



Analysis of Science and Technology Trends Affecting Logistics

Saeed Khalili^{1*} , Soheil Emamian², Seyed Ziaoddin Ghazizadeh³, Arash Armoon⁴

¹Correspondence: PhD Student of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran. Email Address: s.khalili1367@ihu.ac.ir

²Associate Professor of Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran. Email Address: emamyian@yahoo.com

³Associate Professor of Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Imam Hossein University, Tehran, Iran. Email Address: zia.ghazizadeh@gmail.com

⁴Director of the Logistics Research Center, Imam Hossein University, Tehran, Iran. Email Address: j.armoon@chmail.ir

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Promotional article

Received: 28 April 2025

Received in revised form: 4 July 2025

Accepted: 30 December 2025

Available online: 9 February 2026

Keywords:

Future Logistics

Science and Technology Trends

Conceptual Model

Research Synthesis

Emerging Technologies

Strategic Logistics Planning

ABSTRACT

In recent years, technological advancements in fields such as Artificial Intelligence (AI), Quantum Computing, Blockchain, and the Internet of Things (IoT) have brought about profound transformations in the logistics industry. However, existing logistics models are unable to adequately address future requirements due to their limited consideration of these emerging technological developments. Furthermore, most previous studies have focused on one-dimensional or case-specific analyses of particular technological trends, lacking a holistic and structured perspective. The aim of this study is to develop a comprehensive and future-oriented conceptual model for future logistics. In this research, a conceptual model is defined as an integrative framework that links major science and technology trends with the functional dimensions of future logistics. To this end, fifteen key science and technology trends were first identified through an analysis of reports published by reputable international institutions, and their potential impacts on the future of logistics were examined. Subsequently, using an analytical-synthetic research synthesis approach, an initial search of the literature identified 426 studies, from which 52 relevant studies published between 2015 and 2025 were selected for in-depth analysis. Through a rigorous process of iterative coding, recoding, and refinement of the extracted data, 140 components (codes) associated with future logistics were identified. In the next stage, the extracted codes were analyzed, integrated, and synthesized into higher-level concepts (categories). Based on conceptual similarities, the identified codes were grouped and consolidated into 46 concepts. Finally, building upon the components and elements of the proposed conceptual model, the study not only examines the individual effects of each science and technology trend but also highlights the interactions and synergies among these trends and their combined impacts on future logistics. The proposed model provides a comprehensive framework that can support strategic planning and decision-making for future logistics in industrial, defense, and governmental organizations.

Cite this article: S. Khalili1, S. Emamian, S. Ziaoddin Ghazizadeh, and A. Armoon , “Analysis of Science and Technology Trends Affecting Logistics, vol. 28, no. 1, pp. 107-132, 2026. DOI: <https://doi.org/10.47176/scmj.2026.1619>



© Author(s) retain the copyright and full publishing rights

Publisher: Imam Hossein University

Introduction

The logistics sector is undergoing unprecedented transformation due to rapid advances in science and technology. Emerging technologies such as Artificial Intelligence (AI), the Internet of Things (IoT), Blockchain, Quantum Computing, Robotics, Edge Computing, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Smart Grids, Sustainable Energy Systems, Big Data Analytics, and Biometric Technologies are significantly reshaping logistics operations and supply chain management. These developments are changing traditional logistics structures and creating new opportunities for efficiency, transparency, resilience, sustainability, and intelligent decision-making.

Although numerous studies have investigated the application of individual technologies in logistics, most existing research focuses on one or a limited number of technological trends. Consequently, the literature lacks a comprehensive framework that simultaneously examines major science and technology trends and their collective influence on future logistics systems. Furthermore, limited attention has been paid to the interactions and synergies among emerging technologies and the ways in which these interactions may create transformative effects on logistics performance.

The present study addresses this research gap by identifying and analyzing the most influential science and technology trends affecting logistics and by developing a comprehensive conceptual model of future logistics. In this study, a conceptual model is defined as an integrated framework that systematically links science and technology trends with logistics dimensions, concepts, and operational components.

The research adopts a qualitative and future-oriented approach. Methodologically, it combines trend analysis, research synthesis, and qualitative conceptual modeling. The study aims to answer three main questions:

1. What are the major science and technology trends affecting future logistics?
2. What concepts and components characterize future logistics systems?
3. How do emerging technologies interact and synergistically influence logistics development?

To answer these questions, major international reports published by organizations such as McKinsey, Gartner, and the World Economic Forum were analyzed. Subsequently, a systematic search was conducted using combinations of technology-related keywords together with “logistics” and “future logistics.” This process produced an initial database of 426 studies. After several screening and evaluation stages, 52 highly relevant studies published between 2015 and 2025 were selected for detailed content analysis and synthesis.

Results and Discussion

The research findings reveal that future logistics is strongly influenced by a broad spectrum of technological developments. Through the analysis of international reports and scientific literature, fifteen major science and technology trends were identified as key drivers of logistics transformation:

- Artificial Intelligence and Machine Learning
- Internet of Things (IoT)
- Autonomous Systems and Robotics
- Quantum Computing
- Quantum Sensing Technologies
- Advanced Biotechnology
- Nanotechnology
- Edge Computing
- Blockchain
- Cybersecurity Technologies
- Sustainable Energy Technologies
- Smart Grids and Advanced Transportation Networks
- Biometric Technologies
- Metaverse, Augmented Reality, and Virtual Reality
- Social Networks, Big Data, and Circular Economy Technologies

Using an open coding process, the selected studies were systematically analyzed. The coding procedure resulted in the extraction of 140 logistics-related components representing technological, operational, security, environmental, and organizational implications of emerging technologies. Subsequently, these components were grouped through axial coding and synthesized into 46 higher-level concepts.

To ensure the reliability and validity of the conceptual model, both content validity and structural reliability assessments were conducted. Content validity was ensured through the use of high-quality scientific publications and internationally recognized reports. Reliability was assessed through independent coding and Cohen's Kappa coefficient. The obtained Kappa value of 0.797 indicated a high level of agreement between coders and confirmed the reliability of the research findings.

One of the major contributions of this study is the recognition that technological trends should not be viewed independently. The findings demonstrate that the future of logistics will be shaped not only by the individual effects of technologies but also by their interactions and synergies.

Several examples of technological synergy were identified:

- AI and IoT enable real-time monitoring, predictive analytics, and autonomous decision-making in warehouses and transportation systems.
- Blockchain and AI improve supply chain transparency while simultaneously enhancing forecasting and resource allocation capabilities.
- Robotics integrated with smart energy systems can support uninterrupted autonomous logistics operations.
- Quantum Computing combined with Blockchain may significantly improve transaction processing capacity in global logistics networks.

- Augmented Reality and Robotics can increase operational accuracy and workforce productivity.
- Edge Computing and IoT facilitate low-latency decision-making in autonomous vehicles and smart distribution systems.
- Biometric technologies integrated with cybersecurity systems strengthen identity verification and access control in logistics infrastructures.

These findings suggest that future logistics systems will evolve from isolated technological applications toward interconnected and intelligent ecosystems characterized by adaptability, resilience, automation, and sustainability.

The proposed conceptual model synthesizes these findings into an integrated framework comprising 15 technology trends, 46 concepts, and 140 logistics components. The model provides a holistic representation of future logistics and addresses a significant gap in the existing literature, where previous studies typically focused on individual technologies rather than the broader technological ecosystem.

Conclusion

This study identified and analyzed the major science and technology trends affecting logistics and developed a comprehensive conceptual model of future logistics through a research synthesis approach. By examining 52 selected studies from an initial pool of 426 publications, the research identified fifteen key technological trends and synthesized their impacts into 46 concepts and 140 logistics-related components.

The results indicate that emerging technologies such as Artificial Intelligence, IoT, Blockchain, Quantum Computing, Robotics, Augmented Reality, Edge Computing, Cybersecurity Technologies, and Sustainable Energy Systems are transforming logistics processes at strategic, operational, and organizational levels. More importantly, the study demonstrates that the combined effects of these technologies are often greater than their individual contributions, highlighting the critical role of technological synergy in shaping future logistics systems.

The proposed conceptual model offers several contributions. Theoretically, it provides a comprehensive framework for understanding the multidimensional transformation of logistics under the influence of emerging technologies. Practically, it can support strategic planning, technology roadmapping, and decision-making in industrial, governmental, and defense logistics organizations.

Future research may focus on validating the proposed model through empirical case studies, developing simulation-based analyses of technological interactions, and designing maturity assessment frameworks for future logistics systems. Policymakers and industry leaders may also use the model as a foundation for developing national logistics strategies and technology-driven transformation programs.

تحلیل روندهای علم و فناوری مؤثر بر لجستیک

سعید خلیلی^{۱*}، سهیل امامیان^۲، سیدضیاءالدین قاضی زاده^۳، آرش آرمون^۴

^۱ پژوهشگر مرکز مهندسی سیستم‌ها و گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران (نویسنده مسئول).

رایانامه: s.khalili1367@ihu.ac.ir

^۲ دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران. رایانامه: emamyian@yahoo.com

^۳ دانشیار گروه مهندسی صنایع، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران. رایانامه: zia.ghazizadeh@gmail.com

^۴ مدیر مرکز مطالعات و پژوهش‌های لجستیکی، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، تهران، ایران. رایانامه: j.armoon@chmail.ir

چکیده

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های فناورانه در حوزه‌هایی همچون هوش مصنوعی، محاسبات کوانتومی، بلاک چین و اینترنت اشیاء، تحولات عمیقی در صنعت لجستیک ایجاد کرده‌اند. با این حال، مدل‌های لجستیکی موجود به دلیل عدم پوشش جامع این تحولات فناورانه، پاسخگوی نیازهای آتی نیستند. از سوی دیگر، اغلب پژوهش‌های پیشین به تحلیل تک‌بعدی یا موردی برخی از روندهای فناوری پرداخته و فاقد یک نگاه کل‌نگر و ساختارمند بوده‌اند. هدف این مقاله، طراحی یک مدل مفهومی جامع و آینده‌نگر برای لجستیک آینده است. منظور از مدل مفهومی در این پژوهش، ساخت یک چارچوب مفهومی تلفیقی است که روندهای کلان علم و فناوری را با ابعاد عملکردی لجستیک آینده ارتباط می‌دهد. بدین منظور، ابتدا با تحلیل گزارشات مؤسسات معتبر بین‌المللی، ۱۵ روند شاخص از روندهای علم و فناوری شناسایی شد و اثرات این روندها بر آینده لجستیک مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه با رویکرد تحلیلی- ترکیبی سنتزپژوهی، پس از جستجوی مطالعات کتابخانه‌ای اولیه از بین ۴۲۶ پژوهش انجام شده تعداد ۵۲ پژوهش طی سالهای ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۵ برگزیده شد که با مطالعه دقیق آنها نسبت به شناسایی عوامل و مولفه‌های مؤثر بر لجستیک آینده اقدام شد. در این فرآیند پس از چندین دور بازخوانی و بازبینی داده‌های کدگذاری‌شده برای پالایش و بهبود مجموعه مضامین، تعداد ۱۴۰ مؤلفه (کد) شناسایی گردید. در مرحله بعد به تحلیل، ترکیب و تلفیق کدهای به‌دست آمده از مرحله قبل در قالب مفاهیم (مقوله‌ها) پرداخته شد و کدهای شناسایی شده بر اساس میزان تشابه مفهومی دسته‌بندی و ترکیب شدند. در این مرحله کدهای استخراج شده در قالب ۴۶ مفهوم طبقه‌بندی شدند. درنهایت براساس اجزا و مولفه‌های تشکیل‌دهنده مدل مفهومی پیشنهادی، علاوه بر بررسی اثر مستقل هریک از روندها، به تعامل و هم‌افزایی میان روندهای علم و فناوری و تأثیرات توأم آنها بر لجستیک آینده نیز توجه شده است. مدل پیشنهادی می‌تواند به‌عنوان چارچوبی برای برنامه‌ریزی راهبردی لجستیک آینده در سازمان‌های صنعتی، دفاعی و دولتی مورد استفاده قرار گیرد.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی ترویجی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۰۸

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۱۳

پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹

ارائه آنلاین: ۱۴۰۵/۰۳/۲۵

کلیدواژه‌ها:

مدل مفهومی

لجستیک آینده

تحلیل روند

روندهای علم و فناوری

سنتزپژوهی

استناد: خلیلی، سعید، امامیان، سهیل، قاضی زاده، سیدضیاءالدین، آرمون، آرش، "تحلیل روندهای علم و فناوری مؤثر بر لجستیک"،

نشریه مدیریت زنجیره تامین، دوره ۲۸، شماره ۱، صفحات ۱۳۲-۱۰۷، ۱۴۰۵. DOI: <https://doi.org/10.47176/scmj.2026.1619>

© نویسنده(گان) حق نشر و حقوق کامل انتشار را برای خود محفوظ می‌دارند.



ناشر: دانشگاه جامع امام حسین (ع). OPEN ACCESS

۱- مقدمه

در عصر حاضر که به سرعت در حال تغییر و تحول است، صنعت لجستیک به عنوان یکی از محورهای اصلی توسعه اقتصادی و اجتماعی، نقشی کلیدی در تسهیل جریان کالاها، خدمات و اطلاعات ایفا می کند. لجستیک، فراتر از مدیریت ساده حمل و نقل و انبارداری، به یک سامانه پیچیده و یکپارچه تبدیل شده است که به طور مستقیم تحت تأثیر پیشرفت های علمی و فناوریانه قرار دارد. با توجه به تحولات چشمگیری که در حوزه های مختلف، از جمله فناوری اطلاعات، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا (IoT)، رباتیک، و زنجیره های تأمین پایدار، رخ داده است، لزوم بازنگری در مدل های لجستیکی سنتی و طراحی چارچوب های نوین برای آینده بیش از پیش احساس می شود. در این راستا، مفهوم "لجستیک آینده" به عنوان یک رویکرد استراتژیک برای پاسخگویی به نیازهای در حال تغییر جهانی مطرح شده است.

لجستیک آینده، یک رویکرد چندبعدی است که نه تنها به بهبود عملکرد فعلی سامانه های لجستیکی می پردازد، بلکه به پیش بینی و برنامه ریزی برای چالش ها و فرصت های آینده نیز توجه ویژه ای دارد. این رویکرد بر پایه تحلیل دقیق روندهای علمی و فناوریانه، تغییرات اجتماعی و اقتصادی، و همچنین نیازهای زیست محیطی شکل می گیرد. در این مسیر، تحلیل روندهای علم و فناوری به عنوان یکی از اهرم های اصلی درک و پیش بینی تحولات آینده لجستیک مطرح است. این تحلیل ها به شناسایی فناوری های نوظهور، الگوهای نوین، و نیازهای جدید مشتریان کمک می کند و امکان طراحی مدل های مفهومی مناسب برای لجستیک آینده را فراهم می آورد. با توجه به تحولات چشمگیری که در حوزه های علمی و فناوریانه رخ داده است، طراحی یک مدل مفهومی جامع برای لجستیک آینده ضروری به نظر می رسد. این مدل نباید صرفاً به شناسایی و پیش بینی روندهای کلیدی بسنده کند، بلکه باید ابزارهایی برای ارزیابی تأثیر این روندها بر عملکرد سیستم های لجستیکی ارائه دهد.

مطالعات متعددی نشان داده اند که فناوری های نوظهور مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، و بلاک چین و... تأثیرات عمیقی بر صنعت لجستیک دارند. تحلیل دقیق این روندهای علمی و فناوریانه، میتواند ابزار اساسی برای طراحی مدل های مفهومی پیشرفته در حوزه لجستیک باشد.

مدل های مفهومی، یک نمایش انتزاعی و ساده از یک سیستم یا پدیده است که روابط بین اجزای مختلف آن را نشان می دهد. این نوع مدل ها اغلب برای درک بهتر مفاهیم، شناسایی روابط علت و معلولی، و تسهیل فرآیند پژوهش و تحلیل استفاده می شوند. به عبارت دیگر، مدل مفهومی یک نقشه راه است که به مدیران اجرایی و پژوهشگران تحقیقاتی کمک می کند تا متغیرها و روابط بین آنها را در یک موضوع تحقیق خاص به صورت شماتیک و در یک تصویر کلی به نمایش بگذارند.

هدف اصلی این پژوهش نیز طراحی یک مدل مفهومی برای لجستیک آینده است که بر پایه تحلیل روندهای علم و فناوری شکل گرفته است. این مدل به عنوان یک چارچوب استراتژیک برای سازمان ها و صنایع لجستیکی، امکان برنامه ریزی و تصمیم گیری آگاهانه تر را فراهم می کند. برای دستیابی به این هدف، ابتدا به بررسی روندهای علمی و فناوریانه کلیدی و موثر بر حوزه لجستیک پرداخته می شود. سپس، با استفاده از روش های تحلیلی و مدل سازی مناسب، این روندها مورد تحلیل قرار گرفته و مدل مفهومی پیشنهادی برای لجستیک آینده ارائه می شود. در نهایت، ارتباط بین اجزای و ابعاد مدل پیشنهادی و نحوه هم افزایی تأثیر چند جزء از اجزای مدل پیشنهادی بر آینده لجستیک مورد بحث قرار می گیرد.

ساختار ادامه مقاله چنین است که ابتدا در بخش دوم، ادبیات و پیشینه موضوع روندهای علم و فناوری و لجستیک آینده بررسی می شود. در بخش سوم، به تشریح روش تحقیق سنتز پژوهی^۱ و اجزای مدل مفهومی پیشنهادی برای لجستیک آینده پرداخته و روندهای فناوری موثر بر لجستیک و ابعاد، مقوله ها و مؤلفه های تشکیل دهنده مدل معرفی می گردند. در بخش چهارم به تأثیر تعامل روندهای علم و فناوری در شکل گیری لجستیک آینده پرداخته می شود. سرانجام، بخش پنجم مقاله به نتیجه گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی اختصاص می یابد.

۲- مروری بر ادبیات موضوع

در این بخش ابتدا به بررسی روندهای علمی و فناوریانه رصد شده توسط برخی از مؤسسات معتبر بین المللی پرداخته خواهد شد و سپس پژوهش های انجام شده در رابطه با تأثیر هریک از روندهای

¹ Research Synthesis

فناوری‌های نوپدید بر لجستیک آینده را مورد بررسی قرار داده می‌شود.

۲-۱- مروری بر روندهای علم و فناوری

براساس رصد تحولات علمی و فناوری در آینده، نتایج بررسی کلان روندهای آتی فناوری پیش بینی شده توسط مؤسسات معتبر بین المللی نشان می‌دهد فناوری‌های دیجیتالی با تمرکز بر هوش مصنوعی و فناوری‌های کوانتومی، فناوری‌های زیستی و فناوری‌های مرتبط با انرژی و حمل و نقل هوشمند، تحول قابل توجهی در حوزه‌های مربوطه ایجاد خواهد کرد [۱].

۲-۱-۱- فناوری‌های پیش بینی شده توسط شرکت مکنزی

این شرکت از طریق بررسی اختراعات، پژوهش‌ها، اخبار، جست و جوی‌های پتنت در گوگل، رصد میزان سرمایه گذاری ها و استعدادهای مورد نیاز هر حوزه، کلان روند حوزه فناوری را در گزارش اخیر خود شناسایی کرده که در چهار دسته؛ فناوری‌های دیجیتال، فناوری‌های زیستی، فناوری‌های هوشمندسازی صنایع (با تمرکز بر حمل و نقل) و فناوری‌های مرتبط با انرژی قابل دسته بندی هستند [۲].

جدول (۱): کلان روندهای فناوری از دیدگاه مؤسسه مکنزی [۲]

دسته اصلی فناوری	زیر دسته فناوری	کلان روندها
انواع فناوری‌های دیجیتالی	فناوری‌های ارتباطات و اطلاعات	اتصال پیشرفته (رایانش ابری- اینترنت اشیا- نسل پنجم ارتباطات)
		هوش مصنوعی کاربردی
		ابر و محاسبات لبه
	فناوری‌های نوپدید دیجیتالی	هوش مصنوعی مولد
		وب ۳
		فناوری‌های واقعیت فراگیر
	فناوری‌های دیجیتالی	فناوری‌های کوانتومی
		معماری ها و هویت دیجیتالی قابل اعتماد
		توسعه نسل جدید نرم افزار
فناوری‌های زیستی	فناوری‌های زیستی	صنعتی سازی یادگیری ماشینی
فناوری‌های هوشمندسازی صنایع	فناوری‌های فضا	آینده فناوری‌های فضا
	فناوری‌های حمل و نقل	جابه جایی (خودروهای خودران، خودروهای برقی)
		برقی سازی و تجدیدپذیرها
فناوری‌های مرتبط با انرژی	فناوری‌های نوپدید انرژی	فناوری‌های مرتبط با تغییرات جوی و آب و هوا
		فراتر از برقی سازی و تجدیدپذیر

جدول (۲): دسته بندی کلان روندهای مجمع جهانی اقتصاد [۳]

دسته فناوری در کلان روندها	مصادیق فناوری
فناوری‌های دیجیتالی	هوش مصنوعی
	هوش مصنوعی مولد
	محاسبات پایدار
فناوری‌های زیستی (پزشکی - سلامت - کشاورزی)	باتری‌های انعطاف‌پذیر و تاشو
	فازهای طراح
	متاورس ویژه سلامت روان
	حسگرهای پوشش گیاهی
	اومیکس فضایی
	مراقبت‌های بهداشتی و درمانی مبتنی بر هوش مصنوعی
	الکترونیک شبکه عصبی منعطف
فناوری‌های هوشمندسازی صنایع	سوخت پایدار هوانوردی
فناوری‌های مرتبط با انرژی	محاسبات پایدار
	سوخت پایدار هوانوردی

شرایط برای ظهور خلاقیت، فراهم می‌شود و می‌تواند با گسترش و گذر از مرزهای دانش، به عنوان رقیبی چالش برانگیز نسبت به روش‌های رایج تفکر مطرح باشد.

فناوری سوخت پایدار هوانوردی: میزان تقاضا برای فناوری سوخت پایدار هوانوردی در صورت توسعه آن تا سال ۲۰۴۰ به ۱۳-۱۵ درصد خواهد شد و این در صورتی امکان‌پذیر خواهد بود که راهبردهای کاهش انتشار دی اکسید کربن تا سال ۲۰۵۰ با شدت و اهمیت ویژه ای دنبال شود.

فناوری فازهای طراح: این فناوری‌ها نیز به تحولات نوین حوزه‌های زیستی مربوط می‌شوند. پیشرفت‌های اخیر حوزه میکروبیوم با هدف افزایش بهره‌وری کشاورزی و بهبود رفاه انسان در حال وقوع است. تاکنون سه فاز، به عنوان خوراک طراحی شده و از آن در تولید مکمل‌های تقویت رشد دام و درمان برخی بیماری‌های گیاهی به منظور از بین بردن باکتری‌های مضر زنجیره تأمین مواد غذایی در راستای راهبرد «یکپارچگی سلامت» سازمان بهداشت جهانی استفاده می‌شود.

در بررسی سالیانه مکنزی متمرکز بر هوش مصنوعی نشان داده شده که سهم سازمان‌هایی که هوش مصنوعی را پیاده‌سازی کرده‌اند در سال ۲۰۱۷ معادل ۲۰ درصد بود، اما این میزان در سال ۲۰۲۲ به بیش از دو برابر، به ۵۰ درصد رسیده است. از این رو بالاترین نرخ پذیرش طبق بررسی‌های مکنزی در زمینه هوش مصنوعی کاربردی بوده (امتیاز ۴ از ۵) و از سال ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ هوش مصنوعی کاربردی در گزارش روندهای فناوری توسط این مؤسسه، بالاترین امتیاز نوآوری را در میان تمام رشته‌های مورد مطالعه از آن خود کرده است.

براساس گزارش‌های مکنزی، قابلیت رسوخ فناوری‌های هوش مصنوعی در همه حوزه‌ها از قبیل هوافضا و صنایع دفاعی، کشاورزی، خودروسازی و موتناژ، هواپیمایی، سفر و تدارکات، مواد شیمیایی، ساخت و ساز و مصالح ساختمانی، بسته بندی کالاهای مصرفی، آموزش، برق و قدرت، گاز طبیعی و تجهیزات آن، خدمات مالی، سیستم‌های خدمات بهداشت و درمان، فناوری اطلاعات و الکترونیک، رسانه و سرگرمی، فلزات و معدن، نفت و گاز، داروسازی و محصولات پزشکی، بخشهای عمومی و اجتماعی، باعث بالا رفتن امتیاز نرخ پذیرش آن شده است. فناوری‌های زیستی، فضا، حمل و نقل و انرژی نیز در کنار فناوری‌های دیجیتالی جزء روندهای آتی ساز شناسایی شده‌اند.

۲-۱-۲- فناوری‌های نوپدید از دیدگاه مجمع جهانی اقتصاد (WEF)^۱

مجمع جهانی اقتصاد برای گزینش ۱۰ فناوری نوپدید از میان ۹۵ فناوری معتبر شناسایی شده و برگزاری جلسات تخصصی هر حوزه از ژانویه تا فوریه ۲۰۲۳ به دسته بندی و رتبه بندی فناوری‌ها پرداختند. در این گزارش از یافته‌های پژوهشی ۹۰ متخصص از ۲۰ کشور جهان بهره گرفته شده است [۳].

باتری‌های منعطف با قابلیت تاشوندگی: پیش بینی شده با توسعه این فناوری بین سالهای ۲۰۲۲-۲۰۲۷ رشد بازار آن به بیش از ۲۴۰,۴۷ میلیون دلار خواهد رسید.

هوش مصنوعی مولد: نمونه کنونی توسعه جی پی تی خودکار از این نوع فناوری است. با نظارت و مهار درست و به جای این فناوری،

¹ World Economic Forum

۱. هوش مصنوعی به عنوان شریک تجاری: اعتماد به هوش مصنوعی، مدیریت ریسک و ایمنی
 ۲. پدافند: مدیریت مستمر مواجهه با تهدید
 ۳. حمایت از آینده: فناوری پایدار
 ۴. توسعه دهنده محورهای خویش یار: پلتفرم (بن سازه) مهندسی
 ۵. تسریع در ایجاد: توسعه بیشتر هوش مصنوعی
 ۶. ویژه سازی کار ویژه سازی شده: بسترهای ابری صنعتی
 ۷. تصمیم گیری بهینه: برنامه های هوشمند
 ۸. قدرت و مسؤولیت: هوش مصنوعی مولد دمکراتیک شده
 ۹. فشار بر پیشگامان: افزایش نیروی کار مجهز به پیشرفته ترین فناوری های ارتباطی و تولیدی
 ۱۰. خریداران رمزآرزی: خریداران ماشینی
- همانطور که در کلان روندهای فوق مشهود است نقش هوش مصنوعی بسیار پررنگ و با جامعیت بیشتر در نظر گرفته شده است.

۲-۲- بررسی پیشینه پژوهش در حوزه لجستیک آینده

صنعت لجستیک به عنوان یکی از حوزه های کلیدی در مدیریت زنجیره تأمین، همواره تحت تأثیر تحولات علمی و فناورانه قرار داشته است. با ظهور فناوری های نوین و تغییرات ساختاری در محیط کسب و کار، مطالعات متعددی به بررسی نقش این تحولات در شکل دهی به آینده لجستیک پرداخته اند. در این بخش، به مرور پژوهش های انجام شده در حوزه روندهای علمی و فناورانه مؤثر بر لجستیک پرداخته می شود و ابعاد مختلف این روندها مورد تحلیل قرار می گیرد.

خلیلی و امامیان [۵] در پژوهش خود با کمک ابزار علم سنجی و با مرور سیستماتیک تولیدات علمی نمایه شده در پایگاه بین المللی اسکوپوس در بازه زمانی سالهای ۲۰۱۷ الی ۲۰۲۲ در حوزه لجستیک آینده؛ نقشه علمی و شبکه هم رخدادی کلیدواژگان این حوزه را بررسی نمودند. براساس نتایج بدست آمده از این پژوهش، اصطلاحات "مدیریت زنجیره تأمین"، "کلان داده"، "اینترنت اشیاء"، "توسعه پایدار"، "برونسپاری و خصوصی سازی"، "انقلاب صنعتی چهارم" و "هوش مصنوعی"، دارای بیشترین تکرار و بسامد در حوزه لجستیک بوده و اطلاعات کتابخانه ای مربوط به این حوزه در ۵ خوشه به شرح شکل شماره (۱) و جدول شماره (۳) قابل دسته بندی هستند.

فناوری متاورس ویژه سلامت روان: توسعه این فناوری نه تنها برای بیماران مناسب است، بلکه با توسعه آن می توان به برنامه های کاربردی و ضروری در فضای متحول مجازی دست یافت.

حسگرهای پوشش گیاهی: فناوری حسگرهای پوشش گیاهی، انقلابی را در حوزه تولید و مدیریت حوزه کشاورزی ایجاد خواهد کرد تا با بهینه تر شدن فرایند تولید، ضایعات و اثرات زیست محیطی کشاورزی به حداقل برسد تا در تأمین امنیت غذایی جمعیت روبه رشد جهان کمک کننده باشد.

فناوری اومیکس فضایی: انواع بیماری های عفونی با فناوری اومیکس فضایی قابل بررسی و درمان می شود. ارزش این فناوری در بازار طی سال ۲۰۲۱ معادل ۲۳۲ میلیون دلار بود که پیش بینی می شود تا سال ۲۰۳۰ به ۵۸۷ میلیون دلار افزایش یابد.

الکترونیک شبکه عصبی منعطف: با توسعه این فناوری رابطه واقعی مغز با هوش مصنوعی توسعه می یابد؛ گرچه با ظهور اینگونه فناوری ها ملاحظات مرتبط با مسائل اخلاقی آن باید در نظر گرفته شود.

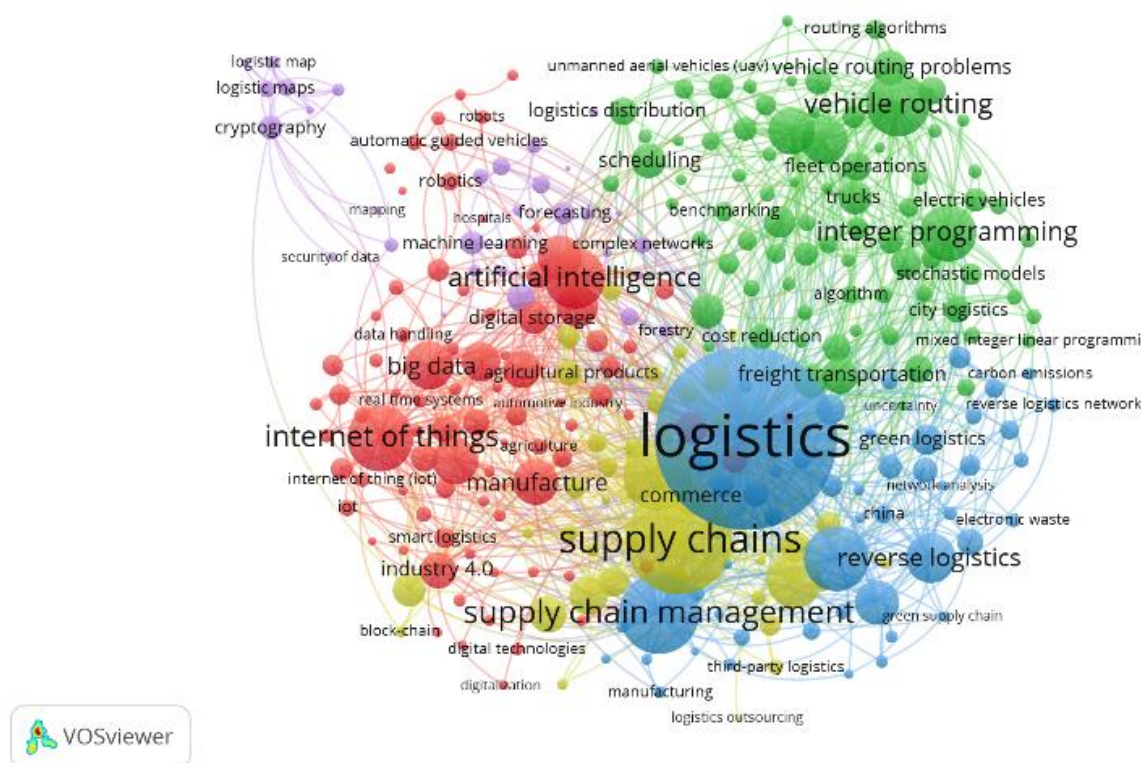
محاسبات پایدار: توسعه این فناوری ها در مقایسه با سایر فناوری های شناسایی شده توسط مجمع جهانی اقتصاد، بیشترین تأثیر را در سلامت، رفاه، تساوی حقوق، حفظ محیط زیست و توسعه صنعتی نشان داده است.

مراقبت های بهداشتی و درمانی مبتنی بر هوش مصنوعی: گسترش برنامه ها و نرم افزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی برای ارتقای سلامت در جهان با شدت بیشتری پیش می رود و انتظار می رود در سه تا پنج سال آینده هم شرکتها و صنایع فعال در این حوزه و هم مردم از این فناوری منتفع شوند.

۲-۱-۳- کلان روندهای فناوری های راهبردی از منظر گارتنر

شرکت گارتنر، شرکتی پژوهشی- مشاوره ای است که با بودجه ای به ارزش ۵ میلیارد دلار با بیش از ۲۵۰۰ پژوهشگر و مشاور متخصص به ارائه خدمات مشاوره ای و محصولات پژوهشی می پردازد. عمده فعالیت های این شرکت در سه بخش الف) تحقیق و پژوهش، ب) کنفرانس ها و ج) مشاوره ها طبقه بندی می شود. کلان روند پیش بینی شده گارتنر درخصوص فناوری های راهبردی [۴]:

رنگ	قرمز	زرد	آبی	سبز	بنفش
عنوان خوشه موضوعی	لجستیک هوشمند	لجستیک مجازی	لجستیک پایدار و پاک	لجستیک یکپارچه	لجستیک پیچیده



۲-۳- هوش مصنوعی و یادگیری ماشین^۱

خلیلی و امامیان در پژوهش‌های بعدی خود پیشران‌های تأثیرگذار بر لجستیک دفاعی و اجزاء شاخص در هر پیشران را مورد بررسی قرار داده و سپس روندهای مهم و قابل توجه در هر پیشران را معرفی کرده‌اند. آنها رویکردهای نوین لجستیک و زنجیره تامین (مانند ناب، چابک، انعطاف پذیر، سبز، لارج، الکترونیکی، هوشمند) را مبتنی بر روندهای فناوری همچون هوش مصنوعی، واقعیت مجازی و افزوده، اینترنت اشیا، رایانش ابری، کلان داده‌ها و بلاک چین معرفی کرده [۶] و راهکارهای هوشمندسازی لجستیک را ارائه نمودند [۷]. البته در حوزه کاربردهای فناوری‌های نوین در حوزه لجستیک نیز تحقیقات مختلف و متعددی صورت پذیرفته است که در ادامه به برخی از این فناوری‌های نوین اشاره شده و کاربردهای لجستیکی که در پژوهش محققین این حوزه به آنها اشاره شده است، تشریح می‌گردد.

¹Artificial Intelligence and Machine Learning

۴-۲- اینترنت اشیا^۱ (IoT)

زمینه‌هایی مانند بسته‌بندی هوشمند، حمل‌ونقل مواد حساس یا فاسد شدنی، مدیریت انبار، افزایش کیفیت کالاها و کاهش ضایعات کاربرد دارند [۲۲-۲۵].

۸-۲- فناوری‌های رایانش مرزی یا محاسبات لبه^۵

رایانش لبه یا رایانش مرزی، مفهومی است که داده‌ها را تا حد امکان نزدیک به منبع یا کاربر نهایی جمع‌آوری و پردازش می‌کند. این منبع داده معمولاً یک حسگر اینترنت اشیا است و پردازش به صورت محلی با قراردادن سرورها یا سایر سخت‌افزارها در نزدیکی محل فیزیکی منبع داده انجام می‌شود. به این ترتیب با توجه به پردازش محلی در مرز شبکه، تاخیر و هزینه انتقال داده به حداقل می‌رسد و امکان بازخورد و تصمیم‌گیری بلادرنگ فراهم خواهد شد. بی‌آنکه پردازش‌ها به یک سرور متمرکز یا فضای ابری منتقل گردند. این فناوری در زمینه‌هایی مانند ردیابی بلادرنگ محموله‌ها، مدیریت انبار، و نظارت بر شرایط حمل‌ونقل کالاها کاربرد دارد [۲۶-۲۸]. به عنوان مثال لی و همکاران [۲۸] در پژوهشی نشان دادند که استفاده از محاسبات لبه می‌تواند به کاهش تأخیر در پردازش داده‌ها و افزایش کارایی عملیات لجستیکی کمک کند.

۹-۲- بلاکچین^۶

فناوری بلاکچین یا زنجیره بلوکی به عنوان یکی از ابزارهای نوین در صنعت لجستیک، به افزایش شفافیت و امنیت در زنجیره‌های تأمین و لجستیک کمک می‌کند. این فناوری با ثبت غیرقابل تغییر داده‌ها در یک دفتر کل مشترک، امکان ردیابی دقیق کالاها و خدمات را فراهم می‌کند. مطالعات نشان داده‌اند که بلاکچین می‌تواند به کاهش تقلب، بهبود مدیریت قراردادها، و تسهیل همکاری بین ذینفعان زنجیره تأمین کمک کند [۲۹-۳۳]. صابری و همکاران [۳۴] در پژوهشی نشان دادند که استفاده از بلاکچین در لجستیک می‌تواند به کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش اعتماد بین طرفین معامله منجر شود.

۱۰-۲- فناوری‌های امنیت سایبری^۷

فناوری‌های امنیت اطلاعاتی به محافظت از داده‌های حساس در زنجیره تأمین کمک می‌کنند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند جلوگیری از دسترسی غیرمجاز، تشخیص تهدیدات، و مدیریت خطر

اینترنت اشیا به عنوان یکی دیگر از فناوری‌های نوین، تأثیر عمیقی بر صنعت لجستیک داشته است. IoT به وسیله اتصال دستگاه‌ها و سیستم‌ها به شبکه‌های اطلاعاتی، امکان جمع‌آوری و تحلیل داده‌های بلادرنگ را فراهم می‌کند. این فناوری در زمینه‌هایی مانند ردیابی محموله‌ها، مدیریت انبار، و نظارت بر شرایط حمل‌ونقل کالاها کاربرد دارد [۱۱-۱۴]. دایا و همکاران [۱۱] در مطالعه‌ای نشان دادند که استفاده از IoT می‌تواند به کاهش خطاهای انسانی، بهبود شفافیت زنجیره تأمین، و افزایش کارایی عملیات لجستیکی کمک کند. علاوه بر این، اتوماسیون فرآیندهای لجستیکی با استفاده از فناوری IoT، به کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت عملیات منجر می‌شود.

۵-۲- رباتیک و خودرانی

رباتیک و خودکارسازی فرآیندهای لجستیکی به عنوان یکی دیگر از روندهای کلیدی در این حوزه مطرح است. استفاده از ربات‌ها در انبارها و وسایل نقلیه خودران در حمل‌ونقل کالاها، به بهبود کارایی و کاهش وابستگی به نیروی کار انسانی کمک می‌کند. ربات‌ها می‌توانند در زمینه‌هایی مانند بارگیری و تخلیه کالاها، مدیریت موجودی، و حتی خدمات مشتری نقش مؤثری ایفا کنند [۱۵-۱۸].

۶-۲- فناوری‌های پردازنده‌ای و محاسبات کوانتومی^۲

محاسبات کوانتومی می‌تواند به حل مسائل پیچیده در لجستیک کمک کند. این فناوری به ویژه در بهینه‌سازی مسیرها، مدیریت موجودی، و پیش‌بینی تقاضا کاربرد دارد. مطالعات نشان داده‌اند که محاسبات کوانتومی می‌تواند به شرکت‌ها کمک کند تا تصمیم‌گیری‌های سریع‌تر و دقیق‌تری انجام دهند تا ضمن کاهش هزینه‌ها، به افزایش کارایی عملیات لجستیکی شرکت‌ها منجر شود [۱۹-۲۱].

۷-۲- فناوری‌های پیشرفته نانو تکنولوژی^۳ وبیوتکنولوژی^۴

فناوری‌های نانو تکنولوژی و بیولوژی می‌توانند در زمینه بهبود مواد و فرآیندهای لجستیکی مرتبط نقش آفرینی کنند. این فناوری‌ها در

^۵ Edge Computing^۶ Blockchain^۷ Cybersecurity Technologies^۱ Internet of Things^۲ Quantum Computing^۳ Nanotechnology^۴ Biotechnology

۲-۱۲- شبکه‌های هوشمند^۲ و شبکه‌های حمل و نقل پیشرفته^۳

شبکه‌های هوشمند به مدیریت بهینه انرژی در زنجیره تأمین کمک می‌کنند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند توزیع انرژی، کاهش مصرف برق، و افزایش کارایی سیستم‌های لجستیکی کاربرد دارند [۴۳، ۴۱]. همچنین شبکه‌های هوشمند شهری نیز به بهبود مدیریت ترافیک، کاهش آلودگی، و افزایش کارایی حمل‌ونقل شهری کمک می‌کنند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند مدیریت پارکینگ، نظارت بر شرایط محیطی، و بهینه‌سازی مسیرها کاربرد دارند [۴۴-۴۷]. از سوی دیگر شبکه‌های حمل و نقل پیشرفته نیز سبب بهبود کارایی و کاهش زمان و هزینه‌های حمل‌ونقل می‌شوند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند مسیریابی بهینه، مدیریت ترافیک، و اتوماسیون فرآیندهای حمل‌ونقل کاربرد دارند [۴۳، ۴۲].

۲-۱۳- شبکه‌های بیومتریک^۴

بیومتریک به یک فناوری محبوب در صنعت لجستیک و حمل و نقل تبدیل شده است، زیرا می‌تواند ایمنی جاده‌ها را افزایش دهد. داده‌های بیومتریک شامل استفاده از ویژگی‌های فیزیولوژیکی یا رفتاری برای تعیین وضعیت یک فرد است. استفاده از فناوری بیومتریک در وسایل نقلیه سبب افزایش ایمنی رانندگان و مسافران می‌شود. از سویی دیگر فناوری‌های بیومتریک به افزایش امنیت و کاهش تقلب در زنجیره تأمین کمک می‌کنند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند شناسایی هویت، مدیریت دسترسی، و نظارت بر کارکنان کاربرد دارند [۴۸-۵۱].

۲-۱۴- متاورس^۵، واقعیت افزوده^۶ (AR) و واقعیت مجازی^۷ (VR)

متاورس، واقعیت افزوده و واقعیت مجازی در سال‌های اخیر به عنوان فناوری‌های تحول‌آفرین در صنعت لجستیک و زنجیره تأمین شناخته شده‌اند. این فناوری‌ها با ارائه راهکارهای نوین، بهره‌وری، دقت و ایمنی عملیات لجستیکی را به طور چشمگیری افزایش داده‌اند. با استفاده از همدست‌ها یا عینک‌های واقعیت افزوده، کارکنان انبار

کاربرد دارند. [۳۵-۳۷]. اودیمارا و همکاران [۳۶] در پژوهشی نشان دادند که استفاده از فناوری‌های امنیتی می‌تواند به کاهش خطرات سایبری و افزایش امنیت داده‌ها منجر شود.

۲-۱۱- انرژی پایدار

فناوری‌های پایدار^۱ به مجموعه‌ای از رویکردها، فرآیندها و سیستم‌هایی اطلاق می‌شود که با هدف کاهش تاثیرات منفی بر محیط زیست و بهینه‌سازی استفاده از منابع طبیعی طراحی و اجرا می‌شوند. فناوری‌های پایدار به دنبال آن هستند که اثرات منفی استفاده از فناوری‌های سنتی را به حداقل برسانند و منابع و امکانات کافی را برای نسل‌های آینده تضمین کنند. این مفهوم به طور گسترده در زمینه‌های مختلفی کاربرد دارد و شامل بخش‌های متعددی است که هر کدام به جنبه‌ای خاص از پایداری اشاره دارند. یکی از این بخش‌ها، استفاده از فناوری انرژی‌های پایدار و تجدیدپذیر است که از منابع طبیعی مانند انرژی خورشیدی و انرژی بادی برای تولید برق و حرارت استفاده می‌کنند. این منابع، برخلاف سوخت‌های فسیلی که تولید گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های زیست‌محیطی را به همراه دارند، به طور مداوم و پایدار در دسترس هستند و هیچ گونه آلودگی به همراه ندارند. از دیگر جنبه‌های فناوری پایدار، بهبود کارایی انرژی در بخش‌های مختلف مانند ساختمان‌ها و حمل و نقل است. به عنوان مثال، در حمل و نقل نیز، استفاده از وسایل نقلیه الکتریکی یا حمل و نقل عمومی پایدار به جای خودروهای سوخت فسیلی می‌تواند به کاهش آلودگی هوا و مصرف انرژی کمک کند. بازیافت مواد و استفاده مجدد از منابع طبیعی یکی دیگر از بخش‌های کلیدی تکنولوژی پایدار است. این فرآیند نه تنها باعث کاهش میزان زباله‌های تولیدی می‌شود، بلکه به صرفه‌جویی در مصرف مواد خام و انرژی کمک می‌کند. تولید محصولات با حداقل تاثیرات زیست‌محیطی، مانند استفاده از مواد قابل تجزیه و کاهش مصرف پلاستیک، از دیگر جوانب فناوری پایدار به شمار می‌آید. در نهایت، فناوری‌های پایدار به دنبال ایجاد تعادل بین توسعه اقتصادی و حفظ منابع طبیعی هستند. این فناوری‌ها با ارائه راه‌حل‌های نوآورانه و بهینه برای استفاده از منابع، می‌توانند آینده‌ای سبزتر و پایدارتر را برای نسل‌های آینده به ارمغان بیاورند [۳۸-۴۰].

^۲ Smart Grids

^۳ Advanced Transportation Networks

^۴ Biometric Technologies

^۵ Metaverse

^۶ Augmented Reality

^۷ Virtual Reality

^۱ Sustainable technologies

روندهای مورد بررسی خود، ترسیم و تشریح کرده‌اند. در واقع تاکنون در هیچ پژوهشی یک تصویر کلان^۳ از ابعاد، مولفه‌ها و روندهای فناوری مؤثر بر لجستیک آینده ارائه نشده است. این خلاء تحقیقاتی ضرورت طراحی یک مدل مفهومی پیشرفته را که بتواند به صورت دقیق و جامع، روندهای علمی و فناورانه مؤثر بر لجستیک را مورد تحلیل قرار دهد، برجسته می‌کند. این مدل مفهومی نه تنها باید به شناسایی و پیش‌بینی روندهای کلیدی بپردازد، بلکه باید ابزارهایی برای ارزیابی تأثیر این روندها بر عملکرد سیستم‌های لجستیکی ارائه دهد.

۳- روش تحقیق و ارائه مدل پیشنهادی

۳-۱- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی - توسعه‌ای و از نظر ماهیت، کیفی و آینده‌نگر است. چارچوب روش‌شناختی تحقیق، یک رویکرد ترکیبی از تحلیل روند^۴، سنتز پژوهی^۵ و مدل‌سازی کیفی مفهومی^۶ می‌باشد که با توجه به کلان‌روندهای علم و فناوری و با ترکیب نظام‌مند یافته‌های مطالعات پیشین و مستندات معتبر بین‌المللی در حوزه لجستیک آینده، زمینه طراحی یک مدل مفهومی جامع برای این حوزه را فراهم می‌سازد.

سنتز پژوهی، فرایند ترکیب یافته‌های پژوهش‌های گوناگون با هدف بررسی ژرف و شناخت ابعاد پدیده مورد مطالعه است. این شیوه از تحلیل هم برای پژوهش‌های کمی و هم پژوهش‌های کیفی کاربرد دارد. هدف اصلی این شیوهی تحلیل آن است که با بررسی یافته‌های پژوهش‌های گوناگون به نتایجی قابل تعمیم و کاربردی دست پیدا کرد. همچنین در این شیوه می‌توان به دانش جدیدی با ترکیب یافته‌های پژوهش‌های گوناگون پیرامون یک پدیده واحد دست پیدا کرد. در پژوهش‌های گوناگون روش‌شناسی و گام‌های گوناگونی برای سنتز پژوهی وجود دارد. با این وجود این روش را میتوان در خانواده رویکردهای "مرور سیستماتیک" و "فرا ترکیب" دانست [۶۲-۶۰].

فرایند اجرای پژوهش در ۷ مرحله اصلی صورت پذیرفت:

- ۱- احصاء و جمع‌آوری کلان روندهای علم و فناوری از گزارشات مؤسسات معتبر بین‌المللی و تحلیل این روندها بر آینده لجستیک

می‌توانند اطلاعات بلندنگ درباره موقعیت دقیق کالاها، موجودی و مشخصات محصولات را مشاهده کنند. در مسیریابی در انبار، واقعیت افزوده با نمایش مسیرهای بهینه و اطلاعات لحظه‌ای، به کارکنان کمک می‌کند تا سریع‌تر و با دقت بیشتر کالاها را پیدا و جابجا کنند. این قابلیت موجب کاهش زمان انجام سفارشات و افزایش رضایت مشتریان می‌شود. همچنین کارکنان می‌توانند با مشاهده داده‌های دیجیتال روی اشیاء فیزیکی، به سرعت وضعیت موجودی را بررسی و کنترل کنند. این موضوع خطاهای انسانی را کاهش داده و کنترل موجودی را بهبود می‌بخشد. رانندگان نیز با استفاده از واقعیت افزوده می‌توانند اطلاعات لحظه‌ای درباره وضعیت جاده، ترافیک و مسیرهای جایگزین را دریافت کنند و عملیات تحویل را با سرعت و ایمنی بیشتری انجام دهند. از سویی دیگر واقعیت مجازی امکان شبیه‌سازی محیط‌های واقعی انبار و عملیات لجستیکی را فراهم می‌کند تا کارکنان بدون ریسک و هزینه‌های اضافی، آموزش ببینند و با فرایندها آشنا شوند. همچنین با استفاده از واقعیت مجازی، مدیران می‌توانند چیدمان انبار و مسیرهای حرکت را به صورت مجازی طراحی و بهینه‌سازی کنند، پیش از آنکه تغییرات واقعی اعمال شود [۵۲-۵۵].

۲-۱۵- شبکه‌های اجتماعی و کلان داده‌ها^۱

شبکه‌های اجتماعی و داده‌های بزرگ به شرکت‌ها کمک می‌کنند تا از داده‌های تولیدی در طول زنجیره تأمین استفاده کنند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند پیش‌بینی تقاضا، مدیریت ریسک، و بهبود تصمیم‌گیری کاربرد دارند [۵۶، ۵۷].

۲-۱۶- اقتصاد گردشی^۲

فناوری‌های اقتصاد گردشی به کاهش ضایعات و بهبود استفاده از منابع در زنجیره تأمین کمک می‌کنند. این فناوری‌ها در زمینه‌هایی مانند بازیافت، استفاده مجدد از مواد، و مدیریت زنجیره تأمین پایدار کاربرد دارند [۵۸، ۵۹].

با بررسی و مروری بر پژوهش‌های حوزه لجستیک آینده به روشنی درمی‌یابیم که اکثر محققین این حوزه، تنها به معرفی و تحلیل یک الی دو روند از روندهای فناوری‌های نوپدید و تاثیرگذار بر لجستیک پرداخته و آینده لجستیک را نیز تنها از منظر همان تک

³ Big Picture

⁴ Trend analysis

⁵ Research Synthesis

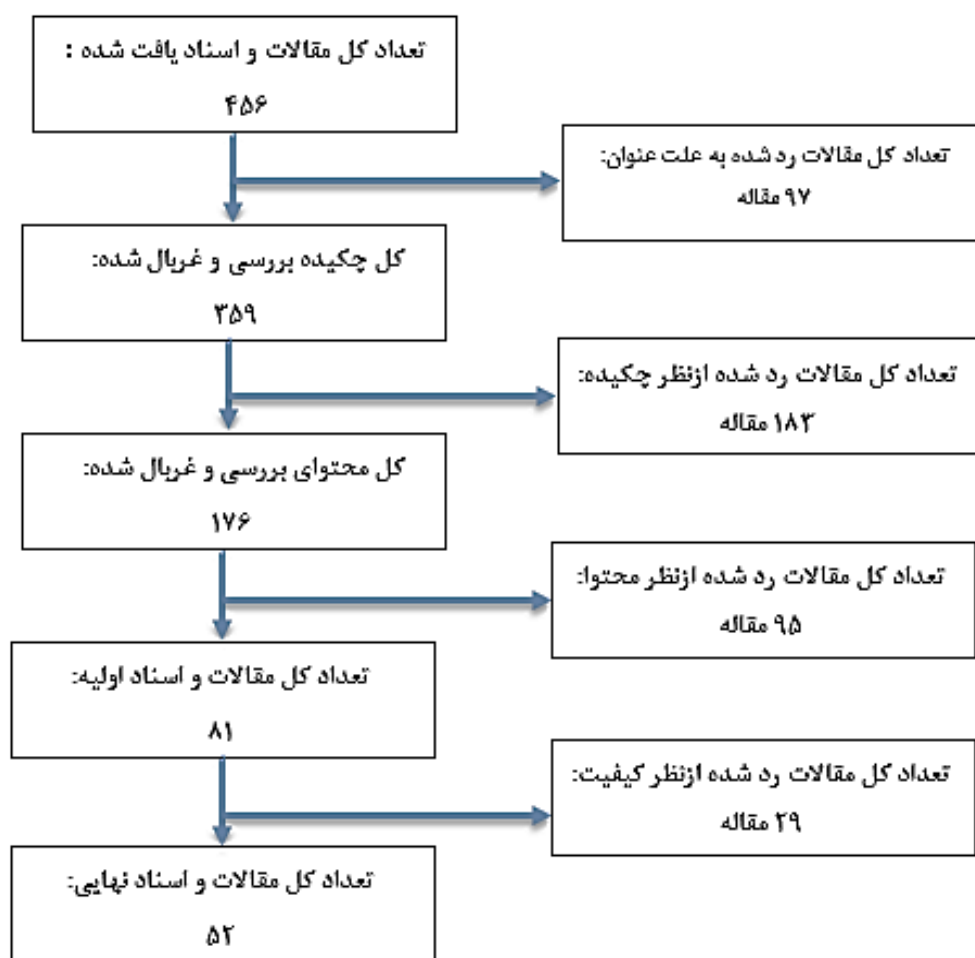
⁶ Qualitative Conceptual Modelling

¹ Big Data

² Circular Economy Technologies

بازبینی متعددی بود که در هر کدام جنبه‌های مختلف مقالات مثل عنوان، چکیده، محتوا و کیفیت بررسی شدند. پس از هر دور بازبینی، برخی از مقالات تأیید و برخی حذف شدند. مقالاتی/اسنادی که تمام معیارها را برآورده کردند، به مرحله بعدی جهت تحلیل محتوا و استخراج نتایج منتقل شده‌اند. روند انتخاب مقالات مناسب در شکل (۲) به‌طور کامل تشریح شده است.

۲- جستجوی هریک از روندهای اصلی علم و فناوری گام یک به همراه واژگان "لجستیک" و "آینده" در پایگاه‌های علمی معتبر و جمع‌آوری ۴۲۶ پژوهش اولیه مرتبط
یک نمونه جستجوی اولیه به شکل زیر بود:
هوش مصنوعی+ لجستیک + آینده
۳- در این مرحله، مقالات/ اسناد جستجو شده گام قبل با توجه به میزان ارتباط آن‌ها با سوالات پژوهشی بررسی شدند. مقالاتی/اسنادی که شرایط مورد نیاز را داشتند، برای تحلیل محتوای فراترکیب و سنتزپژوهی انتخاب گردیدند. این فرآیند شامل مراحل



شکل (۲): نتایج جستجو و چگونگی انتخاب مقالات مناسب

۵- سنتز و ادغام یافته‌های کیفی:
در این مرحله به تحلیل، ترکیب و تلفیق کدهای به‌دست آمده از مرحله قبل در قالب مفاهیم پرداخته شد و کدهای شناسایی شده بر اساس میزان تشابه مفهومی و با رویکرد کدگذاری محوری دسته‌بندی و ترکیب شدند. در این مرحله کدهای استخراج شده در قالب ۴۶ مفهوم/ مقوله (ستون دوم جدول ۵)، طبقه‌بندی شدند.

۴- فرآیند کدگذاری باز و استخراج مؤلفه‌ها (کدها):
در این مرحله هر منبع انتخاب‌شده به‌طور دقیق مرور و مؤلفه‌های کلیدی مرتبط با آینده لجستیک استخراج شد. این کدها شامل تاثیرات روندهای فناورانه (مانند هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیاء، محاسبات کوانتومی، لجستیک سبز و انرژی‌های نوین) بر ابعاد مختلف لجستیک بودند (ستون سوم جدول ۵).

۶- اعتبارسنجی مدل مفهومی:

برای اطمینان از اعتبار مدل، از دو رویکرد استفاده گردید:

اعتبار محتوایی و روایی:

با توجه به استخراج کلیه کدهای اولیه (مؤلفه‌های مدل) از منابع معتبر علمی و گزارش مؤسسات معتبر بین‌المللی که با غربال‌گیری خاصی (شکل ۲) منتخب شده‌اند، مدل به لحاظ محتوایی و روایی دارای اعتبار بسیار بالایی می‌باشد.

اعتبار پایایی و ساختاری:

پایایی در تحقیقات کیفی به معنای ثبات و قابلیت تکرار فرآیند تحقیق است. در رویکردهای فراترکیبی و سنتزپژوهی برای ارزیابی پایایی، از روش‌هایی مانند کدگذاری مستقل توسط دو کدگذار

(پژوهشگر اول و پژوهشگر خبره) استفاده شده است. این فرآیند شامل مرحله‌ای است که پژوهشگر خبره بدون آگاهی از کدگذاری‌های انجام‌شده توسط پژوهشگر اول، به‌طور مستقل اقدام به کدگذاری داده‌ها می‌کند. سپس، میزان توافق بین کدهای استخراج‌شده توسط دو کدگذار با استفاده از آزمون کاپای کوهن اندازه‌گیری شده است [۶۳]. این ضریب، نشان‌دهنده میزان توافق بین دو کدگذار است و اگر مقدار آن بین ۶۱ تا ۸۱ درصد باشد، پایایی داده‌ها معتبر و اگر بالاتر از ۸۱ درصد باشد عالی است. در این پژوهش، براساس محاسبات و خروجی نرم‌افزار SPSS (جدول ۴)، مقدار ضریب کاپا (۰/۷۹/۷) می‌باشد که نشان‌دهنده‌ی توافق بالا بین دو کدگذار بوده و بیانگر اعتبار پایایی و ثبات تحقیق است.

جدول (۴): ضریب کاپای پژوهش (خروجی SPSS)

	Value	Asymptotic standard error	Approximate T	Approximate significance
Measure of agreement kappa	۰/۷۹۷	۰/۰۷۳	۸/۰۸۳	<0.001
N of valid cases	۴۶			

۷- نمایش بصری یافته‌ها در قالب مدل مفهومی:

پس از استخراج و دسته‌بندی مؤلفه‌ها، مفاهیم "لجستیک آینده" کلیه یافته‌ها در یک چارچوب تحلیلی یکپارچه ادغام شدند. در این مرحله، علاوه بر بررسی اثرات مستقل روندهای فناورانه، تعاملات و هم‌افزایی میان روندها نیز مورد توجه قرار گرفت. در نهایت، مدل مفهومی پیشنهادی با ۴۶ مفهوم (مقوله) و ۱۴۰ مؤلفه طراحی و به صورت نمودار خورشیدی (شکل ۳) نمایش داده شد که می‌تواند به‌عنوان چارچوبی نظری - تحلیلی برای برنامه‌ریزی لجستیک آینده در صنایع، بخش دفاعی و نهادهای سیاست‌گذار مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲- مدل مفهومی پیشنهادی برای لجستیک آینده

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های فناورانه در حوزه‌هایی مانند هوش مصنوعی، یادگیری ماشین و اینترنت اشیا، تحولات عمیقی در صنعت لجستیک ایجاد کرده‌اند. با این وجود مطالعات موجود نشان می‌دهند که بسیاری از مدل‌های لجستیکی فعلی، به‌دلیل عدم توجه به پیچیدگی‌ها و تغییرات سریع محیطی، قادر به پاسخگویی مؤثر به نیازهای آینده نیستند.

از سویی دیگر همانطور که اشاره شد، در اکثر تحقیقات حوزه لجستیک آینده، هریک از محققین به بیان یک تعداد محدود از فناوری‌های نوین تاثیرگذار بر آینده لجستیک پرداخته و تاکنون در هیچ تحقیقی فناوری‌های نوپدید و مؤثر بر لجستیک، به صورت یکپارچه مورد تحلیل و بررسی قرار نگرفته است. بنابراین در این مقاله سعی شده است که در قالب یک مدل مفهومی جامع و یکپارچه، ابعاد، مولفه‌ها و روندهای علم و فناوری شاخص و مؤثر بر حوزه لجستیک معرفی شده و ضمن بیان نحوه تاثیر هر یک از این روندها بر آینده لجستیک؛ نحوه تعامل و تاثیر متقابل برخی از این روندها بر یکدیگر که امکان هم‌افزایی و تاثیر قویتر آنها بر آینده لجستیک را متصور می‌کنند، با ذکر مصادیقی ارائه شود.

در جدول (۵) روندهای علم و فناوری مورد اشاره در پژوهش‌های مورد بررسی در بخش قبلی به صورت منسجم ذکر شده است. همچنین با رصد و بررسی تحقیقات حوزه لجستیک آینده در مقابل هریک از روندهای مذکور، تعدادی از مفاهیم و مؤلفه‌های لجستیکی متأثر از آن روند اشاره شده است. دسته‌بندی انجام شده در جدول (۵)، به صورت شماتیک در شکل (۳) نشان داده شده است. در واقع بخشی از مدل مفهومی پیشنهادی (شامل مولفه‌ها و مقوله‌های لجستیک آینده) در این شکل به نمایش گذاشته شده است.

جدول (۵): مؤلفه‌های لجستیکی متأثر از روندهای علم و فناوری

روندهای علم و فناوری	مقوله‌ها (مفاهیم) "کدگذاری محوری"	مؤلفه‌ها (کدها) "کدگذاری باز"	منابع پشتیبان
هوش مصنوعی و یادگیری ماشین	پیش‌بینی تقاضا	تحلیل داده‌های تاریخی	[۸-۱۰]
		پیش‌بینی الگوهای فصلی	
		مدیریت موجودی انبار	
	مدیریت انبار هوشمند	رابط‌های جمع‌آوری کالا	
		سیستم‌های ردیابی موقعیت	
		بهینه‌سازی فضا در انبار	
	طراحی مسیرهای حمل‌ونقل	تحلیل ترافیک شهری	
		برنامه‌ریزی مسیر بر اساس شرایط آب و هوا	
		کاهش زمان و هزینه حمل‌ونقل	
اینترنت اشیاء	ردیابی در لحظه و بلادرنگ کالاها	سنسورهای GPS	[۱۱-۱۴]
		RFID برای شناسایی کالا	
		ارسال داده‌های در لحظه به سیستم‌ها	
	مدیریت انبارهای هوشمند	نظارت بر دما و رطوبت	
		شناسایی موقعیت دقیق کالاها	
		بهره‌برداری از فضای انبار	
	پیش‌بینی نیاز به نگهداری	تحلیل داده‌های حسگر	
		تشخیص خطا قبل از وقوع	
		برنامه‌ریزی نگهداری پیشگیرانه	
روایتیک و خودرانی	انبارداری با رباتها	جمع‌آوری خودکار کالا	[۱۵-۱۸]
		مرتب‌سازی کالاها بر اساس نوع	
		بهینه‌سازی در حرکت و تحویل	
	وسایل نقلیه خودران	کنترل خودکار مسیر	
		تحلیل شرایط جاده‌ای	
		کاهش نیاز به راننده	
	تحویل کالا	ردیابی موقعیت‌ها	
		افزایش دقت در تحویل سفارشات	
		کاهش زمان تحویل	
فناوری‌های پراندامی و محاسبات کوانتومی	بهینه‌سازی شبکه‌های پیچیده	حل مسائل NP-Hard	[۱۹-۲۱]
		بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل	

جدول (۵): مؤلفه‌های لجستیکی متأثر از روندهای علم و فناوری

روندهای علم و فناوری	مقوله‌ها (مفاهیم) "کدگذاری محوری"	مؤلفه‌ها (کدها) "کدگذاری باز"	منابع پشتیبان
فناوری‌های سنجش و حسگری کوانتومی	پیش‌بینی رفتار بازار	مدیریت منابع با ظرفیت‌های بالا	
		تحلیل داده‌های بزرگ	
		پیش‌بینی الگوهای تقاضا	
		مدیریت ریسک بازار	
		کاهش هزینه‌های عملیاتی	
		افزایش سرعت پردازش	
	جهت‌یابی و مکانیابی دقیق‌تر	بهبود دقت GPS	
		کاهش تاخیر در موقعیت‌یابی	
		افزایش کارایی حمل‌ونقل	
	مدیریت محیطی	اندازه‌گیری دقیق شرایط محیطی	
		نظارت بر دما و رطوبت	
		کاهش خرابی کالاها	
	کاربردهای پیشرفته	استفاده در لجستیک فضایی	
		ایجاد سیستم‌های هوشمند	
فناوری‌های پیشرفته بیولوژیک و نانوتکنولوژی	مواد پیشرفته برای بسته‌بندی	بسته‌بندی مقاوم‌تر و سبک‌تر	[۲۲-۲۵]
		افزایش عمر کالا	
		کاهش هزینه‌های بسته‌بندی	
	بسته‌بندی هوشمند	شناسایی وضعیت کالا	
		بهبود کیفیت بسته‌بندی	
		کاهش ضایعات	
	کاربردهای پزشکی	حمل‌ونقل داروها و مواد حساس	
		نظارت بر شرایط نگهداری	
		کاهش خطرات فساد	
فناوری‌های رایانش مرزی	پردازش داده‌های محلی	کاهش تاخیر در تصمیم‌گیری	[۲۶-۲۸]
		افزایش سرعت عملیات	
		کاهش نیاز به باند عرضه	
	بهینه‌سازی عملیات انبار	کنترل دقیق ربات‌ها	
		نظارت لحظه‌ای بر عملکرد سیستم‌ها	
		کاهش خطا	

جدول (۵): مؤلفه‌های لجستیکی متأثر از روندهای علم و فناوری

روندهای علم و فناوری	مقوله‌ها (مفاهیم) "کدگذاری محوری"	مؤلفه‌ها (کدها) "کدگذاری باز"	منابع پشتیبان
	کاربردهای اینترنت اشیاء	پردازش داده‌های حسگرها	
		بهبود کارایی سیستم‌ها	
		کاهش هزینه‌ها	
واقعیت افزوده و واقعیت مجازی	آموزش کارکنان	آموزش واقعی‌تر و کاربردی‌تر	[۵۲-۵۵]
		کاهش خطای انسانی	
		افزایش کارایی کارکنان	
	کمک به کارکنان	شناسایی سریع کالاها	
		مسیریابی‌های پیچیده	
		کاهش زمان عملیات	
	طرح‌ریزی انبارها	طراحی فضایی زیباتر	
		بهینه‌سازی استفاده از فضا	
		کاهش هزینه‌های ساخت و اجرا	
بلاکچین	شفافیت در زنجیره تأمین	ثبت اطلاعات غیرقابل تغییر	[۲۹-۳۴]
		ردیابی محصولات از منبع تا مقصد	
		اطمینان از اصالت کالا	
	مدیریت قراردادهای هوشمند	اجرای خودکار قراردادها	
		کاهش نیاز به میانجی‌ها	
		امنیت اطلاعات قرارداد	
	جلوگیری از تقلب	رمزگذاری اطلاعات	
		اعتمادپذیری شبکه	
		جلوگیری از تقلب در معاملات	
فناوری‌های شبکه‌های امنیتی و اطلاعاتی	حفاظت از اطلاعات لجستیکی	رمزگذاری اطلاعات	[۳۵-۳۷]
		جلوگیری از حملات سایبری	
		امنیت شبکه‌ها	
	مدیریت ریسک	شناسایی تهدیدات	
		ایجاد سیستم‌های امن	
		کاهش خطرات	
	کاربردهای عملیاتی	حفاظت از داده‌های انبار	
		امنیت شبکه‌های حمل و نقل	

جدول (۵): مؤلفه‌های لجستیکی متأثر از روندهای علم و فناوری

روندهای علم و فناوری	مقوله‌ها (مفاهیم) "کدگذاری محوری"	مؤلفه‌ها (کدها) "کدگذاری باز"	منابع پشتیبان
فناوری‌های انرژی پایدار	وسایل نقلیه الکتریکی	مدیریت دسترسی‌ها	
		کاهش هزینه‌های امنیت	
		کاهش آلودگی محیطی	[۳۸-۴۰]
	استفاده از انرژی خورشیدی	کاهش هزینه‌های سوخت	
		افزایش کارایی وسایل نقلیه	
		تأمین انرژی برای انبارها	
		کاهش هزینه‌های انرژی	
		افزایش پایداری سیستم‌ها	
شبکه‌های حمل و نقل پیشرفته	راه آهن هوشمند	کنترل خودکار قطارها	[۴۱-۴۴]
		بهینه‌سازی مسیرهای راه آهن	
		کاهش هزینه‌ها	
	ترابری هوایی پیشرفته	هواپیماهای بدون سرنشین	
		تحويل سریع کالاها	
		کاهش هزینه‌ها	
	کاربردهای شهری	حمل و نقل درون شهری	
		کاهش ترافیک	
		افزایش کارایی	
فناوری‌های شبکه‌های هوشمند	مدیریت انرژی در لجستیک	بهینه‌سازی مصرف انرژی	[۴۴-۴۷]
		کاهش هزینه‌های انرژی	
		افزایش کارایی سیستم‌ها	
	پشتیبانی از وسایل نقلیه الکتریکی	برنامه‌ریزی شارژ موثر	
		کاهش زمان شارژ	
		افزایش عمر باتری	
	کاهش آلودگی محیطی	استفاده از منابع تجدیدپذیر	
		کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای	
		ایجاد سیستم‌های پایدار	
	مدیریت ترافیک	کاهش ترافیک شهری	
		بهینه‌سازی مسیرهای حمل و نقل	
		کاهش زمان تحويل	

جدول (۵): مؤلفه‌های لجستیکی متأثر از روندهای علم و فناوری

روندهای علم و فناوری	مقوله‌ها (مفاهیم) "کدگذاری محوری"	مؤلفه‌ها (کدها) "کدگذاری باز"	منابع پشتیبان
فناوری‌های اقتصادی گردش باز بافتی	باز یافت کالاها	طراحی محصولات باز یافت پذیر	[۵۸-۵۹]
		کاهش ضایعات	
		افزایش پایداری	
	مدیریت زباله	جمع‌آوری مواد قابل باز یافت	
		کاهش آلودگی	
		ایجاد سیستم‌های پایدار	
	کاربردهای محیطی	افزایش کارایی	
		ایجاد ارزش اقتصادی	
فناوری‌های شبکه‌های بیومتریک	مدیریت دسترسی	شناسایی کارکنان	[۴۸-۵۱]
		کنترل دسترسی به انبارها	
		امنیت سیستم‌ها	
	شناسایی کارکنان	شناسه چهره Face ID	
		اثر انگشت Fingerprints	
		تشخیص صدا Recognition Voice	
	کاربردهای امنیتی	جلوگیری از دسترسی نامعتبر	
		کاهش خطا	
		افزایش اعتماد پذیری	
فناوری‌های شبکه‌های اجتماعی در کنار کلان داده‌ها و واقعیت افزوده و واقعیت مجازی	آموزش و آموزش کارکنان	آموزش واقعی‌تر	[۵۴-۵۷]
		کاهش زمان آموزش	
		افزایش کارایی	
	کاربردهای تجاری	نمایش محصولات	
		ارتباط و تحلیل مشتریان	
		طراحی محصولات بر اساس نیاز	
	تحلیل نیازهای مشتری	تحلیل نظرات اجتماعی	
		پیش‌بینی تقاضا	
		افزایش رضایت مشتری	
	مدیریت عرضه و تقاضا	بهینه‌سازی موجودی	
		کاهش هزینه‌های عملیاتی	
		افزایش کارایی سیستم‌ها	

۴- تأثیر تعامل و هم‌افزایی روندهای علم و فناوری در شکل‌گیری لجستیک آینده

روندهای علم و فناوری معرفی شده در بخش پیشین، نه تنها به صورت مستقل بر ابعاد مختلف لجستیک آینده تأثیرگذارند، بلکه در تعامل و هم‌افزایی با یکدیگر، توان ایجاد تحولات عمیق‌تر و پایدارتری در سیستم‌های لجستیکی دارند. این هم‌افزایی فناوری‌محور می‌تواند منجر به شکل‌گیری اکوسیستم‌های لجستیکی هوشمندتر، پاسخگوتر، ایمن‌تر و پایدارتر شود.

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیب فناوری‌هایی مانند هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در مدیریت انبار، موجب بهبود تصمیم‌گیری، کاهش زمان پاسخ و افزایش خودکارسازی می‌شود [۱۳، ۸]. همچنین، استفاده همزمان از بلاک‌چین و هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین، شفافیت اطلاعاتی و پیش‌بینی‌پذیری را به صورت هم‌افزا ارتقا می‌دهد [۳۴]. تعامل میان محاسبات لبه و اینترنت اشیا در وسایل نقلیه خودران نیز سبب کاهش تأخیر داده‌ها و افزایش کارایی سیستم‌های توزیع می‌گردد [۲۸].

مطابق تحلیل‌های جدید، اثرات ترکیبی فناوری‌های نوپدید در حوزه لجستیک بسیار فراتر از مجموع اثرات مستقل آن‌هاست. به عنوان نمونه، ترکیب رباتیک با شبکه‌های هوشمند انرژی، منجر به تحرک پیوسته و بدون وقفه ناوگان خودران در محیط‌های پیچیده لجستیکی می‌شود؛ درحالی‌که فناوری‌های واقعیت افزوده در کنار ربات‌ها، سطح کارایی کارکنان و دقت عملیات را ارتقاء می‌دهند [۵۲، ۵۳]. در جدول (۶)، نمونه‌هایی از تعاملات فناوری‌های کلیدی و مصادیق عینی آن‌ها در لجستیک آینده ارائه شده است. این جدول نه تنها به تبیین مکانیزم هم‌افزایی میان فناوری‌ها می‌پردازد، بلکه نشان می‌دهد چگونه این ترکیب‌ها می‌توانند در محیط‌های واقعی یا سناریوهای آینده‌نگر به کار گرفته شوند.

به طور خلاصه، تعاملات فناوری‌محور از جنس هوش مصنوعی، بلاک‌چین، اینترنت اشیا، رباتیک، محاسبات کوانتومی، محاسبات لبه، واقعیت افزوده، بیومتریک و انرژی‌های پایدار، مسیر تحول لجستیک را از ساختارهای خطی سنتی به اکوسیستم‌های پیچیده و تطبیق‌پذیر سوق می‌دهند. این رویکرد یکپارچه، مبنایی نظری و تجربی برای درک عمیق‌تر لجستیک آینده فراهم می‌سازد که در مدل مفهومی پیشنهادی این پژوهش نیز لحاظ شده است.

جدول (۶): هم‌افزایی میان روندهای علم و فناوری و تأثیرات آن‌ها بر لجستیک آینده

روندهای هم‌افزا	شرح هم‌افزایی و کاربردها در لجستیک آینده
هوش مصنوعی + اینترنت اشیا	در انبارهای آینده، حسگرهای IoT به صورت بلادرنگ داده‌هایی مانند دما، رطوبت، و موقعیت کالا را ثبت می‌کنند و الگوریتم‌های AI این داده‌ها را تحلیل کرده و درباره زمان‌بندی تحویل، مسیربندی مجدد، و اولویت بندی سفارشات تصمیم‌گیری می‌کنند. [۱۳]
بلاک‌چین + هوش مصنوعی	زنجیره‌های تأمین دارویی می‌توانند از بلاک‌چین برای ثبت تغییرناپذیر اطلاعات تولید و توزیع استفاده کنند و هوش مصنوعی نیز برای تحلیل الگوهای مصرف و نیاز مناطق محروم، بهینه‌سازی تخصیص منابع را برعهده گیرد. [۳۴]
رباتیک + شبکه‌های هوشمند انرژی	ربات‌های لجستیکی می‌توانند با دریافت بلادرنگ وضعیت انرژی از شبکه‌های هوشمند، شارژ خود را در نقاط مناسب به صورت خودکار انجام دهند، بدون اینکه عملیات جابه‌جایی متوقف شود. [۴۱]
محاسبات کوانتومی + بلاک‌چین	توان پردازشی بالا در محاسبات کوانتومی، امکان اجرای همزمان هزاران تراکنش در بلاک‌چین‌های آینده را فراهم می‌سازد، که در لجستیک جهانی بسیار حیاتی است. [۲۰]
انرژی پایدار + رباتیک	ربات‌های لجستیکی در آینده می‌توانند با استفاده از انرژی خورشیدی یا ایستگاه‌های شارژ مبتنی بر انرژی تجدیدپذیر، عملیات تحویل کالا را در مسیرهای طولانی انجام دهند. [۳۹]
واقعیت افزوده + رباتیک	کارکنان انبار می‌توانند از عینک‌های واقعیت افزوده برای مشاهده عملکرد و وضعیت بلادرنگ ربات‌ها استفاده کرده، و مسیرها یا وظایف را با دقت بیشتر کنترل و هدایت کنند. [۵۳]
محاسبات کوانتومی + اینترنت اشیا	تحلیل سریع و پیچیده داده‌های حجیم حسگرهای اینترنت اشیا از طریق پردازش کوانتومی، امکان پاسخ لحظه‌ای به شرایط غیرمنتظره را فراهم می‌سازد، مانند انحراف از مسیر یا خرابی تجهیزات. [۱۹]
شبکه‌های اجتماعی + کلان داده‌ها	تحلیل داده‌های شبکه‌های اجتماعی با استفاده از کلان داده‌ها و هوش مصنوعی به پیش‌بینی تقاضا، شناسایی

جدول (۶): هم‌افزایی میان روندهای علم و فناوری و تأثیرات آن‌ها بر لجستیک آینده

روندهای هم‌افزا	شرح هم‌افزایی و کاربردها در لجستیک آینده
هوش مصنوعی	ترجیحات مشتریان، و تنظیم استراتژی‌های عرضه کمک می‌کند. [۵۶]
رایانش مرزی + اینترنت اشیاء	در وسایل نقلیه خودران، داده‌های دریافتی از حسگرهای اینترنت اشیاء می‌توانند به‌صورت محلی توسط رایانش مرزی پردازش شوند و بدون نیاز به اتصال دائم به مرکز، تصمیمات فوری اتخاذ گردد. [۲۸]
بیومتریک + امنیت سایبری	سیستم‌های بیومتریک می‌توانند هویت کارکنان را تأیید کرده و با اتصال به زیرساخت‌های امنیت سایبری، دسترسی غیرمجاز به سامانه‌های لجستیکی را مسدود کنند [۳۶]، [۵۰]
شبکه‌های حمل‌ونقل پیشرفته + رباتیک	کامیون‌های خودران نسل جدید مانند پروژۀ تسلا می‌توانند از داده‌های حسگرهای محیطی برای بهینه‌سازی مسیر و افزایش ایمنی استفاده کرده و بدون دخالت انسانی، عملیات حمل را انجام دهند. [۴۶]

۵- جمع‌بندی

«فناوری و لجستیک آینده» کمک کرده و به‌ویژه در حوزه مطالعات راهبردی و دفاعی، قابلیت بومی‌سازی دارد. از منظر عملیاتی نیز می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های کلان لجستیک شهری، نظامی و صنعتی مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۲- پیشنهادات آتی

بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهادهای زیر به جامعه علمی، نهادهای صنعتی و سیاست‌گذاران ارائه می‌گردد:

✓ پیشنهادهای پژوهشی

انجام مطالعات موردی در صنایع مختلف (نظامی، بهداشت، تجارت الکترونیکی) برای اعتبارسنجی مدل مفهومی در محیط واقعی.

طراحی مدل‌های شبیه‌سازی برای بررسی اثر هم‌افزایی دو یا چند روند بر عملکرد سیستم‌های لجستیکی.

توسعه شاخص‌های ارزیابی بلوغ لجستیک آینده در سطوح مختلف سازمانی و ملی بر مبنای ابعاد مدل.

✓ پیشنهادهای کاربردی برای صنعت

تشکیل «کارگروه‌های فناوری‌محور لجستیک آینده» در سازمان‌های لجستیکی به‌منظور رصد و ترکیب روندهای تأثیرگذار.

طراحی نقشه راه انتقال از لجستیک سنتی به لجستیک آینده در بخش‌های خاص (مانند لجستیک اضطراری، لجستیک نظامی یا لجستیک پایدار).

✓ پیشنهادهای سیاستی و حاکمیتی

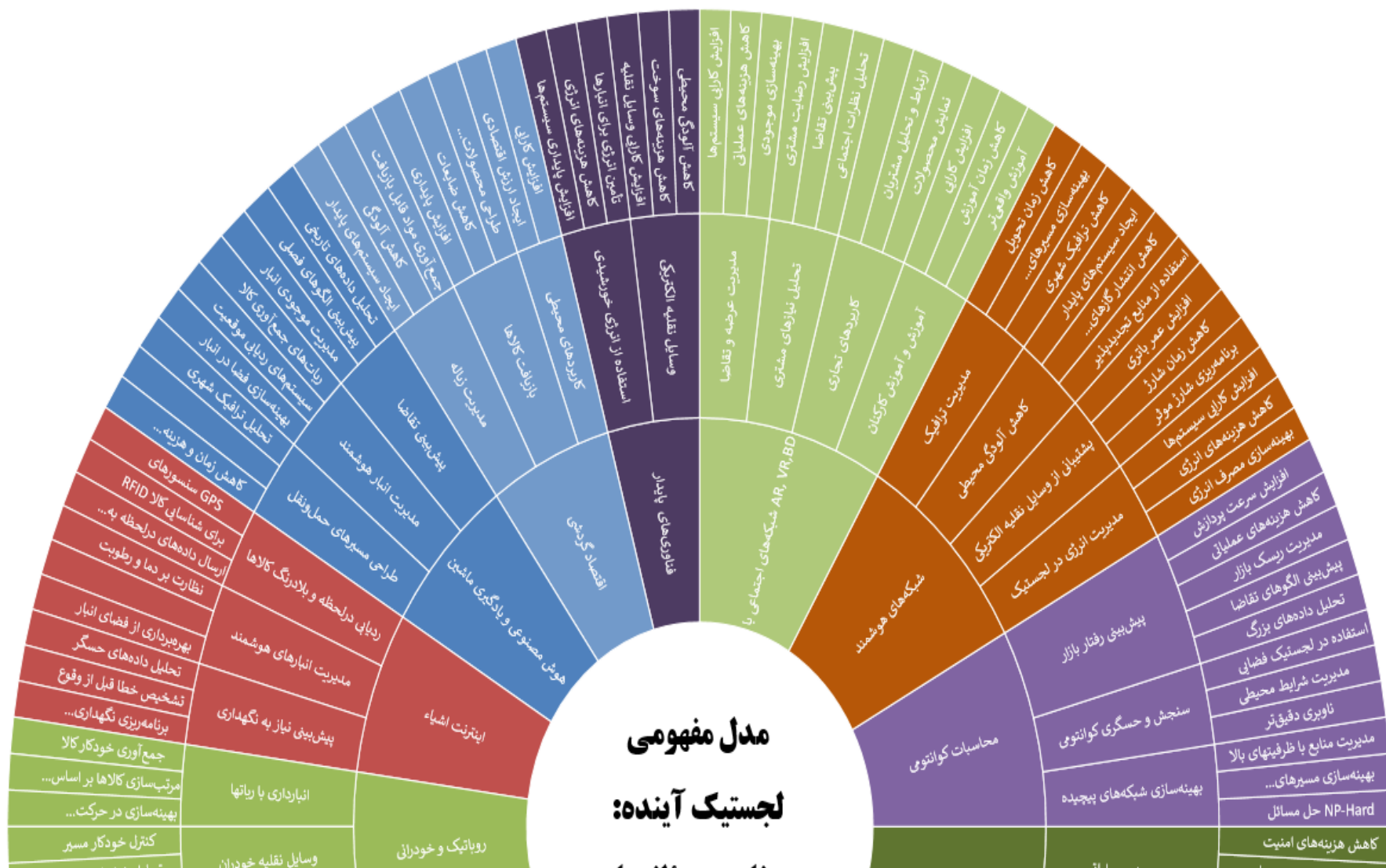
گنجاندن مفاهیم و ساختارهای مدل پیشنهادی در اسناد ملی مرتبط با آینده‌پژوهی لجستیک و زیرساخت.

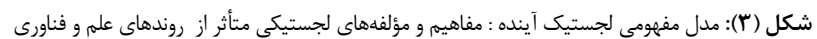
حمایت از پروژه‌های بین‌رشته‌ای با محوریت هم‌افزایی فناوری‌ها در زنجیره‌های تأمین آینده.

۵-۱- بحث و نتیجه‌گیری

تحولات فناورانه چند سال اخیر، نشان داده‌اند که آینده لجستیک به‌طور مستقیم تحت تأثیر روندهای نوظهور علمی و فناوری قرار خواهد گرفت. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهند که روندهایی مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، بلاک‌چین، محاسبات کوانتومی، واقعیت افزوده و انرژی‌های پایدار، هرکدام به‌تنهایی بر بخش‌هایی از زنجیره تأمین و سیستم‌های لجستیکی تأثیرگذارند؛ اما اثر واقعی و ساختاری این فناوری‌ها زمانی پدیدار می‌شود که در تعامل و هم‌افزایی با یکدیگر قرار گیرند.

مدل مفهومی ارائه‌شده در این مقاله، با ساختاری چهاربعدی (تکنولوژیکی، امنیتی، پایداری، اجتماعی) و پوشش ۱۵ روند کلیدی، تلاش می‌کند تا درکی جامع و آینده‌نگرانه از لجستیک آینده فراهم آورد. یکی از نوآوری‌های کلیدی این مدل، تأکید بر تعاملات فناوری‌محور است؛ جایی که برای مثال، هم‌افزایی میان هوش مصنوعی و IoT، یا بلاک‌چین و محاسبات کوانتومی، منجر به شکل‌گیری سیستم‌های لجستیکی هوشمند، پایدار و امن‌تر می‌گردد. در مقایسه با مدل‌ها و مطالعات پیشین که صرفاً بر یک یا چند روند منفرد متمرکز بوده‌اند، مدل حاضر رویکردی کل‌نگر، بین‌رشته‌ای و سیستمی اتخاذ کرده و چارچوبی برای تحلیل تحولات پیچیده آینده ارائه می‌دهد. همچنین، در جدول (۶) مقاله، مصادیق عینی یا سناریوهای انتزاعی برای هم‌افزایی روندها ارائه شده است که می‌تواند نقطه آغاز مطالعات موردی یا مدلسازی‌های شبیه‌سازی در آینده باشد. از منظر نظری، این مدل به توسعه ادبیات مفهومی در حوزه





۶- مراجع

- [21] P. Gachnang, J. Ehrenthal, T. Hanne, and R. Dornberger, "Quantum Computing in Supply Chain Management State of the Art and Research Directions," vol. 1, no. 1, J Asian Journal of Logistics Management, 2022.
- [22] J. Qiao, "Research on optimizing the distribution route of food cold chain logistics based on modern biotechnology," AIP Conference Proceedings, vol. 2110, no. 1, 2019.
- [23] D. Bogataj, and D. Drobne, "Control of Perishable Goods in Cold Logistic Chains by Bionanosensors," Applying Nanotechnology for Environmental Sustainability, S. H. Joo, ed., pp. 376-402, Hershey, PA, USA: IGI Global, 2017.
- [24] M. Bowles, and L. Jianjun, "Review on nanotechnology in agricultural products logistics management," pp. 415-420.
- [25] L. Jianjun, and M. Bowles, "Review on the application of nano-sensor technology to logistics management," pp. 409-414.
- [26] T. Wang, H. Chen, R. Dai, and D. Zhu, "Intelligent Logistics System Design and Supply Chain Management under Edge Computing and Internet of Things," vol. 2022, no. 1, p. 1823762, 2022.
- [27] J. Chen, J. Zhang, C. Pu, P. Wang, M. Wei, and S. Hong, "Distributed Logistics Resources Allocation with Blockchain, Smart Contract, and Edge Computing," vol. 32, no. 7, p. 2350121, 2023.
- [28] X. Li, L. Gong, X. Liu, F. Jiang, W. Shi, L. Fan, H. Gao, R. Li, and J. Xu, "Solving the last mile problem in logistics: A mobile edge computing and blockchain-based unmanned aerial vehicle delivery system," vol. 34, no. 7, pp. e6068, 2022.
- [29] G. Perboli, S. Musso, and M. Rosano, "Blockchain in Logistics and Supply Chain: A Lean Approach for Designing Real-World Use Cases," IEEE Access, vol. 6, pp. 62018-62028, 2018.
- [30] I. M. Ar, I. Erol, I. Peker, A. I. Ozdemir, T. D. Medeni, and I. T. Medeni, "Evaluating the feasibility of blockchain in logistics operations: A decision framework," Expert Systems with Applications, vol. 158, p. 113543, 2020.
- [31] T.-M. Choi, and T. Siqin, "Blockchain in logistics and production from Blockchain 1/0 to Blockchain 5/0: An intra-inter-organizational framework," Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 160, p. 102653, 2022.
- [32] L. Koh, D. Alexandre, and J. and Sarkis, "Blockchain in transport and logistics – paradigms and transitions," International Journal of Production Research, vol. 58, no. 7, pp. 2054-2062, 2020.
- [33] M. Pourmader, S. Yangyan, S. Stefan, and S. C. L. and Koh, "Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature," International Journal of Production Research, vol. 58, no. 7, pp. 2063-2081, 2020.
- [34] S. Saberi, K. Mahtab, S. Joseph, and L. and Shen, "Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management," International Journal of Production Research, vol. 57, no. 7, pp. 2117-2135, 2019.
- [35] S. R. Sindiramutty, N. Z. Jhanjhi, C. E. Tan, N. A. Khan, B. Shah, and A. R. Manchuri, "Cybersecurity Measures for Logistics Industry," Navigating Cyber Threats and Cybersecurity in the Logistics Industry, N. Z. Jhanjhi and I. A. Shah, eds., pp. 1-58, Hershey, PA, USA: IGI Global, 2024.
- [36] A. Odimarha, S. Ayodeji, and E. Abaku, "Securing the digital supply chain: Cybersecurity best practices for logistics and shipping companies," World Journal of Advanced Science and Technology, vol. 5, pp. 26-30, 2024.
- [37] A. Szymonik, A. Szymonik, M. Dymyt, and M. J. E. R. S. J. Winciewicz-Bosy, "Cybersecurity Threats and Practices in the Logistics Industry in Poland," European Research Studies Journal, vol. 27, no. 3, pp. 1108-1123, 2024.
- [38] J. Sadeghi, and K. R. Haapala, "Optimizing a sustainable logistics problem in a renewable energy network using a genetic algorithm," OPSEARCH, vol. 56, no. 1, pp. 73-90, 2019.
- [39] H. Smith, "Renewable energy integration in sustainable transportation and logistics," 2024.
- [40] Y. Remyha, O. Zaiamiuk, T. Lozova, N. Trushkina, O. Yakushev, and Y. Korovin, "Energy-saving technologies for sustainable development of the maritime transport logistics market," IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. 1126, no. 1, pp. 12037, 2023.
- [41] G. R. Grob, "Future transportation with smart grids & sustainable energy," pp. 1-5.
- [42] T. Ahmad, R. Madonski, D. Zhang, C. Huang, and A. Mujeeb, "Data-driven probabilistic machine learning in sustainable smart energy/smart energy systems: Key developments, challenges, and future research opportunities in the context of smart grid paradigm," Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 160, pp. 112-128, 2022.
- [۱] مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، گزارش رصد تحولات فناوری در آینده از نگاه مؤسسات بین‌المللی، مسلسل: ۱۹۵۹۹، ۱۴۰۲.
- [2] McKinsey. "Technology Trends Outlook 2023", Retrieved from www.mckinsey.com, 2023.
- [3] World Economic Forum. "Top 10 Emerging Technologies of 2023", Center for the Fourth Industrial Revolution, June, 2023.
- [4] B. Willemsen, "Gartner Top 10 Strategic Technology Trends 2024". www.Gartner.com
- [۵] خلیلی، س.، امامیان، س.، "ترسیم نقشه علمی و تحلیل پرونده‌های علمی حوزه های پژوهشی لجستیک و جنگ آینده بر اساس مقالات نمایه شده در پایگاه اسکوپوس" اولین همایش سراسری آماد و پشتیبانی دفاعی در گام دوم انقلاب اسلامی. تهران، دانشگاه افسری امام حسین (ع)، ص ۱۵، ۱۴۰۱.
- [۶] خلیلی، س.، امامیان، س.، "رویکردهای نوین لجستیک و زنجیره تامین دفاعی در جنگ های معاصر و آینده" سومین کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی صنایع، کنترل و مدیریت پروژه، تهران، ص. ۱۹، ۱۴۰۳.
- [۷] خلیلی، س.، امامیان، س.، "ارائه راهکارهای هوشمندسازی لجستیک نظامی در مواجهه با جنگ های آینده" سومین کنفرانس بین المللی پژوهش در مهندسی صنایع، کنترل و مدیریت پروژه، تهران، ص. ۲۵، ۱۴۰۳.
- [8] W. Chen, Y. Men, N. Fuster, C. Osorio, and A. A. Juan, "Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review," vol. 16, no. 21, p. 9145, 2024.
- [9] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, and S. A. Gawankar, "Sustainable Industry ۴.۰ framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives," Process Safety and Environmental Protection, vol. 117, pp. 408-425, 2018.
- [10] X. Zhu, N. Liu, and Y. Shi, "Artificial intelligence technology in modern logistics system," vol. 22, no. 1-2, pp. 66-81, 2022.
- [11] M. Ben-Daya, H. Elkafi, and Z. and Bahroun, "Internet of things and supply chain management: a literature review," International Journal of Production Research, vol. 57, no. 15-16, pp. 4719-4742, 2019.
- [12] Y. Ding, J. Mingzhou, L. Sen, and D. and Feng, "Smart logistics based on the internet of things technology: an overview," International Journal of Logistics Research and Applications, vol. 24, no. 4, pp. 323-345, 2021.
- [13] Y. Song, F. R. Yu, L. Zhou, X. Yang, and Z. He, "Applications of the Internet of Things (IoT) in Smart Logistics: A Comprehensive Survey," IEEE Internet of Things Journal, vol. 8, no. 6, pp. 4250-4274, 2021.
- [14] H. Golpira, S. A. R. Khan, and S. Safaeipour, "A review of logistics Internet-of-Things: Current trends and scope for future research," Journal of Industrial Information Integration, vol. 22, p. 100194, 2021.
- [15] C. Chen, E. Demir, Y. Huang, and R. Qiu, "The adoption of self-driving delivery robots in last mile logistics," Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 146, p. 102214, 2021.
- [16] Ö. F. Görçün, "Autonomous Robots and Utilization in Logistics Process," Logistics 4,0 and Future of Supply Chains, İ. İyigün and Ö. F. Görçün, eds., pp. 83-93, Singapore: Springer Nature Singapore, 2022.
- [17] "Enhancing Logistics Efficiency with Autonomous Vehicles: Leveraging Reinforcement Learning, Sensor Fusion, and Path Planning Algorithms," International Journal of AI and ML, vol. 1, no. 3, 2020.
- [18] S. Srinivas, S. Ramachandiran, and S. Rajendran, "Autonomous robot-driven deliveries: A review of recent developments and future directions," Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, vol. 165, p. 102834, 2022.
- [19] M. Núñez-Merino, J. M. Maqueira-Marín, J. Moyano-Fuentes, and C. A. Castaño-Moraga, "Quantum-inspired computing technology in operations and logistics management," International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, vol. 54, no. 3, pp. 247-274, 2024.
- [20] F. J. a. p. a. Phillipson, "Quantum computing in logistics and supply chain management an overview," 2024.

- [55] E. Y. C. Wong, and P. T. Y. Lee, "Virtual reality in transportation and logistics: A clustering analysis of studies from 2010 to 2023 and future directions," *Computers in Human Behavior*, vol. 153, pp. 108082, 2024.
- [56] S. Talwar, K. Puneet, F. W. Samuel, and A. and Dhir, "Big Data in operations and supply chain management: a systematic literature review and future research agenda," *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 11, pp. 3509-3534, 2021.
- [57] S. Guan, X. Yuan, and M. Elhoseny, "Smart E-commerce logistics construction model based on big data analytics," vol. 40, no. 2, pp. 3015-3023, 2021.
- [58] L. Liu, W. Song, and Y. Liu, "Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4/0 technologies," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 178, pp. 109113, 2023.
- [59] S. A. Khan, W. Laalaoui, F. Hokal, M. Tareq, and L. Ahmad, "Connecting reverse logistics with circular economy in the context of Industry 4/0," *Kybernetes*, vol. 52, no. 12, pp. 6279-6320, 2023.
- [60] Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis*. Russell Sage Foundation.
- [61] Hall, J. A., Tickle-Degnen, L., Rosenthal, R., & Mosteller, F. (1994). *Hypotheses and problems in research synthesis*.
- [62] Hord, S. (1986). A synthesis of research on organizational collaboration. *Educational Leadership*, 43(5), 22-26.
- [63] Vanbelle, S., & Albert, A. (2008). A bootstrap method for comparing correlated kappa coefficients. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 78(11), 1009-1015.
- [64] M. B. Miles, A. M. Huberman, and J. Saldaña, *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*, 4th ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2020. <https://www.metodos.work/wp-content/uploads/2024/01/Qualitative-Data-Analysis.pdf>
- [65] R. Popper, "Foresight methodology," in *The Handbook of Technology Foresight: Concepts and Practice*, L. Georgiou, J. Harper, I. Miles, and R. Popper, Eds. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2008, pp. 44-88. <https://research.manchester.ac.uk/en/publications/foresight-methodology>
- [43] L. He, S. Liu, and Z. J. M. Shen, "Smart urban transport and logistics: A business analytics perspective," vol. 31, no. 10, pp. 3771-3787, 2022.
- [44] G. Büyükoçkan, and Ö. Ilıcak, "Smart urban logistics: Literature review and future directions," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 81, pp. 101-197, 2022.
- [45] V. Sharma, R. D. Raut, U. H. Govindarajan, and B. E. Narkhede, "Advancements in urban logistics toward smart, sustainable reforms in developing enabling technologies and markets," *Kybernetes*, vol. 51, no. 3, pp. 1038-1061, 2022.
- [46] Y. Cao, S. Derrible, M. Le Pira, and H. Du, "Advanced transport systems: the future is sustainable and technology-enabled," *Scientific Reports*, vol. 14, no. 1, pp. 9429, 2024.
- [47] K. Markvica, B. Hu, M. Prandstetter, U. Ritzinger, J. Zajicek, C. Berkowitsch, G. Hauger, S. Pföser, T. Berger, S. Eitler, and R. Schodl, "On the Development of a Sustainable and Fit-for-the-Future Transportation Network," vol. 3, no. 3, pp. 23, 2018.
- [48] J. Balevičiūtė, G. Šopaga, and A. Jarašūnienė, "Application of Biometric Technologies in Transport and Logistics Companies," pp. 316-327.
- [49] M. Prokopovič, and K. Čižiūnienė, "Possibilities of Applying Biometric Data Scanning Tools in Vehicles," pp. 317-326.
- [50] B. Xu, T. Agbele, and R. Jiang, "Biometric Blockchain: A Better Solution for the Security and Trust of Food Logistics," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 646, no. 1, pp. 012009, 2019.
- [51] K. Čižiūnienė, M. Prokopovič, J. Zaranka, and J. Matijošius, "Biometric Breakthroughs for Sustainable Travel: Transforming Public Transportation through Secure Identification," *Sustainability*, vol. 16, no. 12, pp. 5071, 2024.
- [52] A. Lagorio, V. D. Pasquale, C. Cimini, S. Miranda, and R. Pinto, "Augmented Reality in Logistics : Implications for the human work," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, no. 10, pp. 329-334, 2022.
- [53] A. Rejeb, K. J. G., L. G. Keong, and H. and Treiblmaier, "Potentials and challenges of augmented reality smart glasses in logistics and supply chain management: a systematic literature review," *International Journal of Production Research*, vol. 59, no. 12, pp. 3747-3776, 2021.
- [54] S. Tiwari, S. K. Baral, and R. Goel, "Application of AR and VR for supply chain: a macro perspective approach," *Augmented and Virtual Reality in Industry 5/0*, G. Richa, B. Sukanta Kumar, M. Tapas and J. Vishal, eds., pp. 1-18, Berlin, Boston: De Gruyter, 2023.