

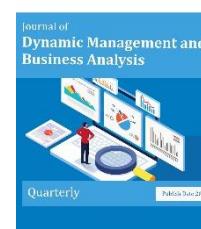


Journal Website

Article history:
Received 09 March 2026
Revised 26 July 2026
Accepted 02 August 2026
Published online 23 August 2026

Dynamic Management and Business Analysis

Volume 5, Issue 3, pp 1-25



E-ISSN: 3041-8933

Developing a Model of Sustainable Value Creation in the Digital Supply Chain: The Mediating Role of AI-Based Digitalization

Mostafa. Kolahdoozi^{1*}

¹ Department of Information Technology Management, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

* Corresponding author email address: Mostafa.kolahdoozi@iaau.ac.ir

Article Info

Article type:

Original Research

How to cite this article:

Kolahdoozi, M. (2026). Developing a Model of Sustainable Value Creation in the Digital Supply Chain: The Mediating Role of AI-Based Digitalization. *Dynamic Management and Business Analysis*, 5(3), 1-25. <https://doi.org/10.61838/dmbaj.420>



© 2026 the author(s). Published by Knowledge Management Scientific Association. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to develop a conceptual model of sustainable value creation in digital supply chains by explaining the mediating role of AI-based digitalization.

Methodology: This applied study employed a descriptive-analytical and developmental design based on documentary and library research. The study population consisted of scientific sources addressing digital supply chains, artificial intelligence, digital transformation, and sustainable value creation. Relevant studies were retrieved from Scopus, Web of Science, and Google Scholar, primarily covering the 2024–2026 period. Following screening and eligibility assessment, 64 sources were included in the final analysis. Data were analyzed using qualitative content analysis and systematic coding through initial coding, conceptual categorization, relationship analysis, and conceptual model development.

Findings: The analytical findings indicated that digital enabling technologies contribute to the development of supply chain capabilities such as visibility, information integration, flexibility, traceability, coordination, and resilience, which subsequently facilitate AI-based digitalization. AI-based digitalization emerged as a mediating mechanism through which digital capabilities are transformed into sustainable value by enabling predictive analytics, intelligent decision-making, demand forecasting, inventory and resource optimization, risk prediction, and process automation. A supportive direct relationship between digital supply chain capabilities and sustainable value creation was also identified. Sustainable value creation was represented through three interrelated dimensions: economic, environmental, and social value.

Conclusion: Sustainable value creation cannot be achieved merely through the adoption of digital technologies; rather, it depends on an organization's ability to transform digital infrastructure and data into intelligent, predictive, and coordinated decisions. Accordingly, AI-based digitalization represents a critical mechanism connecting digital supply chain capabilities with economic, environmental, and social value creation.

Keywords: Sustainable Value Creation, Digital Supply Chain, Artificial Intelligence, AI-Based Digitalization, Digital Transformation, Supply Chain Sustainability.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Digital transformation has fundamentally reshaped the architecture, coordination mechanisms, and value-creation logic of modern supply chains. Traditional supply chains were primarily designed around cost efficiency, inventory reduction, and operational continuity; however, contemporary supply networks operate in environments characterized by uncertainty, technological disruption, environmental pressure, resource constraints, cybersecurity threats, and increasing stakeholder expectations. Under these conditions, supply chain performance can no longer be evaluated only through economic indicators. Organizations are increasingly required to create value simultaneously across economic, environmental, and social dimensions while maintaining responsiveness and resilience. Sustainable supply chain management therefore emphasizes the integration of operational efficiency with environmental responsibility, social accountability, collaboration, and long-term competitiveness (Asiedu et al., 2026; Singh et al., 2025). Similar concerns have also been reflected in sector-specific studies that emphasize sustainable value creation and the development of future-oriented supply chain scenarios (Abedini et al., 2024; Amiri et al., 2024).

The emergence of digital supply chains has provided new mechanisms for addressing these challenges. Technologies such as artificial intelligence, machine learning, big data analytics, the Internet of Things, blockchain, cloud computing, digital twins, and intelligent automation allow organizations to collect, integrate, process, and interpret large volumes of supply chain data. These technologies improve real-time visibility, traceability, coordination, responsiveness, and risk detection across interconnected supply networks. The development of digital supply chain business models, however, requires more than the adoption of isolated technological tools; it requires the integration of technology, organizational processes, decision-making structures, and value-creation mechanisms (Nuerk & Dařena, 2025; Syed et al., 2024). Existing research has also shown that enhanced information processing and digital connectivity can strengthen supply chain resilience through improved risk management and dynamic capabilities (Haicao et al., 2024; Ivanov et al., 2024; Rashid et al., 2024).

Among digital technologies, artificial intelligence has a particularly important role because it extends digitalization beyond data collection and connectivity toward prediction, learning, optimization, and intelligent decision-making. AI-based applications can support demand forecasting, inventory optimization, supplier evaluation, disruption prediction, logistics planning, automated decision-making, and real-time adaptation. Generative artificial intelligence has further expanded the potential of AI for benchmarking operations, synthesizing knowledge, and supporting managerial decision processes (Dubey et al., 2024). At the same time, the benefits of artificial intelligence are not necessarily automatic. The impact of digitalization on organizational and supply chain outcomes depends on factors such as digital culture, integration capabilities, data quality, managerial readiness, and the ability to convert technological capacity into actionable knowledge (Samouri et al., 2025). Evidence also suggests that the adoption of AI and digital transformation can enhance supply chain resilience and value co-creation, particularly when organizations operate under high levels of market uncertainty (Kashmiri Haq & Bagheri Gharabagh, 2024).

This distinction between the availability of digital technologies and the organizational ability to use them intelligently provides the conceptual basis for AI-based digitalization. AI-based digitalization

can be understood as the integration of digital infrastructure, data flows, and artificial intelligence capabilities into supply chain processes in a manner that enables predictive, adaptive, and automated decision-making. This mechanism is particularly important because digital technologies may create information visibility without necessarily converting that information into sustainable value. Big data analytics and AI, for example, can improve sustainable performance when they are connected with green supply chain practices and operational decision systems (Rashid et al., 2025). Likewise, supply chain integration has been identified as an important mechanism through which digital transformation can improve resilience (Yu, 2025), while resilience itself is shaped by interconnected structural and managerial factors rather than by a single technological intervention (Yao, 2025).

The sustainability implications of digital supply chains extend beyond economic efficiency. Emerging technologies can support circular economy strategies by improving material traceability, enabling reverse logistics, reducing waste, and facilitating the recovery and reuse of resources (Mamun, 2025; Tathavadekar, 2025). Reverse supply chain studies further demonstrate that digital coordination is increasingly important for transitioning industrial systems toward circularity (Zhang et al., 2026). Sustainable value creation is also closely related to financial mechanisms, environmental collaboration, and multi-stakeholder coordination (Slavinskaitė et al., 2025; Zhou & Masi, 2025). At the same time, the importance of these mechanisms varies across industries, including perishable products, healthcare, agri-food systems, steel, batteries, and other material-intensive sectors (Longo et al., 2026; O'Connor, 2026; Ruiz-Orjuela et al., 2025; Zijoodi et al., 2025). Furthermore, increasing digital interdependence creates new cybersecurity and information-governance risks that must be addressed if digital supply chains are to remain reliable and sustainable (Odimarha et al., 2024; Song et al., 2024). Accordingly, recent research on Sustainable Industry 4.0 has increasingly emphasized the need for integrated frameworks that connect digitalization, resilience, sustainability, and organizational capabilities (Pervez et al., 2026). Therefore, the present study aimed to develop a conceptual model of sustainable value creation in digital supply chains by identifying the mediating role of AI-based digitalization.

Methods and Materials

The study was applied in terms of purpose and descriptive-analytical and developmental in terms of research approach. Because the objective was to construct an integrated conceptual model rather than manipulate variables experimentally, the study was conducted using a non-experimental documentary design. The unit of analysis consisted of scientific and professional documents related to digital supply chains, artificial intelligence, digital transformation, sustainability, resilience, and sustainable value creation.

Relevant literature was collected from Scopus, Web of Science, and Google Scholar. The main search terms included “Digital Supply Chain,” “Sustainable Value Creation,” “Artificial Intelligence in Supply Chain,” “AI-based Digitalization,” “Supply Chain Digitalization,” “Sustainable Supply Chain,” and related combinations. The search primarily focused on studies published between 2024 and 2026 in order to capture recent developments, although conceptually important sources were considered when required for model development. After removing duplicates and excluding sources that lacked direct relevance to the research constructs, 64 documents were retained for final analysis.

Data were analyzed using qualitative content analysis and systematic coding. First, relevant concepts, statements, and relationships were extracted from the selected sources. Initial codes were then

compared, merged where conceptually overlapping, and organized into higher-order categories. The coding process proceeded from initial coding to conceptual classification, relationship analysis, and final model development. Particular attention was given to digital enabling technologies, digital supply chain capabilities, AI-based digitalization mechanisms, and economic, environmental, and social outcomes. The final model was generated by integrating recurring conceptual patterns and examining the logical relationships among the identified categories.

Findings

The content analysis of the 64 selected sources produced 418 initial codes. After conceptual refinement and removal of redundancies, these were reduced to 137 refined codes and 31 final components. The components were organized into four major categories: digital enabling technologies, digital supply chain capabilities and processes, AI-based digitalization, and sustainable value creation.

AI-based digitalization represented the largest category, accounting for 128 initial codes, or 30.62% of all identified codes. Digital enabling technologies accounted for 112 codes, equivalent to 26.79%, while supply chain processes and capabilities accounted for 96 codes, or 22.97%. Sustainable value creation included 82 codes, representing 19.62% of the total.

Among digital enabling technologies, artificial intelligence and machine learning were identified in 45.31% of the reviewed sources, followed by big data and advanced analytics at 40.63%, the Internet of Things at 35.94%, blockchain at 28.13%, cloud computing at 25.00%, digital twins at 20.31%, and intelligent automation at 17.19%. These findings indicated that the technological foundation of digital supply chains was primarily formed around data generation, connectivity, analytical capability, and automation.

Within digital supply chain capabilities, end-to-end visibility was the most frequent component and appeared in 50.00% of the sources. Information integration and sharing appeared in 46.88%, flexibility and responsiveness in 42.19%, resilience in 39.06%, traceability in 35.94%, and interorganizational coordination and collaboration in 32.81%.

AI-based digitalization emerged as the central mediating mechanism in the proposed model. Predictive analytics was identified in 59.38% of the sources, intelligent decision-making in 56.25%, intelligent demand forecasting in 48.44%, inventory and resource optimization in 45.31%, risk and disruption prediction in 43.75%, operational process automation in 42.19%, intelligent supplier evaluation in 35.94%, transportation and route optimization in 34.38%, and real-time learning and adaptation in 29.69%.

Sustainable value creation was organized into three dimensions. In the economic dimension, operational efficiency was identified in 57.81% of the sources, cost reduction in 54.69%, improved service and customer value in 40.63%, and agility and innovation capacity in 37.50%. In the environmental dimension, resource efficiency appeared in 48.44%, waste and emission reduction in 43.75%, and energy and logistics optimization in 39.06%. In the social dimension, responsible transparency and traceability were identified in 35.94% of the sources, improvement of safety and working conditions in 28.13%, and stakeholder accountability in 25.00%.

The final conceptual model indicated a sequential pathway in which digital enabling technologies support the development of digital supply chain capabilities, these capabilities facilitate AI-based digitalization, and AI-based digitalization subsequently contributes to sustainable value creation. A

supportive direct relationship between digital supply chain capabilities and sustainable value creation was also identified, although the mediated pathway through AI-based digitalization emerged as the primary explanatory mechanism.

Discussion and Conclusion

The findings demonstrate that sustainable value creation in digital supply chains should not be interpreted as a direct consequence of technology adoption. Rather, it is the outcome of a multi-stage transformation process in which technological infrastructure is converted into organizational capabilities and subsequently into intelligent, data-driven decision mechanisms. This distinction is important because organizations may invest heavily in digital infrastructure without achieving meaningful economic, environmental, or social improvements if they lack the analytical and managerial capabilities required to use digital information effectively.

The prominent role of AI-based digitalization indicates that artificial intelligence functions as a conversion mechanism between digital potential and sustainable performance. Digital technologies generate connectivity, visibility, and data, whereas AI transforms these resources into predictions, optimized decisions, automated responses, and adaptive processes. This explains why predictive analytics and intelligent decision-making emerged as the most frequent components of the mediating construct.

The findings also confirm that sustainable value creation is multidimensional. Economic outcomes remained highly prominent, particularly operational efficiency and cost reduction, but environmental and social outcomes were also integral to the model. Digital and AI-based capabilities can reduce waste, improve resource efficiency, optimize transportation, strengthen traceability, and improve stakeholder accountability. Consequently, sustainable value creation should be considered a balanced outcome rather than a purely financial one.

The model further suggests that visibility, information integration, flexibility, resilience, and collaboration are essential enabling capabilities. Digital technologies become strategically valuable when they support coordination across organizational boundaries and improve the capacity of the supply chain to respond to uncertainty. Therefore, the central managerial implication is that digital transformation should be approached as an organizational and interorganizational capability-building process rather than as a technology acquisition program.

In conclusion, the study proposes an integrated model in which digital enabling technologies create the infrastructure for digital supply chain capabilities, these capabilities support AI-based digitalization, and AI-based digitalization mediates the transformation of technological capacity into economic, environmental, and social value. The model provides a conceptual foundation for future empirical testing and offers a structured explanation of how organizations can move from digital adoption toward intelligent and sustainable value creation in supply chains.



ارائه مدل ارزش آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با نقش میانجی دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی

مصطفی کلاهدوزی^{*۱}

۱. گروه مدیریت فناوری اطلاعات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: Mostafa.kolahdoozi@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله

پژوهشی/اصیل

نحوه استناد به این مقاله:

کلاهدوزی، مصطفی. (۱۴۰۵). ارائه مدل ارزش آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با نقش میانجی دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی. مدیریت پویا و تحلیل کسب و کار، ۵(۳)، ۲۵-۱.



© ۱۴۰۵ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده(گان) است. انتشار این مقاله به صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY 4.0) صورت گرفته است.

هدف: هدف پژوهش حاضر ارائه مدلی مفهومی برای تبیین ارزش آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با تأکید بر نقش میانجی دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی بود. **روش شناسی:** پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر رویکرد، توصیفی-تحلیلی و توسعه‌ای بود و با استفاده از روش کتابخانه‌ای-اسنادی انجام شد. جامعه پژوهش را منابع علمی مرتبط با زنجیره تأمین دیجیتال، هوش مصنوعی، تحول دیجیتال و ارزش آفرینی پایدار تشکیل دادند. منابع از پایگاه‌های Scopus، Web of Science و Google Scholar، عمدتاً در بازه زمانی ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۶، بازیابی شدند و پس از غربالگری، ۶۴ منبع واجد شرایط وارد تحلیل نهایی شدند. داده‌ها با استفاده از تحلیل محتوای کیفی و کدگذاری نظام‌مند در مراحل کدگذاری اولیه، طبقه‌بندی مفاهیم، تحلیل روابط و استخراج مدل مفهومی بررسی شدند. **یافته‌ها:** تحلیل روابط میان مقوله‌ها نشان داد که فناوری‌های توانمندساز دیجیتال از طریق ایجاد قابلیت‌هایی نظیر شفافیت، یکپارچگی اطلاعات، انعطاف‌پذیری، ردیابی، هماهنگی و تاب‌آوری، زمینه لازم برای دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی را فراهم می‌کنند. دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی نیز از طریق تحلیل پیش‌بینانه، تصمیم‌گیری هوشمند، پیش‌بینی تقاضا، بهینه‌سازی موجودی و منابع، مدیریت ریسک و اتوماسیون فرآیندها، نقش میانجی در تبدیل قابلیت‌های دیجیتال به ارزش آفرینی پایدار ایفا می‌کند. همچنین، یک مسیر مستقیم حمایتی از قابلیت‌های زنجیره تأمین دیجیتال به ارزش آفرینی پایدار شناسایی شد. ارزش آفرینی پایدار در سه بعد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی تبیین شد. **نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد که دستیابی به ارزش آفرینی پایدار صرفاً از طریق پذیرش فناوری‌های دیجیتال امکان‌پذیر نیست، بلکه اثربخشی این فناوری‌ها به توان سازمان در تبدیل داده‌ها و زیرساخت‌های دیجیتال به تصمیم‌های هوشمند، پیش‌بینانه و هماهنگ وابسته است؛ از این رو، دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی حلقه‌ای کلیدی میان ظرفیت دیجیتال و تحقق پیامدهای پایدار در زنجیره تأمین محسوب می‌شود.

کلیدواژه‌گان: ارزش آفرینی پایدار، زنجیره تأمین دیجیتال، هوش مصنوعی، دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی، تحول دیجیتال، پایداری زنجیره تأمین.

مقدمه

تحولات شتابان محیط کسب و کار، تشدید رقابت جهانی، افزایش عدم قطعیت های اقتصادی و ژئوپلیتیکی، تغییر انتظارات مشتریان، محدودیت منابع طبیعی و افزایش فشارهای اجتماعی و زیست محیطی موجب شده است که زنجیره های تأمین از ساختارهای سنتی و عمدتاً مبتنی بر کارایی هزینه ای به شبکه هایی پیچیده، پویا، داده محور و چندهدفه تبدیل شوند. در چنین شرایطی، سازمان ها دیگر نمی توانند موفقیت زنجیره تأمین را صرفاً بر اساس کاهش هزینه، افزایش سرعت یا بهینه سازی موجودی ارزیابی کنند، بلکه لازم است هم زمان توانایی ایجاد ارزش اقتصادی، کاهش پیامدهای زیست محیطی و پاسخ گویی به مسئولیت های اجتماعی را توسعه دهند. مفهوم زنجیره تأمین پایدار از همین ضرورت شکل گرفته و بر ایجاد توازن میان عملکرد اقتصادی، حفاظت از محیط زیست و پاسخ گویی اجتماعی در کل شبکه تأمین تأکید دارد. مطالعات جدید نیز نشان می دهند که ایجاد مزیت رقابتی پایدار در زنجیره تأمین به توانایی سازمان در ترکیب نوآوری، قابلیت های سبز، انعطاف پذیری و هماهنگی بین سازمانی وابسته است و رویکردهای سنتی مدیریت زنجیره تأمین به تنهایی قادر به پاسخ گویی به پیچیدگی های این محیط نیستند (Asiedu et al., 2026; Singh et al., 2025). در همین راستا، پژوهش های داخلی نیز بر ضرورت بازتعریف ارزش افزوده زنجیره تأمین با رویکرد توسعه پایدار و طراحی سناریوهای پایدار متناسب با ویژگی های صنعتی تأکید کرده اند (Abedini et al., 2024; Amiri et al., 2024).

ارزش آفرینی پایدار در این چارچوب مفهومی فراتر از ایجاد منفعت مالی کوتاه مدت است و به توانایی زنجیره تأمین در ایجاد مجموعه ای از ارزش های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی برای سازمان، مشتریان، تأمین کنندگان و سایر ذی نفعان اشاره دارد. از منظر اقتصادی، ارزش آفرینی می تواند در قالب کاهش هزینه، افزایش بهره وری، بهبود کیفیت، افزایش سرعت پاسخ گویی و ایجاد مزیت رقابتی ظاهر شود؛ از منظر زیست محیطی، به کاهش مصرف انرژی و مواد، مدیریت ضایعات، کاهش انتشار آلاینده ها و توسعه چرخه های بسته مواد مرتبط است؛ و از منظر اجتماعی نیز موضوعاتی مانند شفافیت، مسئولیت پذیری، ایمنی، اعتماد و رعایت منافع ذی نفعان را در بر می گیرد. توسعه مدل های زنجیره تأمین پایدار در صنایع مختلف نشان داده است که دستیابی هم زمان به این ابعاد نیازمند نگاه سیستمی به کل جریان مواد، اطلاعات، سرمایه و روابط بین اعضای زنجیره است (Longo et al., 2026; O'Connor, 2026). همچنین، مطالعات مربوط به تأمین مالی زنجیره تأمین پایدار نشان می دهند که پایداری تنها به فعالیت های تولیدی و لجستیکی محدود نمی شود و سازوکارهای مالی، شیوه تخصیص منابع و روابط اقتصادی بین بازیگران نیز بخشی از فرآیند ارزش آفرینی پایدار محسوب می شوند (Slavinskaitė et al., 2025; Zhou & Masi, 2025).

در کنار تحول مفهوم پایداری، گسترش فناوری های دیجیتال، ماهیت و منطق عملکرد زنجیره های تأمین را نیز به طور اساسی تغییر داده است. زنجیره تأمین دیجیتال بر یکپارچه سازی جریان های فیزیکی و اطلاعاتی از طریق فناوری های نظیر اینترنت اشیا، کلان داده، رایانش ابری، بلاکچین، دوقلوهای دیجیتال، اتوماسیون و هوش مصنوعی استوار است. این فناوری ها امکان مشاهده بلادرنگ وضعیت زنجیره، تحلیل حجم عظیمی از داده ها، افزایش قابلیت ردیابی، هماهنگی بین واحدها و اتخاذ تصمیم های سریع تر را فراهم می کنند. از این رو، دیجیتالی شدن زنجیره تأمین را نمی توان صرفاً به جایگزینی ابزارهای سنتی با سامانه های الکترونیکی تقلیل داد، بلکه این تحول به تغییر اساسی در مدل های کسب و کار، ساختار تصمیم گیری و نحوه خلق ارزش در شبکه های تأمین منجر می شود. تحلیل مدل های کسب و کار زنجیره تأمین دیجیتال نیز نشان می دهد که طراحی موفق این شبکه ها نیازمند یکپارچگی میان فناوری، فرآیند، ساختار سازمانی و منطق ایجاد ارزش است (Nuerk & Dařena, 2025). در عین حال، فرصت های ناشی از صنعت ۴.۰ با چالش هایی مانند نیاز به زیرساخت دیجیتال، مهارت های تخصصی، یکپارچه سازی سیستم ها و مدیریت پیچیدگی همراه است (Syed et al., 2024).

یکی از مهم ترین مزایای زنجیره تأمین دیجیتال، افزایش دیدپذیری و قابلیت پردازش اطلاعات در سراسر شبکه است. در زنجیره های سنتی، محدودیت دسترسی به اطلاعات و تأخیر در انتقال داده می تواند موجب افزایش عدم اطمینان، اثر شلاق چرمی، تصمیم های نامناسب موجودی و ضعف در مدیریت اختلالات شود. در مقابل، فناوری های دیجیتال امکان جمع آوری و تبادل مستمر داده میان تأمین کنندگان، تولید کنندگان، توزیع کنندگان و مشتریان را فراهم کرده و ظرفیت سازمان برای شناسایی سریع تغییرات محیطی و پاسخ متناسب به آن ها را افزایش می دهند. شواهد تجربی نشان داده اند که پردازش اطلاعات و دیجیتالی شدن زنجیره تأمین می تواند از طریق ارتقای مدیریت ریسک، تاب آوری زنجیره را تقویت کند (Rashid et al., 2024). همچنین، تحلیل تأثیر زنجیره تأمین دیجیتال در محیط های نامطمئن نشان می دهد که قابلیت های پویا نقش مهمی در تبدیل ظرفیت های دیجیتال به کاهش ریسک اختلال و بهبود توان سازگاری زنجیره دارند (Haicao et al., 2024). مطالعات شبیه سازی نیز بر ارتباط میان دیجیتالی شدن، افزایش قابلیت مشاهده و بهبود تاب آوری زنجیره تأمین تأکید کرده اند (Ivanov et al., 2024).

با وجود این مزایا، دیجیتالی شدن به طور خودکار به عملکرد بهتر یا ارزش پایدار منجر نمی شود. افزایش حجم داده بدون وجود قابلیت تحلیل، ضعف در یکپارچگی فناوری ها، عدم بلوغ دیجیتال، محدودیت سرمایه گذاری و مقاومت فرهنگی می تواند موجب شود که سازمان از منافع بالقوه تحول دیجیتال بهره مند نشود. پژوهش های انجام شده در شرکت های تولیدی نشان داده اند که رابطه میان دیجیتالی شدن و عملکرد سازمان به عواملی همچون فرهنگ دیجیتال و قابلیت های زنجیره تأمین وابسته است و صرف استقرار فناوری نمی تواند تضمین کننده ارتقای عملکرد باشد (Samouri et al., 2025). از سوی دیگر، هرچه تعاملات دیجیتال میان اعضای زنجیره افزایش یابد، وابستگی سازمان به زیرساخت های اطلاعاتی و در نتیجه مواجهه آن با تهدیدهای سایبری نیز افزایش پیدا می کند. به همین دلیل، امنیت سایبری، حفاظت از داده ها و تاب آوری زیرساخت های اطلاعاتی به یکی از پیش شرط های اصلی زنجیره تأمین دیجیتال تبدیل شده است (Odimarha et al., 2024). استفاده از بلاکچین به عنوان یکی از فناوری های پشتیبان جریان های مالی و اطلاعاتی نیز نشان می دهد که فناوری های دیجیتال می توانند به افزایش شفافیت، ردیابی و اعتماد کمک کنند، اما اثربخشی آن ها مستلزم طراحی مناسب اکوسیستم و هماهنگی میان بازیگران است (Hakimi et al., 2024).

در این میان، هوش مصنوعی جایگاهی متمایز از سایر فناوری های دیجیتال پیدا کرده است؛ زیرا قابلیت آن تنها به تولید یا انتقال داده محدود نمی شود، بلکه می تواند داده های زنجیره تأمین را تحلیل، الگوهای پیچیده را شناسایی، وضعیت آینده را پیش بینی و گزینه های تصمیم گیری را بهینه کند. کاربردهای هوش مصنوعی در زنجیره تأمین دامنه گسترده ای از پیش بینی تقاضا، برنامه ریزی تولید، مدیریت موجودی و حمل و نقل تا ارزیابی تأمین کنندگان، مدیریت ریسک و تصمیم گیری خودکار را شامل می شود. ظهور هوش مصنوعی مولد نیز ظرفیت جدیدی برای ارزیابی و الگوبرداری از عملیات و شیوه های مدیریت زنجیره تأمین ایجاد کرده و می تواند به تحلیل سریع تر دانش سازمانی، سنجش عملکرد و توسعه چارچوب های تصمیم گیری کمک کند (Dubey et al., 2024). بنابراین، هوش مصنوعی را می توان فناوری ای دانست که نقش آن از سطح پشتیبانی فنی فراتر رفته و به یک زیرساخت شناختی برای مدیریت زنجیره تأمین تبدیل شده است.

مفهوم «دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» در همین بستر اهمیت پیدا می کند. این مفهوم به وضعیتی اشاره دارد که در آن فناوری های دیجیتال و جریان های داده با قابلیت های تحلیلی، یادگیری و تصمیم گیری هوش مصنوعی یکپارچه می شوند و فرآیندهای اصلی زنجیره تأمین را به فرآیندهایی هوشمند، پیش بینانه و انطباقی تبدیل می کنند. از این دیدگاه، فناوری هایی مانند اینترنت اشیا و بلاکچین داده و قابلیت ردیابی ایجاد می کنند، زیرساخت های کلان داده و رایانش ابری امکان ذخیره و پردازش اطلاعات را فراهم می آورند و هوش مصنوعی این داده ها را به دانش قابل اقدام تبدیل می کند. شواهد نشان می دهند که ترکیب تحلیل کلان داده و هوش مصنوعی می تواند از طریق تقویت

شیوه‌های مدیریت زنجیره تأمین سبز، عملکرد پایدار شرکت‌های تولیدی را افزایش دهد (Rashid et al., 2025). همچنین، مطالعات انجام‌شده درباره پذیرش هوش مصنوعی و تحول دیجیتال نشان داده‌اند که این دو قابلیت می‌توانند تاب‌آوری زنجیره تأمین و هم‌آفرینی ارزش را تقویت کنند و میزان این اثرگذاری ممکن است در شرایط مختلف عدم اطمینان بازار متفاوت باشد (Kashmiri Haq & Bagheri Gharabagh, 2024).

اهمیت نقش واسطه‌ای قابلیت‌های دیجیتال در پژوهش‌های جدید بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. تحول دیجیتال زمانی به پیامدهای سازمانی تبدیل می‌شود که بتواند قابلیت‌های میانجی مانند یکپارچگی زنجیره تأمین، هماهنگی اطلاعاتی، ظرفیت تحلیل و پاسخ‌گویی را توسعه دهد. برای مثال، بررسی رابطه تحول دیجیتال و تاب‌آوری در صنایع تولیدی نشان داده است که یکپارچگی زنجیره تأمین می‌تواند سازوکار مهمی در انتقال اثر تحول دیجیتال به تاب‌آوری باشد (Yu, 2025). از سوی دیگر، تحلیل عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره تأمین نشان می‌دهد که تاب‌آوری محصول مجموعه‌ای از روابط متقابل میان ساختار شبکه، قابلیت‌های مدیریتی، اطلاعات و پاسخ به عدم قطعیت است (Yao, 2025). بنابراین، می‌توان استدلال کرد که در رابطه میان فناوری‌های دیجیتال و پیامدهای پایدار نیز باید به سازوکارهایی توجه شود که ظرفیت فناوری را به عملکرد واقعی تبدیل می‌کنند. از این منظر، دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند به‌عنوان یک متغیر میانجی مفهومی مطرح شود که داده و فناوری را به تصمیم، هماهنگی، پیش‌بینی و بهینه‌سازی تبدیل می‌کند.

این نقش در شرایطی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که زنجیره تأمین با عدم قطعیت، اختلال و ریسک‌های چندگانه مواجه باشد. پژوهش‌های مرتبط با مدیریت ریسک در زنجیره‌های تأمین دیجیتال نشان داده‌اند که فناوری‌های دیجیتال می‌توانند هم‌اگرایی برای کاهش عدم قطعیت باشند و هم در صورت مدیریت نامناسب، خود منبعی برای شکل‌گیری ریسک‌های جدید محسوب شوند (Song et al., 2024). بنابراین، ارزش واقعی تحول دیجیتال در توانایی سازمان برای استفاده هدفمند از داده‌ها به‌منظور پیش‌بینی اختلالات، توسعه سناریوهای جایگزین، بازپیکربندی منابع و هماهنگ‌سازی سریع فعالیت‌ها نهفته است. این موضوع با رویکردهایی که تحول صنعت ۴.۰ را در پیوند با پایداری بررسی می‌کنند نیز همخوان است؛ زیرا گذار به زنجیره تأمین هوشمند زمانی پایدار خواهد بود که فناوری‌های دیجیتال به‌صورت هم‌زمان برای افزایش کارایی، تاب‌آوری، کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای قابلیت انطباق به کار گرفته شوند (Pervez et al., 2026).

پیوند میان دیجیتالی‌شدن و اقتصاد چرخشی نیز یکی دیگر از ابعاد مهم ارزش‌آفرینی پایدار است. فناوری‌های نوظهور از طریق افزایش قابلیت ردیابی مواد، پیش‌بینی عمر محصول، مدیریت جریان بازگشتی و ایجاد شفافیت درباره منابع می‌توانند اجرای اصول اقتصاد چرخشی را تسهیل کنند (Mamun, 2025). در این زمینه، دیجیتالی‌سازی می‌تواند به سازمان کمک کند تا از مدل خطی «تولید، مصرف و دفع» به مدل‌های مبتنی بر بازاستفاده، بازیافت و بازیابی ارزش حرکت کند. مطالعات مرتبط با تحول دیجیتال و اقتصاد چرخشی نیز بر ضرورت تلفیق هم‌زمان پایداری و تاب‌آوری تأکید کرده‌اند؛ زیرا زنجیره تأمین آینده باید نه تنها منابع را کارآمدتر مصرف کند، بلکه در برابر بحران‌ها نیز توان ادامه فعالیت داشته باشد (Tathavadekar, 2025). در صنعت خودرو نیز مرور نظام‌مند زنجیره‌های تأمین معکوس نشان داده است که حرکت به سوی چرخش‌پذیری مستلزم بازطراحی فرآیندهای بازگشت مواد، همکاری گسترده میان اعضای زنجیره و پشتیبانی فناوری‌های اطلاعاتی است (Zhang et al., 2026). بنابراین، فناوری دیجیتال و هوش مصنوعی می‌توانند از طریق افزایش قابلیت مشاهده و بهینه‌سازی جریان‌های رفت و برگشت، پایه‌ای برای توسعه مدل‌های ارزش‌آفرینی چرخشی فراهم سازند.

ابعاد پایداری همچنین بسته به ویژگی‌های بخش صنعتی و ماهیت زنجیره تأمین می‌توانند متفاوت باشند. برای مثال، در زنجیره‌های تأمین محصولات فسادپذیر، تصمیم‌های مربوط به محل تأسیسات، حمل‌ونقل، زمان‌بندی و مدیریت موجودی باید به‌طور هم‌زمان عدم قطعیت، اتلاف محصول و الزامات پایداری را در نظر گیرند (Zijoodi et al., 2025). در بخش بیمارستان و سلامت نیز زنجیره تأمین پایدار علاوه بر

کارایی هزینه‌ای با موضوعاتی مانند تداوم دسترسی به اقلام حیاتی، مدیریت پسماند، آثار زیست‌محیطی و کیفیت خدمات مرتبط است و تحول دیجیتال می‌تواند در هماهنگ‌سازی این الزامات نقش مهمی داشته باشد (Ruiz-Orjuela et al., 2025). این تفاوت‌های بخشی نشان می‌دهند که مدل ارزش آفرینی پایدار باید از انعطاف مفهومی کافی برخوردار باشد تا بتواند در عین برخورداری از یک ساختار عمومی، کاربردهای متنوع فناوری و پایداری را در صنایع مختلف پوشش دهد.

به‌طور کلی، بررسی ادبیات نشان می‌دهد که سه جریان اصلی پژوهشی در سال‌های اخیر به‌صورت موازی توسعه یافته‌اند: جریان نخست بر دیجیتالی‌شدن و فناوری‌های صنعت ۴.۰ تمرکز دارد؛ جریان دوم به پایداری، اقتصاد چرخشی و ارزش آفرینی چندبعدی می‌پردازد؛ و جریان سوم به تاب‌آوری، ریسک و توان سازگاری زنجیره‌های تأمین توجه می‌کند. بااین‌حال، این جریان‌ها در بسیاری از مطالعات به‌صورت جداگانه بررسی شده‌اند و هنوز نیاز به چارچوب‌هایی وجود دارد که نحوه پیوند میان فناوری‌های دیجیتال، قابلیت‌های هوشمند و پیامدهای پایدار را به‌صورت یکپارچه تبیین کنند. مرورهای جدید درباره پایداری و صنعت ۴.۰ نیز نشان می‌دهند که ادبیات به سمت نگاه تلفیقی حرکت کرده است، اما نحوه تبدیل سرمایه‌گذاری‌های دیجیتال به عملکرد پایدار همچنان به توضیح نظری بیشتری نیاز دارد (Pervez et al., 2026). همچنین، مطالعات مقایسه‌ای مربوط به مسیرهای پایداری در زنجیره‌های مواد و صنایع مختلف نشان می‌دهند که موفقیت در دستیابی به پایداری به تعامل میان فناوری، ساختار زنجیره، سیاست‌های مدیریتی و ویژگی‌های منابع بستگی دارد (O'Connor, 2026).

در همین راستا، یکی از شکاف‌های مهم ادبیات آن است که دیجیتالی‌شدن اغلب به‌عنوان یک متغیر عمومی مورد بررسی قرار گرفته و تمایز کافی میان «وجود فناوری دیجیتال» و «توانایی استفاده هوشمند از فناوری برای تصمیم‌گیری و بهینه‌سازی» ایجاد نشده است. چنین تمایزی برای تبیین ارزش آفرینی اهمیت اساسی دارد؛ زیرا یک سازمان ممکن است از زیرساخت‌های پیشرفته دیجیتال برخوردار باشد، اما فاقد قابلیت لازم برای استخراج دانش و اقدام مؤثر از داده‌ها باشد. ازاین‌رو، مفهوم دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند شکاف میان زیرساخت دیجیتال و پیامدهای پایدار را تبیین کند. این رویکرد با شواهد مرتبط با نقش هوش مصنوعی در هم‌آفرینی ارزش و تاب‌آوری (Kashmiri Haq & Bagheri Gharabagh, 2024)، تأثیر هوش مصنوعی و تحلیل کلان‌داده بر عملکرد پایدار (Rashid et al., 2025) و نقش فناوری‌های دیجیتال در مدیریت ریسک و پردازش اطلاعات (Rashid et al., 2024; Song et al., 2024) همسو است.

از سوی دیگر، ارزش آفرینی پایدار مستلزم توجه به روابط متقابل میان عملکرد اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی است و نمی‌توان یکی از این ابعاد را بدون توجه به سایر ابعاد بهینه کرد. برخی اقدامات کاهش هزینه ممکن است پیامدهای اجتماعی یا محیطی نامطلوب ایجاد کنند و در مقابل، سرمایه‌گذاری‌های سبز ممکن است در کوتاه‌مدت هزینه ایجاد کنند اما در بلندمدت مزیت رقابتی و انعطاف‌پذیری بیشتری به همراه داشته باشند. مفهوم نوآوری دوستوان سبز نیز بر ضرورت ترکیب بهره‌برداری از قابلیت‌های موجود با جست‌وجوی فرصت‌های جدید برای دستیابی به مزیت رقابتی پایدار تأکید دارد (Asiedu et al., 2026). همچنین، همکاری محیط‌زیستی در زنجیره تأمین نشان می‌دهد که پایداری نتیجه عملکرد مستقل یک سازمان نیست، بلکه نیازمند هماهنگی و مشارکت میان اعضای مختلف شبکه است (Singh et al., 2025). بنابراین، یک مدل جامع ارزش آفرینی پایدار باید علاوه بر فناوری، قابلیت‌های هماهنگی، یکپارچگی، یادگیری و مشارکت بین‌سازمانی را نیز در نظر گیرد.

در مجموع، شواهد موجود نشان می‌دهند که زنجیره تأمین دیجیتال ظرفیت قابل توجهی برای ایجاد شفافیت، تاب‌آوری، بهره‌وری، چابکی و پایداری دارد، اما تحقق این ظرفیت به نحوه تبدیل داده‌ها و فناوری‌ها به قابلیت‌های عملیاتی و تصمیم‌گیری وابسته است. از این منظر، هوش مصنوعی می‌تواند حلقه‌ای کلیدی در فرآیند ارزش آفرینی باشد؛ زیرا امکان گذار از دیجیتالی‌شدن مبتنی بر ثبت و تبادل اطلاعات به دیجیتالی‌شدن مبتنی بر پیش‌بینی، یادگیری، بهینه‌سازی و اقدام هوشمند را فراهم می‌سازد. با وجود توسعه مطالعات پیرامون زنجیره تأمین

دیجیتال، تاب‌آوری، پایداری، اقتصاد چرخشی و هوش مصنوعی، هنوز چارچوبی منسجم که نقش میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی را در تبدیل قابلیت‌های زنجیره تأمین دیجیتال به ارزش‌آفرینی پایدار به‌صورت یکپارچه تبیین کند، به اندازه کافی توسعه نیافته است؛ از این‌رو، هدف پژوهش حاضر ارائه مدل ارزش‌آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با تبیین نقش میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از حیث ماهیت و شیوه بررسی مسئله، توصیفی-تحلیلی با رویکرد توسعه‌ای است. کاربردی بودن پژوهش از آنجا ناشی می‌شود که هدف نهایی آن ارائه مدلی مفهومی برای تبیین ارزش‌آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با تأکید بر نقش میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی است؛ مدلی که بتواند ضمن توسعه دانش نظری موجود، مبنایی برای تصمیم‌گیری مدیران، سیاست‌گذاران و طراحان سیستم‌های زنجیره تأمین هوشمند فراهم آورد. پژوهش حاضر به‌جای مداخله و دستکاری آزمایشی متغیرها، بر شناسایی، توصیف، طبقه‌بندی و تحلیل روابط مفهومی موجود میان فناوری‌های دیجیتال، قابلیت‌های زنجیره تأمین، دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی و ابعاد مختلف ارزش‌آفرینی پایدار تمرکز دارد. از این منظر، پژوهش در چارچوب مطالعات غیرآزمایشی قرار می‌گیرد و روابط میان سازه‌های اصلی بر مبنای شواهد موجود در ادبیات علمی و تحلیل نظام‌مند محتوای منابع بررسی می‌شود. همچنین، به دلیل آنکه پژوهش فراتر از توصیف صرف مفاهیم حرکت کرده و در پی یکپارچه‌سازی یافته‌های پراکنده و توسعه یک چارچوب ساختاری برای تبیین روابط میان متغیرهای پژوهش است، از رویکرد توسعه‌ای-تحلیلی نیز برخوردار است. در این چارچوب، دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی به‌عنوان سازوکاری واسطه‌ای در نظر گرفته شد که می‌تواند نحوه تبدیل ظرفیت فناوری‌های دیجیتال و قابلیت‌های زنجیره تأمین به پیامدهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی ارزش‌آفرینی پایدار را تبیین کند.

با توجه به ماهیت کتابخانه‌ای و اسنادی پژوهش، جامعه مورد مطالعه شامل افراد یا پاسخ‌دهندگان انسانی نبود، بلکه مجموعه منابع علمی و تخصصی مرتبط با حوزه زنجیره تأمین دیجیتال، هوش مصنوعی، تحول دیجیتال و ارزش‌آفرینی پایدار به‌عنوان واحدهای مطالعه در نظر گرفته شدند. قلمرو منابع شامل مقالات علمی منتشرشده در نشریات معتبر، مقالات مروری و پژوهشی، کتاب‌های تخصصی، گزارش‌های پژوهشی و اسناد علمی مرتبط بود که از پایگاه‌های علمی بین‌المللی Scopus، Web of Science و Google Scholar بازیابی شدند. تمرکز اصلی جست‌وجوی منابع بر مطالعات منتشرشده در فاصله سال‌های ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۶ قرار گرفت تا مدل پیشنهادی بر جدیدترین تحولات نظری و فناوری در حوزه زنجیره تأمین دیجیتال و کاربرد هوش مصنوعی استوار باشد؛ با این حال، در مواردی که یک منبع بنیادی برای تعریف سازه‌ها، تبیین مبانی نظری یا تشریح روابط مفهومی ضرورت داشت، استفاده از منابع معتبر پیشین نیز امکان‌پذیر بود. کلیدواژه‌ها و ترکیب‌های جست‌وجو بر محور اصطلاحاتی نظیر «Digital Supply Chain»، «Sustainable Value Creation»، «Artificial Intelligence in Supply Chain»، «AI-based Digitalization»، «Supply Chain Digitalization»، «Sustainable Supply Chain» و «Digital Technologies» و ترکیب‌های مفهومی مرتبط با آن‌ها سازمان‌دهی شدند. معیار ورود منابع شامل ارتباط مستقیم با یکی از سازه‌های اصلی پژوهش، برخورداری از محتوای نظری یا تجربی قابل استفاده برای استخراج مؤلفه‌ها، تمرکز بر فناوری‌های دیجیتال یا پایداری در زمینه زنجیره تأمین و دسترسی به اطلاعات علمی کافی برای تحلیل بود. در مقابل، منابع تکراری، مطالعات فاقد ارتباط مستقیم با مسئله پژوهش، مطالب غیرعلمی و منابعی که صرفاً به جنبه‌های فنی هوش مصنوعی بدون ارتباط با زنجیره تأمین یا ارزش‌آفرینی پایدار پرداخته بودند، از فرآیند

تحلیل کنار گذاشته شدند. بنابراین، مشارکت‌کنندگان مفهومی پژوهش را می‌توان مجموعه اسناد و مطالعات واجد معیارهای ورود دانست که محتوای آن‌ها مبنای استخراج مؤلفه‌ها و شکل‌گیری مدل نهایی قرار گرفت.

گردآوری داده‌ها در این پژوهش با استفاده از روش مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی و بر پایه یک فرآیند نظام‌مند استخراج اطلاعات انجام شد. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، فرم استخراج و ثبت مفاهیم بود که برای سازمان‌دهی اطلاعات موجود در منابع علمی مورد استفاده قرار گرفت. در این فرم، اطلاعات مرتبط با مشخصات منبع، موضوع اصلی مطالعه، فناوری دیجیتال مورد بررسی، قابلیت‌ها و فرآیندهای زنجیره تأمین، کاربردهای هوش مصنوعی، ابعاد دیجیتالی‌سازی، پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی و همچنین روابط پیشنهادی یا گزارش‌شده میان این مفاهیم ثبت شد. استفاده از این سازوکار امکان داد تا داده‌های متنی ناهمگون موجود در منابع مختلف در قالبی نسبتاً یکپارچه سازمان‌دهی شوند و مقایسه میان مطالعات با دقت بیشتری صورت گیرد. در فرآیند گردآوری اطلاعات، تمرکز صرفاً بر ذکر فناوری‌های دیجیتال نبود، بلکه نحوه تأثیرگذاری آن‌ها بر قابلیت‌های زنجیره تأمین، مانند شفافیت، یکپارچگی، انعطاف‌پذیری، قابلیت پیش‌بینی، تاب‌آوری، سرعت پاسخ‌گویی، بهینه‌سازی منابع و هماهنگی میان اعضای زنجیره نیز مورد توجه قرار گرفت. به همین ترتیب، شواهد مربوط به پیامدهای اقتصادی نظیر کاهش هزینه، افزایش بهره‌وری و بهبود عملکرد؛ پیامدهای زیست‌محیطی مانند کاهش مصرف منابع، کاهش ضایعات و بهینه‌سازی انرژی؛ و پیامدهای اجتماعی از قبیل افزایش شفافیت، مسئولیت‌پذیری، ایمنی و کیفیت روابط با ذی‌نفعان استخراج شد.

در مرحله گردآوری داده‌ها، فناوری‌های کلیدی مرتبط با تحول دیجیتال زنجیره تأمین، از جمله هوش مصنوعی، یادگیری ماشین، کلان‌داده و تحلیل داده، اینترنت اشیا، بلاکچین، رایانش ابری، اتوماسیون هوشمند و سایر فناوری‌های مرتبط، به‌عنوان مفاهیم اولیه مورد توجه قرار گرفتند. با این حال، صرف وجود یک فناوری در منابع برای ورود آن به مدل کافی تلقی نشد، بلکه چگونگی ایجاد قابلیت سازمانی و عملیاتی از طریق آن فناوری نیز بررسی شد. در این میان، برای مفهوم «دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» توجه ویژه‌ای به کاربردهایی نظیر پیش‌بینی تقاضا، برنامه‌ریزی هوشمند، بهینه‌سازی موجودی، انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان، پیش‌بینی اختلالات، مدیریت ریسک، بهینه‌سازی حمل‌ونقل، تصمیم‌گیری خودکار و تحلیل بلادرنگ اطلاعات معطوف شد. این رویکرد موجب شد دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی نه صرفاً به‌عنوان به‌کارگیری یک ابزار فناورانه، بلکه به‌عنوان یک قابلیت تحول‌آفرین برای تبدیل داده‌های زنجیره تأمین به اطلاعات، دانش و تصمیم‌های عملیاتی و راهبردی تعریف شود. هم‌زمان، شواهد مرتبط با ارزش‌آفرینی پایدار نیز بر اساس سه بعد اصلی اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی دسته‌بندی شد تا امکان تحلیل جامع‌تر تأثیر تحول دیجیتال بر پایداری فراهم شود. در تمام مراحل گردآوری، منابع از نظر ارتباط مفهومی با مسئله اصلی پژوهش بررسی شدند و اطلاعات استخراج‌شده به‌گونه‌ای ثبت شد که قابلیت ردیابی هر مفهوم به شواهد موجود در ادبیات علمی حفظ شود.

داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی و رویکرد کدگذاری نظام‌مند تحلیل شدند. هدف از تحلیل محتوا، تبدیل حجم گسترده‌ای از اطلاعات متنی و مفهومی موجود در منابع علمی به مجموعه‌ای سازمان‌یافته از کدها، مقوله‌ها و مضامین بود که بتوان بر اساس آن‌ها ساختار مدل ارزش‌آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال را تبیین کرد. فرآیند تحلیل با مطالعه دقیق منابع منتخب و شناسایی گزاره‌ها، مفاهیم و اصطلاحاتی آغاز شد که به فناوری‌های دیجیتال، قابلیت‌های زنجیره تأمین، هوش مصنوعی، دیجیتالی‌سازی و پایداری مربوط بودند. در مرحله کدگذاری اولیه، مفاهیم به کوچک‌ترین واحدهای معنایی قابل تحلیل تبدیل شدند و کدهایی مانند تحلیل پیش‌بینانه، تصمیم‌گیری هوشمند، قابلیت ردیابی، یکپارچگی اطلاعات، اتوماسیون، انعطاف‌پذیری، تاب‌آوری، کاهش هزینه، بهره‌وری منابع، کاهش پسماند، شفافیت و مسئولیت اجتماعی استخراج شدند. هدف در این مرحله، حفظ حداکثری تنوع مفاهیم موجود در ادبیات و جلوگیری از ادغام زود هنگام مفاهیمی بود که ممکن بود در مراحل بعدی نقش متفاوتی در ساختار مدل داشته باشند.

در مرحله بعد، کدهای اولیه بر اساس شباهت مفهومی، نقش عملکردی و ارتباط آن‌ها با مسئله پژوهش مقایسه و در مقوله‌های سطح بالاتر سازمان‌دهی شدند. حاصل این فرآیند، شکل‌گیری چهار حوزه مفهومی اصلی شامل «فناوری‌های توانمندساز دیجیتال»، «فرآیندها و قابلیت‌های زنجیره تأمین»، «دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» و «ارزش‌آفرینی پایدار» بود. در حوزه فناوری‌های توانمندساز، زیرساخت‌ها و فناوری‌هایی قرار گرفتند که ظرفیت تولید، تبادل و تحلیل داده در زنجیره تأمین را فراهم می‌کنند. در حوزه فرآیندها و قابلیت‌های زنجیره تأمین، مفاهیمی مانند هماهنگی، یکپارچگی، انعطاف‌پذیری، پاسخ‌گویی، ردیابی و تاب‌آوری سازمان‌دهی شدند. مقوله دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی نیز مجموعه‌ای از قابلیت‌های هوشمند برای پردازش داده، یادگیری از الگوها، پیش‌بینی شرایط، بهینه‌سازی تصمیم‌ها و خودکارسازی فرآیندها را دربر گرفت. در نهایت، ارزش‌آفرینی پایدار بر اساس پیامدهایی دسته‌بندی شد که هم‌زمان یا به‌صورت مکمل به ایجاد ارزش اقتصادی، کاهش آثار منفی زیست‌محیطی و ارتقای ارزش اجتماعی در زنجیره تأمین منجر می‌شوند. مقایسه مستمر کدها و بازبینی روابط میان مقوله‌ها در طول تحلیل باعث شد مفاهیم هم‌پوشان ادغام و مرزهای مفهومی میان سازه‌های اصلی مدل به‌صورت روشن‌تری تعیین شوند.

در مرحله تحلیل روابط، تمرکز از شناسایی و طبقه‌بندی مفاهیم به تبیین چگونگی ارتباط میان مقوله‌ها انتقال یافت. در این مرحله بررسی شد که فناوری‌ها و قابلیت‌های دیجیتال تحت چه سازوکاری می‌توانند به ارزش‌آفرینی پایدار منجر شوند و آیا صرف دسترسی به فناوری برای تحقق پیامدهای پایدار کافی است یا وجود یک سازوکار واسطه‌ای برای تبدیل ظرفیت فناورانه به ارزش ضروری است. بر اساس الگوهای تکرارشونده استخراج‌شده از منابع، دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی به‌عنوان متغیر میانجی مدل در نظر گرفته شد. منطق این رابطه بر این اساس استوار شد که فناوری‌های دیجیتال، زیرساخت دسترسی به داده، اتصال، ردیابی و تبادل اطلاعات را ایجاد می‌کنند، اما بهره‌برداری مؤثر از این ظرفیت‌ها برای ایجاد ارزش پایدار مستلزم تبدیل داده به بینش، پیش‌بینی و تصمیم‌های هوشمند است. هوش مصنوعی از طریق تحلیل حجم بالای داده‌ها، شناسایی الگوها، پیش‌بینی شرایط آتی، بهینه‌سازی تخصیص منابع و خودکارسازی تصمیم‌گیری می‌تواند این تبدیل را تسهیل کند. از این‌رو، نقش میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی در مدل پیشنهادی بیانگر سازوکاری است که از طریق آن ظرفیت‌های دیجیتال به بهبود عملکرد اقتصادی، کاهش اثرات زیست‌محیطی و تقویت پیامدهای اجتماعی در زنجیره تأمین تبدیل می‌شوند. در مرحله نهایی، روابط مفهومی شناسایی‌شده به‌صورت یکپارچه بازآرایی شدند و مدل مفهومی پژوهش شکل گرفت. در این مرحله، جهت روابط میان سازه‌ها، جابجاء متغیر میانجی و ابعاد مختلف ارزش‌آفرینی پایدار بر مبنای میزان تکرار مفاهیم، انسجام نظری و شواهد حاصل از منابع مورد بررسی قرار گرفت. مدل نهایی به‌گونه‌ای تدوین شد که فناوری‌ها و قابلیت‌های زنجیره تأمین دیجیتال را به‌عنوان بسترهای شکل‌دهنده تحول دیجیتال، دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی را به‌عنوان سازوکار واسطه‌ای تبدیل ظرفیت فناورانه به قابلیت تصمیم‌گیری هوشمند، و ارزش‌آفرینی پایدار را به‌عنوان پیامد نهایی این فرآیند در سطوح اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در نظر گیرد. برای افزایش انسجام تحلیل، کدهای استخراج‌شده در مراحل مختلف به‌صورت مکرر با مفاهیم اولیه موجود در منابع مقایسه شدند و طبقه‌بندی‌ها تا رسیدن به ساختاری منسجم و فاقد هم‌پوشانی مفهومی قابل توجه مورد بازبینی قرار گرفتند. بدین ترتیب، روش تحلیل محتوای نظام‌مند امکان داد اطلاعات پراکنده موجود در ادبیات زنجیره تأمین دیجیتال و هوش مصنوعی در قالب یک چارچوب مفهومی منسجم سازمان‌دهی شوند. خروجی این فرآیند، مدلی توسعه‌ای است که ضمن تبیین ارتباط میان فناوری‌های دیجیتال و ارزش‌آفرینی پایدار، سازوکار میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی را نیز مشخص می‌کند و می‌تواند مبنایی برای طراحی ابزارهای سنجش و آزمون تجربی مدل در پژوهش‌های کمی آینده قرار گیرد.

یافته‌ها

پس از اجرای جست‌وجوی منابع، حذف موارد تکراری، بررسی عنوان و چکیده و ارزیابی ارتباط محتوایی متون با مسئله پژوهش، در نهایت ۶۴ منبع علمی واجد شرایط برای تحلیل نهایی انتخاب شد. از این تعداد، ۲۲ منبع معادل ۳۴.۳۸ درصد در سال ۲۰۲۴، تعداد ۲۷ منبع معادل ۴۲.۱۹ درصد در سال ۲۰۲۵ و ۱۵ منبع معادل ۲۳.۴۴ درصد در سال ۲۰۲۶ منتشر شده بودند. بنابراین، ۶۵.۶۳ درصد از کل منابع تحلیل شده مربوط به سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۲۶ بود که نشان می‌دهد مدل استخراج شده تا حد زیادی بر ادبیات جدید و تحولات اخیر حوزه زنجیره تأمین دیجیتال، هوش مصنوعی و پایداری استوار است. از نظر نوع منبع، ۴۶ مورد معادل ۷۱.۸۸ درصد را مقالات پژوهشی تجربی، ۱۳ مورد معادل ۲۰.۳۱ درصد را مقالات مروری و مفهومی و ۵ مورد معادل ۷.۸۱ درصد را گزارش‌های پژوهشی یا منابع تخصصی تشکیل دادند. همچنین، پس از حذف منابع تکراری میان پایگاه‌ها و ثبت هر منبع بر اساس محل بازیابی اولیه، ۲۹ منبع معادل ۴۵.۳۱ درصد از Scopus، تعداد ۲۱ منبع معادل ۳۲.۸۱ درصد از Web of Science و ۱۴ منبع معادل ۲۱.۸۸ درصد از Google Scholar وارد مجموعه نهایی شدند.

بررسی حوزه موضوعی منابع نشان داد که بیشترین تمرکز مطالعات بر کاربرد هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و تحلیل پیشرفته داده‌ها در زنجیره تأمین قرار داشت و در کنار آن، موضوعاتی نظیر تحول دیجیتال زنجیره تأمین، یکپارچگی اطلاعات، اینترنت اشیا، بلاکچین، اتوماسیون هوشمند، تاب‌آوری زنجیره تأمین و پایداری اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به‌طور مکرر در منابع مورد توجه قرار گرفته بودند. از منظر حوزه صنعتی نیز ۲۴ منبع معادل ۳۷.۵۰ درصد به صنایع تولیدی، ۱۵ منبع معادل ۲۳.۴۴ درصد به حمل‌ونقل و لجستیک، ۹ منبع معادل ۱۴.۰۶ درصد به خرده‌فروشی و تجارت الکترونیکی، ۶ منبع معادل ۹.۳۸ درصد به زنجیره‌های تأمین غذایی و کشاورزی و ۱۰ منبع معادل ۱۵.۶۳ درصد به مطالعات چندبخشی یا بدون تمرکز بر یک صنعت خاص مربوط بودند. این توزیع نشان داد که اگرچه صنایع تولیدی و لجستیک سهم بیشتری از ادبیات موجود را به خود اختصاص داده‌اند، مفاهیم استخراج شده محدود به یک صنعت خاص نیستند و قابلیت تعمیم مفهومی به انواع مختلف زنجیره‌های تأمین دیجیتال را دارند.

تحلیل محتوای ۶۴ منبع منتخب در مرحله نخست به استخراج ۴۱۸ کد اولیه منجر شد. کدهای اولیه پس از چند مرحله مقایسه، ادغام موارد مشابه، حذف هم‌پوشانی‌های معنایی و بازبینی ارتباط آن‌ها با مسئله پژوهش، به ۱۳۷ کد مفهومی پالایش شده کاهش یافتند. این کدها در ادامه در قالب ۳۱ مؤلفه فرعی و چهار مقوله اصلی شامل «فناوری‌های توانمندساز دیجیتال»، «فرآیندها و قابلیت‌های زنجیره تأمین»، «دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» و «ارزش آفرینی پایدار» سازمان‌دهی شدند. توزیع کدهای استخراج شده در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱

نتایج کدگذاری و سازمان‌دهی مقوله‌های اصلی پژوهش

مقوله اصلی	تعداد کدهای اولیه	تعداد کدهای پالایش شده	تعداد مؤلفه‌های نهایی	سهم از کل کدهای اولیه
فناوری‌های توانمندساز دیجیتال	۱۱۲	۳۴	۷	۲۶.۷۹
فرآیندها و قابلیت‌های زنجیره تأمین	۹۶	۳۱	۶	۲۲.۹۷
دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی	۱۲۸	۴۱	۸	۳۰.۶۲
ارزش آفرینی پایدار	۸۲	۳۱	۱۰	۱۹.۶۲
مجموع	۴۱۸	۱۳۷	۳۱	۱۰۰.۰۰

همان‌گونه که نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد، بیشترین سهم از کدهای اولیه به مقوله «دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» اختصاص داشت که با ۱۲۸ کد، ۳۰.۶۲ درصد از کل واحدهای کدگذاری شده را شامل می‌شد. این یافته نشان می‌دهد که در ادبیات جدید زنجیره تأمین دیجیتال، هوش مصنوعی صرفاً به‌عنوان یک فناوری مستقل مورد توجه قرار نگرفته، بلکه به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان سازوکار تبدیل داده‌ها و زیرساخت‌های دیجیتال به قابلیت‌های تصمیم‌گیری، پیش‌بینی، بهینه‌سازی و اتوماسیون مطرح شده است. در رتبه بعد، فناوری‌های توانمندساز دیجیتال با ۱۱۲ کد و سهم ۲۶.۷۹ درصد قرار گرفتند که بیانگر اهمیت زیرساخت‌های دیجیتال به‌عنوان نقطه آغاز تحول زنجیره تأمین است. فرآیندها و قابلیت‌های زنجیره تأمین نیز با ۹۶ کد و سهم ۲۲.۹۷ درصد، حلقه ارتباطی میان فناوری و عملکرد سازمانی را تشکیل دادند. در نهایت، ۸۲ کد معادل ۱۹.۶۲ درصد به پیامدهای ارزش‌آفرینی پایدار اختصاص یافت. اگرچه فراوانی این مقوله کمتر از سه مقوله دیگر بود، تحلیل محتوای کدها نشان داد که ارزش‌آفرینی پایدار در اغلب مطالعات به‌عنوان پیامد نهایی به‌کارگیری فناوری و دیجیتالی‌سازی هوشمند مورد توجه قرار گرفته است. به‌طور کلی، ساختار حاصل از کدگذاری نشان داد که منطق غالب در منابع از یک زنجیره مفهومی پیروی می‌کند که از زیرساخت و فناوری دیجیتال آغاز شده، از طریق ایجاد قابلیت‌های زنجیره تأمین و دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی توسعه می‌یابد و در نهایت به ایجاد ارزش اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی منتهی می‌شود.

در گام بعدی، فناوری‌ها و قابلیت‌هایی که در منابع به‌عنوان زمینه و بستر شکل‌گیری زنجیره تأمین دیجیتال مطرح شده بودند، به‌صورت جداگانه بررسی شدند. از آنجا که یک منبع می‌توانست هم‌زمان به بیش از یک فناوری یا قابلیت اشاره کند، مجموع فراوانی‌ها در جدول ۲ بیش از تعداد کل منابع است و درصدها بر اساس نسبت منابع دارای هر مفهوم به کل ۶۴ منبع محاسبه شده‌اند.

جدول ۲

مؤلفه‌های فناوری و قابلیت‌های اصلی زنجیره تأمین دیجیتال

مقوله	مؤلفه استخراج‌شده	تعداد منابع تأییدکننده	درصد از کل منابع	نقش غالب در زنجیره تأمین دیجیتال
فناوری‌های توانمندساز	هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	۲۹	۴۵.۳۱	تحلیل، پیش‌بینی و تصمیم‌گیری هوشمند
فناوری‌های توانمندساز	کلان‌داده و تحلیل پیشرفته داده‌ها	۲۶	۴۰.۶۳	تبدیل داده‌های حجیم به اطلاعات قابل استفاده
فناوری‌های توانمندساز	اینترنت اشیا	۲۳	۳۵.۹۴	اتصال اشیا، جمع‌آوری داده و پایش بلادرنگ
فناوری‌های توانمندساز	بلاکچین	۱۸	۲۸.۱۳	ردیابی، شفافیت و اعتماد بین اعضای زنجیره
فناوری‌های توانمندساز	رایانش ابری	۱۶	۲۵.۰۰	اشتراک داده و یکپارچگی سامانه‌ها
فناوری‌های توانمندساز	دوقلوی دیجیتال	۱۳	۲۰.۳۱	شبیه‌سازی، پایش و بهینه‌سازی فرآیندها
فناوری‌های توانمندساز	اتوماسیون هوشمند	۱۱	۱۷.۱۹	کاهش مداخلات دستی و تسریع عملیات
قابلیت زنجیره تأمین	شفافیت و دیدپذیری سرتاسری	۳۲	۵۰.۰۰	دسترسی به اطلاعات وضعیت زنجیره در زمان مناسب
قابلیت زنجیره تأمین	یکپارچگی و اشتراک اطلاعات	۳۰	۴۶.۸۸	هماهنگی داده و فرآیند میان اعضای زنجیره
قابلیت زنجیره تأمین	انعطاف‌پذیری و پاسخ‌گویی	۲۷	۴۲.۱۹	واکنش سریع به تغییر تقاضا و محیط
قابلیت زنجیره تأمین	تاب‌آوری	۲۵	۳۹.۰۶	پیشگیری، جذب و بازیابی از اختلالات
قابلیت زنجیره تأمین	قابلیت ردیابی	۲۳	۳۵.۹۴	پیگیری جریان مواد، کالا و اطلاعات
قابلیت زنجیره تأمین	هماهنگی و همکاری بین‌سازمانی	۲۱	۳۲.۸۱	هم‌راستاسازی تصمیم‌ها بین شرکای زنجیره

نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که در میان فناوری‌های توانمندساز، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با حضور در ۲۹ منبع و پوشش ۴۵.۳۱ درصد از مجموعه مطالعات بیشترین فراوانی را داشته‌اند و پس از آن کلان‌داده و تحلیل پیشرفته داده‌ها با ۴۰.۶۳ درصد و اینترنت اشیا



با ۳۵.۹۴ درصد قرار گرفته‌اند. این الگو بیانگر آن است که سه عنصر «داده»، «اتصال» و «هوشمندی» هسته اصلی زنجیره تأمین دیجیتال را شکل می‌دهند. اینترنت اشیا امکان تولید و انتقال مستمر داده را فراهم می‌سازد، کلان داده و زیرساخت‌های تحلیلی امکان تجمیع و پردازش داده را ایجاد می‌کنند و هوش مصنوعی قابلیت تبدیل داده به پیش‌بینی و تصمیم را افزایش می‌دهد. بلاکچین، رایانش ابری، دوقلوی دیجیتال و اتوماسیون نیز بیشتر در نقش فناوری‌های مکمل ظاهر شدند که شفافیت، مقیاس‌پذیری، شبیه‌سازی و اجرای خودکار تصمیم‌ها را تقویت می‌کنند. در بخش قابلیت‌های زنجیره تأمین، «شفافیت و دیدپذیری سرتاسری» با ۳۲ منبع و ۵۰.۰۰ درصد بیشترین فراوانی را داشت و پس از آن «یکپارچگی و اشتراک اطلاعات» با ۴۶.۸۸ درصد، «انعطاف‌پذیری و پاسخ‌گویی» با ۴۲.۱۹ درصد و «تاب‌آوری» با ۳۹.۰۶ درصد قرار گرفتند. این نتایج حاکی از آن است که فناوری دیجیتال زمانی به ارزش عملیاتی تبدیل می‌شود که امکان مشاهده وضعیت واقعی زنجیره، تبادل اطلاعات میان واحدها و شرکای تجاری و واکنش سریع به تغییرات و اختلالات را فراهم کند. بنابراین، یافته‌ها نشان دادند که فناوری به‌تنهایی عامل ایجاد ارزش نیست، بلکه ارزش آن از طریق تبدیل شدن به قابلیت‌های سازمانی و بین‌سازمانی قابل بهره‌برداری می‌شود؛ موضوعی که در مدل نهایی، مبنای ارتباط میان زیرساخت دیجیتال و دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی قرار گرفت.

نتایج کدگذاری نشان داد که دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی از مجموعه‌ای از قابلیت‌های مرتبط اما متمایز تشکیل شده است. در این پژوهش، این مفهوم صرفاً به استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی محدود نشد، بلکه به میزان نفوذ منطق هوشمند، داده‌محور، پیش‌بینانه و خودکار در فرآیندهای اصلی زنجیره تأمین اشاره داشت. مؤلفه‌های استخراج‌شده و فراوانی ظهور آن‌ها در منابع در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳

مؤلفه‌های دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی

مؤلفه	تعداد منابع تأییدکننده	درصد از کل منابع	کارکرد اصلی در مدل
تحلیل پیش‌بینانه داده‌ها	۳۸	۵۹.۳۸	پیش‌بینی وضعیت آینده و کاهش عدم قطعیت
تصمیم‌گیری هوشمند	۳۶	۵۶.۲۵	پشتیبانی یا خودکارسازی تصمیم‌های زنجیره تأمین
پیش‌بینی هوشمند تقاضا	۳۱	۴۸.۴۴	کاهش خطای پیش‌بینی و تنظیم برنامه‌های تأمین
بهینه‌سازی موجودی و منابع	۲۹	۴۵.۳۱	کاهش موجودی اضافی و بهبود تخصیص منابع
پیش‌بینی ریسک و اختلال	۲۸	۴۳.۷۵	شناسایی زود هنگام تهدیدها و افزایش تاب‌آوری
اتوماسیون فرآیندهای عملیاتی	۲۷	۴۲.۱۹	افزایش سرعت، دقت و استانداردسازی عملیات
ارزیابی هوشمند تأمین‌کنندگان	۲۳	۳۵.۹۴	بهبود انتخاب، رتبه‌بندی و کنترل عملکرد تأمین‌کننده
بهینه‌سازی حمل‌ونقل و مسیر	۲۲	۳۴.۳۸	کاهش زمان، هزینه و مصرف منابع در لجستیک
یادگیری و انطباق بلادرنگ	۱۹	۲۹.۶۹	اصلاح مستمر تصمیم‌ها بر اساس داده‌های جدید

بر اساس جدول ۳، «تحلیل پیش‌بینانه داده‌ها» با حضور در ۳۸ منبع و سهم ۵۹.۳۸ درصد، برجسته‌ترین مؤلفه دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی بود و پس از آن «تصمیم‌گیری هوشمند» با ۵۶.۲۵ درصد قرار گرفت. این دو مؤلفه نشان می‌دهند که نقش محوری هوش مصنوعی در زنجیره تأمین دیجیتال، عبور از گزارش وضعیت گذشته و حرکت به سمت پیش‌بینی آینده و انتخاب اقدام مناسب است. پیش‌بینی هوشمند تقاضا با ۴۸.۴۴ درصد و بهینه‌سازی موجودی و منابع با ۴۵.۳۱ درصد نیز از دیگر مؤلفه‌های پرتکرار بودند و نشان دادند که مهم‌ترین حوزه‌های کاربردی هوش مصنوعی به مدیریت عدم قطعیت تقاضا و تخصیص بهینه منابع مربوط می‌شوند. همچنین، پیش‌بینی ریسک و اختلال با ۴۳.۷۵ درصد و اتوماسیون فرآیندهای عملیاتی با ۴۲.۱۹ درصد، ارتباط نزدیکی با تاب‌آوری و کارایی عملیاتی زنجیره تأمین

داشتند. در سطح بین‌سازمانی، ارزیابی هوشمند تأمین‌کنندگان در ۳۵.۹۴ درصد از منابع شناسایی شد و بیانگر کاربرد هوش مصنوعی در کاهش عدم تقارن اطلاعات، ارزیابی چندمعیاره عملکرد تأمین‌کنندگان و انتخاب گزینه‌های سازگارتر با اهداف عملکردی و پایداری است. بهینه‌سازی حمل‌ونقل و مسیر نیز در ۳۴.۳۸ درصد منابع مشاهده شد که از یک سو به کاهش هزینه و زمان تحویل و از سوی دیگر به کاهش مصرف سوخت و انتشار آلاینده‌ها مرتبط بود. در نهایت، «یادگیری و انطباق بلادرنگ» اگرچه با ۲۹.۶۹ درصد کمترین فراوانی را در میان مؤلفه‌های این بخش داشت، از نظر مفهومی یکی از پیشرفته‌ترین سطوح دیجیتالی‌سازی شناخته شد؛ زیرا نشان‌دهنده گذار از سیستم‌های ایستا به سیستم‌هایی است که می‌توانند با ورود داده‌های جدید، قواعد تصمیم‌گیری و الگوهای پیش‌بینی خود را به‌طور مستمر اصلاح کنند. برآیند این یافته‌ها نشان داد که نقش میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی از طریق تبدیل داده و زیرساخت دیجیتال به مجموعه‌ای از قابلیت‌های پیش‌بینانه، تجویزی، خودکار و انطباقی تحقق می‌یابد.

در مرحله بعد، پیامدهای شناسایی‌شده در منابع بر اساس منطق سه‌بعدی پایداری در قالب ارزش اقتصادی، ارزش زیست‌محیطی و ارزش اجتماعی طبقه‌بندی شدند. تحلیل نشان داد که ارزش‌آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال یک پیامد تک‌بعدی نیست و به‌صورت هم‌زمان از بهبود عملکرد مالی و عملیاتی، کاهش اثرات منفی محیطی و بهبود کیفیت روابط و مسئولیت‌پذیری اجتماعی تشکیل می‌شود. نتایج این مرحله در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴

ابعاد و مؤلفه‌های ارزش‌آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال

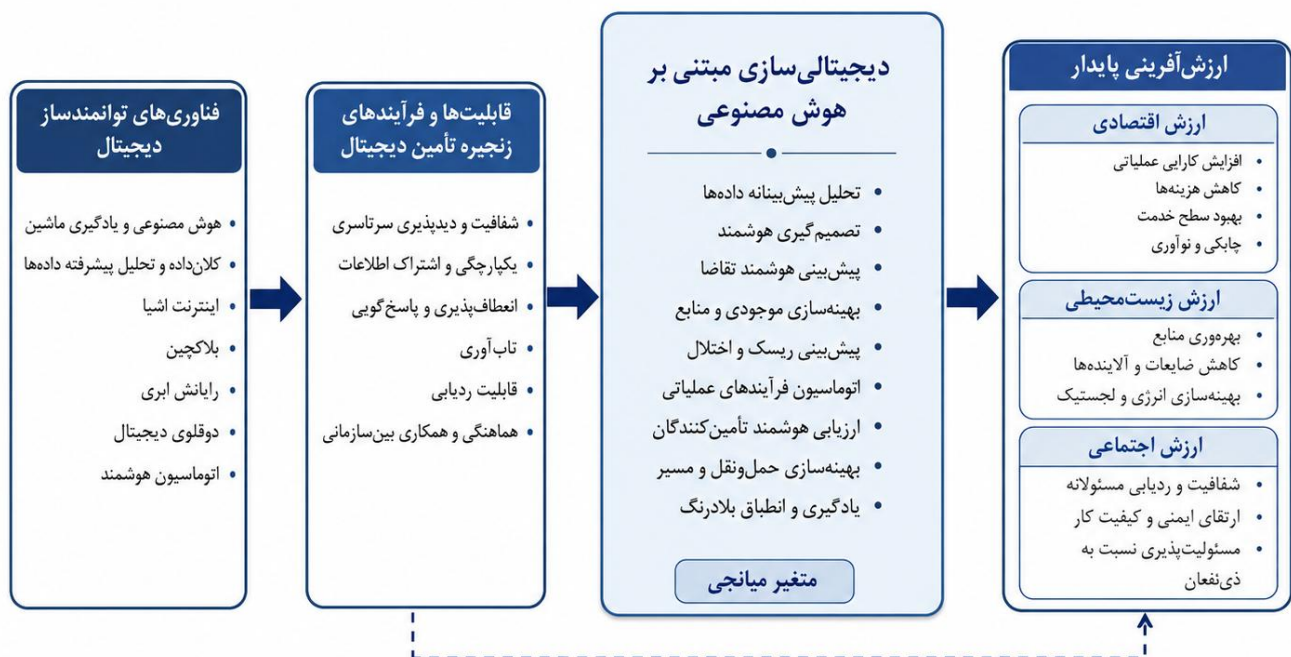
بعد ارزش‌آفرینی	مؤلفه نهایی	تعداد منابع تأییدکننده	درصد از کل منابع	پیامد غالب
اقتصادی	افزایش کارایی عملیاتی	۳۷	۵۷.۸۱	افزایش بهره‌وری و کاهش اتلاف فرآیندی
اقتصادی	کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین	۳۵	۵۴.۶۹	کاهش هزینه موجودی، لجستیک و عملیات
اقتصادی	بهبود سطح خدمت و ارزش مشتری	۲۶	۴۰.۶۳	افزایش سرعت، قابلیت اطمینان و پاسخ‌گویی
اقتصادی	افزایش چابکی و ظرفیت نوآوری	۲۴	۳۷.۵۰	توسعه واکنش سریع و مدل‌های جدید ارزش
زیست‌محیطی	بهره‌وری منابع	۳۱	۴۸.۴۴	کاهش مصرف مواد و استفاده بهینه از منابع
زیست‌محیطی	کاهش ضایعات و انتشار آلاینده‌ها	۲۸	۴۳.۷۵	کاهش اتلاف و آثار زیست‌محیطی
زیست‌محیطی	بهینه‌سازی انرژی و لجستیک	۲۵	۳۹.۰۶	کاهش مصرف انرژی و مسیرهای غیرضروری
اجتماعی	افزایش شفافیت و ردیابی مسئولانه	۲۳	۳۵.۹۴	افزایش قابلیت پاسخ‌گویی و اعتماد
اجتماعی	ارتقای ایمنی و کیفیت شرایط کاری	۱۸	۲۸.۱۳	کاهش خطا و خطرهای عملیاتی
اجتماعی	تقویت مسئولیت‌پذیری در برابر ذی‌نفعان	۱۶	۲۵.۰۰	بهبود پاسخ‌گویی اجتماعی و بین‌سازمانی

یافته‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که بعد اقتصادی در ادبیات مورد بررسی بیشترین برجستگی را داشته است؛ به‌طوری‌که افزایش کارایی عملیاتی در ۵۷.۸۱ درصد و کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین در ۵۴.۶۹ درصد از منابع مورد اشاره قرار گرفته است. این یافته نشان می‌دهد که یکی از نخستین نتایج قابل مشاهده دیجیتالی‌سازی زنجیره تأمین، کاهش عدم کارایی و بهبود نحوه تخصیص منابع است. بااین‌حال، شواهد تنها به پیامدهای اقتصادی محدود نبودند. در بعد زیست‌محیطی، بهره‌وری منابع با حضور در ۴۸.۴۴ درصد منابع، کاهش ضایعات و انتشار آلاینده‌ها با ۴۳.۷۵ درصد و بهینه‌سازی انرژی و لجستیک با ۳۹.۰۶ درصد شناسایی شدند. این مؤلفه‌ها نشان می‌دهند که هوش مصنوعی و فناوری‌های دیجیتال می‌توانند از طریق پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضا، کاهش موجودی و تولید مازاد، انتخاب مسیرهای مناسب‌تر حمل‌ونقل، پایش مصرف منابع و هماهنگی بهتر جریان مواد، آثار محیطی زنجیره تأمین را کاهش دهند. در بعد اجتماعی نیز شفافیت و ردیابی مسئولانه

با ۳۵.۹۴ درصد بیشترین فراوانی را داشت و پس از آن ارتقای ایمنی و کیفیت شرایط کاری با ۲۸.۱۳ درصد و مسئولیت پذیری در برابر ذی نفعان با ۲۵.۰۰ درصد قرار گرفتند. پایین تر بودن فراوانی مؤلفه های اجتماعی در مقایسه با مؤلفه های اقتصادی و زیست محیطی نشان می دهد که بخش عمده ادبیات فعلی هنوز بر کارایی، هزینه و محیط زیست تمرکز بیشتری دارد، اما وجود مستمر مؤلفه های اجتماعی نشان می دهد که مفهوم ارزش آفرینی پایدار در حال توسعه به سمت رویکردی جامع تر است. بر این اساس، در مدل نهایی پژوهش ارزش آفرینی پایدار به صورت یک سازه چندبعدی تعریف شد که تحقق آن مستلزم ایجاد توازن و هم افزایی میان ارزش اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی است.

شکل ۱

مدل مفهومی ارزش آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با نقش میانجی دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی



مدل نهایی استخراج شده از تحلیل محتوا نشان داد که مسیر ارزش آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال از یک ساختار چندمرحله ای برخوردار است. در ابتدای این ساختار، فناوری های توانمندساز دیجیتال شامل هوش مصنوعی، تحلیل کلان داده، اینترنت اشیا، بلاکچین، رایانش ابری، دوقلوی دیجیتال و اتوماسیون هوشمند قرار می گیرند که زیرساخت لازم برای جمع آوری، انتقال، یکپارچه سازی و پردازش داده را فراهم می کنند. این فناوری ها به شکل گیری قابلیت هایی مانند دیدپذیری سرتاسری، یکپارچگی اطلاعات، ردیابی، هماهنگی، انعطاف پذیری و تاب آوری در زنجیره تأمین منجر می شوند. با این حال، یافته ها نشان دادند که وجود فناوری و داده به تنهایی برای دستیابی به ارزش آفرینی پایدار کافی نیست و بخش مهمی از اثر آن ها از طریق «دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» منتقل می شود. در این نقش میانجی، داده های ایجاد شده در بستر دیجیتال از طریق تحلیل پیش بینانه، پیش بینی تقاضا، ارزیابی هوشمند ریسک، بهینه سازی موجودی و منابع، تصمیم گیری هوشمند، اتوماسیون و یادگیری بلادرنگ به اقدامات مدیریتی و عملیاتی قابل اجرا تبدیل می شوند. این تبدیل موجب می شود ظرفیت بالقوه فناوری های دیجیتال به ارزش بالفعل برای سازمان و سایر ذی نفعان زنجیره تبدیل شود. در ادامه مدل، پیامدهای این فرآیند در سه بعد اصلی ارزش آفرینی پایدار ظاهر می شوند؛ به گونه ای که در بعد اقتصادی، کارایی، کاهش هزینه، چابکی و ارزش مشتری افزایش می یابد؛ در بعد زیست محیطی، مصرف منابع، ضایعات، مصرف انرژی و انتشار آلاینده ها کاهش پیدا می کند؛ و در بعد اجتماعی، شفافیت،

ردیابی، ایمنی و مسئولیت‌پذیری نسبت به ذی‌نفعان تقویت می‌شود. بنابراین، مدل نهایی بیانگر آن است که دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی نقش یک حلقه تبدیل‌کننده را بین «ظرفیت دیجیتال» و «ارزش‌آفرینی پایدار» ایفا می‌کند. به عبارت دیگر، هرچه زنجیره تأمین از زیرساخت‌های دیجیتال پیشرفته‌تری برخوردار باشد، امکان شکل‌گیری دیجیتالی‌سازی هوشمند افزایش می‌یابد و هرچه قابلیت‌های هوش مصنوعی در تحلیل، پیش‌بینی، بهینه‌سازی و تصمیم‌گیری عمیق‌تر در فرآیندهای زنجیره ادغام شوند، احتمال دستیابی هم‌زمان به پیامدهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مطلوب نیز بیشتر خواهد شد. برآیند یافته‌ها از این دیدگاه حمایت می‌کند که مزیت واقعی تحول دیجیتال نه در مالکیت فناوری، بلکه در توانایی سازمان برای تبدیل فناوری و داده به تصمیم‌های هوشمند و سپس تبدیل این تصمیم‌ها به ارزش پایدار نهفته است.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف ارائه مدل ارزش‌آفرینی پایدار در زنجیره تأمین دیجیتال با تأکید بر نقش میانجی دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی انجام شد. یافته‌های حاصل از تحلیل محتوای ۶۴ منبع علمی نشان داد که ساختار مفهومی این حوزه را می‌توان در چهار مقوله اصلی شامل «فناوری‌های توانمندساز دیجیتال»، «قابلیت‌ها و فرآیندهای زنجیره تأمین دیجیتال»، «دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» و «ارزش‌آفرینی پایدار» سازمان‌دهی کرد. از مجموع ۴۱۸ کد اولیه استخراج‌شده، بیشترین سهم به دیجیتالی‌سازی مبتنی بر هوش مصنوعی با ۱۲۸ کد و ۳۰.۶۲ درصد اختصاص داشت و پس از آن فناوری‌های توانمندساز دیجیتال با ۲۶.۷۹ درصد، قابلیت‌ها و فرآیندهای زنجیره تأمین با ۲۲.۹۷ درصد و ارزش‌آفرینی پایدار با ۱۹.۶۲ درصد قرار گرفتند. این الگو نشان می‌دهد که در ادبیات جدید زنجیره تأمین، توجه پژوهشگران از صرف برخورداری از فناوری به سمت نحوه استفاده هوشمند از فناوری و تبدیل داده به تصمیم، پیش‌بینی، بهینه‌سازی و اقدام سوق یافته است. این نتیجه با دیدگاهی هماهنگ است که تحول دیجیتال را صرفاً تجهیز سازمان به فناوری نمی‌داند، بلکه آن را فرآیندی برای بازطراحی مدل‌های کسب‌وکار، فرآیندهای سازمانی و منطق خلق ارزش تلقی می‌کند (Nuerk & Dařena, 2025; Syed et al., 2024).

یکی از مهم‌ترین یافته‌های پژوهش حاضر آن بود که فناوری‌های توانمندساز دیجیتال، اگرچه بستر اولیه ارزش‌آفرینی را ایجاد می‌کنند، به‌تنهایی برای تحقق ارزش پایدار کافی نیستند. در میان فناوری‌های شناسایی‌شده، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین با فراوانی ۴۵.۳۱ درصد، کلان‌داده و تحلیل پیشرفته با ۴۰.۶۳ درصد و اینترنت اشیا با ۳۵.۹۴ درصد بیشترین حضور را در منابع داشتند. این یافته نشان می‌دهد که معماری زنجیره تأمین دیجیتال به‌طور اساسی بر سه قابلیت «تولید داده»، «اتصال و تبادل داده» و «تحلیل هوشمند داده» استوار است. اینترنت اشیا جریان‌های داده‌ای را در زمان واقعی فراهم می‌کند، کلان‌داده امکان تجمیع و پردازش حجم وسیع اطلاعات را ایجاد می‌کند و هوش مصنوعی ظرفیت تحلیل، یادگیری و تصمیم‌گیری را به این زیرساخت اضافه می‌کند. این نتیجه با یافته‌های پژوهش‌هایی همسو است که نقش فناوری‌های دیجیتال را در افزایش پردازش اطلاعات، کاهش عدم‌اطمینان و تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین تأیید کرده‌اند (Haicao et al., 2024; Rashid et al., 2024). همچنین، نتایج شبیه‌سازی زنجیره‌های تأمین دیجیتال نشان داده‌اند که دسترسی بهتر به اطلاعات و قابلیت مشاهده بلادرنگ می‌تواند زنجیره را در مواجهه با اختلالات افزایش دهد (Ivanov et al., 2024).

در سطح قابلیت‌های زنجیره تأمین، یافته‌ها نشان داد که «شفافیت و دیدپذیری سرتاسری» با ۵۰.۰۰ درصد بیشترین فراوانی را در منابع مورد بررسی داشته است و پس از آن «یکپارچگی و اشتراک اطلاعات» با ۴۶.۸۸ درصد، «انعطاف‌پذیری و پاسخ‌گویی» با ۴۲.۱۹ درصد و «تاب‌آوری» با ۳۹.۰۶ درصد قرار گرفته‌اند. این نتیجه مؤید آن است که ارزش فناوری زمانی آشکار می‌شود که به قابلیت سازمانی قابل استفاده تبدیل شود. به بیان دیگر، برخورداری از حسگرها، پلتفرم‌ها و الگوریتم‌های پیشرفته در صورتی می‌تواند به بهبود عملکرد منجر شود

که مدیران بتوانند از آن‌ها برای مشاهده دقیق‌تر وضعیت زنجیره، اشتراک داده میان شرکا، هماهنگی تصمیم‌ها و واکنش سریع‌تر به تغییرات استفاده کنند. این نتیجه با پژوهش Yu همخوان است که نشان داد یکپارچگی زنجیره تأمین می‌تواند نقش میانجی در رابطه میان تحول دیجیتال و تاب‌آوری ایفا کند (Yu, 2025). همچنین، یافته‌های Yao نشان می‌دهد که تاب‌آوری نتیجه تعامل چندین قابلیت ساختاری و مدیریتی است و نمی‌توان آن را پیامد مستقیم و ساده یک فناوری منفرد در نظر گرفت (Yao, 2025).

یافته محوری پژوهش حاضر مربوط به جایگاه «دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی» به عنوان حلقه واسط میان قابلیت‌های دیجیتال و ارزش آفرینی پایدار بود. در این مقوله، تحلیل پیش‌بینانه داده‌ها با ۵۹.۳۸ درصد و تصمیم‌گیری هوشمند با ۵۶.۲۵ درصد بیشترین تکرار را داشتند و پس از آن پیش‌بینی هوشمند تقاضا، بهینه‌سازی موجودی و منابع، پیش‌بینی ریسک، اتوماسیون فرآیندها و ارزیابی هوشمند تأمین‌کنندگان قرار گرفتند. این یافته نشان می‌دهد که هوش مصنوعی در زنجیره تأمین بیش از آنکه یک ابزار منفرد باشد، نوعی قابلیت تبدیل‌کننده است که داده خام را به دانش و تصمیم عملیاتی تبدیل می‌کند. به عبارت دیگر، دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی موجب می‌شود زنجیره تأمین از سطح «قابلیت مشاهده» به سطح «قابلیت پیش‌بینی و اقدام» ارتقا یابد. این تبیین با یافته‌های Dubey و همکاران همسو است که کاربرد هوش مصنوعی مولد را در ارزیابی، الگوبرداری و توسعه چارچوب‌های تصمیم‌گیری در مدیریت عملیات و زنجیره تأمین برجسته کرده‌اند (Dubey et al., 2024). همچنین، پژوهش Kashmiri Haq و Bagheri Gharabagh نشان داده است که پذیرش هوش مصنوعی و تحول دیجیتال می‌تواند به افزایش تاب‌آوری و هم‌آفرینی ارزش منجر شود (Kashmiri Haq & Bagheri Gharabagh, 2024).

نقش میانجی دیجیتال سازی مبتنی بر هوش مصنوعی را می‌توان از منظر نظری نیز توضیح داد. فناوری‌های دیجیتال در سطح اولیه ظرفیت جمع‌آوری، انتقال و ذخیره داده را ایجاد می‌کنند، اما این ظرفیت زمانی به ارزش تبدیل می‌شود که سازمان بتواند روابط میان داده‌ها را شناسایی، شرایط آینده را پیش‌بینی و بهترین گزینه اقدام را انتخاب کند. هوش مصنوعی در این مرحله امکان تحلیل غیرخطی، یادگیری از الگوهای گذشته، تشخیص ناهنجاری، پیش‌بینی ریسک و بهینه‌سازی تصمیم را فراهم می‌آورد. بنابراین، نقش میانجی آن بیانگر فرآیندی است که طی آن ظرفیت فناورانه به ظرفیت مدیریتی تبدیل می‌شود. این نتیجه با یافته‌های Rashid و همکاران همسو است که نشان دادند ترکیب تحلیل کلان‌داده و هوش مصنوعی می‌تواند از طریق تقویت شیوه‌های زنجیره تأمین سبز، عملکرد پایدار را ارتقا دهد (Rashid et al., 2025). همچنین، مطالعات مربوط به صنعت ۴.۰ نشان می‌دهند که تحقق مزایای پایداری در زنجیره تأمین نیازمند یکپارچه‌سازی فناوری با فرآیندهای تصمیم‌گیری و راهبردهای سازمانی است (Pervez et al., 2026).

یافته دیگر پژوهش حاضر آن بود که ارزش آفرینی پایدار ماهیتی چندبعدی دارد و نمی‌توان آن را صرفاً به عملکرد مالی یا کاهش هزینه محدود کرد. در بعد اقتصادی، افزایش کارایی عملیاتی با ۵۷.۸۱ درصد و کاهش هزینه‌های زنجیره تأمین با ۵۴.۶۹ درصد بیشترین فراوانی را داشتند. این نتیجه نشان می‌دهد که نخستین آثار قابل مشاهده دیجیتال سازی و هوشمندسازی معمولاً در قالب کاهش اتلاف، بهینه‌سازی منابع، کاهش موجودی اضافی و افزایش بهره‌وری ظاهر می‌شوند. یافته مزبور با مطالعات داخلی درباره طراحی مدل ارزش افزوده در زنجیره تأمین با رویکرد توسعه پایدار همسو است (Amiri et al., 2024). همچنین، توسعه سناریوهای زنجیره تأمین پایدار در صنایع مختلف نشان داده است که ترکیب کارایی اقتصادی با ملاحظات پایداری می‌تواند مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری راهبردی باشد (Abedini et al., 2024). از این منظر، ارزش اقتصادی نه در تقابل با پایداری، بلکه بخشی از یک ساختار چندبعدی ارزش آفرینی است.

در بعد زیست‌محیطی نیز یافته‌ها نشان داد که بهره‌وری منابع، کاهش ضایعات و انتشار آلاینده‌ها و بهینه‌سازی انرژی و لجستیک از مهم‌ترین پیامدهای زنجیره تأمین دیجیتال هستند. این موضوع را می‌توان با ظرفیت هوش مصنوعی برای پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضا، کاهش

تولید مازاد، بهینه‌سازی مسیر حمل‌ونقل، کنترل مصرف انرژی و مدیریت جریان مواد توضیح داد. هرچه پیش‌بینی و برنامه‌ریزی دقیق‌تر باشد، احتمال موجودی مازاد، حمل‌ونقل غیرضروری، اتلاف مواد اولیه و مصرف بی‌رویه انرژی کاهش می‌یابد. این یافته با پژوهش‌هایی همسو است که بر نقش فناوری‌های نوظهور در تسهیل اقتصاد چرخشی و ارتقای بهره‌وری منابع تأکید کرده‌اند (Mamun, 2025; Tathavadekar, 2025). همچنین، بررسی زنجیره‌های تأمین معکوس در صنایع مبتنی بر مواد نشان داده است که دیجیتالی‌شدن می‌تواند ردیابی و بازگرداندن مواد به چرخه تولید را تسهیل کند و از این طریق از ایجاد ارزش پایدار حمایت نماید (Zhang et al., 2026).

در بعد اجتماعی، شفافیت و ردیابی مسئولانه، ارتقای ایمنی و کیفیت شرایط کاری و مسئولیت‌پذیری نسبت به ذی‌نفعان به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌ها استخراج شدند. اگرچه فراوانی این مؤلفه‌ها کمتر از پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی بود، حضور آن‌ها در ساختار نهایی مدل اهمیت مفهومی بالایی دارد. فناوری‌های دیجیتال می‌توانند منشأ مواد، شرایط تولید، عملکرد تأمین‌کنندگان و نحوه جابه‌جایی کالا را شفاف‌تر سازند و بدین ترتیب زمینه پاسخ‌گویی بیشتر سازمان را فراهم کنند. بلاکچین و سامانه‌های ردیابی دیجیتال، به‌ویژه در زنجیره‌های پیچیده، می‌توانند اعتماد میان بازیگران را افزایش دهند و امکان پایش مسئولیت‌پذیری را فراهم کنند. این تبیین با یافته‌های مربوط به کاربرد بلاکچین در مدیریت جریان‌های مالی و اطلاعاتی سازگار است (Hakimi et al., 2024). در عین حال، توسعه پایداری اجتماعی مستلزم همکاری گسترده میان اعضای زنجیره است و نمی‌توان آن را تنها از طریق یک سازمان محقق ساخت (Singh et al., 2025).

نتایج همچنین نشان داد که همکاری بین‌سازمانی و یکپارچگی اطلاعاتی از عناصر کلیدی انتقال اثر فناوری به ارزش پایدار هستند. این نتیجه اهمیت نگاه شبکه‌ای به زنجیره تأمین را برجسته می‌کند؛ زیرا ارزش‌آفرینی پایدار حاصل عملکرد یک بازیگر منفرد نیست، بلکه به نحوه تعامل تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان، توزیع‌کنندگان، ارائه‌دهندگان خدمات و مشتریان وابسته است. مطالعات مربوط به تأمین مالی پایدار زنجیره نیز نشان داده‌اند که همکاری و هماهنگی میان بازیگران در تخصیص منابع و تصمیم‌های مالی می‌تواند بر عملکرد کل شبکه اثرگذار باشد (Slavinskaitė et al., 2025; Zhou & Masi, 2025). بنابراین، دیجیتالی‌سازی زمانی بیشترین ارزش را ایجاد می‌کند که به ایجاد یک فضای مشترک اطلاعاتی و تصمیم‌گیری هماهنگ منجر شود، نه آنکه صرفاً در داخل مرزهای یک سازمان باقی بماند.

از سوی دیگر، یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که تاب‌آوری و پایداری را نباید دو هدف جداگانه در نظر گرفت. زنجیره‌ای که از نظر اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی پایدار است اما در برابر اختلالات توان واکنش ندارد، در بلندمدت قادر به حفظ ارزش نخواهد بود. به همین ترتیب، زنجیره‌ای که تنها تاب‌آور است اما هزینه‌های محیطی یا اجتماعی سنگینی ایجاد می‌کند نیز نمی‌تواند پایدار تلقی شود. نتایج مطالعات شبیه‌سازی چندسرمایه‌ای نشان داده است که مواجهه مؤثر با اختلالات نیازمند در نظر گرفتن هم‌زمان ابعاد مختلف پایداری است (Longo et al., 2026). علاوه بر این، مطالعات مقایسه‌ای درباره مسیرهای پایداری مواد و صنایع مختلف نشان داده‌اند که طراحی زنجیره‌های پایدار به ویژگی‌های منابع، ساختار صنعت و نوع فناوری مورد استفاده وابسته است (O'Connor, 2026). بر این اساس، مدل حاضر با ادغام تاب‌آوری، دیجیتالی‌شدن و ارزش‌آفرینی پایدار، تصویری جامع‌تر از عملکرد آینده زنجیره تأمین ارائه می‌کند.

یکی دیگر از نکات مهم یافته‌ها، ضرورت توجه به زمینه صنعتی در پیاده‌سازی مدل است. مطالعات نشان داده‌اند که زنجیره‌های محصولات فسادپذیر، صنایع تولیدی، حوزه سلامت و زنجیره‌های مبتنی بر مواد اولیه با انواع متفاوتی از عدم قطعیت، محدودیت و الزام پایداری مواجه‌اند. برای مثال، در زنجیره محصولات فسادپذیر، تصمیم‌گیری درباره مکان تأسیسات، حمل‌ونقل و زمان‌بندی ارتباط مستقیمی با کاهش ضایعات و مدیریت عدم قطعیت دارد (Zijoodi et al., 2025). در زنجیره تأمین بیمارستان نیز پایداری باید هم‌زمان با تداوم تأمین اقلام حیاتی و کیفیت خدمات مورد توجه قرار گیرد (Ruiz-Orjuela et al., 2025). بنابراین، اگرچه مدل پژوهش حاضر دارای ساختار عمومی است، وزن و اهمیت هر مؤلفه می‌تواند بر اساس صنعت، نوع محصول، سطح پیچیدگی زنجیره و شدت عدم اطمینان متفاوت باشد.

یافته‌ها همچنین نشان می‌دهند که توسعه زنجیره تأمین دیجیتال بدون مدیریت مخاطرات جدید می‌تواند نتایج معکوسی ایجاد کند. افزایش اتصال و اشتراک داده در کنار مزایای فراوان، سطح آسیب‌پذیری سایبری را نیز افزایش می‌دهد. در نتیجه، امنیت داده، محرمانگی، قابلیت اعتماد سیستم و تاب‌آوری سایبری باید جزئی از مدل تحول دیجیتال باشند. مطالعات امنیت زنجیره تأمین دیجیتال بر ضرورت حفاظت از زیرساخت‌های اطلاعاتی در شرکت‌های لجستیکی و حمل‌ونقل تأکید کرده‌اند (Odimarha et al., 2024). همچنین، ادبیات مدیریت ریسک نشان می‌دهد که فناوری‌های دیجیتال می‌توانند هم ریسک را کاهش دهند و هم انواع جدیدی از وابستگی و آسیب‌پذیری ایجاد کنند (Song et al., 2024). بنابراین، دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی باید همراه با سازوکارهای امنیتی، کنترل داده و مدیریت ریسک توسعه یابد تا بتواند به ارزش پایدار منجر شود.

در مجموع، مدل استخراج‌شده در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که مسیر ارزش آفرینی پایدار از یک رابطه خطی ساده میان «فناوری» و «عملکرد» تشکیل نشده است، بلکه فرآیندی چندمرحله‌ای است. فناوری‌های دیجیتال ابتدا زمینه تولید، دسترسی و تبادل اطلاعات را ایجاد می‌کنند؛ این زیرساخت‌ها سپس به قابلیت‌هایی نظیر شفافیت، یکپارچگی، انعطاف‌پذیری، ردیابی و تاب‌آوری تبدیل می‌شوند؛ دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی این قابلیت‌ها را از طریق تحلیل پیش‌بینانه، تصمیم‌گیری هوشمند، بهینه‌سازی و اتوماسیون به سطحی بالاتر ارتقا می‌دهد؛ و در نهایت، پیامدهای این تحول در قالب ارزش اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی ظاهر می‌شوند. این الگوی تبیینی با مجموعه‌ای از مطالعات حوزه تحول دیجیتال، تاب‌آوری، پایداری، اقتصاد چرخشی و هوش مصنوعی سازگار است و نشان می‌دهد که مزیت اصلی زنجیره تأمین دیجیتال نه صرفاً در برخورداری از فناوری، بلکه در توانایی تبدیل داده و فناوری به تصمیم‌های هوشمند و سپس تبدیل این تصمیم‌ها به ارزش پایدار برای مجموعه ذی‌نفعان نهفته است (Asiedu et al., 2026; Pervez et al., 2026; Rashid et al., 2025).

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی همراه بود که در تفسیر یافته‌ها باید مورد توجه قرار گیرند. نخست، این مطالعه بر تحلیل اسناد و منابع علمی منتشرشده استوار بود و بنابراین مدل پیشنهادی هنوز در یک نمونه تجربی از سازمان‌ها یا زنجیره‌های تأمین آزمون نشده است. دوم، تمرکز اصلی بر منابع سال‌های ۲۰۲۴ تا ۲۰۲۶ موجب شد جدیدترین دیدگاه‌های علمی پوشش داده شوند، اما ممکن است برخی مطالعات بنیادی پیشین که در پایگاه‌های منتخب یا جست‌وجوی کلیدواژه‌ای شناسایی نشده‌اند در مجموعه تحلیل حضور نداشته باشند. سوم، تفاوت صنایع، کشورها، سطح بلوغ دیجیتال و ویژگی‌های نهادی می‌تواند موجب تفاوت در اهمیت نسبی مؤلفه‌های مدل شود. افزون بر این، تحلیل محتوا به‌رغم کدگذاری نظام‌مند، همچنان تا حدی وابسته به تفسیر پژوهشگر است و ممکن است شیوه طبقه‌بندی برخی مفاهیم در پژوهش‌های دیگر متفاوت باشد.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده مدل مفهومی ارائه‌شده با استفاده از روش‌های کمی و نمونه‌های واقعی از مدیران و متخصصان زنجیره تأمین مورد آزمون تجربی قرار گیرد. طراحی پرسشنامه برای سنجش فناوری‌های توانمندساز، قابلیت‌های زنجیره تأمین، دیجیتالی سازی مبتنی بر هوش مصنوعی و ابعاد ارزش آفرینی پایدار و سپس استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری می‌تواند امکان آزمون مستقیم و غیرمستقیم روابط مدل را فراهم کند. همچنین، مقایسه صنایع مختلف، بررسی تفاوت میان شرکت‌های کوچک و بزرگ، تحلیل اثر سطح بلوغ دیجیتال و مطالعه نقش متغیرهای تعدیل‌گر مانند عدم اطمینان محیطی، فرهنگ دیجیتال، امنیت سایبری و حمایت مدیریت ارشد می‌تواند به توسعه مدل کمک کند. انجام مطالعات طولی نیز پیشنهاد می‌شود تا مشخص شود تأثیر سرمایه‌گذاری‌های دیجیتال و هوش مصنوعی بر ارزش آفرینی پایدار در طول زمان چگونه تغییر می‌کند.

به مدیران سازمان‌ها پیشنهاد می‌شود تحول دیجیتال زنجیره تأمین را به خرید و استقرار فناوری محدود نکنند و هم‌زمان بر توسعه قابلیت‌های داده‌ای، تحلیلی، انسانی و بین‌سازمانی تمرکز داشته باشند. ایجاد زیرساخت یکپارچه داده، توسعه سامانه‌های پیش‌بینی و

تصمیم‌گیری هوشمند، آموزش کارکنان، افزایش همکاری با تأمین‌کنندگان و طراحی شاخص‌های مشترک اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی می‌تواند احتمال تحقق ارزش پایدار را افزایش دهد. همچنین، توصیه می‌شود پروژه‌های هوش مصنوعی ابتدا در فرآیندهایی اجرا شوند که دارای داده کافی و پیامد قابل اندازه‌گیری هستند، مانند پیش‌بینی تقاضا، موجودی، مدیریت ریسک و حمل‌ونقل، و سپس به سایر بخش‌های زنجیره توسعه یابند. هم‌زمان، ایجاد سازوکارهای حکمرانی داده، کنترل امنیت سایبری، ارزیابی مستمر آثار زیست‌محیطی و اجتماعی و تعریف مسئولیت روشن برای تصمیم‌های خودکار باید بخشی جدایی‌ناپذیر از برنامه دیجیتالی‌سازی سازمان باشد.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافع وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازن اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازن و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

- Abedini, M., Mohammad Ali Pour, N., Shah Mansouri, A., & Rabiei, M. (2024). Feasible Scenarios for a Sustainable Supply Chain in the Dairy Industry with a Foresight Approach. *Value Creation in Business Management Journal*, 2, 201-222. https://www.jvcbm.ir/article_190231.html
- Amiri, A., Heidari, S. A., & Mirabi, V. R. (2024). Value-added model of the petrochemical industry supply chain with a sustainable development approach. *Quarterly Journal of Value Creation in Business Management*, 4(3), 366-388. <https://doi.org/10.61838/kman.jtesm.3.2.13>
- Asiedu, E., Malm, E., & Majeed, M. (2026). Green Supply Chain Management and Sustainable Competitive Advantage: Exploring the Role of Green Ambidexterity Innovation. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 23(4), 1-18. <https://doi.org/10.1108/MSRA-02-2025-0006>
- Dubey, R., Gunasekaran, A., & Papadopoulos, T. (2024). Benchmarking operations and supply chain management practices using Generative AI: Towards a theoretical framework. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 189, 103689. <https://doi.org/10.1016/j.TRE.2024.103689>
- Haicao, S., Rui, C., Heshan, C., Pan, L., & Dongwei, Y. (2024). The impact of manufacturing digital supply chain on supply chain disruption risks under uncertain environment—Based on dynamic capability perspective. *Advanced Engineering Informatics*. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102385>
- Hakimi, N., Fathi, Z., & Pourbahrami, B. (2024). Application of Metacombination Technique in the Financial Flow Based on Blockchain Technology in the Hospital Ecosystem. *Dynamic Management and Business Analysis*, 2(4), 74-93. <https://doi.org/10.22034/dmbaj.2024.2035663.1036>



- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2024). The digital supply chain and resilience: A simulation study. *International Journal of Production Research*, 62(8), 2345–2365. <https://doi.org/10.1080/00207543.2024.1823456>
- Kashmiri Haq, M. A., & Bagheri Gharabagh, H. (2024). Reflecting on the role of AI adoption and digital transformation on supply chain resilience and value co-creation: The moderating role of market uncertainty. *Supply chain management*, 26(85), 35-46. <https://www.magiran.com/paper/2874350/examining-the-role-of-adoption-of-artificial-intelligence-and-digital-transformation-on-supply-chain-resilience-and-value-co-creation-the-moderating-role-of-market-uncertainty?lang=en>
- Longo, F., Mirabelli, G., & Solina, V. (2026). A Simulation Model for Addressing Supply Chain Disruptions under a Multi-Capital Sustainability Perspective: A Case Study in the Agri-Food Sector. *Journal of Simulation*, 20(1), 1-18. <https://doi.org/10.1080/17477778.2024.2341015>
- Mamun, M. M. (2025). *Circular Economy and Digital Supply Chain: The role of emerging technologies for facilitating sustainability* School of Innovation & technology, University of VAASA]. <https://osuva.uwasa.fi/items/59acbf49-8c3b-4826-ab9f-e973b2c73e76>
- Nuerk, J., & Dařena, F. (2025). Systems Engineering Methodology for Digital Supply Chain Business Models. *Systems Engineering*, 28(3), 411-437. <https://doi.org/10.1002/sys.21802>
- O'Connor, L. (2026). A Comparative Review of Material Supply Chains and Sustainability Pathways in Steel and Battery Technologies. *The Extractive Industries and Society*, 46, 101560. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2025.101814>
- Odimarha, A. C., Ayodeji, S. A., & Abaku, E. A. (2024). Securing the Digital Supply Chain: Cybersecurity Best Practices for Logistics and Shipping Companies. *World Journal of Advanced Science and Technology*, 5(1), 026-030. <https://doi.org/10.53346/wjast.2024.5.1.0030>
- Pervez, H., Saunila, M., Rantala, T., & Ukko, J. (2026). Navigating the Sustainable Industry 4.0 Transformation in Supply Chains: A Systematic Review and Future Research Agenda. *International Journal of Production Research*, 64(1), 294-329. <https://doi.org/10.1080/00207543.2025.2550458>
- Rashid, A., Baloch, N., Rasheed, R., & Ngah, A. H. (2025). Big data analytics-artificial intelligence and sustainable performance through green supply chain practices in manufacturing firms of a developing country. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 16(1), 42-67. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-04-2023-0050>
- Rashid, A., Rasheed, R., Ngah, A. H., Pradeepa Jayaratne, M. D. R., Rahi, S., & Tunio, M. N. (2024). Role of information processing and digital supply chain in supply chain resilience through supply chain risk management. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 17(2), 429-447. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-12-2023-0106>
- Ruiz-Orjuela, E. T., Gatica, G., & Adarme-Jaimes, W. (2025). Enhancing sustainability in the hospital supply chain: An analysis of advancements, challenges, and future directions. In *Advanced Research in Technologies, Information, Innovation and Sustainability* (pp. 201-215). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-84078-4_15
- Samouri, H. R., Fadaei Keyvani, R., & Kazem-Pour Dehka, P. (2025). The impact of digitalization on firm performance: Examining the roles of digital culture and supply chain capability (A case study of manufacturing firms in Rasht Industrial City). *Proceedings of the 13th National Congress on Emerging Technologies in Sustainable Development in Iran*,
- Singh, R. K., Mishra, R., & He, Q. (2025). Sustainable Supply Chain and Environmental Collaboration in the Supply Chain Management: Agenda for Future Research and Implications. *Business Strategy and the Environment*, 34(5), 5487-5513. <https://doi.org/10.1002/bse.4136>
- Slavinskaitė, N., Čižiūnienė, K., & Bundonytė, V. (2025). Assessment of the Sustainable Supply Chain Finance Factors. *Sustainability*, 17(3), 1002. <https://doi.org/10.3390/su17031002>
- Song, H., Chen, S., & Xu, Y. (2024). Risk management in digital supply chains: Interplay of digital technologies and uncertainty. *Journal of Business Research*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1474034624000338>
- Syed, M. T., Khan, M. S., & Kadhum, M. M. (2024). The Digital Supply Chain: Challenges and Opportunities in Industry 4.0. *SI*, 5(2), 7-13. <https://doi.org/10.51470/esl.2024.5.2.07>
- Tathavadekar, V. P. (2025). Sustainable and Resilient Supply Chain Practices through Digital Transformation and Circular Economy Strategies. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://zenodo.org/records/15605978/files/V13i601.pdf%3Fdownload%3D1&ved=2ahUKEwieoc2ai9eSAxUIXKQEH4GApQFnoECBsQAQ&usq=A_OvVaw0S-paBPhl3RbMbSdYMcOWv
- Yao, J. (2025). Analysis of the Factors Influencing Grain Supply Chain Resilience in China Using Bayesian Structural Equation Modeling. *Sustainability*, 17(7), 3250. <https://doi.org/10.3390/su17073250>
- Yu, Y. (2025). The Impact of Digital Transformation on Supply Chain Resilience in Manufacturing: The Mediating Role of Supply Chain Integration. *Sustainability*, 17(9), 3873. <https://doi.org/10.3390/su17093873>
- Zhang, L., Ng, E., & Rahman, M. M. (2026). Mapping the Transition to Automotive Circularity: A Systematic Review of Reverse Supply Chain Implementation. *Sustainability*, 18(2), 1129. <https://doi.org/10.3390/su18021129>
- Zhou, W., & Masi, D. (2025). Sustainable Supply Chain Finance: A Multiple Case Study. *Sustainability*, 17(11), 4862. <https://doi.org/10.3390/su17114862>



Zijoodi, A. A., Sadjadi, S. J., & Tayefeh, M. (2025). The Strategies of Hub Facility Location and Its Utilization in Managing the Supply Chain of Perishable Products for Sustainability and Uncertainty Mitigation: A Literature Review. *Journal of Future Sustainability*, 127-140. <https://doi.org/10.5267/j.jfs.2025.4.003>