، ساختارهای سازمانی، فرآیندها و مدل‌های کسب‌وکار

1 Karimi Zarchei
2 Reis & Melão
3 Li
4 Digital transformation

برای بهره‌گیری از قابلیت‌های دیجیتال (مانند تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌کننده و خودکارسازی) به منظور بهبود کارایی و انعطاف‌پذیری طراحی می‌شوند (ریس و ملائو، ۲۰۲۳ ؛ لی و همکاران، ۲۰۲۵).

تحول هوشمند، تحول هوشمند[1] فراتر از "تحول دیجیتال" است و به "ادغام هوشمند فناوری‌های پیشرفته (AI، IoT و غیره) در اکوسیستم‌های تولید و خدمات" اشاره دارد تا سیستم‌ها قادر به خودسازمان‌دهی، خود انطباق و خودآموزی شوند. تمرکز این رویکرد بر نوآوری در محصول و خدمات و هم‌افزایی بین فناوری و خدمات است (لی و همکاران، ۲۰۲۵).

در این رویکرد، سازمان‌ها با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های پایه‌ای (مانند شبکه‌های پرسرعت و حسگرهای هوشمند) و آموزش منابع انسانی ماهر در تجزیه و تحلیل داده‌ها، به مرحله تحول هوشمند وارد می‌شوند. به‌طور بعدی، با استفاده از فناوری‌هایی مانند دوقلوهای دیجیتال و نگهداری پیش‌بینی‌کننده، تصمیم‌گیری در زمان واقعی و هماهنگی بی‌وقفه بین اجزای زنجیره تأمین امکان‌پذیر می‌شود. این امر نه تنها انعطاف‌پذیری عملیاتی و پایداری را افزایش می‌دهد بلکه هزینه‌ها و ریسک‌های ناشی از اختلالات را کاهش می‌دهد. درنهایت، منافع بازار هوشمند شامل افزایش بهره‌وری منطقه‌ای، ایجاد فرصت‌های نوآورانه برای شرکت‌های کوچک و متوسط و تقویت رقابت‌پذیری جهانی است (لی و همکاران، ۲۰۲۵).

مفاهیم بلوغ: مفهوم بلوغ به‌عنوان یک مسیر ساختاریافته و توسعه‌ای برای بهبود فرآیندها و قابلیت‌های سازمانی، از مهندسی نرم‌افزار سرچشمه می‌گیرد و ابتدا از طریق مدل‌های بلوغ قابلیت[2] شناخته شده است (چشم‌براه و بهشتی‌کیا[3]، ۲۰۲۰). این مدل‌ها ابزارهایی برای ارزیابی و بهبود مستمر عملکرد سازمان‌ها به شمار می‌آیند که به سازمان‌ها کمک می‌کنند از یک وضعیت ابتدایی و واکنشی به سمت یک وضعیت بهینه و کامل حرکت کنند (آراس و بویوکوزکان[4]، ۲۰۲۳).

بلوغ در ذات خود یک مدل تکاملی و چندبعدی است که به‌صورت تدریجی و مرحله به مرحله پیش می‌رود. مدل‌های بلوغ معمولاً از پنج یا شش سطح تشکیل می‌شوند که نمایانگر یک مسیر پیشرفته از وضعیت بی‌ساختار و پراکنده به یک وضعیت تعریف‌شده، مدیریت‌شده و در نهایت بهینه‌شده هستند (پالک[5] و همکاران، ۱۹۹۳). این مدل‌ها به سازمان‌ها کمک می‌کنند تا موقعیت کنونی خود را به‌دقت ارزیابی کرده و استراتژی‌هایی برای بهبود عملکرد و دستیابی به پتانسیل کامل خود تدوین کنند (کوزیرادزکا[6]، ۲۰۱۷).

دیدگاه‌های نظری درباره بلوغ

بلوغ را می‌توان از سه دیدگاه کلیدی تعریف کرد:

۱. بلوغ به‌عنوان ابزار ارزیابی و اندازه‌گیری: در این رویکرد، بلوغ به‌عنوان معیاری برای اندازه‌گیری پیشرفت سازمان در یک حوزه خاص در نظر گرفته می‌شود. این ابزارها به‌ویژه در قالب سیستم‌های کمی، برای ارزیابی جنبه‌های کیفی مانند اثربخشی فرآیندها و عملکرد کلی سازمان استفاده می‌شوند. در این زمینه، بلوغ به معنای پیشرفت سیستماتیک و آمادگی برای دستیابی به نتایج مطلوب است (کوزیرادزکا، ۲۰۱۷).

1 Smart transformation
2 Capability Maturity Model
3 Cheshmberah & Beheshtikia
4 Aras & Büyüközkan
5 Paulk
6 Kosieradzka

۲. بلوغ به‌عنوان مسیر تکاملی به سوی تعالی: از این منظر، بلوغ یک مسیر تدریجی و مرحله‌به‌مرحله است که سازمان‌ها را از یک وضعیت ابتدایی به سمت تعالی هدایت می‌کند. دستیابی به سطوح بالاتر بلوغ به معنای قابلیت‌های بیشتر در عملکرد، یادگیری و تحولی مستمر است (اعتضادی و اسبوئی، ۱۴۰۳).

۳. بلوغ به‌عنوان ابزار مدیریتی و استراتژیک: در این رویکرد، مدل‌های بلوغ نه تنها برای ارزیابی بلکه برای هدایت استراتژیک سازمان‌ها نیز استفاده می‌شوند. این مدل‌ها به مدیران کمک می‌کنند تا نقاط قوت و ضعف خود را شناسایی کرده و استراتژی‌های مناسبی برای بهبود عملکرد در بلندمدت طراحی کنند (رونقی[1]، ۲۰۲۱).

- مرور ادبیات مرتبط با ابعاد پنج‌گانه مدل بلوغ هوشمند:

بر اساس یافته‌های فراترکیب این پژوهش، مدل نهایی بلوغ هوشمند زنجیره تأمین دفاعی دارای پنج بعد اصلی است.

بعد اول: قابلیت‌های عملیاتی هوشمند، این بعد بر توانایی زنجیره تأمین در دید بلادرنگ، پیش‌بینی و شبیه‌سازی، و اتوماسیون فرآیندهای اصلی تأکید دارد. تاکپا و اوریاکی (۲۰۲۵) نقش اینترنت اشیاء را در ردیابی دارایی‌های حیاتی برجسته ساخته‌اند. گو و مانتراوادی (۲۰۲۵) نیز کاربرد دوقلوی دیجیتال را در شبیه‌سازی اختلالات و بهبود پیش‌بینی تقاضا نشان داده‌اند. همچنین بونتاک و همکاران (۲۰۲۱) و گارسیا-ریس و همکاران (۲۰۲۲) در مدل‌های بلوغ خود، اتوماسیون پیشرفته را به عنوان بالاترین سطح بلوغ هوشمند معرفی کرده‌اند.

بعد دوم: کارایی و بهره‌وری هوشمند، این بعد شامل بهینه‌سازی چرخه عمر هزینه، عملیات ناب و چابک، و بهره‌وری مبتنی بر داده است. اولیویرا-دیاس و همکاران (۲۰۲۲) نشان داده‌اند که فناوری‌های صنعت ۴.۰ می‌توانند به طور همزمان کارایی و انعطاف‌پذیری را افزایش دهند. در بستر دفاعی، احمدی و همکاران (۲۰۲۴) و ثانی و همکاران (۲۰۲۲) هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء را مؤثرترین ابزارها برای بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌های عملیاتی معرفی کرده‌اند. تروینیو-الیزوندو و همکاران (۲۰۲۳) نیز رویکرد هم‌افزایی ناب و صنعت ۴.۰ را به عنوان نقشه راه هوشمندسازی سازمان‌ها پیشنهاد داده‌اند.

بعد سوم: یکپارچگی و همکاری هوشمند، این بعد بر پلتفرم‌های یکپارچه و امن، همکاری داده‌بنیان با شرکا، و شفافیت-اعتماد دیجیتال متمرکز است. هلوگ و همکاران (۲۰۲۳) در مدل DSCM[2] خود، یکپارچگی پلتفرم‌ها در سراسر زنجیره تأمین را یکی از ابعاد اصلی بلوغ دیجیتال معرفی کرده‌اند. همچنین رونقی (۲۰۲۱) نقش بلاک‌چین را در افزایش شفافیت و قابلیت ردیابی از مبدأ تا مقصد برجسته ساخته است. ویراباهو و همکاران (۲۰۲۳) نیز همکاری داده‌بنیان با شرکا را به عنوان توانمندساز گذار به زنجیره تأمین دیجیتال شناسایی کرده‌اند.

بعد چهارم: امنیت و تاب‌آوری هوشمند، این بعد که یکی از نوآوری‌های اصلی مدل حاضر نسبت به مدل‌های تجاری است، شامل امنیت سایبری پیشرفته، مدیریت ریسک یکپارچه و تاب‌آوری فعال/بازیابی می‌شود. تاکپا و اوریاکی (۲۰۲۵) بر لزوم اولویت‌دهی تاب‌آوری بر کارایی در محیط‌های نظامی تأکید کرده و تهدیدات منحصربه‌فردی مانند مسمومیت زنجیره تأمین را شناسایی نموده‌اند. در سطح ملی، یمینی و همکاران (۱۴۰۳) و طباطبایی و همکاران (۱۴۰۳) شاخص‌هایی نظیر «زمان بازیابی پس از اختلال(RTO) » و «ظرفیت موجودی رزرو» را به عنوان مهم‌ترین معیارهای تاب‌آوری دفاعی معرفی کرده‌اند. اورمستون و همکاران (۲۰۲۴) نیز مدل‌های ارزیابی ریسک را برای زنجیره‌های تأمین نظامی توسعه داده‌اند.

1 Ronaghi

بعد پنجم: بنیان‌های سازمانی هوشمند، این بعد به عنوان محرک اصلی تحول هوشمند، شامل رهبری و راهبرد هوشمند، فرهنگ و مدیریت دانش، شایستگی‌های نیروی انسانی، و حاکمیت/زیرساخت فناوری است. مطالعات متعددی در ایران نقش کلیدی عوامل نرم را تأیید کرده‌اند: سالارنژاد و عبدی (۱۴۰۰) زیرساخت‌های مدیریتی و فرهنگی را با اهمیت‌ترین عوامل موفقیت (به ترتیب ۳۰.۸ ٪و ۲۷.۳٪) معرفی نمودند. چشم‌براه و بهشتی‌کیا (۲۰۲۰) در مرور جامع مدل‌های بلوغ، استراتژی و فرآیندها را پیش‌نیاز اصلی تحول دیجیتال برشمردند. کریمی زارچی و همکاران (۲۰۲۰) بر نقش رهبری و حاکمیت در طراحی زنجیره تأمین دفاعی تاب‌آور تأکید داشته‌اند. همچنین رشیدی تربتی و همکاران (۱۴۰۰) کمبود مهارت‌های انسانی و ضعف مدیریتی را به عنوان نقاط ضعف اصلی در هوشمندسازی شناسایی کردند.

۲.۲. پیشینه پژوهش

حقیقت و زاهدی (۱۴۰۵) در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل الزامات هوشمندسازی زنجیره‌تأمین در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران» که در مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی منتشر شد، با استفاده از روش کمی (مدلسازی معادلات ساختاری) و نمونه‌گیری گلوله‌برفی از ۹۰ مدیر و کارشناس شرکت‌های کوچک و متوسط ایرانی، به شناسایی و رتبه‌بندی الزامات هوشمندسازی زنجیره‌تأمین پرداختند. یافته‌ها نشان داد شش دسته الزام شامل «زیرساخت‌های فناوری اطلاعات» (با ضریب تأثیر ۰.۶۲۱)، «فرهنگ‌سازی مناسب»، «حمایت مدیریت ارشد و رهبری تحول»، «مدیریت تغییر و تطبیق با شرایط جدید»، «نیروی انسانی متخصص» و «داده‌های دقیق و به‌موقع» بر هوشمندسازی تأثیر دارند که در این میان، زیرساخت‌های فناوری اطلاعات بیشترین و داده‌های دقیق و به‌موقع کمترین تأثیر را دارند. همچنین رابطه «همکاری و یکپارچگی با شرکای تجاری» با هوشمندسازی تأیید نشد. این پژوهش بر نقش حیاتی زیرساخت‌های فناورانه، فرهنگ سازمانی و حمایت مدیریت ارشد در تحول دیجیتال زنجیره‌تأمین شرکت‌های کوچک و متوسط تأکید دارد و می‌تواند برای تدوین سیاست‌های هوشمندسازی در صنایع ایران مورد استفاده قرار گیرد.

قربانی و بازرگانی (۱۴۰۴) در مطالعه‌ای با عنوان «تحلیل اثرات پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴.۰ بر عملکرد زنجیره تأمین با رویکرد سیستمی مطالعه موردی: زنجیره تأمین صنعت نفت» که در مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی منتشر شد، با استفاده از مرور نظام‌مند ادبیات (۶۴ منبع) و مدل‌سازی پویایی سیستم (سیستم داینامیک) به شناسایی محرک‌ها و موانع پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ در زنجیره تأمین صنعت نفت پرداختند. آن‌ها چهار بعد کلیدی (استراتژیک، سازمانی، فناورانه و قانونی–اخلاقی) را استخراج کرده و یک مدل دو مرحله‌ای پویایی سیستم با نرم‌افزار Vensim توسعه دادند تا تأثیر فناوری‌هایی نظیر بلاکچین و RFID را بر عملکرد زنجیره تأمین شبیه‌سازی کنند. یافته‌ها نشان داد که پیاده‌سازی این فناوری‌ها موجب کاهش نوسانات موجودی توزیع‌کننده، تثبیت میزان فروش و کاهش هزینه‌های نگهداری موجودی می‌شود. همچنین، حمایت مدیریت ارشد، زیرساخت‌های فناورانه و چارچوب‌های قانونی تشویقی به‌عنوان محرک‌های اصلی و مقاومت سازمانی، کمبود دانش تخصصی و محدودیت‌های حقوقی–اخلاقی به‌عنوان موانع اصلی شناسایی شدند. نتیجه‌گیری این پژوهش بر لزوم مدیریت هم‌زمان محرک‌ها و موانع برای موفقیت تحول دیجیتال تأکید دارد و مدل ارائه‌شده را به‌عنوان ابزاری تصمیم‌یار برای صنایع نفت و انرژی و الگویی برای سایر صنایع سنتی معرفی می‌کند.

تاکپا و اوریاکی[1] (۲۰۲۴) در مطالعه‌ای با عنوان «چالش‌های امنیت سایبری و یکپارچگی فناوری در زنجیره تأمین نظامی ۴.۰» با استفاده از مرور نظام‌مند ادبیات (۸۵ منبع) و تحلیل تماتیک، یک چارچوب امنیتی ترکیبی برای زنجیره تأمین نظامی ارائه کردند. یافته‌های آن‌ها تهدیدات منحصربه‌فردی نظیر تهدیدات پایدار پیشرفته و مسمومیت زنجیره تأمین را شناسایی کرده و بر لزوم اولویت‌دهی تاب‌آوری بر کارایی در محیط‌های نظامی تأکید نمودند. این مطالعه نشان می‌دهد که هرگونه مدل بلوغ برای زنجیره تأمین دفاعی باید بعد امنیت سایبری و تاب‌آوری را به‌عنوان یک رکن اصلی در نظر بگیرد.

احمدی و همکاران (۲۰۲۴) در مقاله‌ای با عنوان «راهکارهای مدیریت بهره‌وری در انرژی زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای صنعت ۴.۰» که در فصلنامه آماد و فناوری دفاعی منتشر شد، با استفاده از روش کیفی (مصاحبه و فراترکیب) به شناسایی عوامل کلیدی پرداختند. یافته‌ها نشان می‌دهد که هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء نقش کلیدی در بهره‌وری انرژی دارند و مهم‌ترین موانع پیاده‌سازی، عوامل فناورانه و انسانی هستند. این پژوهش بر اهمیت ابعاد فنی و انسانی در تحول هوشمند زنجیره دفاعی تأکید دارد.

یمینی و همکاران (۱۴۰۳) در مقاله‌ای با عنوان «احصاء فرمول محاسبه تاب‌آوری[2] در زنجیره تأمین دفاعی»، با هدف طراحی فرمولی جامع برای اندازه‌گیری تاب‌آوری در طول بحران‌ها (جنگ/تحریم) تحقیق کردند. آن‌ها با استفاده از رویکرد پژوهش آمیخته (کتابخانه‌ای-میدانی)، ادبیات موضوع را مرور کرده و ۱۱ شاخص کلیدی تاب‌آوری را استخراج نمودن. یافته‌های کلیدی نشان داد: سه شاخص «زمان بازیابی پس از اختلال» (وزن: ۱۸.۲۳)، «ظرفیت موجودی رزرو» (وزن: ۱۸) و «تعداد تأمین‌کنندگان» (وزن: ۱۷) بیشترین تأثیر را بر تاب‌آوری دارند. فرمول نهایی از طریق ترکیب شاخص‌های وزن‌دهی شده و اعمال نرمال‌سازی طراحی شد که امکان محاسبه مقدار تاب‌آوری را در بازه ۰ تا ۱ فراهم می‌کند. همچنین الزامات خاص زنجیره تأمین دفاعی عبارتند از: موجودی اطمینان بالا (برخلاف مدل موجودی صفر در زنجیره‌های تأمین تجاری)، تاب‌آوری عملیاتی و اولویت‌بندی نجات جان نیروها. نتیجه‌گیری بر نیاز به پایش کمی مستمر تاب‌آوری تأکید داشت و پیشنهاداتی همچون بهره‌گیری از هوش مصنوعی برای کاهش زمان بازیابی و آموزش مدیران لجستیک نظامی را ارائه کرد.

اعتضادی و اسبوعی (۱۴۰۳) در مقاله‌ای با عنوان «تحلیل مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین با استفاده از روش فراترکیب»، مرور سیستماتیک ادبیات (۱۹۸۹-۲۰۲۳) را با هدف استخراج ابعاد و شاخص‌های کلیدی مدل‌های بلوغ انجام دادند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که اکثر مدل‌ها مبتنی بر رویکرد مرحله‌ای بوده و ابعادی مانند استراتژی، لجستیک و فناوری اطلاعات را پوشش می‌دهند تحلیل ۷۰ مدل معتبر نشان داد که اکثر آن‌ها دارای ۵ سطح بلوغ اصلی هستند که به شناسایی شکاف‌های عملکردی و بهبود رقابت‌پذیری کمک می‌کنند.

هلوگ[3] و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان «به سوی یک مدل بلوغ برای زنجیره‌های تأمین دیجیتال»، مدل مفهومی DSCM[2] را توسعه دادند. این مدل شامل ۴ بعد اصلی (کسب‌وکار، سازمانی، فرآیند و روش، و فناوری)، ۱۸ زیربعد و ۵ سطح بلوغ (از عدم وجود دیجیتال‌سازی تا بهینه‌شده) است. این مدل یکی از جامع‌ترین چارچوب‌های موجود در حوزه بلوغ دیجیتال زنجیره تأمین محسوب می‌شود، اما همچنان فاقد شاخص‌های اختصاصی برای بستر دفاعی-نظامی است.

1 Takpah & Oriakhi
2 Resilience
3 Hellweg

تروینیو-الیزوندو[1] و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه «مدل بلوغ برای تبدیل شدن به یک سازمان هوشمند بر اساس هم‌افزایی ناب و صنعت ۴.۰»، یک مدل بلوغ جدید با رویکرد هم‌افزایی ارائه کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که ترکیب اصول تولید ناب با فناوری‌های صنعت ۴.۰ می‌تواند نقشه راهی راهبردی برای هوشمندسازی سازمان‌ها فراهم آورد.

ترابی و همکاران (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با عنوان «ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس معیارهای SCOR (مورد مطالعه: شرکت خالص‌سازان روی زنجان)» که در فصلنامه علمی مدیریت زنجیره تأمین منتشر شد، از سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی (ANFIS) برای پیش‌بینی عملکرد زنجیره تأمین استفاده کردند. این پژوهش یک چارچوب کمّی برای تحلیل شکاف بین عملکرد فعلی و مطلوب ارائه می‌دهد، اما ابعاد تحول هوشمند را به صورت کلان پوشش نمی‌دهد.

صادقی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی به شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌های نوین در زنجیره تأمین دفاعی پرداختند. با استفاده از روش AHP و نظرات ۱۲ خبره، مشخص شد که «زنجیره تأمین هوشمند» و «اینترنت اشیاء» بالاترین امتیاز را برای بهبود رؤیت‌پذیری آنی و اتوماسیون عملیات کسب کرده‌اند. سایر فناوری‌ها مانند تحلیل داده‌های بزرگ[1]، بلاک‌چین، چاپ سه‌بعدی و دوقلوی دیجیتال[2] برای شبیه‌سازی فرآیندها[3] در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

ثانی و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله‌ای با عنوان «راهبردهای مدیریت بهره‌وری انرژی در زنجیره تأمین دفاعی بر اساس دستاوردهای صنعت ۴.۰»، حوزه‌های کلیدی مصرف انرژی و ابعاد بهره‌وری را شناسایی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان می‌دهد که بخش حمل‌ونقل و تجهیزات ساخت، بیشترین پتانسیل را برای بهبود بهره‌وری دارند. عوامل انسانی و امنیت سایبری به‌عنوان مهم‌ترین چالش‌ها در پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴.۰ شناسایی شدند. در این میان، هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء به‌عنوان مؤثرترین ابزارها برای بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش ردپای کربن معرفی شدند (سانی و همکاران، ۲۰۲۲).

گارسیا-ریس[4] و همکاران (۲۰۲۲) در مقاله «مدلی برای تبدیل شدن به زنجیره تأمین ۴.۰ بر مبنای دیدگاه بلوغ دیجیتال»، یک چارچوب بلوغ با ۶ سطح تعریف کردند و توالی اولویت‌بندی‌شده‌ای برای اتخاذ فناوری‌های صنعت ۴.۰ پیشنهاد نمودند. این مطالعه بر اهمیت توالی مراحل بلوغ در تحول هوشمند تأکید دارد.

بونتاک[5] و همکاران (۲۰۲۱) در مقاله «سنجش بلوغ تحول دیجیتال زنجیره تأمین»، یک مدل بلوغ ۶ سطحی (از سطح صفر: عدم تحول تا سطح ۵: زنجیره تأمین کاملاً خودکار) ارائه کردند. نوآوری مدل آن‌ها در معرفی سطح صفر است که به سازمان‌هایی اشاره دارد که هنوز هیچ اقدام هماهنگی در زمینه تحول دیجیتال انجام نداده‌اند.

رونقی (۲۰۲۱) در مقاله‌ای با عنوان «مدل بلوغ بلاک‌چین برای زنجیره تأمین کشاورزی»، به ارزیابی بلوغ این فناوری پرداخت. نتایج نشان داد که قراردادهای هوشمند و اینترنت اشیاء بالاترین اهمیت را دارند. یافته‌ها حاکی از آن است که سطح بلوغ بلاک‌چین در زنجیره مورد مطالعه در ایران در سطح «تعریف شده[6]» قرار دارد که به دلیل تحریم‌های بین‌المللی و عدم پیاده‌سازی کامل عملیاتی است.

1 Big data
2 Digital Twin
3 Process simulation
4 Garcia-Reyes
5 Buntak
6 Defined

سالارنژاد و همکاران (۱۴۰۰) به اولویت‌بندی عوامل کلیدی موفقیت در تحول دیجیتال صنایع دفاعی پرداختند. نتایج نشان داد زیرساخت‌های مدیریتی 30.8% و فرهنگی27.3% بیشترین نقش را در بلوغ تحول دیجیتال ایفا می‌کنند. مؤلفه‌هایی مانند استراتژی دیجیتال و مهارت‌های انسانی از اهمیت بالایی برخوردارند (سالارنژاد و همکاران، ۱۴۰۰).

رشیدی تربتی[1] و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با عنوان «هوشمندسازی زنجیره تأمین با رویکرد اینترنت اشیاء»، به طبقه‌بندی عوامل مؤثر بر بلوغ و آمادگی زنجیره تأمین پرداختند. آن‌ها با استفاده از تحلیلSWOT ، زیرساخت‌های اطلاعاتی را عامل ارتقای پیش‌بینی تقاضا دانستند، در حالی که کمبود مهارت‌های انسانی و ضعف مدیریتی را به‌عنوان نقاط ضعف شناسایی کردند

این پژوهش با اتخاذ رویکرد جامع و یکپارچه فراترکیب برای شناسایی ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های مدل بلوغ زنجیره تأمین اختصاصی برای صنایع دفاعی ایران با رویکرد تحول هوشمند، به شکاف‌های شناسایی شده در ادبیات موضوع پاسخ می‌دهد. چالش‌های مداوم در بخش دفاعی، از جمله محدودیت‌های عملیاتی منحصربه‌فرد، الزامات امنیتی سخت‌گیرانه(بولگ[2]، ۲۰۲۵) و فقدان یک مدل مفهومی بلوغ سفارشی‌سازی شده، نیازمند توجه علمی و سیاستی بیشتری است. تنها تعداد محدودی از مطالعات به سمت توسعه مدل‌ها یا چارچوب‌های متناسب برای ارزیابی و ارتقای بلوغ در بافت بسیار تخصصی صنایع دفاعی، به‌ویژه در ایران، پیش رفته‌اند(یمینی و همکاران ۲۰۲۴؛صادقی و همکاران ۲۰۲۴).

بنابراین، این مطالعه با هدف پل زدن بر این شکاف از طریق شناسایی و اعتبارسنجی سیستماتیک ابعاد کلیدی به همراه مؤلفه‌ها و شاخص‌های زیربنایی آن‌ها، به دنبال ایجاد یک مدل بلوغ جامع است که الزامات استراتژیک و عملیاتی منحصربه‌فرد بخش دفاعی کشور را برآورده سازد.

۳. روش

پژوهش حاضر از منظر هدف، کاربردی-توسعه‌ای و از منظر گردآوری و تحلیل داده‌ها، در زمره پژوهش‌های آمیخته اکتشافی (کیفی-کمّی) طبقه‌بندی می‌شود. در ادامه، مراحل اجرای دو فاز کیفی و کمّی به تفکیک تشریح می‌گردد.

۱.۳. فاز کیفی: فراترکیب (Meta-Synthesis)

فراترکیب یک رویکرد پژوهشی تفسیری است که با ارزیابی نظام‌مند و ترکیب یافته‌های مطالعات کیفی پیشین، به دنبال دستیابی به فهمی عمیق‌تر و خلق چارچوب‌های مفهومی جدید است (سندلوفسکی و باروسو[3]، ۲۰۰۷). مدل‌های مختلفی برای اجرای فراترکیب ارائه شده است، از جمله مدل سه‌مرحله‌ای نوبلیت و هیر، مدل شش‌مرحله‌ای والش و داون، و مدل هفت‌مرحله‌ای ساندلوفسکی و باروسو (۲۰۰۷). در این پژوهش، به دلیل جامعیت، ساختاریافتگی و مقبولیت گسترده در مجلات معتبر، از پروتکل هفت‌مرحله‌ای ساندلوفسکی و باروسو به عنوان چارچوب اصلی اجرای فراترکیب استفاده گردید.

۱.۱.۳. تدوین سؤالات پژوهش

در گام نخست، سؤالات پژوهش به گونه‌ای طراحی شدند که فرآیند جستجو و سنتز را هدایت نمایند. سؤالات اصلی عبارت بودند از:

1 Rashidi Torbati
2 Boulègue
3 Sandelowski and Barroso

- چیستی: ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های کلیدی برای ارزیابی بلوغ هوشمند در زنجیره تأمین دفاعی کدام‌اند؟
- دامنه: بازه زمانی مطالعه چگونه تعیین شده است؟ (پنج سال اخیر)
- منابع: داده‌ها از چه پایگاه‌هایی استخراج می‌شوند؟(Web of Science, Scopus, Google Scholar, Civilica)
- روش سنتز: فرآیند ترکیب و تحلیل یافته‌ها چگونه انجام خواهد شد؟ (مبتنی بر کدگذاری موضوعی و تحلیل سلسله‌مراتبی).

۳.۱.۲. مرور نظام‌مند متون و راهبرد جستجو

جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده بین‌المللی و داخلی شامل Web of Science ، Scopus، Google Scholarو Civilicaبا استفاده از کلیدواژه‌های تخصصی و عملگرهای بولی (AND, OR) صورت پذیرفت.کلیدواژه‌های اصلی عبارت بودند از:

- هوشمندسازی زنجیره تأمین (Supply Chain Smartization)
- زنجیره تأمین دفاعی (Defense Supply Chain)
- بلوغ هوشمندسازی (Smart Maturity)
- فناوری‌های پیشرفته در زنجیره تأمین (Advanced Technologies in SCM)
- ارزیابی بلوغ فناوری (Technology Maturity Assessment)

۳.۱.۳. معیارهای ورود، خروج و ارزیابی کیفیت

برای تضمین عینیت و قابلیت تکرارپذیری، معیارهای صریحی برای انتخاب مطالعات تعریف گردید که در جدول (۳) خلاصه شده است.

جدول ۲- معیارهای ورود، خروج و ارزیابی کیفیت مطالعات

دسته	منطق	معیار
معیارهای ورود	تضمین ارتباط مستقیم با سازه محوری پژوهش.	تمرکز: مقالات باید به‌طور مستقیم به تدوین مدل‌های بلوغ یا شناسایی مؤلفه‌ها/ابعاد در بستر زنجیره‌های تأمین هوشمند/دیجیتال یا صنعت ۴.۰ بپردازند.
	تضمین قابلیت استفاده در کدگذاری فراترکیب و استخراج داده‌ها.	روش‌شناسی: مطالعات باید از رویکردهای کیفی، آمیخته یا مرور نظام‌مند استفاده کرده باشند.
	تضمین انطباق محتوا با بافت صنعت دفاعی.	دامنه: محتوا باید قابل اعمال در محیط‌های صنعتی پیچیده و پرریسک (مانند دفاعی، هوافضا، هسته‌ای یا بخش‌های مشابه) باشد.
معیارهای خروج	حفظ rigor علمی و قابلیت اتکای منابع.	قالب: گزارش‌های غیرعلمیِ داوری‌نشده، یادداشت‌های سردبیری، چکیده‌های همایش یا مقالات فاقد متن کامل حذف شدند.
	پالایش ادبیاتِ مفهومیِ نامرتبط.	ارتباط: مقالاتی که صرفاً بر مدیریت سنتی زنجیره تأمین متمرکز بودند و به تحول دیجیتال/هوشمند نپرداخته بودند، حذف شدند.

۳.۱.٤. فرآیند غربالگری و انتخاب نهایی (مبتنی برPRISMA)

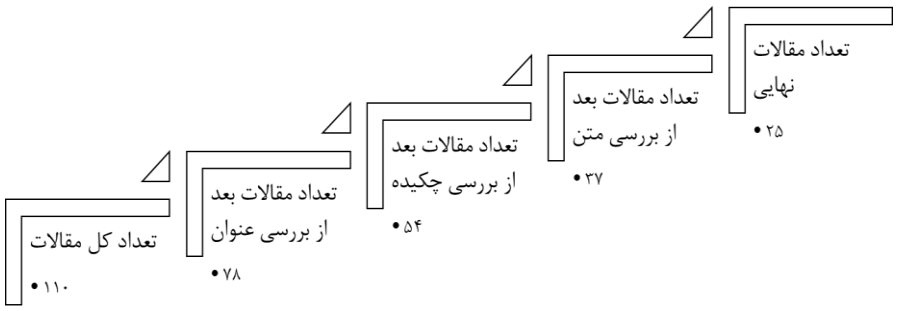
فرآیند غربالگری بر اساس بیانیه PRISMA 2020 مستندسازی گردید و شامل سه مرحله متوالی بود:

۱. بازبینی اولیه عناوین و چکیده‌ها: ۱۱۰ مقاله اولیه بر اساس ارتباط عنوان و چکیده با اهداف پژوهش بررسی شدند.

۲. ارزیابی متن کامل و کیفیت روش‌شناختی: مقالات باقیمانده با استفاده از ابزار ارزیابی روش‌های ترکیبی (MMAT)مورد سنجش کیفی قرار گرفتند. تنها مطالعاتی که امتیاز بالاتر از ٪۶۰ در این ابزار کسب کردند، به مرحله بعد راه یافتند.

۳. ارزیابی نهایی انطباق محتوا: مقالات از نظر انطباق با دامنه پژوهش (محیط‌های پرریسک) پالایش نهایی شدند.

در نتیجه این رویکرد نظام‌مند، از میان ۱۱۰ مقاله اولیه، تعداد ۲۵ مقاله به عنوان پیکره نهایی برای ورود به مرحله سنتز و کدگذاری انتخاب شدند. نمودار جریان تفصیلی این فرآیند در شکل(۱) ارائه شده است.



شکل ۱: فلوچارت تحقیق

جدول ۳- .مقالات منتخب نهایی فراترکیب

ردیف	خلاصه یافته‌های پژوهش	محل و سال انتشار	نام نویسنده(ها)	عنوان کامل پژوهش
۱	شناسایی تهدیدات سایبری مانند باج‌افزارها در زنجیره تأمین سایبری؛ پیشنهاد چارچوب CyberChainGuardبا ادغام بلاک‌چین و مدل Clark-Wilson برای افزایش امنیت؛ بهبود تشخیص تهدیدات تا سطح پیش‌بینی‌کننده	IEEE Access 2025	Bashayr Alshammari, Manmeet Mahinderjit Singh	A Systematic Literature Review on Tackling Cyber Threats for Cyber Logistic Chain and Conceptual Frameworks for Robust Detection Mechanisms
۲	شناسایی تهدیدات منحصربه‌فرد زنجیره تأمین نظامی (APTها، مسمومیت زنجیره تأمین)؛ ارائه چارچوب امنیتی ترکیبی؛ تأکید بر اولویت تاب‌آوری بر کارایی در محیط‌های نظامی	Journal of Information Security 2025	Nathalie Essi Afefa Takpah, Victor Nosakhare Oriakhi	Cybersecurity Challenges and Technological Integration in Military Supply Chain 4.0

ردیف	خلاصه یافته‌های پژوهش	محل و سال انتشار	نام نویسنده(ها)	عنوان کامل پژوهش
۳	دوقلوهای دیجیتال بیشتر در فرآیندهای برنامه‌ریزی، ساخت و تحویل کاربرد دارند؛ بهبود جریان اطلاعات، حذف ضایعات و بهینه‌سازی لجستیک؛ تقویت همزمان کارایی و تاب‌آوری	International Journal of Production Research 2025	Daqiang Guo, Soujanya Mantravadi	The role of digital twins in lean supply chain management: review and research directions
۴	توسعه مدل بلوغ زنجیره تأمین با ۴ بعد (خرید و تأمین، تولید، انبارش و توزیع، فروش) و ۳ سطح بلوغ (موثر، کارا، عالی)؛ شناسایی ۱۴ عامل حیاتی موفقیت	IFAC PapersOnLine 2019	Yahiaoui Sanae, Fedouaki Faycal, Mouchtachi Ahmed	A Supply Chain Maturity Model for automotive SMEs: a case study
۵	شناسایی چهار دسته توانمندساز و چالش در پذیرش زنجیره تأمین دیجیتال؛ ارائه مدل بلوغ DSCM برای گذار از زنجیره سنتی به زیست‌بوم دیجیتال	Benchmarking: An International Journal 2022	W.M. Samanthi Kumari Weerabahu, Premaratne Samaranayake, Dilupa Nakandala, Hilal Hurriyet	Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption
۶	ارائه طبقه‌بندی جامع از ابعاد و رویکردهای مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین؛ شناسایی شکاف‌های تحقیقاتی و روندهای آینده مانند e-SCM، بلاک‌چین و پایداری	LogForum 2020	Mohsen Cheshmberah, Safoura Beheshtikia	Supply Chain Management Maturity: An All-Encompassing Literature Review on Models, Dimensions and Approaches
۷	ارائه مدل مفهومی و چارچوب بلوغ با ۶ سطح؛ تعیین توالی اولویت‌بندی شده برای اتخاذ فناوری‌های Industry 4.0 به منظور دستیابی به چابکی، تاب‌آوری و قابلیت اطمینان	Procedia Computer Science 2022	Heriberto Garcia-Reyes, Jonnatan Avilés-González, Sonia Valeria Avilés-Sacoto	A Model to Become a Supply Chain 4.0 Based on a Digital Maturity Perspective
۸	توسعه پیش‌نویس مدل بلوغ $DSCM^2$ با ۴ بعد اصلی (کسب‌وکار، سازمانی، فرآیند و روش، فناوری)، ۱۸ زیربعد و ۵ سطح بلوغ؛ ارائه ابزار خودارزیابی آنلاین	Logistics Research 2023	Frauke Hellweg, Dustin Janhofer, Bernd Hellingrath	Towards a Maturity Model for Digital Supply Chains
۹	ارائه مدل بلوغ ۶ سطحی (از سطح صفر تا سطح ۵)؛ مدل بر اساس ۵ شاخص انجام تحول دیجیتال، ارتباطات، ایجاد پارادایم‌های جدید کسب‌وکار، سینرژی و فناوری‌های جدید ارزیابی می‌شود	Tehnički glasnik (Technical Journal) 2021	Krešimir Buntak, Matija Kovačić, Maja Mutavdžija	Measuring Digital Transformation Maturity of Supply Chain
۱۰	ارائه مدل بلوغ جدید برای تبدیل سازمان به سازمان هوشمند با استفاده از هم‌افزایی ناب و	Sustainability (MDPI) 2023	Treviño-Elizondo B.L., García-Reyes H., Peimbert-García R.E.	A Maturity Model to Become a Smart Organization Based on Lean and Industry 4.0 Synergy

ردیف	خلاصه یافته‌های پژوهش	محل و سال انتشار	نام نویسنده(ها)	عنوان کامل پژوهش
	صنعت ۴.۰؛ ارائه نقشه راه راهبردی برای پیاده‌سازی			
۱۱	شناسایی ۲۸ مدل بلوغ در حوزه زنجیره تأمین دیجیتال؛ ارائه یک چارچوب تحلیلی برای طبقه‌بندی مدل‌های بلوغ	Brazilian Journal of Operations & Production Management 2021	Frauke Hellweg, Sandra Lechtenberg, Bernd Hellingrath, Antonio Márcio Tavares Thomê	Literature review on maturity models for digital supply chains
۱۲	تحول دیجیتال مشتریان به طور معناداری هزینه‌های حسابرسی تأمین‌کنندگان را کاهش می‌دهد؛ این اثر از طریق کاهش ریسک عملیاتی و مدیریت سود عمل می‌کند	China Journal of Accounting Research 2024	Lu Li, Wen Bo, Libin Qin	Spillover effect of digital transformation along the supply chain: From the perspective of suppliers' audit fees
۱۳	شناسایی و مقایسه ۴۹ مدل بلوغ زنجیره تأمین؛ اکثر مدل‌ها دارای ۴ یا ۵ سطح بلوغ هستند؛ ابعاد کلیدی مشترک شامل برنامه‌ریزی، هزینه، مشتری، فرآیندها، فناوری، همکاری و مدیریت است	LogForum 2022	Oumaima Hansali, Samah Elrhanimi, Laila El Abbadi	Supply Chain Maturity Models: A Comparative Review
۱۴	اکثر شرکت‌های تایوانی در سطح بلوغ نابالغ یا متوسط قرار دارند؛ مدل بلوغ پیشنهادی ابزار مناسبی برای ارزیابی سطح بلوغ شرکت‌ها است	PLOS ONE 2021	Tzu-Chieh Lin, Kung Jeng Wang	Project-based maturity assessment model for smart transformation in Taiwanese enterprises
۱۵	فناوری‌های اطلاعات و دیجیتال صنعت ۴.۰ می‌توانند چابکی زنجیره تأمین را از طریق بهبود قابلیت‌های «حس کردن» و «پاسخ دادن» افزایش دهند	Computers & Industrial Engineering 2022	Diéssica Oliveira-Dias, Juan M. Maqueira-Marín, José Moyano-Fuentes	The link between information and digital technologies of industry 4.0 and agile supply chain: Mapping current research and establishing new research avenues
۱۶	شناسایی ۱۲ عامل تصمیم‌گیری مؤثر بر انتخاب سیستم‌های اطلاعاتی بین‌سازمانی؛ زمان تکمیل پروژه مهم‌ترین معیار شناسایی شد؛ ارائه مدل یکپارچه AHP-TOPSIS برای انتخاب گزینه بهینه	International Journal of Information Management Data Insights 2021	T.S. Deepu, V. Ravi	Supply chain digitalization: An integrated MCDM approach for inter-organizational information systems selection in an electronic supply chain
۱۷	قراردادهای هوشمند، اینترنت اشیاء و سوابق تراکنش‌ها مهم‌ترین ابعاد بلاک‌چین در زنجیره تأمین کشاورزی هستند؛ مدل بلوغ ارائه‌شده می‌تواند سطح بلوغ فناوری بلاک‌چین را ارزیابی کند	Information Processing in Agriculture 2021	Mohammad Hossein Ronaghi	A blockchain maturity model in agricultural supply chain

ردیف	خلاصه یافته‌های پژوهش	محل و سال انتشار	نام نویسنده(ها)	عنوان کامل پژوهش
۱۸	ارائه مدل چندبعدی برای ارزیابی سطح بلوغ دیجیتال در زنجیره تأمین که با قرار دادن کاربر در مرکز فرآیند، ساختار سازمانی و سیستم‌های اطلاعاتی را به عنوان عوامل حیاتی در نظر می‌گیرد	IEEE 2023	Sanaa Tiss, Martha Orellano	A Maturity Model of Digital Transformation in Supply Chains: A Multi-dimensional Approach
۱۹	هوش مصنوعی و اینترنت اشیاء نقش کلیدی در بهره‌وری انرژی دارند؛ مهم‌ترین موانع پیاده‌سازی، عوامل فناوری و انسانی هستند؛ بهبود در حوزه‌های حمل‌ونقل و تولید بیشترین اثر را دارد	فصلنامه آماد و فناوری دفاعی ۱۴۰۳	صعنان احمدی، سینا کیهانیان، حمیدرضا رضایی	راهکارهای مدیریت بهره‌وری در انرژی زنجیره تأمین دفاعی مبتنی بر دستاوردهای صنعت ۴.۰
۲۰	ارائه تحلیل جامع از ۳۹ مدل بلوغ زنجیره تأمین از ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۳؛ شناسایی ابعاد و سطوح بلوغ؛ اولویت‌بندی ۱۷ حوزه کلیدی (مانند استراتژی، برنامه‌ریزی، منبع‌یابی، لجستیک)	نشریه مدیریت زنجیره تأمین (دانشگاه امام حسین(ع)) ۱۴۰۳	سهیلا اعتضادی، صابر خلیل اسپوئی	تحلیل مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین : کاربست روش فراترکیب
۲۱	شناسایی ۴ بعد و ۲۶ مؤلفه؛ زیرساخت مدیریتی (۳۰.۸٪) و فرهنگی (۲۷.۳٪) بیشترین تأثیر را دارند؛ مهم‌ترین مؤلفه‌ها: عملیات و فرایندها، راهبرد دیجیتال، فرهنگ دیجیتال، مهارت‌های دیجیتال	فصلنامه آینده‌پژوهی دفاعی ۱۴۰۰	علی اصغر سالارنژاد، بهنام عبدی	شناسایی و اولویت‌بندی عوامل حیاتی موفقیت بلوغ تحول دیجیتال صنایع دفاعی در افق ۱۴۲۰
۲۲	سیستم طراحی شده مبتنی بر ANFIS قادر به پیش‌بینی عملکرد زنجیره تأمین بر اساس مؤلفه‌های قابلیت اطمینان، پاسخگویی، چابکی، هزینه‌ها و کارایی مدیریت دارایی است؛ ارائه چارچوبی برای تحلیل شکاف عملکرد	فصلنامه علمی مدیریت زنجیره تأمین ۱۴۰۲	حسن ترابی، متینه نصرتی	ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس معیارهای مورد مطالعه:) SCOR شرکت خالص‌سازان روی (زنجان
۲۳	شناسایی عوامل مؤثر بر مدیریت زنجیره تأمین باIoT ؛ ارائه مدل علّی و نمودار جریان عوامل مؤثر؛ تدوین دو سناریو برای بهبود کارایی؛ افزایش سرعت سازگاری و انطباق‌پذیری محیطی زنجیره تأمین	فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم‌های صنعتی ۱۴۰۰	شیوا رشیدی تربتی، رضا راهفر، نازنین پیله‌وری	هوشمند سازی زنجیره تأمین با رویکرد اینترنت اشیا (مطالعه موردی: شرکت های فعال در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات استان تهران)

ردیف	خلاصه یافته‌های پژوهش	محل و سال انتشار	نام نویسنده(ها)	عنوان کامل پژوهش
۲۴	تعیین مجموعه فناوری‌های کلیدی و راهبردهای نوظهور که بیشترین تأثیر را بر تاب‌آوری، چابکی و کارایی زنجیره تأمین در محیط دفاعی دارند؛ اولویت‌بندی بر اساس ضرورت اجرایی و قابلیت پیاده‌سازی در ساختارهای نظامی	فصلنامه علمی مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی ۱۴۰۲	امیر صادقی، حمیدرضا ضرغامی، سید خلیل ابطحی ابرقویی	شناسایی و اولویت بندی فناوریها و رویکردهای نوین زنجیره تأمین دفاعی
۲۵	شناسایی ۱۱ شاخص کلیدی تاب‌آوری؛ ارائه فرمول جامع محاسبه تاب‌آوری با در نظرگیری شاخص‌های چندبعدی (زمان، تعداد، ظرفیت)؛ تعیین وزن نهایی شاخص‌ها (مهمترین: زمان بازیابی، ظرفیت موجودی ذخیره، تعداد تأمین‌کنندگان)	فصلنامه آماد و فناوری دفاعی ۱۴۰۳	سید مرتضی طباطبایی، سید محمدحسن یمینی، حمیدرضا رضایی، حنیف کازرونی	احصاء فرمول محاسبه تاب‌آوری در زنجیره تأمین دفاعی

۵.۱.۳. استخراج و تحلیل داده‌ها (کدگذاری موضوعی)

پس از انتخاب مقالات نهایی، فرآیند کدگذاری موضوعی (Thematic Coding) با رویکرد استقرایی-قیاسی بر روی متون منتخب انجام شد. در این مرحله، مفاهیم کلیدی از متن مقالات استخراج و پس از مقایسه مستمر، در سطوح انتزاعی بالاتر دسته‌بندی گردیدند. حاصل این فرآیند، شناسایی ۳۲ کد متمایز (شاخص اولیه) با مجموع فراوانی ۱۳۶ تکرار بود که نهایتاً در قالب ۱۶ مؤلفه و ۵ بعد اصلی سازماندهی شدند(جدول ۴).

جدول ٤- .نمونه فرآیند کدگذاری سه‌سطحی

ردیف مقاله	نویسنده(ها) و سال	نقل قول یا مفهوم کلیدی از مقاله	کد اولیه (شاخص)	مؤلفه	بعد
۱	Takpah & Oriakhi (2025)	«Real-time visibility of assets throughout the military supply chain using IoT sensors is critical for threat detection»	درصد دارایی‌های حیاتی مجهز به سنسور اینترنت اشیاء	دید بلادرنگ و ردیابی	قابلیت‌های عملیاتی هوشمند
۳	Guo & Mantravadi (2025)	«Digital twins enable predictive simulation of disruptions and demand fluctuations, improving forecasting accuracy»	دقت پیش‌بینی تقاضا و نرخ شناسایی الگوهای غیرعادی توسط هوش مصنوعی	پیش‌بینی و شبیه‌سازی	قابلیت‌های عملیاتی هوشمند
۸	Hellweg et al. (2023)	«Integration of platforms across supply chain partners using cloud-based systems reduces integration time»	زمان یکپارچه‌سازی یک سیستم جدید و میزان دسترسی‌پذیری پلتفرم	پلتفرم‌های یکپارچه و امن	یکپارچگی و همکاری هوشمند

بعد	مؤلفه	کد اولیه (شاخص)	نقل قول یا مفهوم کلیدی از مقاله	نویسنده(ها) و سال	ردیف مقاله
یکپارچگی و همکاری هوشمند	شفافیت و اعتماد دیجیتال	درصد تراکنش‌های ثبت‌شده در بلاک‌چین و قابلیت ردیابی کامل محصول از مبدأ تا مقصد	«Blockchain-based transaction recording increases trust and enables complete traceability from origin to destination»	Ronaghi (2021)	۱۷
بنیان‌های سازمانی هوشمند	فرهنگ و مدیریت دانش	درصد کارکنان آموزش‌دیده در مهارت‌های دیجیتال و سطح فرهنگ داده‌محوری	«عوامل انسانی و فناوری به عنوان مهم‌ترین موانع پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ در زنجیره دفاعی شناسایی شدند»	احمدی و همکاران (۱۴۰۳)	۱۹
بنیان‌های سازمانی هوشمند	رهبری و راهبرد هوشمند	وضوح و جامعیت راهبرد تحول و میزان اختصاص بودجه به تحول هوشمند	«راهبرد سازمانی و بلوغ فرآیندها به عنوان پیش‌نیازهای اصلی تحول دیجیتال در مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین مطرح هستند»	اعتضادی و اسبوئی (۱۴۰۳)	۲۰
بنیان‌های سازمانی هوشمند	حاکمیت و زیرساخت فناوری	میزان انطباق با چارچوب حاکمیت تعریف‌شده و درصد زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری به‌روز	«زیرساخت مدیریتی و فرهنگی بیشترین نقش را در بلوغ تحول دیجیتال صنایع دفاعی ایفا می‌کنند»	سالارنژاد و عبدی (۱۴۰۰)	۲۱
امنیت و تاب‌آوری هوشمند	تاب‌آوری فعال و بازیابی	زمان بازیابی پس از اختلال و سطح تاب‌آوری (RTO) کل زنجیره (شاخص مرکب)	«زمان بازیابی پس از اختلال (RTO)و ظرفیت موجودی رزرو مهم‌ترین شاخص‌های تاب‌آوری در زنجیره دفاعی هستند»	طباطبایی و همکاران (۱۴۰۳)	۲۵
قابلیت‌های عملیاتی هوشمند	بهینه‌سازی و اتوماسیون	تعداد فناوری‌های یکپارچه‌شده و سطح هم‌افزایی سامانه‌ها	«Fully automated supply chain without human intervention, managed by AI, represents the highest maturity level»	Buntak et al. (2021)	۹
کارایی و بهره‌وری هوشمند	عملیات ناب و چابک	زمان سیکل تولید از سفارش تا تحویل و سطح انعطاف‌پذیری خط تولید	«Industry 4.0 technologies improve both efficiency and resilience through sensing and responding capabilities»	Oliveira-Dias et al. (2022)	۱۵

۶.۱.۳. کنترل کیفیت و پایایی کدگذاری

به منظور اطمینان از پایایی و قابلیت اعتماد فرآیند کدگذاری، از شاخص ضریب کاپای کوهن استفاده شد. بدین منظور، نتایج کدگذاری پژوهشگر با کدگذاری یک کارشناس خبره حوزه مدیریت زنجیره تأمین مقایسه گردید. مقدار ضریب کاپای محاسبه‌شده ۰.۸۷۴ به‌دست آمد که به طور قابل توجهی بالاتر از آستانه قابل قبول ۰.۷ بوده و بیانگر سطح توافق عالی و پایایی بالای یافته‌های کیفی است.

جدول ۵ – مراحل هفت‌گانه فراترکیب بر اساس الگوی سندلوفسکی و باروسو (۲۰۰۷)

مرحله	عنوان مرحله	اقدام انجام شده در این پژوهش
۱	تدوین سؤالات پژوهش	تدوین سؤالات چیستی، دامنه، منابع و روش سنتز
۲	مرور نظام‌مند متون و راهبرد جستجو	جستجوی کلیدواژه‌ها در Web of Science, Scopus, Google Scholar, Civilica
۳	جستجو و نمونه‌گیری نظام‌مند	شناسایی ۱۱۰ مقاله اولیه و اعمال معیارهای ورود/خروج
۴	استخراج یافته‌ها از مقالات	مطالعه متن کامل ۲۵ مقاله و استخراج مفاهیم کلیدی
۵	تحلیل و ترکیب یافته‌ها	کدگذاری باز، محوری و انتخابی (۳۲ کد، ۱۶ مؤلفه، ۵ بعد)
۶	کنترل کیفیت	ارزیابی کیفیت مقالات با MMAT (امتیاز <٪۶۰)و محاسبه کاپای کوهن (۰.۸۷۴)
۷	ارائه یافته‌ها	ارائه مدل مفهومی در قالب جدول ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌ها (جدول ۶)

۲.۳. فاز کمّی: اعتبارسنجی مدل(PLS-SEM)

به‌منظور اعتبارسنجی تجربی مدل مفهومی استخراج‌شده از فاز فراترکیب، فاز کمّی پژوهش طراحی گردید. در این مرحله، چارچوب مفهومی (شامل ۵ بعد و ۱۶ مؤلفه) به یک پرسشنامه ساختاریافته با طیف لیکرت پنج درجه تبدیل شد. جامعه آماری این بخش، خبرگان و مدیران ارشد حوزه لجستیک و زنجیره تأمین دفاعی و همچنین متخصصان تحول دیجیتال در صنایع نظامی بودند. با توجه به محدودیت دسترسی به جامعه خبرگان در حوزه‌های طبقه‌بندی‌شده دفاعی، از روش نمونه‌گیری هدفمند (Purposive Sampling) استفاده گردید و در نهایت داده‌های ۱۵۰ خبره راهبردی گردآوری شد.

جامعه آماری و روش نمونه‌گیری: جامعه آماری این پژوهش شامل کلیه مدیران ارشد، کارشناسان مسئول و متخصصان فناوری اطلاعات در حوزه لجستیک و زنجیره تأمین دفاعی مستقر در سازمان‌های زیر بود: (۱) وزارت دفاع و پشتیبانی نیروهای مسلح، (۲) ستاد کل نیروهای مسلح (معاونت لجستیک و صنایع)، (۳) سازمان صنایع دفاع، (۴) قرارگاه‌های پدافند سایبری، و (۵) دانشگاه عالی دفاع ملی. با توجه به ماهیت تخصصی و طبقه‌بندی‌شده موضوع، از روش نمونه‌گیری هدفمند (قضاوتی) استفاده گردید. معیارهای ورود به نمونه عبارت بودند از:

- حداقل ۱۰ سال سابقه مدیریتی یا اجرایی در حوزه زنجیره تأمین، لجستیک نظامی یا تحول دیجیتال در صنایع دفاعی؛
- داشتن تجربه عملی در پروژه‌های مرتبط با هوشمندسازی، اینترنت اشیاء یا سامانه‌های یکپارچه لجستیکی؛
- مدرک تحصیلی کارشناسی ارشد یا دکتری در رشته‌های مدیریت صنعتی، مهندسی صنایع، مدیریت فناوری اطلاعات یا علوم دفاعی راهبردی؛
- تمایل به همکاری و تکمیل پرسشنامه به صورت خوداجرا.

از میان ۱۸۰ دعوت‌نامه ارسال‌شده، ۱۵۰ پرسشنامه کامل و قابل استفاده بازگردانده شد (نرخ بازگشت ۸۳/۳ درصد).

ابزار گردآوری داده‌ها (پرسشنامه): بر اساس مدل مفهومی مستخرج از فراترکیب (شامل ۵ بعد، ۱۶ مؤلفه و ۳۲ شاخص)، یک پرسشنامه ساختاریافته طراحی گردید. پرسشنامه مشتمل بر ۳۲ گویه بود که هر گویه متناظر با یک شاخص تدوین شده بود. برای سنجش هر گویه، از طیف پنج‌درجه‌ای لیکرت (از ۱ = «بسیار کم» تا ۵ = «بسیار زیاد») استفاده شد. پرسشنامه در دو بخش تنظیم گردید: بخش اول شامل سؤالات جمعیت‌شناختی (سازمان، سابقه کار، تحصیلات) و بخش دوم شامل ۳۲ گویه تخصصی در مورد وضعیت بلوغ هوشمند در سازمان مربوطه. زمان تقریبی تکمیل هر پرسشنامه ۱۵–۲۰ دقیقه بود.

روایی محتوایی و صوری: به منظور تأیید روایی محتوایی پرسشنامه، از دو روش کیفی و کمی استفاده شد. در مرحله کیفی، پرسشنامه اولیه در اختیار ۱۰ نفر از اساتید دانشگاهی (متخصص در حوزه مدیریت زنجیره تأمین و آمار) و ۵ نفر از خبرگان اجرایی (مدیران ارشد لجستیک دفاعی) قرار گرفت. از آن‌ها خواسته شد تا نسبت به مرتبط بودن، شفافیت و جامعیت هر گویه اظهار نظر نمایند. بر اساس بازخورد دریافتی، ۳ گویه بازنویسی و ۲ گویه ادغام شدند. در مرحله کمی، نسبت روایی محتوایی (CVR) بر اساس قانون لاوشه محاسبه گردید. با توجه به تعداد ۱۵ داور، مقدار بحرانی CVR برابر ۰.۴۹ بود. تمامی ۳۲ گویه دارای CVR بالاتر از ۰.۶۳ بودند که نشان‌دهنده روایی محتوایی مطلوب است. همچنین شاخص روایی محتوایی (CVI) برای کل پرسشنامه بر اساس میانگین روش والتز و باسل محاسبه شد که مقدار ۰.۸۷ به دست آمد (بالاتر از آستانه ۰.۷۹). روایی صوری نیز با اجرای آزمایشی بر روی ۱۵ نفر از اعضای نمونه (که در تحلیل نهایی لحاظ نشدند) و اعمال اصلاحات جزئی در نگارش گویه‌ها تأیید گردید.

پایایی پرسشنامه: برای بررسی پایایی (همسانی درونی)، پرسشنامه در یک مطالعه مقدماتی بر روی ۳۰ نفر از خبرگان (خارج از نمونه اصلی) توزیع شد. ضریب آلفای کرونباخ برای کل پرسشنامه ۰.۹۴ و برای ابعاد پنج‌گانه بین ۰.۸۳۴ تا ۰.۹۰۵ محاسبه گردید که حاکی از پایایی بسیار خوب ابزار است. همچنین پایایی ترکیبی (CR) در مدل اندازه‌گیری که در جدول (۵) گزارش شده، برای تمام سازه‌ها بالاتر از ۰.۸۸ است که پایایی را تأیید می‌کند.

با عنایت به حجم نمونه محدود (۱۵۰ نفر) و ماهیت اکتشافی–توسعه‌ای پژوهش که هدف آن پیش‌بینی و تبیین واریانس متغیرهای وابسته است، از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) با بهره‌گیری از نرم‌افزار SmartPLS نسخه ۴ استفاده گردید. این روش برای تحلیل مدل‌های پیچیده با حجم نمونه کوچک و داده‌های غیرنرمال، انتخاب مناسبی محسوب می‌شود (هیر[1]، ۲۰۱۹). چارچوب مفهومی پژوهش و فرآیند اجرای آن در شکل (۲) به تصویر کشیده شده است.

[1] Hair



شکل ۲- چارچوب مفهومی و فرآیند کلی تحقیق

٤. یافته‌ها

٤.١. یافته‌های فاز کیفی: نتایج فراترکیب

در فاز کیفی پژوهش، با پیروی از پروتکل هفت‌مرحله‌ای سندلوسکی و باروسو (۲۰۰۷) و رعایت بیانیهPRISMA ، فرآیند جستجو، غربالگری و سنتز مطالعات انجام پذیرفت. همان‌گونه که در بخش روش‌شناسی تشریح گردید، پس از اعمال معیارهای ورود و خروج (جدول (۳)) و ارزیابی کیفی با ابزارMMAT ، از میان ۱۱۰ مقاله اولیه، تعداد ۲۵ مقاله(جدول ۳) به‌عنوان پیکره نهایی سنتز انتخاب شدند. نمودار جریان PRISMA (شکل ۱) جزئیات این فرآیند غربالگری را به‌تصویر می‌کشد.

٤.١.١. استخراج و تحلیل داده‌ها

با بهره‌گیری از روش کدگذاری موضوعی بر روی ۲۵ مقاله منتخب، در مجموع ۳۲ کد متمایز (شاخص) استخراج گردید که مجموع فراوانی آن‌ها در متون ۱۳۶ مورد بود. این شاخص‌ها پس از مقایسه مستمر و تحلیل سلسله‌مراتبی، در قالب ۱۶ مؤلفه و ۵ بعد اصلی سازماندهی شدند. ابعاد پنج‌گانه شناسایی‌شده عبارت‌اند از:

١. قابلیت‌های عملیاتی هوشمند (۶ شاخص)
٢. کارایی و بهره‌وری هوشمند (۶ شاخص)
٣. یکپارچگی و همکاری هوشمند (۶ شاخص)
٤. امنیت و تاب‌آوری هوشمند (۶ شاخص)

۵. بنیان‌های سازمانی هوشمند (۸ شاخص)

جدول (۴) نمای کلی از مدل مفهومی بلوغ زنجیره تأمین دفاعی با رویکرد تحول هوشـــمند را به همراه ابعاد، مؤلفه‌ها و نمونه‌ای از شاخص‌های کلیدی هر مؤلفه ارائه می‌دهد.

جدول ۲- ابعاد، مولفه و شاخص‌های بلوغ زنجیره تامین دفاعی با رویکرد تحول هوشمند

ابعاد مدل	مولفه‌های مدل	شاخص های احصا شده
قابلیت‌های عملیاتی هوشمند (تمرکز بر هوشمندسازی فرآیندهای هسته‌ای)	دیدبلادرنگ و ردیابی	درصد دارایی‌های حیاتی مجهز به سنسور IoT، دقت مکانیابی دارایی‌های متحرک
	پیش‌بینی و شبیه‌سازی	دقت پیش‌بینی تقاضا، نرخ شناسایی الگوهای غیرعادی توسط AI
	بهینه‌سازی و اتوماسیون	تعداد فناوری‌های یکپارچه‌شده، سطح هم‌افزایی سامانه‌ها
کارایی و بهره‌وری هوشمند (تمرکز بر بهینه‌سازی منابع و حذف اتلاف)	بهینه‌سازی چرخه عمر و هزینه	نرخ کاهش هزینه چرخه عمر (LCC)، زمان خرابی برنامه‌ریزی‌نشده دارایی‌های حیاتی
	عملیات ناب و چابک	زمان سیکل تولید از سفارش تا تحویل، سطح انعطاف‌پذیری خط تولید
	بهره‌وری مبتنی بر داده	تعداد شاخص‌های عملکردی (KPI) پایش‌شده بلادرنگ، زمان دسترسی به گزارش‌های کلیدی
یکپارچگی و همکاری هوشمند (تمرکز بر شفافیت و اتصال اکوسیستم)	پلتفرم‌های یکپارچه و امن	زمان یکپارچه‌سازی یک سیستم جدید، میزان دسترسی پذیری (Availability) پلتفرم
	همکاری داده‌بنیان با شرکا	میزان رضایت شرکا از همکاری دیجیتال، درصد شرکای متصل به پلتفرم مشترک
	شفافیت و اعتماد دیجیتال	درصد تراکنش‌های ثبت‌شده در بلاک چین، قابلیت ردیابی کامل یک محصول از مبدأ تا مقصد
امنیت و تاب‌آوری هوشمند (تمرکز بر مقابله پیش‌دستانه با تهدیدات و اختلالات)	امنیت سایبری پیشرفته	درصد سیستم‌های مجهز به سیستم تشخیص نفوذ (IDS)، زمان متوسط شناسایی نفوذ (MTTI)
	مدیریت ریسک یکپارچه	درصد ریسک‌های دارای برنامه پاسخ، میزان پوشش چارچوب مدیریت ریسک
	تاب‌آوری فعال و بازیابی	زمان بازیابی پس از اختلال (RTO)، سطح تاب‌آوری کل زنجیره (شاخص مرکب)
بنیان های سازمانی هوشمند(تمرکز بر الزامات نرم و راهبردی تحول)	رهبری و راهبرد هوشمندی	میزان اختصاص بودجه به تحول هوشمند، وضوح و جامعیت راهبرد تحول
	فرهنگ و مدیریت دانش	درصد کارکنان آموزش‌دیده در مهارت‌های دیجیتال، سطح فرهنگ داده‌محوری
	شایستگی‌های نیروی انسانی	درصد پست‌های کلیدی دارای شایستگی‌های Industry 4.0، تعداد دوره‌های آموزشی برگزارشده برای مهارت‌های جدید
	حاکمیت و زیرساخت فناوری	درصد زیرساخت‌های نرم‌افزاری و سخت‌افزاری به‌روز، میزان انطباق با چارچوب حاکمیت تعریف‌شده

۲.۱.٤. کنترل کیفیت و پایایی کدگذاری

به منظور بررسی پایایی فرآیند کدگذاری، از شاخص ضریب کاپای کوهن استفاده شد. بدین منظور، یک نمونه تصادفی شامل ۱۰۰ بخش کدگذاری‌شده از مقالات منتخب توسط پژوهشگر و یک کارشناس خبره به‌طور مستقل کدگذاری

گردید. تحلیل داده‌ها با اســتفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شــد و مقدار ضــریب کاپا ۰.۸۷۴ به‌دســت آمد که بر اســاس استاندارد لندیس و کوچ (۱۹۷۷)، بیانگر سطح توافق عالی (Almost Perfect) و پایایی بالای یافته‌های کیفی است.

```
CROSSTABS
  /TABLES=Rater1 BY Rater2
  /FORMAT=AVALUE TABLES
  /STATISTICS=KAPPA
  /COUNT ROUND CELL.
```

Crosstabs

Case Processing Summary

	Cases					
	Valid		Missing		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Rater1 * Rater2	3200	100.0%	0	0.0%	3200	100.0%

Rater1 * Rater2 Crosstabulation

Count

		Rater2		
		Yes	No	Total
Rater1	Yes	284	36	320
	No	26	2854	2880
Total		310	2890	3200

Symmetric Measures

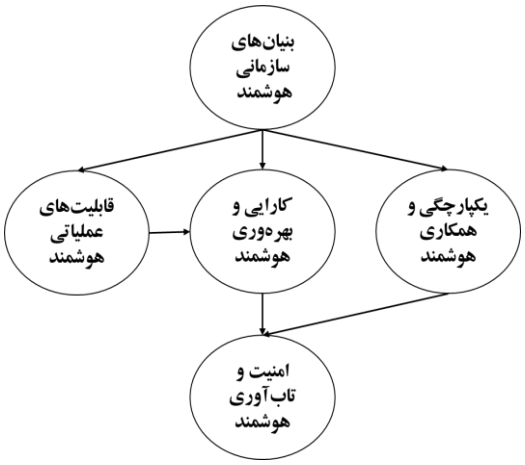
	Value	Asymp. Std. Error^a	Approx. T^b	Approx. Sig.
Measure of Agreement Kappa	.874	.012	49.512	.000
N of Valid Cases	3200			

a. Not assuming the null hypothesis.

.b. Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis

۳.۱.٤. ارائه مدل مفهومی

در گام نهایی فراترکیب، با ترکیب و تفســیر یکپارچه یافته‌های ۲۵ مطالعه منتخب، مدل مفهومی پژوهش تدوین گردید. این مدل، مشـتمل بر ۵ بعد اصـلی، ۱۶ مؤلفه و ۳۲ شـاخص سـنجش‌پذیر، چارچوبی جامع برای ارزیابی وضـعیت موجود و برنامه‌ریزی مسیر تحول هوشمند در صنایع دفاعی فراهم می‌آورد. مدل مذکور در شکل ۳ به‌تصویر کشیده شده است.



شکل ۳. مدل مفهومی پژوهش

- مرحله کمی پژوهش-مدلسازی معادلات ساختاری

در این مطالعه، همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، برای ارزیابی و تحلیل مدل طراحی‌شده، از مدل‌سازی معادلات ساختاری با رویکرد تحلیل عاملی تأییدی از طریق نرم‌افزار Smart PLS4استفاده شد. یکی از دلایل اصلی انتخاب روش PLS، نیاز آن به نمونه کوچک و قابلیت مدل‌سازی تحت شرایطی است که فرضیات توزیع نرمال برقرار نباشند.

برای جمع‌آوری داده‌های میدانی، از ابزار پرسشنامه استفاده شد. این پرسشنامه بین ۱۵۰ نفر از کارشناسان و متخصصان حوزه زنجیره تأمین دفاعی و فناوری‌های نوین توزیع شد که معیارهای زیر برای انتخاب آن‌ها در نظر گرفته شد:

- تجربه عملی: داشتن تجربه کاری مستقیم در محیط زنجیره تأمین دفاعی و آشنایی با فناوری‌های نوین.
- سمت و تحصیلات: شامل مدیران ارشد، مهندسین مشاور و اعضای تیم‌های نظارتی با تحصیلات مرتبط.
- تنوع پروژه‌ها: داشتن سابقه مشارکت در پروژه‌های هوشمندسازی و تحول دیجیتال.

مدل‌سازی معادلات ساختاری یک چارچوب آماری قدرتمند برای تحلیل روابط خطی بین متغیرهای نهان (Latent) و متغیرهای مشهود (Observed) فراهم می‌کند. فرآیند تحلیل و ارزیابی در روش PLSدر دو مرحله مجزا انجام می‌شود:

۱. ارزیابی مدل اندازه‌گیری:

در این مرحله، اعتبار و روایی شاخص‌ها و آیتم‌های مرتبط با هر سازه (مؤلفه) مورد سنجش قرار می‌گیرد. شاخص‌های کلیدی در این مرحله شامل اعتبار ترکیبی (Composite Reliability)، آلفای کرونباخ ($Cronbach's\ \alpha$)، روایی همگرا (Convergent Validity) بر اساس میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) هستند.

۲. ارزیابی مدل ساختاری:

در این مرحله، فرضیات پژوهش و روابط بین سازه‌ها آزمون می‌شوند. شاخص‌های مهم در این بخش شامل مقدار واریانس توضیح داده‌شده (R^2)، معناداری مسیرها (p-valuesو t-values) که معمولاً از طریق تکنیک بوت‌استرپینگ به دست می‌آیند، و توان پیش‌بینی مدل (Q^2 index) می‌باشند.

در بخش بعدی مقاله، تحلیل و تفسیر نتایج حاصل از اجرای مدل در هر یک از این دو مرحله به تفصیل مورد بحث قرار خواهد گرفت.

٤.١.٤. ارزیابی مدل اندازه‌گیری

مدل اندازه‌گیری از نظر پایایی و روایی همگرا-واگرا مورد ارزیابی قرار گرفت تا اطمینان حاصل شود که سازه‌ها (متغیرهای نهان) به‌طور دقیق توسط شاخص‌های مربوطه سنجیده می‌شوند. نتایج مربوط به پایایی ترکیبی (CR)، آلفای کرونباخ (α) و میانگین واریانس استخراج‌شده (AVE) برای تمام مؤلفه‌ها در جدول (۵) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، تمامی مقادیر CR و α بالاتر از آستانه ۰.۷ و مقادیر AVE بالاتر از ۰.۵ هستند که بیانگر پایایی و روایی همگرای رضایت‌بخش مدل اندازه‌گیری است.

جدول۷- ارزیابی مدل اندازه‌گیری - پایایی و روایی همگرا

Dimension	Construct	Composite Reliability (CR)	Cronbach's Alpha (α)	Average Variance Extracted (AVE)
قابلیت‌های عملیاتی هوشمند (تمرکز بر هوشمندسازی فرآیندهای هسته‌ای)	دیدبلادرنگ و ردیابی	۰.۹۲۴	۰.۹۰۱	۰.۷۰۷
	پیش‌بینی و شبیه‌سازی	۰.۸۹۱	۰.۸۴۳	۰.۶۲۴
	بهینه‌سازی و اتوماسیون	۰.۹۱۳	۰.۸۸۲	۰.۶۷۸
کارایی و بهره‌وری هوشمند (تمرکز بر بهینه‌سازی منابع و حذف اتلاف)	بهینه‌سازی چرخه عمر و هزینه	۰.۸۸۵	۰.۸۳۵	۰.۶۰۸
	عملیات ناب و چابک	۰.۹۰۲	۰.۸۶۱	۰.۶۵۲
	بهره‌وری مبتنی بر داده	۰.۹۱۸	۰.۸۸۹	۰.۶۹۲
یکپارچگی و همکاری هوشمند (تمرکز بر شفافیت و اتصال اکوسیستم)	پلتفرم‌های یکپارچه و امن	۰.۸۹۶	۰.۸۵۲	۰.۶۳۵
	همکاری داده‌بنیان با شرکا	۰.۹۰۸	۰.۸۷۴	۰.۶۶۵
	شفافیت و اعتماد دیجیتال	۰.۸۹۱	۰.۸۴۷	۰.۶۲۱
امنیت و تاب‌آوری هوشمند (تمرکز بر مقابله پیش‌دستانه با تهدیدات و اختلالات)	امنیت سایبری پیشرفته	۰.۹۲۸	۰.۹۰۵	۰.۷۱۷
	مدیریت ریسک یکپارچه	۰.۸۸۵	۰.۸۳۴	۰.۶۰۶
	تاب‌آوری فعال و بازیابی	۰.۸۹۹	۰.۸۵۶	۰.۶۴۱
بنیان های سازمانی هوشمند(تمرکز بر الزامات نرم و راهبردی تحول)	رهبری و راهبرد هوشمندی	۰.۹۱۱	۰.۸۷۹	۰.۶۷۳
	فرهنگ و مدیریت دانش	۰.۸۹۴	۰.۸۴۹	۰.۶۲۸
	شایستگی‌های نیروی انسانی	۰.۹۰۷	۰.۸۷۱	۰.۶۶۲
	حاکمیت و زیرساخت فناوری	۰.۹۲۲	۰.۸۹۷	۰.۷۰۴

به منظور اطمینان از عدم همپوشانی مفهومی ابعاد پنج‌گانه مدل و تأیید روایی واگرا، از معیار نسبت همبستگی خصیصه-خصیصه به تک‌خصیصه (HTMT) استفاده گردید. نتایج این تحلیل در جدول (۶) ارائه شده است. بر اساس معیار سختگیرانه ۰.۸۵، تمامی مقادیر HTMT میان سازه‌ها کمتر از این آستانه می‌باشد (بیشترین مقدار ۰.۸۰۹ برای رابطه بنیان‌های سازمانی و یکپارچگی هوشمند). همچنین بازه اطمینان ۹۵٪ برای هیچ‌یک از مقادیر HTMT شامل عدد ۱ نمی‌گردد. این یافته‌ها به‌طور تجربی تأیید می‌کند که پنج بعد شناسایی‌شده، علیرغم همبستگی در چارچوب نظری، سازه‌هایی متمایز و مستقل بوده و هر یک جنبه منحصربه‌فردی از بلوغ هوشمند زنجیره تأمین دفاعی را اندازه‌گیری می‌نمایند.

جدول ۳. ماتریس HTMT برای ارزیابی روایی واگرا

سازه‌های مدل	۱. قابلیت‌های عملیاتی هوشمند	۲. کارایی و بهره‌وری هوشمند	۳. یکپارچگی و همکاری هوشمند	۴. امنیت و تاب‌آوری هوشمند	۵. بنیان‌های سازمانی هوشمند
۱. قابلیت‌های عملیاتی هوشمند	–				
۲. کارایی و بهره‌وری هوشمند	۰.۷۸۴	–			
۳. یکپارچگی و همکاری هوشمند	۰.۶۹۲	۰.۷۳۵	–		
۴. امنیت و تاب‌آوری هوشمند	۰.۶۰۱	۰.۶۵۸	۰.۷۱۳	–	
۵. بنیان‌های سازمانی هوشمند	۰.۷۴۳	۰.۷۱۱	۰.۸۰۹	۰.۶۲۷	–

٤.١.٥. ارزیابی مدل ساختاری

پس از تأیید مدل اندازه‌گیری، مدل ساختاری برای آزمون فرضیات پژوهش ارزیابی شد. معنی‌داری ضرایب مسیر با استفاده از روش بوت‌استرپینگ (Bootstrapping) با ۵۰۰۰ زیرنمونه و رویکرد تصحیح اریبی و شتاب‌یافته (BCa) تعیین گردید. نتایج شامل ضرایب مسیر (β)، آماره t و مقادیر p در جدول (۷) خلاصه شده است.

جدول ۹- نتایج آزمون فرضیات و ضرایب مسیر مدل ساختاری

مسیر فرضیه‌شده	(β) ضریب مسیر	t مقدار	p مقدار	تأیید فرضیه
بنیان‌های سازمانی هوشمند ← قابلیت‌های عملیاتی هوشمند	۰/۴۸	۵/۱۲	۰/۰۰۰	بله
بنیان‌های سازمانی هوشمند ← کارایی و بهره‌وری هوشمند	۰/۴۱	۴/۴۵	۰/۰۰۰	بله
قابلیت‌های عملیاتی هوشمند ← کارایی و بهره‌وری هوشمند	۰/۳۵	۳/۹۸	۰/۰۰۰	بله
بنیان‌های سازمانی هوشمند ← یکپارچگی و همکاری هوشمند	۰/۵۲	۵/۸۷	۰/۰۰۰	بله
یکپارچگی و همکاری هوشمند ← امنیت و تاب‌آوری هوشمند	۰/۳۹	۴/۲۱	۰/۰۰۰	بله
کارایی و بهره‌وری هوشمند ← امنیت و تاب‌آوری هوشمند	۰/۲۸	۳/۱۵	۰/۰۰۲	بله

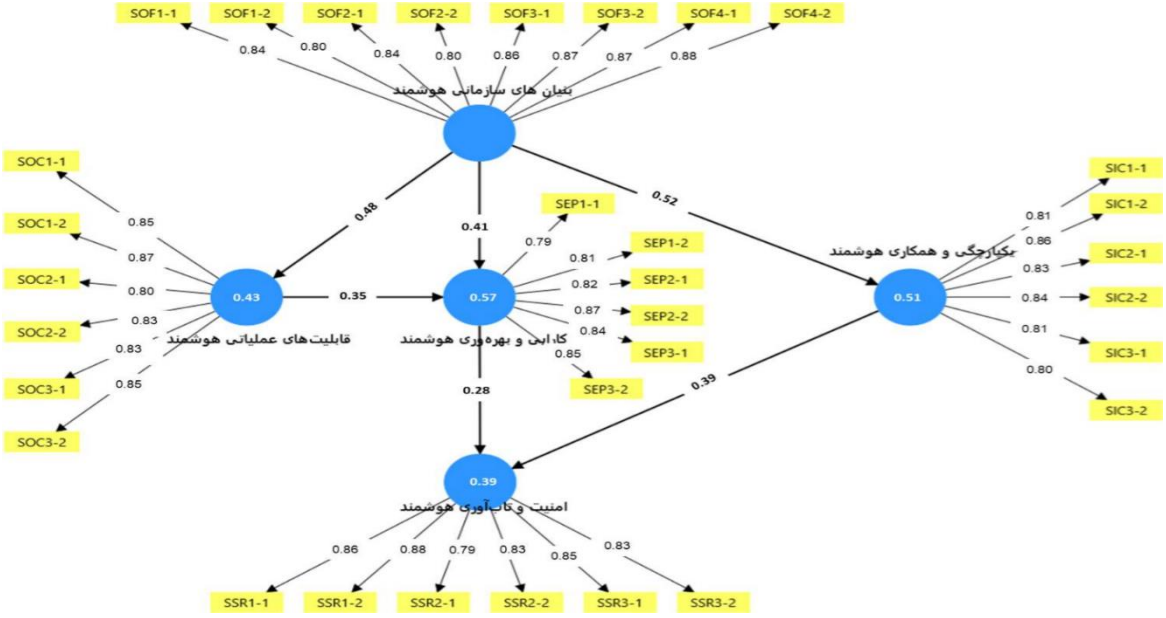
همه مسیرهای فرضیه‌شده از نظر آماری معنادار هستند ($p < 0.05$) .قوی‌ترین رابطه مشاهده‌شده مربوط به مسیر بنیان‌های سازمانی هوشمند ← یکپارچگی و همکاری هوشمند با ضریب مسیر ($\beta = 0.52$)است که نقش حیاتی عوامل راهبردی و انسانی را در امکان‌پذیرسازی یکپارچگی فناورانه برجسته می‌سازد.

٤.١.٦. ضریب تعیین (مقدارR^2)

مقادیر R^2 و Q^2 که بیانگر توان تبیینی و روایی پیش‌بینانه مدل هستند، در جدول (۸) گزارش شده‌اند. با توجه به مقادیر R^2، مدل ارائه‌شده بخش قابل‌توجهی از واریانس سازه‌های درون‌زا را تبیین می‌کند. همچنین، تمامی مقادیر Q^2 بزرگ‌تر از صفر هستند که روایی پیش‌بینانه مدل را برای سازه‌های درون‌زا تأیید می‌کند.

جدول ٤. ضرایب تعیین (R^2) و شاخص استون-گایسر (Q^2) برای سازه‌های درون‌زا

سازه درون‌زا	R^2	تفسیر R^2	Q^2 (=1-SSE/SSO)
قابلیت‌های عملیاتی هوشمند	۰.۴۳	متوسط	۰.۲۸
کارایی و بهره‌وری هوشمند	۰.۵۷	قابل توجه	۰.۳۵
یکپارچگی و همکاری هوشمند	۰.۵۱	قابل توجه	۰.۳۱
امنیت و تاب‌آوری هوشمند	۰.۳۹	متوسط رو به بالا	۰.۲۲



شکل ٤. آزمون مدل ساختاری و اندازه‌گیری (مدل نهایی بلوغ زنجیره تأمین دفاعی)

۷.۱.٤. برازش مدل و روایی پیش‌بینانه

برازش کلی مدل با استفاده از شاخص ریشه میانگین مربعات باقیمانده استانداردشده (SRMR) ارزیابی شد. مقدار به‌دست‌آمده $SRMR = 0.058$ است که به‌طور قابل‌توجهی کمتر از آستانه محافظه‌کارانه ۰.۰۸ بوده و نشان‌دهنده برازش مناسب و قابل قبول مدل با داده‌های تجربی است.

ارزیابی مدل ساختاری آشکار می‌سازد که بنیان‌های سازمانی هوشمند مهم‌ترین محرک مدل بوده و تأثیر معناداری بر تمامی ابعاد دیگر دارد (بیشترین ضریب مسیر: $\beta = 0.52$). این یافته تأکید می‌کند که تحول هوشمند در زنجیره تأمین دفاعی، به‌طور بنیادی وابسته به رهبری راهبردی، نیروی انسانی ماهر و فرهنگ سازمانی حمایت‌گر است. توان تبیینی بالای مدل در ابعاد کارایی و بهره‌وری ($R^2 = 0.57$) و یکپارچگی و همکاری ($R^2 = 0.51$)، منافع ملموس پیاده‌سازی این چارچوب را برجسته می‌سازد.

تحلیل مدیریتی یافته‌های مدل ساختاری: فراتر از معناداری آماری، یافته‌های مدل ساختاری دارای دلالت‌های مدیریتی روشنی برای فرماندهان و مدیران لجستیک دفاعی هستند. نخست، ضریب مسیر ۰.۵۲ برای تأثیر

«بنیان‌های سازمانی هوشمند» بر «یکپارچگی و همکاری هوشمند» نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری بر روی راهبرد، فرهنگ و شایستگی‌های نیروی انسانی، بیش از دو برابر تأثیر مستقیم فناوری بر یکپارچگی است. به عبارت عملیاتی، به جای خرید سریع سامانه‌های یکپارچه‌سازی گران‌قیمت، مدیران باید ابتدا برنامه‌های توانمندسازی نیروی انسانی و تدوین راهبرد تحول دیجیتال را در اولویت قرار دهند. دوم، مقدار R^2 برابر با ۰.۵۷ برای «کارایی و بهره‌وری هوشمند» به این معنا است که مدل توانسته است ۵۷ درصد از تغییرات بهره‌وری را توضیح دهد؛ این میزان در پژوهش‌های مدیریت عملیاتی بسیار قابل توجه است و نشان می‌دهد که ابعاد پنج‌گانه مدل، انتخاب مناسبی برای پیش‌بینی بهره‌وری در زنجیره تأمین دفاعی هستند. سوم، ضریب مسیر ۰.۳۹ از «یکپارچگی و همکاری هوشمند» به «امنیت و تاب‌آوری هوشمند» حاکی از آن است که بدون ایجاد پلتفرم‌های یکپارچه و شفافیت داده‌بنیان، نمی‌توان به تاب‌آوری سایبری و عملیاتی مطلوب دست یافت. بنابراین، مدیران باید پروژه‌های یکپارچه‌سازی سامانه‌ها را نه به عنوان هزینه، بلکه به عنوان پیش‌نیاز امنیت و تاب‌آوری در نظر بگیرند. در نهایت، مقدار Q^2 مثبت برای تمام سازه‌های درون‌زا (بزرگتر از صفر) تأیید می‌کند که مدل دارای روایی پیش‌بینی‌کننده است؛ یعنی مدیران می‌توانند از این مدل برای پیش‌بینی سطح بلوغ هوشمند در یگان‌های مختلف خود استفاده کرده و شکاف‌های عملکردی را پیش از وقوع بحران شناسایی کنند.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که مدل بلوغ هوشمند زنجیره تأمین دفاعی مشتمل بر پنج بعد «قابلیت‌های عملیاتی هوشمند»، «کارایی و بهره‌وری هوشمند»، «یکپارچگی و همکاری هوشمند»، «امنیت و تاب‌آوری هوشمند» و «بنیان‌های سازمانی هوشمند» است. این ساختار پنج‌بعدی با برخی مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین دیجیتال مانند مدل DSCM[2] هلگ و همکاران (۲۰۲۳) که چهار بعد کسب‌وکار، سازمانی، فرآیند و فناوری را ارائه داده‌اند، همپوشانی مفهومی دارد، اما نوآوری اصلی مدل حاضر در افزودن بعد مجزای «امنیت و تاب‌آوری هوشمند» و همچنین تفکیک «قابلیت‌های عملیاتی» از «کارایی و بهره‌وری» است. در حالی که مدل‌های تجاری معمولاً این دو را در هم ادغام می‌کنند، یافته‌های این پژوهش نشان داد که در بستر دفاعی، قابلیت‌های عملیاتی (نظیر دید بلادرنگ و پیش‌بینی) پیش‌نیاز دستیابی به بهره‌وری هستند، نه هم‌ارز آن. این تفکیک با مطالعات تاکپا و اوریاکی (۲۰۲۴) که بر اولویت تاب‌آوری بر کارایی در محیط‌های نظامی تأکید داشتند، همسو است.

نتایج مدل‌سازی معادلات ساختاری آشکار ساخت که بعد «بنیان‌های سازمانی هوشمند» قوی‌ترین محرک تحول هوشمند است ($\beta = 0.52$ نسبت به یکپارچگی و همکاری). این یافته به طور تجربی دیدگاه‌های نظری مبتنی بر منابع (بارنی[1]، ۱۹۹۱) و قابلیت‌های پویا (تی‌سه[2]، ۱۹۹۷) را در بافت دفاعی تأیید می‌کند. به عبارت دیگر، فناوری به خودی خود مزیت پایدار ایجاد نمی‌کند، بلکه ترکیب آن با سرمایه انسانی، فرهنگ سازمانی و راهبرد مناسب است که تعیین‌کننده بلوغ هوشمند است. این نتیجه با پژوهش‌های سالارنژاد و عبدی (۱۴۰۰) که زیرساخت‌های مدیریتی و فرهنگی را مهم‌ترین عوامل موفقیت تحول دیجیتال در صنایع دفاعی معرفی کردند، و همچنین با مطالعه احمدی و

[1] Barney
[2] Teece

همکاران (۲۰۲۴) که عوامل انسانی را از موانع اصلی پیاده‌سازی صنعت ۴.۰ در زنجیره دفاعی برشمردند، هماهنگی کامل دارد.

یکی از یافته‌های چالش‌برانگیز پژوهش، وجود همبستگی مثبت و معنادار میان ابعاد «کارایی و بهره‌وری هوشمند» و «امنیت و تاب‌آوری هوشمند» است (۰.۶۵۸ بر اساس HTMT). این یافته در نگاه اول با منطق بدنه‌بستان سنتی در زنجیره‌های تأمین تجاری که در آن افزایش امنیت معمولاً هزینه‌بر بوده و کارایی را کاهش می‌دهد، در تضاد به نظر می‌رسد. اما با توجه به بستر دفاعی و مرحله اولیه تحول هوشمند در ایران، این همبستگی مثبت را می‌توان به دو دلیل تبیین کرد: نخست، در محیط‌های با بلوغ فناورانه پایین، پیاده‌سازی همزمان سامانه‌های پایش و امنیت سایبری اغلب از طریق پروژه‌های یکپارچه انجام می‌شود که به طور همزمان هر دو بعد را ارتقا می‌دهند. دوم، فناوری‌های دوقلوی دیجیتال و شبیه‌سازی پیش‌بینی‌کننده که در این پژوهش به عنوان شاخص‌های کلیدی شناسایی شدند، ذاتاً توانایی افزایش همزمان بهره‌وری و تاب‌آوری را دارند. این یافته با نتایج تروینیو-الیزوندو و همکاران (۲۰۲۳) که بر هم‌افزایی ناب و صنعت ۴.۰ تأکید داشتند، همسو است.

مقایسه مدل ارائه‌شده با مدل‌های بلوغ عمومی مانند مدل بونتاک و همکاران (۲۰۲۱) که شش سطح بلوغ را از صفر تا پنج تعریف کرده‌اند، نشان می‌دهد که مدل حاضر به جای تمرکز بر سطوح، بر ابعاد و مؤلفه‌های سنجش‌پذیر متمرکز است. این رویکرد برای محیط‌های دفاعی که نیاز به اندازه‌گیری دقیق و اولویت‌بندی عملی دارند، مناسب‌تر است. همچنین بر خلاف مدل گارسیا-ریس و همکاران (۲۰۲۲) که توالی اتخاذ فناوری را پیشنهاد می‌دهد، مدل حاضر نشان می‌دهد که در بستر دفاعی ایران، توالی مذکور باید با اولویت بنیان‌های سازمانی آغاز شود، نه صرفاً فناوری.

به طور کلی، پژوهش حاضر از یک سو شکاف نظری فقدان مدل بلوغ هوشمند بومی برای زنجیره تأمین دفاعی را پر می‌کند و از سوی دیگر با تأیید تجربی نقش محوری عوامل نرم (رهبری، فرهنگ، شایستگی‌ها)، توصیه‌های سیاستی مشخصی را برای مدیران دفاعی فراهم می‌آورد.

در نتیجه موفقیت در تحول هوشمند صنایع دفاعی ایران بیش از هر چیز به تقویت بنیان‌های سازمانی شامل راهبرد شفاف، فرهنگ داده‌محور، سرمایه انسانی ماهر و حاکمیت فناوری کارآمد وابسته است. بر این اساس، به سیاست‌گذاران و مدیران ارشد دفاعی توصیه می‌شود پیش از هرگونه سرمایه‌گذاری گسترده در سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای پیشرفته، ابتدا بر توانمندسازی نیروی انسانی در مهارت‌های تحلیل داده، هوش مصنوعی و امنیت سایبری متمرکز شوند و نظام ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین را از معیارهای صرفاً هزینه‌محور (مانند موجودی صفر) به شاخص‌های عملیاتی-امنیتی مانند «زمان بازیابی پس از اختلال»، «درصد دارایی‌های مجهز به سنسور» و «قابلیت ردیابی کامل» تغییر دهند. همچنین، با توجه به همبستگی مثبت میان کارایی و تاب‌آوری در شرایط کنونی، توصیه می‌شود منابع محدود تحول هوشمند ابتدا به سوی فناوری‌های دوگانه‌ای هدایت شود که همزمان بهره‌وری و امنیت را ارتقا می‌دهند (مانند دوقلوی دیجیتال و پلتفرم‌های یکپارچه امن). مدیران می‌توانند با استفاده از ۳۲ شاخص کمی این مدل، وضعیت بلوغ هوشمند یگان‌های مختلف را پایش کرده و شکاف‌های عملکردی را به صورت عینی شناسایی و بر اساس رویکرد «بازیگر ضعیف» منابع را به ابعادی تخصیص دهند که کمترین امتیاز بلوغ را دارند. در سطح کلان، تشکیل کارگروه تخصصی تحول هوشمند در ستاد کل نیروهای مسلح برای بازنگری سالانه شاخص‌ها، رتبه‌بندی یگان‌ها و تدوین دستورالعمل‌های اجرایی بر مبنای این مدل، گامی ضروری برای نهادینه‌سازی تحول هوشمند در زنجیره تأمین دفاعی کشور است. سرانجام، تأکید می‌شود که

در محیط دفاعی، بلوغ هوشمند با معیارهای تجاری سنجیده نمی‌شود، بلکه با «به‌حداکثررساندن آمادگی عملیاتی» و «تاب‌آوری فعال» تعریف می‌گردد و هرگونه فناوری بدون سازوکارهای پدافند سایبری و بازیابی هم‌تراز، بلوغ یافته تلقی نمی‌شود.

تعارض منافع

نویسندگان بدین‌وسیله به‌صراحت و با اطمینان اعلام می‌نمایند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در ارتباط با انجام و انتشار پژوهش حاضر وجود ندارد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از تمامی اساتید، اندیشمندان و پژوهشگرانی که در طول انجام این پژوهش، با ارائه صادقانه دیدگاه‌ها، نظرات علمی و رهنمودهای ارزشمند خود، نقش مؤثری در ارتقای کیفیت و غنای علمی آن ایفا نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

ORCID

Morteza Pourjafari		**https://orcid.org/0009-0007-6686-8880**
Hamidreza Rezae		**https://orcid.org/0009-0008-6516-1514**
Mohammad Rouzbeh		**https://orcid.org/0009-0005-5378-3357**

منابع

حقیقت، مهدیه.، زاهدی، امیراحسان. (۱۴۰۵). تحلیل الزامات هوشمندسازی زنجیره‌تأمین در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران .*مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۳(۸)، ۱۰۷-۷۹.

قربانی، سپهر.، بازرگانی، حسین. (۱۴۰۴). تحلیل اثرات پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۴.۰ بر عملکرد زنجیره تأمین با رویکرد سیستمی مطالعه موردی: زنجیره تأمین صنعت نفت .*مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲ (۶)، ۹۱-۷۳.

اعتضادی، سهیلا.، و خلیلی اسبوئی، صابر. (۱۴۰۳). تحلیلی بر مدل‌های بلوغ زنجیره تأمین: کاربست روش فراترکیب. نشریه مدیریت زنجیره تأمین، ۸۳ (۲)، ۷۹-۱۰۴.

ترابی، حسن.، و نصیری، متینه. (۱۴۰۲). ارزیابی عملکرد زنجیره تأمین براساس معیارهای SCOR (مورد مطالعه: شرکت خالص‌سازان روی زنجان). فصلنامه علمی مدیریت زنجیره تأمین، (۷۹).

رشیدی تربتی، شیوا.، راهفر، رضا.، و پیله‌وری، نازنین. (۱۴۰۰). هوشمندسازی زنجیره تأمین با رویکرد اینترنت اشیا (مطالعه موردی: شرکت‌های فعال در حوزه فناوری اطلاعات و ارتباطات استان تهران) .*فصلنامه مدیریت راهبردی در سیستم‌های صنعتی*، ۱۶(۵۸)، ۲۹-۱۴.

سالارنژاد، علی اصغر.، و عبدی، بهنام. (۱۴۰۰). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل حیاتی موفقیت بلوغ تحول دیجیتال صنایع دفاعی در افق ۱۴۲۰. فصلنامه آینده پژوهی دفاعی.

صادقی، امیرعلی.، ضرغامی،حمیدرضا و ابطحی ابرقویی، سید خلیل (۱۴۰۳). شناسایی و اولویت‌بندی فناوری‌ها و رویکردهای نوین زنجیره تأمین دفاعی. مطالعات مدیریت راهبردی دفاع ملی، ۷(۲۸)، ۱۳۵ -۱۶۶.

یمینی، سید محمد حسن.، کازرونی، حنیف.، طباطبایی، سیدمرتضی و رضائی، حمیدرضا. (۱۴۰۳). احصاء فرمول محاسبه تاب‌آوری در زنجیره تأمین دفاعی. فصلنامه آماد و فناوری دفاعی، ۷ (۲)، ۴۶-۱۱.

References

Ahmadi, Sanan; Kayhanian, Sina; & Rezaei. (2024). Energy Efficiency Management Solutions in Defense Supply Chain Based on Industry 4.0 Achievements. [in persian]. Quarterly *Journal of Defense Preparedness and Technology*, *7*(4), 11–50.

Ajayi, M. O., & Laseinde, O. T. (2023). A review of supply chain 4IR management strategy for appraising the manufacturing industry's potentials and shortfalls in the 21st century. Procedia computer science, 217, 513-525. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.247

Alfanny, M. F., & Budiawan, W. (2025). Evaluasi Kinerja Supply Chain Dengan Pendekatan Supply Chain Operations Reference (Scor) Model Dan Analytical Hierarchy Process (Ahp) Pada Pt Gemilang Maju Texindotama. *Industrial Engineering Online Journal*, *14*(1).

Alshammari, B., & Singh, M. M. (2025). A Systematic Literature Review on Tackling Cyber Threats for Cyber Logistic Chain and Conceptual Frameworks for Robust Dtection Mechanisms. IEEE Access.URL:https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10933978

Aras, A., & Büyüközkan, G. (2023). Digital transformation journey guidance: A holistic digital maturity model based on a systematic *literature review. Systems, 11*(4), 213.

Ayers, J. B. (2000). Handbook of supply chain management. CRC Press.

Badakhshan, E., and P. Ball. (2022). "Applying Digital Twins for Inventory and Cash Management in Supply Chains Under Physical and Financial Disruptions." International *Journal of Production Research 61* (15): 5094–5116.

Bai, Y., J.-B. You, and I.-K. Lee. (2021). "Design and Optimization of Smart Factory Control System Based on Digital Twin System Model." Mathematical Problems in Engineering 2021: 1–16.

Bankins, S., Ocampo, A. C. G., Marrone, M., Restubog, S. L. D., & Woo, S. E. (2024). A multilevel review of artificial intelligence in organizations: Implications for organizational behavior research and practice. *Journal of Organizational Behavior, 45*(2), 159–182.

Barney, J. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. Journal of Management, 17(1), 99-120.

Baruffaldi, G., R. Accorsi, and R. Manzini. (2019). "Warehouse Management System Customization and Information Availability in 3PL Companies: A Decision-Support Tool." Industrial Management & Data Systems 119 (2): 251–273.

Boulègue, M. (2025). Russia's struggle to modernize its military industry: How sanctions, war and 'innovation stagnation' are weakening Moscow's capabilities. Research Paper, Russia and Eurasia Programme. Chatham House. https://doi.org/10.55317/9781784136468

Buntak, K., Kovačić, M., & Mutavdžija, M. (2021). Measuring digital transformation maturity of supply chain. *Tehnički glasnik, 15* (2), 199–204.

Cavalcante, I. M., E. M. Frazzon, F. A. Forcellini, and D. Ivanov. (2019). "A Supervised Machine Learning Approach to Data-Driven Simulation of Resilient Supplier Selection in Digital Manufacturing." *International Journal of Information Management 49*: 86–97.

Chesbrough, H. (2003). The Era of Open Innovation. MIT Sloan Management Review, 44(3), 35-41.

Chesbrough, H. (2006). Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation. Oxford University Press.

Cheshmberah, M., & Beheshtikia, S. (2020). Supply chain management maturity: An all-encompassing literature review on models, dimensions and approaches. LogForum, 16(1), 103-116. DOI:10.17270/J.LOG.2020.377

Chow, G., Heaver, T. D., & Henriksson, L. E. (1995). Strategy, structure and performance: a framework for logistics research. Logistics and transportation Review, 31(4), 285.

Ciano, M. P., P. Dallasega, G. Orzes, and T. Rossi. (2021). "One-to-one Relationships Between Industry 4.0 Technologies and Lean Production Techniques: A Multiple Case Study." *International Journal of Production Research 59* (5): 1386–1410.

Correia, E., Carvalho, H., Azevedo, S. G., & Govindan, K. (2017). Maturity models in supply chain sustainability: A systematic literature review. Sustainability, 9(1), 64.

Davis, F. D. (1987). User Acceptance of Information Systems: The Technology Acceptance Model (TAM). Working Paper.

Deepu, T. S., & Ravi, V. (2021). Supply chain digitalization: An integrated MCDM approach for inter-organizational information systems selection in an electronic supply chain. International *Journal of Information Management Data Insights, 1*(2), 100038.

Department of Defense. (2019). DoD digital modernization strategy: Information resource management strategic plan FY2019–2023.

Ding, H. (2023). History Issues and Future Scope of Logistics and Supply Chain. *Journal of Enterprise and Business Intelligence*, *3*(2), 095-105. DOI:10.53759/5181/JEBI202303010

Donald, J. B., David, J. C., M Bixby, C., & John, C. B. (2020). Supply chain logistics management. McGraw-Hill Education.

Donaldson, T., & Preston, L. E. (1995). The stakeholder theory of the corporation: Concepts, evidence, and implications. Academy of Management Review, 20(1), 65–91.

dos Santos, C. H., G. T. Gabriel, J. V. S. do Amaral, J. A. B. Montevechi, and J. A. de Queiroz. (2021). "Decision-making in a Fast Fashion Company in the Industry 4.0 Era: A Digital Twin Proposal to Support Operational Planning." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 116* (5-6): 1653–1666.

Ekström, T., Hilletofth, P., & Skoglund, P. (2020). Differentiation strategies for defence supply chain design. *Journal of Defense Analytics and Logistics*, *4*(2), 183-2020.

Elvemo, L. (2025). Supply Chain Resilience in Military Operations: A Case Study Exploring Command and Control. Scandinavian *Journal of Military Studies*, *8*(1).

Estampe, D., Lamouri, S., Paris, J. L., & Brahim-Djelloul, S. (2013). A framework for analysing supply chain performance evaluation models. *International journal of production economics*, *142*(2), 247-258.

Fatorachian, H., Kazemi, H., & Pawar, K. (2025). Digital technologies in food supply chain waste management: a case study on sustainable practices in smart cities. Sustainability, 17(5), 1996.

Finkenstadt, D. J., Govindarajan, V., Martin, A., & Eapen, T. (2024). How Managers can Benefit from Multi-modal AI Business Companions (AIBC). Available at SSRN 4875441.

Freeman, R. E. (2010). Strategic management: A stakeholder approach. Cambridge university press.

Garcia-Reyes, H., Avilés-González, J., & Avilés-Sacoto, S. V. (2022). A model to become a supply chain 4.0 based on a digital maturity perspective. *Procedia Computer Science*, 200, 1058–1067.

Gökalp, E., & Martinez, V. (2022). Digital transformation capability maturity model: Development of the digital transformation capability maturity model. *International Journal of Production Research*, 60 (20), 6282–6302. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1991020

Golparvar, M., & Seifbarghy, M. (2009). Application of SCOR Model in an Oil-producing Company.

Guo, D., & Mantravadi, S. (2025). The role of digital twins in lean supply chain management: review and research directions. *International journal of production research*, *63*(5), 1851-1872.

Hair, J. F., Risher, J. J., Sarstedt, M., & Ringle, C. M. (2019). When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, *31*(1), 2–24. https://doi.org/10.1108/EBR-11-2018-0203.

Haman, S., Ben Abdelouahab, A., El Bouzekri El Idrissi, Y., Merzouk, S., & Moumen, A. (2025). Supply Chain in the Age of Industry 4.0: A Literature Review. Logistics, 9(4), 173. https://doi.org/10.3390/logistics9040173

Hansali, O., Elrhanimi, S., & El Abbadi, L. (2022). Supply Chain Maturity Models: A Comparative Review. LogForum, 18(3), 345-360.

Hellweg, F., Janhofer, D., & Hellingrath, B. (2023). Towards a maturity model for digital supply chains. *Logistics Research*, 16 (1), 5.

Hellweg, F., Lechtenberg, S., Hellingrath, B., & Thomê, A. M. T. (2021). Literature review on maturity models for digital supply chains. *Brazilian Journal of Operations & Production Management, 18*(4), 1-21.

Hillebrand, L., Raisch, S., & Schad, J. (2025). Managing with artificial intelligence: An integrative framework. Academy of Management Annals, 19(1).

Huizingh, K. R. E. (2011). Open innovation: State of the art and future perspectives. Technovation, 31(1), 2–9.

Ilin, I., Borremans, A., Levina, A., & Esser, M. (2022). Digital transformation maturity model. In *Digital Transformation and the World Economy: Critical Factors and Sector-Focused Mathematical Models* (pp. 221–235). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94635-2_10

Kania, E. B. (2020). Battlefield singularity: Artificial intelligence, military revolution, and China's future military power. Center for a New American Security.

Karimi Zarchei, Mohammad; Fathi, Mohammad Reza; & Khosravi, Abolfazl. (2020). Presenting a resilient defense supply chain model with a structural-interpretive modeling approach (case study of the Technology Support Fund). [in persian]. Management Improvement, 14(2), 67–91. DOI :10.22034/jmi.2020.108330

Khamseh, A.; Mirfallah Lialestani, M. A.; & Radfar, R. (2021). Digital transformation model, based on grounded theory. *Journal of Information Systems and Telecommunication [in persian] (JIST), 4*(36), 275. DOI: 10.52547/jist.9.36.275

Kolbjørnsrud, V. (2024). Designing the intelligent organization: Six principles for human–AI collaboration. California Management Review, 66(2), 44–64.

Kombaya Touckia, J., N. Hamani, and L. Kermad. (2022). "Digital Twin Framework for Reconfigurable Manufacturing Systems (RMSs): Design and Simulation." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 120* (7-8): 5431–5450.

Kosieradzka, A. (2017). Maturity model for production management. Procedia Engineering, 182, 342-349.

Li, L., Bo, W., & Qin, L. (2024). Spillover effect of digital transformation along the supply chain: From the perspective of suppliers' audit fees. *China Journal of Accounting Research, 17*(1), 100312.

Li, P., Chen, Y., & Guo, X. (2025). Digital transformation and supply chain resilience. International Review of Economics & Finance, 99, 104033. DOI:10.1016/j.iref.2025.104033

Lin, T. C., & Wang, K. J. (2021). Project-based maturity assessment model for smart transformation in Taiwanese enterprises. Plos one, 16(7), e0254522.

Liu, J., X. Cao, H. Zhou, L. Li, X. Liu, P. Zhao, and J. Dong. (2021). "A Digital Twin-Driven Approach Towards Traceability and Dynamic Control for Processing Quality." Advanced Engineering Informatics 50: 101395.

Liu, Y., Shen, L., & Ullah, F. (2025). Linking Manufacturing Smart Transformation to Regional Economic Development in China: *The Crucial Mediation of Regional Innovation Capacity. Systems, 13*(5), 389.

Marmolejo-Saucedo, J. A. (2020). Design and development of digital twins: A case study in supply chains. *Mobile Networks and Applications*, 25 (6), 2141–2160. https://doi.org/10.1007/s11036-020-01557-9

Menesha, A. H., & Mwanaumo, E. T. (2023). Supply chain management practice and competitive advantage: Systematic literature review. Logistic and Operation Management Research (LOMR), 2(2), 44-57. https://doi.org/10.31098/lomr.v2i2.1809

Oliveira-Dias, D., Maqueira-Marín, J. M., & Moyano-Fuentes, J. (2022). The link between information and digital technologies of industry 4.0 and agile supply chain: Mapping current research and establishing new research avenues. Computers & Industrial Engineering, 167, 108000.

Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. V. (1993). Capability Maturity Model for Software (Version 1.1) (CMU/SEI-93-TR-24). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.

Peteraf, M. A. (1993). The cornerstones of competitive advantage: A resource-based view. Strategic Management Journal, 14(3), 179-191.

Pfeffer, J. (1987). A resource dependence perspective on intercorporate relations. Intercorporate relations: *The structural analysis of business, 1*(1), 25-55.

Plekhanov, D., Franke, H., & Netland, T. H. (2023). Digital transformation: A review and research agenda. *European Management Journal*, 41 (6), 821–844. https://doi.org/10.1016/j.emj.2022.09.007

Pöppelbuß, J., & Röglinger, M. (2011). What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models. *Proceedings of the 19th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Helsinki, Finland. https://aisel.aisnet.org/ecis2011/118

Purnomo, W. B., & Wibero, R. (2025). Supply Chain Management Analysis Using the Supply Chain Operations Reference (SCOR) Method in Vehicle Accessories Manufacturing Companies. SCM RESEARCH, 1(1), 1-12.

RAND Corporation. (2024). Global Defense Logistics in 2025: Strategic Resilience as a Deterrent to Conflict.

Rashidi Torbati, Shiva; Radfar; & Pillehvari. (2014). Supply Chain Intelligence with the Internet of Things Approach (Case Study: Companies Active in the Field of Information and Communication Technology in Tehran Province). [in persian]**(**.*Quarterly Journal of Strategic Management in Industrial Systems*, 16(58), 14–29. DOI **:**10.30510/psi.2022.300951.2175

Reis, J., & Melão, N. (2023). Digital transformation: A meta-review and guidelines for future research. Heliyon, 9(1). DOI: 10.1016/j.heliyon. 2023.e12834

Rogers, E. M., Singhal, A., & Quinlan, M. M. (2014). Diffusion of innovations. In An integrated approach to communication theory and research (pp. 432-448). Routledge.

Ronaghi, M. H. (2021). A blockchain maturity model in agricultural supply chain. Information Processing in Agriculture, 8(3), 398.[in persian] DOI :10.1016/j.inpa.2020.10.004

Sanae, Y., Faycal, F., & Ahmed, M. (2019). A supply chain maturity model for automotive SMEs: a case study. IFAC-PapersOnLine, 52(13), 2044-2049.

Sandelowski, M. J., & Barroso, J. (2007). Handbook for synthesizing qualitative research. Springer Publishing Company.

Sani, S., Schaefer, D., & Milisavljevic-Syed, J. (2022). Strategies for achieving pre-emptive resilience in military supply chains. Procedia CIRP, 107, 1526-1532.

Schwaninger, M. (2001). Intelligent organizations: an integrative framework. Systems Research and Behavioral Science, 18(2), 137–158.

Senoner, J., Schallmoser, S., Kratzwald, B., Feuerriegel, S., & Netland, T. (2024). Explainable AI improves task performance in human–AI collaboration. Scientific reports, 14(1), 31150.

Shoji, K., S. Schudel, D. Onwude, C. Shrivastava, and T. Defray. (2021). "Mapping the Postharvest Life of Imported Fruits from Packhouse to Retail Stores Using Physics-Based Digital Twins." Resources, Conservation and Recycling 176: 105914.

Solari, F., Lysova, N., Romagnoli, G., Montanari, R., & Bottani, E. (2024). Insights from 20 years (2004–2023) of supply chain disruption research: Trends and future directions based on a bibliometric analysis. Sustainability, 16 (17), 7530. https://doi.org/10.3390/su16177530

State Council Information Office of the People's Republic of China. (2019, July 24). China's national defense in the new era.

Takpah, N. E. A., & Oriakhi, V. N. (2024). Cybersecurity Challenges and Technological Integration in Military Supply Chain 4.0. *Journal of Information Security*, *16*(1), 131-148. DOI:10.4236/jis.2025.161007

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. Strategic *management journal*, *18*(7), 509-533.

Tiss, S., & Orellano, M. (2023). A Maturity Model of Digital Transformation in Supply Chains: A Multi-dimensional Approach. IEEE Transactions on Engineering Management.

Treviño-Elizondo, B. L., García-Reyes, H., & Peimbert-García, R. E. (2023). A maturity model to become a smart organization based on lean and Industry 4.0 synergy. *Sustainability*, 15 (17), Article 13151.

Urmston, A., Song, D., & Lyons, A. (2024). The Development of Risk Assessments and Supplier Resilience Models for Military Industrial Supply Chains Considering Rare Disruptions. Logistics, 8(2), 57. https://doi.org/10.3390/logistics8020057

Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. Management science, 46(2), 186-204.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS quarterly, 425-478.

Vial, G. (2021). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. Managing digital transformation, 13-66.

Weerabahu, W. S. K., Samaranayake, P., Nakandala, D., & Hurriyet, H. (2023). Digital supply chain research trends: a systematic review and a maturity model for adoption. Benchmarking: *An International Journal*, *30*(9), 3040-3066.

Wendler, R. (2012). The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. Information and software technology, 54(12), 1317-1339.

Williamson, O. E. (1989). Transaction cost economics. Handbook of industrial organization, 1, 135-182.