



Improving Supply Chain Resilience through Artificial Intelligence and Big Data: A Total Interpretive Structural Model

Amir Ehsan Zahedi 

Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.

a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

Ali Ehsani* 

Assistant Professor, Department of Management, Faculty of Administrative Sciences and Economics, Arak University, Arak, Iran.

a-ehsani@araku.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-09-21

Revised: 2025-10-09

Accepted: 2025-10-14

Keywords:

Artificial Intelligence;

Big Data Analytics;

Supply Chain

Resilience;

TISM.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: Today, there is a growing concern in the supply chain due to disruptions, which requires appropriate tools to support the supply chain to increase its resilience. Supply chain management must move towards different and innovative approaches by utilizing new technologies to increase the ability to face risks and improve its resilience. Artificial intelligence, blockchain, big data analytics, and the Internet of Things, as a few smart technologies, have transformed the way organizations collect data and share information in real time. This has led to innovative frameworks in the supply chain and the development of new competitive strategies. Hence, there is a need to integrate advanced technologies to create resilient supply chains. Implementing smart technologies in Iranian SMEs is challenging and faces problems and obstacles such as the large investment required, the complexities of implementing and integrating equipment, the uncertainty of support, the need to build a culture and train human resources, and infrastructure problems. This study examines the role of artificial intelligence and big data analytics in creating resilient supply chains in Iranian SMEs.

Materials and Methods: The present study follows the interpretive paradigm in terms of philosophical foundations and is applied in terms of purpose because it is conducted with the aim of obtaining the results of the findings to solve existing problems in a specific field. On the other hand, it has a developmental orientation due to the knowledge gained from the design of the model and the study in terms of results. Also, in terms of the nature of the data, it is qualitative because it is an interpretive study based on interpretive methodology. And in terms of the method of data collection, it is descriptive because it includes a set of methods that aim to describe the conditions or phenomena under study. The data were collected using a semi-

* Corresponding author

Email: a-ehsani@araku.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0001-7873-5371>

structured interview method. The statistical population of the study is managers of small and medium-sized companies in Iran. Sampling of experts was carried out using a non-probability and purposive method, and a total of 15 people were interviewed to achieve the theoretical adequacy criterion. The Total Interpretive Structural Modeling method was used to conduct this research. The TISM method is an interactive process in which a set of different and related elements are structured into a systematic and comprehensive model. This technique greatly helps to establish order in the complex relationships between the elements of a system. In other words, total interpretive structural modeling is an interactive learning process that, through the interpretation of the opinions of a group of experts, deals with the relationship between the concepts of a problem and creates a comprehensive structure of a complex set of concepts. In addition to specifying the precedence and delay of the effects of the elements on each other, it determines the direction and intensity of the relationship between the elements of a complex set in a hierarchical structure.

Results: The aim of this study was to design a model for improving the resilience of Iranian small and medium-sized enterprises' supply chains through artificial intelligence and big data. After reviewing the literature and approving experts, factors were identified in 12 dimensions and then, using the total interpretive structural modeling method, 9 levels of classification and their relationship were determined. Lower levels are considered the most influential and the least influential. Accordingly, the Supply Chain Analytics (SCA) factor was placed at level 7 (the lowest level). The results of the previous stage analysis are influential on Demand Forecasting (DF), Consumer Behavior (CB), and Operations and Planning (OP), which were placed at level 6. The three factors of demand forecasting, consumer behavior, and operations and planning in the next stage strengthen Visibility (VIS), which was placed at level 5. Visibility provides the basis for Periodic Monitoring (PM), which is placed at level 4. Next, periodic monitoring impacts Point-Of-Sale data analytics (POS) and Inventory Management (INV), which are located at Level 3. Point-of-sale (POS) and inventory management data analytics lead to improved Efficiency (ECY), Transportation (TRN), and Route Optimization (RO), which are located at Level 2. Finally, efficiency, route optimization, and transportation drive improved Supply Chain Resilience (SCR), which is located at Level 1. By following these steps, businesses can create a more resilient, cost-effective, and environmentally sustainable supply chain that is prepared to overcome disruptions.

Conclusion: To improve supply chain resilience using artificial intelligence and big data in small and medium-sized enterprises, it is recommended that companies use joint cooperation in the field of advanced technologies and benefit from the experiences of leading companies. Before using artificial intelligence and big data tools, planning should be done to meet its requirements. The development of technology infrastructure requires large investments, which include the costs of purchasing equipment, developing software, and creating advanced networks. In addition, data protection also requires strong security infrastructures, which are not properly provided in many cases. Necessary conditions such as providing specialized personnel and training the human resources should be provided. Companies should provide continuous training and development programs for their employees so that they can effectively use digital tools and have the necessary abilities in facing new challenges. Companies should implement infrastructure to protect their sensitive data. Other practical suggestions for improving supply

chain resilience include: Using machine learning models to analyze sales data, customer behavior, and market conditions; Combining internal and external data (such as weather conditions, economic events) for more accurate and timely forecasts; Designing integrated dashboards that display supply chain data in real time; Using big data to analyze trends and key performance indicators (KPIs) and provide early warning; Using artificial intelligence algorithms to identify weaknesses and the likelihood of crises; Designing different scenarios based on data analysis and preparing alternative plans; Using route and scheduling optimization algorithms based on traffic and environmental data; Big data analysis to select suppliers and routes with the lowest risk and cost; Employing robots and intelligent systems to perform warehousing, ordering, and inventory control operations; using sensors and the Internet of Things (IoT) to collect real-time data and improve monitoring; training supply chain personnel in data analysis and artificial intelligence applications; creating specialized teams to manage data and utilize new technologies.

Cite this article as:

Zahedi, A. E. & Ehsani, A. (2025). Improving Supply Chain Resilience through Artificial Intelligence and Big Data: A Total Interpretive Structural Model. *Journal of Strategic Value Chain Management*, 2(6), 93-117.

DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.39112.1053>

© 2024 authors retain the copyright and full publishing rights. Journal of Strategic Value Chain Management Published by **Semnan University Press**.

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



بهبود تاب آوری زنجیره تأمین از طریق هوش مصنوعی و کلان داده؛ یک مدل ساختاری تفسیری جامع

امیراحسان زاهدی ^{ID}

استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

علی احسانی* ^{ID}

استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

a-ehsani@araku.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی - پژوهشی	سابقه و هدف: امروزه نگرانی فزاینده‌ای در زنجیره تأمین به دلیل وجود اختلالات وجود دارد که نیازمند ابزارهایی مناسب به منظور پشتیبانی از زنجیره تأمین است تا مقاومت آن افزایش یابد. مدیریت زنجیره تأمین باید با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به سمت رویکردهای متفاوت و نوآورانه‌ای حرکت کند تا توانایی مواجهه با خطرات را افزایش دهد و تاب آوری خود را بهبود بخشد. پیاده‌سازی فناوری‌های هوشمند در شرکت‌های کوچک و متوسط ایرانی، امری چالش برانگیز است و با مشکلات و موانعی از قبیل سرمایه‌گذاری کلان مورد نیاز، پیچیدگی‌های اجرا و ادغام تجهیزات، عدم اطمینان از پشتیبانی، لزوم فرهنگ‌سازی و آموزش نیروی انسانی و مشکلات زیرساختی، مواجه است. این مطالعه به بررسی نقش هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل کلان داده در ایجاد زنجیره‌های تأمین تاب آور در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران می‌پردازد.
واژه‌های کلیدی: تاب آوری زنجیره تأمین؛ تجزیه و تحلیل کلان داده؛ مدل‌سازی ساختاری تفسیری جامع؛ هوش مصنوعی.	روش: پژوهش حاضر از حیث مبانی فلسفی از پارادایم تفسیری پیروی می‌کند و از نظر هدف، کاربردی و توسعه‌ای، از نظر ماهیت داده‌ها، کیفی و از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، توصیفی محسوب می‌شود. داده‌ها به روش مصاحبه نیمه ساختاریافته گردآوری شد. جامعه آماری پژوهش مدیران شرکت‌های کوچک و متوسط ایران هستند. نمونه‌گیری از خبرگان به روش غیراحتمالی و از نوع هدف دار انجام شد و تا دستیابی به معیار کفایت نظری، در مجموع با ۱۵ نفر مصاحبه شد. برای تحلیل داده‌ها از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری جامع استفاده شده است. این روش، یک فرایند تعاملی است که در آن مجموعه‌ای از عناصر مختلف و مرتبط با همدیگر در یک مدل نظام مند و جامع ساختار بندی می‌شوند. این تکنیک به برقراری نظم در روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم کمک زیادی می‌کند.

یافته‌ها: پس از مرور ادبیات و تأیید خبرگان، عوامل در ۱۲ بُعد شناسایی شد و سپس در ۷ سطح طبقه‌بندی و نحوه ارتباط آن‌ها تعیین گردید. سطوح پایین‌تر به‌منزله بیشترین تأثیرگذاری و کمترین تأثیرپذیری است. براین اساس عامل تجزیه و تحلیل زنجیره‌تأمین در سطح ۷ (پایین‌ترین سطح) قرار گرفت که بر پیش‌بینی تقاضا، رفتار مصرف‌کننده و عملیات و برنامه‌ریزی که در سطح ۶ قرار گرفتند، تأثیرگذار است. ۳ عامل پیش‌بینی تقاضا، رفتار مصرف‌کننده و عملیات و برنامه‌ریزی در مرحله بعد موجب تقویت قابلیت مشاهده می‌شوند که در سطح ۵ قرار گرفت. قابلیت مشاهده زمینه نظارت دوره‌ای که در سطح ۴ قرار گرفته است را فراهم می‌آورد. در مرحله بعد، نظارت دوره‌ای بر تجزیه و تحلیل داده‌های نقطه فروش و مدیریت موجودی که در سطح ۳ قرار گرفته‌اند، تأثیر می‌گذارد. تجزیه و تحلیل داده‌های نقطه فروش و مدیریت موجودی منجر به بهبود کارایی، حمل و نقل و بهینه‌سازی مسیر می‌شوند که در سطح ۲ قرار گرفته‌اند. در نهایت کارایی، بهینه‌سازی مسیر و حمل و نقل موجب بهبود تاب‌آوری زنجیره‌تأمین که در سطح ۱ قرار گرفته است، می‌شوند. با دنبال کردن این مراحل، کسب و کارها می‌توانند یک زنجیره‌تأمین مقاوم‌تر، مقرون به صرفه‌تر و از نظر زیست‌محیطی پایدارتر ایجاد کنند که برای غلبه بر اختلالات آماده است.

نتیجه‌گیری: پیشنهاد می‌گردد شرکت‌ها از همکاری مشترک در زمینه فناوری‌های پیشرفته و بهره‌مندی از تجارب شرکت‌های پیشرو استفاده نمایند. پیش از به‌کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی و کلان‌داده، نسبت به برنامه‌ریزی برای تأمین الزامات آن اقدام گردد. توسعه زیرساخت‌های فناوری نیازمند سرمایه‌گذاری کلان است که شامل هزینه‌های خرید تجهیزات، توسعه نرم‌افزارها، و ایجاد شبکه‌های پیشرفته می‌شود. علاوه بر این، حفاظت از داده‌ها نیز به زیرساخت‌های امنیتی قوی نیاز دارد که در بسیاری از موارد به درستی فراهم نشده‌اند. از دیگر پیشنهادات عملی برای بهبود تاب‌آوری زنجیره‌تأمین می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های فروش، رفتار مشتریان، و شرایط بازار؛ استفاده از کلان‌داده برای تحلیل روندها و شاخص‌های کلیدی عملکرد و هشداردهی زودهنگام؛ استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای شناسایی نقاط ضعف و احتمال وقوع بحران‌ها؛ طراحی سناریوهای مختلف براساس تحلیل داده‌ها و آماده‌سازی برنامه‌های جایگزین؛ استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر و زمان‌بندی براساس داده‌های ترافیکی و محیطی؛ تحلیل کلان‌داده برای انتخاب تأمین‌کنندگان و مسیرهای با کمترین ریسک و هزینه؛ به‌کارگیری ربات‌ها و سیستم‌های هوشمند برای انجام عملیات انبارداری، سفارش‌گیری و کنترل موجودی و آموزش پرسنل زنجیره‌تأمین در زمینه تحلیل داده‌ها و کاربردهای هوش مصنوعی.

استناد: زاهدی، امیراحسان و احسانی، علی. (۱۴۰۴). بهبود تاب‌آوری زنجیره‌تأمین از طریق هوش مصنوعی و کلان‌داده؛ یک مدل ساختاری تفسیری جامع. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۶)، ۹۳-۱۱۷.

DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.39112.1053>

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

اختلال‌های زنجیره تأمین به عنوان رویدادهایی با احتمال وقوع کم و پیامدهای منفی شدید بر عملکرد زنجیره تأمین، تعریف می‌شود (احسانی و زاهدی، ۱۴۰۴). همه‌گیری اخیر، بی‌ثباتی ژئوپلیتیکی و بحران‌های پیش‌بینی نشده، زنجیره‌های تأمین جهانی را به شدت مختل کرده و نیاز مبرمی به ارزیابی مجدد و ارتقاء استراتژی‌های تاب‌آوری^۱ زنجیره تأمین ایجاد کرده است (اسلام^۲ و همکاران، ۲۰۲۵). امروزه اختلالاتی شامل نبردهای سیاسی و بلایای طبیعی از قبیل سیل، زلزله و بیماری‌های همه‌گیر، مانع جریان مواد و کارایی زنجیره تأمین می‌شود (سینگ^۳، ۲۰۲۴). بنابراین، باتوجه به تلاطم محیطی و رویدادهای نامشخص و غیرمنتظره، ایجاد تغییر در تأمین تاب‌آور برای عبور از اختلالات پیش‌بینی نشده و محافظت از عملکرد عملیاتی اهمیت زیادی دارد (باگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۲؛ لو^۵ و همکاران، ۲۰۲۳).

تاب‌آوری و پایداری برای زنجیره‌های تأمین ضروری هستند (محمد^۶ و همکاران، ۲۰۲۳)، همان‌طور که زنجیره‌های تأمین باید عملکرد پایدار خود را حفظ نمایند (آهی و سیرسی^۷، ۲۰۱۵)، باید با آسیب‌پذیری و اختلالات فزاینده مقابله کنند. از طرفی، پایداری و تاب‌آوری به یکدیگر وابسته هستند (آگبولا و تونای^۸، ۲۰۲۳). به عنوان مثال، کاهش موجودی ممکن است کارایی و پایداری یک شرکت را افزایش اما توانایی آن را برای سازگاری با اختلالات تأمین کاهش دهد. از طرفی، سرمایه‌گذاری در روابط با تأمین کنندگان برای افزایش پایداری ممکن است زمانی که اختلالات تأمین، شرکت‌ها را مجبور به خرید سریع از منابع دیگر می‌کند، موجب کاهش کارایی شود (نگری^۹ و همکاران، ۲۰۲۱). مدیریت زنجیره تأمین^{۱۰} باید با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، به سمت رویکردهای متفاوت و نوآورانه‌ای حرکت کند تا توانایی مواجهه با خطرات را افزایش دهد و تاب‌آوری خود را بهبود بخشد (فورستنا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۲).

هوش مصنوعی، بلاک‌چین، تجزیه و تحلیل کلان‌داده و اینترنت اشیاء، به عنوان چند فناوری هوشمند، نحوه جمع‌آوری داده‌ها و به اشتراک گذاری اطلاعات در زمان واقعی توسط سازمان‌ها را متحول کرده‌اند (پاندی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۲۴). این امر منجر به چهارچوب‌های نوآورانه‌ای در زنجیره تأمین و تدوین استراتژی‌های نوین رقابتی شده است. از این رو، نیاز به ادغام فناوری‌های پیشرفته برای ایجاد زنجیره‌های تأمین تاب‌آور وجود دارد (هونگ و شیائو^{۱۳}، ۲۰۲۴). هوش مصنوعی یکی از این فناوری‌ها است که در تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها و سازماندهی نتایج، سرآمد است و ارزیابی‌های قابل اعتمادی از موقعیت‌های مختلف ارائه می‌دهد (سینگ^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۳؛ مدرنو^{۱۵} و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین تجزیه و تحلیل کلان‌داده از تکنیک‌های پیشرفته برای استخراج بینش‌های ارزشمند و کاربردی از پایگاه‌های داده استفاده می‌کند و باعث افزایش استحکام سازمان‌ها، تاب‌آوری و پایداری زنجیره تأمین می‌شود. مطالعات بین‌المللی نشان می‌دهد شرکت‌هایی که

¹ Resilience

² Islam

³ Singh

⁴ Bag

⁵ Lu

⁶ Mohammad

⁷ Ahi & Searcy

⁸ Agboola & Tunay

⁹ Negri

¹⁰ Supply Chain Management (SCM)

¹¹ Furstenau

¹² Pandey

¹³ Hong & Xiao

¹⁴ Singh

¹⁵ Moderno

از هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل کلان‌داده استفاده می‌نمایند، در مدیریت اختلالات مهارت بیشتری دارند (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۲۳).

پایه‌سازی فناوری‌های هوشمند در شرکت‌های کوچک و متوسط ایرانی، امری چالش برانگیز است و با مشکلات و موانعی از قبیل سرمایه‌گذاری کلان مورد نیاز، پیچیدگی‌های اجرا و ادغام تجهیزات، عدم اطمینان از پشتیبانی، لزوم فرهنگ‌سازی و آموزش نیروی انسانی و مشکلات زیرساختی، مواجه است. در این راستا، شرکت‌ها نیازمند برنامه‌ریزی راهبردی گسترده و داشتن الگوی مناسبی جهت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین جهت افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین خود هستند. این مطالعه به بررسی نقش هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل کلان‌داده در ایجاد زنجیره‌های تأمین تاب‌آور در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران می‌پردازد و به دنبال پاسخ به این سؤالات است که الگوی بهره‌گیری از هوش مصنوعی و کلان‌داده جهت بهبود تاب‌آوری شرکت‌ها چگونه است؟ و این فناوری‌ها چگونه به بهبود تاب‌آوری کمک می‌کنند؟ نقش فناوری‌های هوشمند در ایجاد زنجیره‌های تأمین تاب‌آور به خصوص در شرکت‌های کوچک و متوسط، کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. پژوهش حاضر نخستین پژوهش جامع در مورد این موضوع در بستر شرکت‌های کوچک و متوسط ایرانی است که می‌تواند نتایج عملی و کاربردی در راستای چگونگی استفاده از فناوری‌های نوین جهت بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین در اختیار مدیران شرکت‌ها قرار دهد. با تمرکز بر ظرفیت شرکت‌ها برای پردازش اطلاعات و سازگاری با محیط پویا، بررسی می‌شود که چگونه ابزارهایی مانند هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل کلان‌داده بر توسعه عوامل زنجیره تأمین تاب‌آور مطابق دیدگاه قابلیت پویا تأثیر می‌گذارند. با تجزیه و تحلیل این عوامل، یک چهارچوب عملیاتی برای ایجاد زنجیره‌های تأمین تاب‌آور ارائه می‌شود. در ادامه پس از تبیین مفاهیم دیدگاه قابلیت پویا، کاربرد هوش مصنوعی و کلان‌داده در زنجیره تأمین مرور می‌شود. سپس مفهوم تاب‌آوری زنجیره تأمین تبیین شده و به بررسی شرکت‌های کوچک و متوسط از این منظر پرداخته می‌شود و در نهایت سابقه پژوهش‌های گذشته با نگاه تحلیلی و نقادانه بررسی و سؤالات پژوهش طرح می‌گردد.

۲. پیشینه پژوهش

۲.۱. دیدگاه قابلیت پویا

دیدگاه قابلیت پویا^۲ به عنوان یک رویکرد راهبردی در نظریه‌های کسب و کار، توانایی یک سازمان را برای یکپارچه‌سازی، توسعه و پیکربندی مجدد منابع و شایستگی‌ها به منظور پاسخ‌گویی مؤثر به تغییرات محیطی تعریف می‌کند در این دیدگاه، بر شناسایی فرصت‌ها، بهره‌برداری از آن‌ها، و بازپیکربندی ساختارها و منابع تأکید می‌شود. کاربرد این دیدگاه در مدیریت زنجیره تأمین، به ویژه در شرایط عدم اطمینان و تغییرات سریع بازار، اهمیت زیادی دارد (جوکار و همکاران، ۱۴۰۲). سازمان‌هایی که دارای قابلیت‌های پویا هستند، می‌توانند شناسایی سریع تغییرات تقاضا، ریسک‌های تأمین و اختلالات بالقوه، بهره‌برداری هوشمندانه از منابع، استفاده اثربخش از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و بلاک چین برای بهبود تصمیم‌گیری و کاهش هزینه‌ها را بهتر انجام دهند. پیکربندی مجدد شبکه تأمین نیز با ایجاد انعطاف ساختاری در روابط با تأمین‌کنندگان، تغییر مسیرهای توزیع یا جایگزینی منابع در مواجهه با بحران‌ها یاری‌دهنده است. دیدگاه قابلیت پویا با تاب‌آوری زنجیره تأمین رابطه‌ای مستقیم دارد. زیرا توانایی‌های پویا شامل انعطاف‌پذیری، یادگیری سازمانی و نوآوری فرآیندی هستند که امکان بازبازی سریع، کاهش آسیب‌پذیری و حفظ مزیت رقابتی را حتی در شرایط پرتنش و نامطمئن فراهم می‌کند (سولاک^۳ و همکاران، ۲۰۲۳).

¹ Liu

² Dynamic Capability View (DCV)

³ Soluk

هدف قابلیت پویا شناسایی تهدیدها و فرصت‌ها و توسعه قابلیت‌های موجود نسبت به رقبا با ادغام منابع سازمانی است این‌ها عوامل حیاتی برای عملکرد یک شرکت در یک محیط پویا، به‌ویژه در خطرات و اختلالات قابل توجه در زنجیره‌های تأمین هستند. در این راستا، تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها به عنوان یک قابلیت پویا شناخته می‌شود که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا حجم وسیعی از داده‌ها را در پاسخ به موقعیت‌های پویای مختلف تجزیه و تحلیل کنند (وامبا^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). علاوه بر این، هوش مصنوعی نیز یک قابلیت پویا برای ایجاد زنجیره‌های تأمین انعطاف‌پذیر در طول اختلالاتی مانند همه‌گیری در نظر گرفته می‌شود (مدجیل^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). قابلیت‌های پویا، انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین را افزایش داده و رقابت‌پذیری بلندمدت یک سازمان را تضمین می‌کنند.

۲.۲. هوش مصنوعی و کلان‌داده در زنجیره تأمین

اهمیت مدیریت زنجیره تأمین به دلیل نقش حیاتی آن در فرایندهای تصمیم‌گیری افزایش چشم‌گیری داشته‌است. بنابراین یک زنجیره تأمین مناسب بایستی به همراه فناوری مطلوب در اختیار باشد تا در فرآیند تصمیم‌گیری مؤثر واقع شود. یکی از این فناوری‌ها، هوش مصنوعی است. هوش مصنوعی فناوری برنامه‌ریزی ماشین‌ها است تا بتوانند مانند انسان‌ها فکر کنند و عملکردی مطابق با انتظار داشته باشند. یادگیری ماشین را می‌توان برای تشخیص محصولات تقلبی که وارد بازار می‌شود مورد استفاده قرار داد. همچنین الگوریتم‌های مختلفی در هوش مصنوعی وجود دارد که می‌توانند در فرایند تصمیم‌گیری استفاده شوند. همان‌طور که دیجیتالی شدن مدیریت زنجیره تأمین اهمیت قابل توجهی دارد، به‌طور مشابه امنیت آن نیز بسیار بارز است و در این‌جا نیز نقش هوش مصنوعی حیاتی است. (احسانی، ۱۴۰۳).

هوش مصنوعی یک فناوری متحول‌کننده در زنجیره‌های تأمین است که از تکنیک‌های پیشرفته‌ای مانند الگوریتم‌های ژنتیک، سیستم‌های خبره و مبتنی بر عامل برای کنترل مؤثر عملیات استفاده می‌کند. فناوری هوش مصنوعی شامل قابلیت‌های یادگیری انسانی مانند تصمیم‌گیری، امکان تشخیص پیشرفته ریسک و توسعه استراتژی‌های کاهش ریسک است (مبارک^۳ و همکاران، ۲۰۲۳). هوش مصنوعی یک فناوری تحلیلی نوآورانه است که عملکرد زنجیره تأمین را بهبود می‌بخشد (گروور^۴ و همکاران، ۲۰۲۲). نوآوری هوش مصنوعی این پتانسیل را دارد که بخش‌های مختلفی از مدیریت زنجیره تأمین را بهبود بخشد و توجه را به عناصر مهم زنجیره تأمین که قبلاً نادیده گرفته می‌شدند، مانند تاب‌آوری و عملکرد زنجیره تأمین، جلب کند (بلهادی^۵ و همکاران، ۲۰۲۴).

تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها ابزاری مؤثر برای بهینه‌سازی زنجیره‌های تأمین است که با قابلیت‌های محاسباتی پیشرفته و فناوری پردازش اطلاعات تسهیل می‌شود (ژو^۶ و همکاران، ۲۰۲۳). این فناوری به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا تقاضا را براساس داده‌های روبه رشد به‌طور دقیق پیش‌بینی کنند. مزیت اصلی استفاده از تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها در مدیریت موجودی، افزایش شفافیت، پاسخ‌گویی و قابلیت ردیابی اقلام است. مطالعات تجربی متعدد، مزایای عملی استفاده از تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها را برای دستیابی به شفافیت کامل موجودی برای همه ذی‌نفعان نشان می‌دهد (حسن^۷ و همکاران، ۲۰۲۴). این یک ابزار حیاتی برای سازمان‌ها است تا نقاط اختلال را شناسایی کرده و به سرعت با رویدادهای نامشخص سازگار شوند.

¹ Wamba-Taguimdje

² Modgil

³ Mubarik

⁴ Grover

⁵ Belhadi

⁶ Xu

⁷ Hasan

هوش مصنوعی و تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها می‌توانند داده‌های جمع‌آوری‌شده از طریق زنجیره‌های تأمین را تجزیه و تحلیل و تبدیل کنند، که به سازمان‌ها کمک می‌کند تا بینش‌های ارزش‌مندی را که در تصمیم‌گیری و افزایش تاب‌آوری مفید است، به‌دست آورند (ژانگ و لو^۱، ۲۰۲۱).

در مجموع هوش مصنوعی با به‌کارگیری الگوریتم‌های یادگیری ماشین، تحلیل داده‌های بزرگ و اتوماسیون تصمیم‌گیری، می‌تواند به شکل معناداری ظرفیت تاب‌آوری زنجیره تأمین را ارتقاء دهد (کشمیری حق و باقری قره‌بلاغ، ۱۴۰۳). حوزه‌های مهم نقش‌آفرینی هوش مصنوعی عبارت‌اند از:

- پیش‌بینی اختلالات: مدل‌های تحلیلی می‌توانند تغییرات بازار، ریسک‌های لجستیکی یا فنی و حتی تغییرات رفتار مشتری را پیش‌بینی کنند.

- بهینه‌سازی عملیات: به کمک الگوریتم‌های مسیریابی پویا و مدیریت هوشمند موجودی، عملکرد زنجیره در شرایط بلادرنگ بهینه می‌شود.

- مدیریت ریسک بلادرنگ: سامانه‌های شناسایی ناهنجاری می‌توانند علائم اولیه اختلال را بررسی و هشدار دهند، پیش از آن‌که بحران گسترش یابد.

- افزایش انعطاف‌پذیری عملیاتی: از طریق شبیه‌سازی سناریوهای گوناگون و ارائه راهکارهای جایگزین برای فرآیندها.

- پشتیبانی تصمیم‌گیری راهبردی: تحلیل‌های پیشرفته در انتخاب تأمین‌کنندگان قابل‌اعتماد و طراحی شبکه‌های پایدار نقش کلیدی دارند.

به‌بیان‌دیگر، هوش مصنوعی زنجیره‌های تأمین را از وضع واکنشی به وضع پیش‌فعال سوق می‌دهد و موجب کاهش زمان توقف، بهینه‌سازی هزینه‌ها و حفظ رضایت مشتری حتی در شرایط نامطمئن می‌شود (ضیائی حاجی پیرلو و همکاران، ۱۳۹۹؛ کشمیری حق و باقری قره‌بلاغ، ۱۴۰۳).

۳.۲. تاب‌آوری زنجیره تأمین

توانایی سازمان برای واکنش به یک شکست غیرمنتظره و یا توانایی زنجیره تأمین برای غلبه بر رویدادهای همراه با ریسک در جهت برگشت به عملیات قبلی یا حرکت به سوی یک وضعیت جدید و مطلوب‌تر پس از وقوع آشفتگی را به عنوان تاب‌آوری معرفی کرده‌اند. از دیدگاه دیگری، توانایی برای برگشت از شکست، تاب‌آوری می‌باشد (احسانی و زاهدی، ۱۴۰۴). تاب‌آوری زنجیره تأمین به توانایی یک شبکه تأمین در پیش‌بینی، آماده‌سازی، پاسخ‌گویی و بازیابی از اختلالات یا بحران‌ها به گونه‌ای اطلاق می‌شود که عملیات حیاتی با حداقل وقفه ادامه یابد (ضیائی حاجی پیرلو و همکاران، ۱۳۹۹). این مفهوم سه بعد اصلی دارد. پیشگیری، شامل راهبردهایی برای کاهش احتمال وقوع اختلالات مانند تنوع‌بخشی به منابع و ارزیابی مداوم تأمین‌کنندگان می‌شود. پاسخ، توانایی واکنش سریع و کارآمد به رویدادهای غیرمنتظره مانند بلایای طبیعی یا تغییرات ناگهانی تقاضا است و بازیابی، بازگشت سریع به سطح عملکرد پایدار و حتی دستیابی به وضعیتی بهتر از قبل از بحران است (جوکار و همکاران، ۱۴۰۲).

اختلال در زنجیره تأمین رویدادی است که در یک نقطه در زنجیره تأمین رخ می‌دهد و می‌تواند اثرات نامطلوبی بر عملکرد یک یا چند عنصر واقع در محل دیگری در زنجیره تأمین داشته باشد و بر جریان طبیعی کالا و مواد در زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. از طرفی با توجه به اهمیت و پیچیدگی روزافزون مدیریت زنجیره تأمین برای سازمان‌ها در محیط‌های تجاری پراختلال امروزی، تحقق توانمندی‌های تاب‌آوری لازم برای جلوگیری از بروز اختلال در فعالیت‌های سازمان ضروری است (احسانی و زاهدی، ۱۴۰۴).

¹ Zhang & Lu

تاب آوری زنجیره تأمین، تغییر تأمین برای حفظ عملیات منظم در طول اختلالات است. این یک مفهوم چندبعدی است که می‌تواند از طریق عوامل مختلف زنجیره تأمین اصلاح و به دست آید (اکبر و اسلم^۱، ۲۰۲۳). عوامل کلیدی زنجیره تأمین عبارت‌اند از: انعطاف‌پذیری، چابکی، افزونگی، قابلیت مشاهده و همکاری. با این حال، هیچ مجموعه مشخصی از عوامل، زنجیره‌های تأمین را تاب آور نمی‌سازد (حسین^۲ و همکاران، ۲۰۲۲). این عوامل برای تاب آور کردن زنجیره‌های تأمین مهم هستند و می‌توانند عملکرد را افزایش داده و خطر اختلالات را کاهش دهند. سازمان‌ها باید از فناوری‌های پیشرفته در کنار عوامل زنجیره تأمین برای حفظ فرآیندهای تأمین استفاده کنند (نغشینه و کاروالیو^۳، ۲۰۲۲).

هدف از تجزیه و تحلیل تاب آوری زنجیره تأمین این است که مدیریت بتواند از تغییرات نامطلوب و تغییراتی که در آن حالات شکست می‌تواند رخ دهد، جلوگیری نماید. در سامانه‌های زنجیره تأمین، هدف، واکنش به تحولات به اثرات منفی اختلال است. هدف از استراتژی‌های تاب آور، بازیابی ارزش‌های موردنظر از یک سامانه مختل شده در یک دوره زمانی قابل قبول و با هزینه قابل قبول و نیز کاهش اثر اختلال با تغییر سطح اثربخشی یک تهدید بالقوه است (احسانی و زاهدی، ۱۴۰۴).

۴.۲. شرکت‌های کوچک و متوسط

به‌مثابه یک شریان حیاتی، شرکت‌های کوچک و متوسط نقش غیرقابل انکاری در اقتصاد هر کشور دارند. با توجه به تأثیرات بی‌شمار شرکت‌های کوچک و متوسط فعال بر بازارهای سرمایه در سراسر جهان، اهمیت و وزنی که این شرکت‌ها به‌عنوان بخش عظیمی از اقتصاد هر کشور تحت عنوان بخش خصوصی به خود اختصاص می‌دهند، به شدت چشم‌گیر و غیرقابل اغماض است (درجانی و همکاران، ۱۴۰۴). بنگاه‌های کوچک و متوسط نقش عمده‌ای را در اقتصاد اکثر کشورها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، ایفا می‌کنند. شرکت‌های کوچک و متوسط رسمی، به اشتغال‌زایی تا 60 درصد از کل اشتغال و تا 40 درصد از تولید ناخالص داخلی در اقتصادهای نوظهور، کمک می‌کنند (ایران‌فر، ۱۴۰۱). بنگاه‌های کوچک و متوسط به‌عنوان موتور محرکه رشد اقتصادی کشور هستند. این بنگاه‌ها در اقتصاد ایران بیک یک‌دوم تا یک‌سوم ارزش افزوده کل کشور را ایجاد می‌کنند (نقوی، ۱۴۰۲). صنایع کوچک و متوسط با توجه به نقش‌های زیر می‌توانند عامل تعیین‌کننده‌ای در توسعه صنعتی اقتصاد کشور باشند: ۱. ایجاد فرصت‌های شغلی فراوان؛ ۲. قدرت بالا در جذب و بومی کردن فناوری؛ ۳. برتری در صرفه‌جویی در مقیاس تولید؛ ۴. قابلیت تراکم دانش بیشتر در فرآیند تولید؛ ۵. قدرت بالا در تربیت کارآفرینان و مدیران اقتصادی؛ ۶. کاهش عدم تعادل‌های بخشی در اقتصاد؛ ۷. ایجاد محیط رقابتی در اقتصاد و افزایش کارایی؛ ۸. استفاده از امکانات در رسیدن به خوداتکایی اقتصادی؛ ۹. قدرت تصمیم‌گیری سریع و انعطاف‌پذیری بالا در مدیریت؛ ۱۰. ایجاد شبکه اقماری با صنایع بزرگ برای به‌هم پیوستگی بیشتر صنعتی (ایران‌فر، ۱۴۰۱).

زنجیره تأمین شرکت‌های کوچک و متوسط در معرض تهدیدهای مختلفی اقتصادی، سایبری، رقابتی، قانونی و محیطی است. برخی از این تهدیدات مانند تأمین قطعات به علت تحریم‌های بین‌المللی می‌تواند به اختلال در عملیات، آسیب به اعتبار، ایجاد هزینه و غیره منجر شوند. تغییرات محیطی و اجتماعی هم می‌تواند به ایجاد بحران‌های طبیعی، انسانی و بهداشتی، کاهش تقاضا، کاهش منابع و انرژی منجر شوند (لاهان و کانت^۴، ۲۰۲۱). در چنین وضعیتی، شناسایی عواملی که می‌تواند تاب آوری بلندمدت زنجیره تأمین شرکت‌های کوچک و متوسط را به‌ویژه در اقتصادهای در حال توسعه تضمین کنند، بسیار مهم است. شرکت‌های کوچک و متوسط نقش مهمی در توسعه اقتصادی اکثر زیرساخت‌های حیاتی و حساس کشورها به‌ویژه ایران در تأمین تجهیزات و قطعات به علت تحریم‌های بین‌المللی دارند. به عبارت دیگر، شرکت‌های

¹ Akbar & Aslam

² Hussain

³ Naghshineh & Carvalho

⁴ Lahane & Kant

کوچک و متوسط از نظر مشارکت در ایجاد اشتغال، تولید ناخالص داخلی و صادرات، بخشی جدایی ناپذیر از اقتصاد هستند (اصغری و همکاران، ۱۴۰۳). از این رو، زمانی که رویدادی زنجیره تأمین شرکت‌های کوچک و متوسط را مختل می‌کند، نه تنها بر عرضه سازمان تأثیر می‌گذارد، بلکه کل اقتصاد کشور را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای نمونه، همه‌گیری کووید ۱۹ شبکه‌های زنجیره تأمین داخلی و بین‌المللی را تحت تأثیر قرار داد و خطرات متعددی را به سازمان‌ها تحمیل کرد و تقریباً بازار جهانی را متوقف ساخت (بابو^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). در این میان، شرکت‌های کوچک و متوسط بیشترین ضربه را متحمل شدند (اسپیکس^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). از این رو، ضروری است که عوامل تأثیرگذار بر تاب‌آوری در بخش‌های مختلف زنجیره تأمین، شناسایی، ارزیابی و کاهش یابد تا این شرکت‌ها بتوانند عملکرد مؤثرتری داشته باشند.

۵.۲. پژوهش‌های قبلی

جدول ۱ برخی از جدیدترین تحقیقات این حوزه را مرور می‌کند.

جدول ۱. خلاصه پژوهش‌های مرتبط داخلی و خارجی

محققین	خلاصه تحقیق
محمدآ و همکاران (۲۰۲۵)	مطالعه آنها به بررسی روش‌هایی می‌پردازد که هوش مصنوعی از طریق آنها تاب‌آوری زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد. این بررسی بر روی ۵۲ سند منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ و فهرست شده در پایگاه‌های داده مقالات بین‌المللی انجام شده است. شش موضوع تحقیقاتی در محل تلاقی هوش مصنوعی و تاب‌آوری زنجیره تأمین شناسایی شد. نتایج نشان می‌دهد که هوش مصنوعی با بهبود تصمیم‌گیری، افزایش کارایی و تقویت شیوه‌های پایدار، پتانسیل قابل توجهی برای افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین دارد.
اسلام و همکاران (۲۰۲۵)	این مطالعه با هدف بررسی نقش واسطه‌ای اقتصاد چرخشی در رابطه بین تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها و تاب‌آوری زنجیره تأمین، به‌ویژه با تمرکز بر بخش تولید پوشاک آماده در یک اقتصاد نوظهور مانند بنگلادش، انجام شده است. برای دستیابی به این هدف، یک مدل مؤلفه سلسله مراتبی مرتبه دوم با استفاده از مدل‌سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی توسعه داده شده و آزمایش شده است. این مطالعه نشان می‌دهد که اقتصاد چرخشی به‌طور قابل توجهی نقش یک واسطه جزئی را در رابطه بین تجزیه و تحلیل کلان‌داده‌ها و تاب‌آوری زنجیره تأمین ایفا می‌کند.
بون ^۴ و همکاران (۲۰۲۵)	این مقاله به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی مولد و سوالات تحقیقاتی احتمالی در حوزه‌های کلیدی زنجیره تأمین می‌پردازد و در عین حال به چالش‌هایی مانند اطلاعات نادرست، خطرات امنیتی و حاکمیت نیز می‌پردازد. با ادغام هوش مصنوعی مولد با فناوری‌های موجود، سوالات مهمی را در مورد پاسخگویی و وابستگی‌های سیستمی مطرح می‌کند. محققین معتقدند برای اطمینان از اجرای مسئولانه، تحقیقات بیشتری برای اصلاح مکانیسم‌های نظارتی، ایجاد معیارها و توسعه مدل‌های تصمیم‌گیری ترکیبی مورد نیاز است که در آن هوش مصنوعی به جای جایگزینی، تخصص انسانی را افزایش می‌دهد.
دانگ ^۵ و همکاران (۲۰۲۵)	این مقاله تأثیر هوش مصنوعی بر تاب‌آوری زنجیره تأمین تحت ریسک‌های ژئوپلیتیکی (GPR) را از طریق یک چارچوب تحقیقاتی قابل کنترل و تحلیل تجربی بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که وجود عوامل ژئوپلیتیکی، هزینه ریسک شرکت‌ها را برای حفظ روابط زنجیره تأمین افزایش می‌دهد و در نتیجه تاب‌آوری زنجیره تأمین را تضعیف می‌کند. با این حال، کاهش قابل توجه هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و بهبود کامل بودن قراردادهای ناشی از هوش مصنوعی، شرکت‌ها را تا حد زیادی قادر می‌سازد تا سود خود را افزایش دهند و در نتیجه اختلال در ریسک‌های نامشخص زنجیره تأمین را کاهش دهند که منجر به افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌شود. در نهایت، نتایج از شرکت‌ها می‌خواهد که بین وسعت و عمق کاربردهای هوش مصنوعی تعادل برقرار کنند و بدین ترتیب توانایی زنجیره تأمین را برای مقابله با عدم قطعیت به‌طور جامع تقویت کنند.
کومار واداجا ^۶ و همکاران (۲۰۲۵)	این مقاله نقش هوش مصنوعی را در افزایش پیش‌بینی تقاضا، مدیریت موجودی و نظارت برای تسهیل کلی زنجیره‌های تأمین دارویی بررسی کرد. نویسندگان یک بررسی سیستماتیک از مقالات و مطالعات موردی از هند، چین و سوئیس انجام دادند که بر کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره‌های تأمین دارویی تمرکز دارند. نتایج نشان داد هوش مصنوعی ضایعات را کاهش می‌دهد، پیش‌بینی تقاضا را امکان‌پذیر می‌کند و داروها را به گونه‌ای تحویل می‌دهد که همه اینها به بهبود زنجیره تأمین کمک می‌کند. مطالعات موردی ثابت کرد که فناوری‌های هوش

¹ Babu & Yadav

² Spieske

³ Mohammad

⁴ Boone

⁵ Dong

⁶ Kumar Vadaga

محققین	خلاصه تحقیق
	مصنوعی به کاهش اثر اختلالات در مواقع بحرانی، مانند مورد همه گیری، کمک می کنند. در کنار هوش مصنوعی، چاپ سه بعدی و پزشکی شخصی سازی شده به تولید کمک زیادی می کند زیرا رویه ها و زمان انجام کار را کوتاه می کند.
کشمیری حق و باقری قره بلاغ (۱۴۰۳)	این تحقیق روی ۶۵ شرکت دانش بنیان ارومیه، تأثیر پذیرش هوش مصنوعی و تحول دیجیتال بر تاب آوری زنجیره و خلق ارزش را آزمود. نتایج نشان داد هر دو فناوری اثر مثبت و معناداری دارند. هم آفرینی ارزش نیز تاب آوری را تقویت می کند. همچنین عدم اطمینان بازار رابطه فناوری ها و تاب آوری را تعدیل می کند.
جوکار و همکاران (۱۴۰۲)	این پژوهش با ۲۰ مصاحبه عمیق، چارچوبی کیفی برای تاب آوری زنجیره تأمین خرده فروشی آنلاین تهران ارائه کرده است. مدل نهایی بر پایه شرایط علی مانند یکپارچه سازی سیستم ها، نوآوری مهندسی، علم داده و رباتیک شکل گرفته است. استراتژی ها شامل پیش بینی، بهینه سازی تصمیم و ادغام بلاک چین اند. نتایج، بهبود مدیریت ریسک، برنامه ریزی پویا و تجربه مشتری را نشان داد.
سلیمی و احمدی (۱۴۰۱)	این پژوهش از الگوریتم های یادگیری ماشین (جنگل تصادفی و XGBoost) برای پیش بینی اختلالات زنجیره استفاده کرده است. داده های پنج ساله صنایع غذایی ایران تحلیل شد. مدل پیشنهادی، بهترین دقت پیش بینی و کاهش زمان واکنش به بحران را داشت. پیشنهاد شده سیستم پایش هوشمند در صنایع تعبیه شود.
حسینی و همکاران (۱۴۰۰)	در این مطالعه با استفاده از داده های کای روی داده های فروش، حمل و نقل و تأمین قطعات، مدل شبکه عصبی برای شناسایی عوامل ریسک طراحی شد. سیستم پیشنهادی امکان شناسایی زود هنگام گلوگاه ها را فراهم می کند. نتایج تحقیق، کاهش ۱۸٪ تأخیر و ۱۲٪ هزینه را نشان داد. نویسندگان بر توسعه داشبوردهای تصمیم پشتیبان تأکید کرده اند.
ضیایی و همکاران (۱۳۹۹)	این پژوهش با مرور نظام مند ۳۴۶ مقاله بین المللی، از علم سنجی و ابزارهای هوش مصنوعی برای استنتاج مدل جامع ارزیابی تاب آوری استفاده کرده است. مدل پیشنهادی محققین شامل چهار سازه اصلی و ۲۵ مؤلفه فرعی است. روش خوشه بندی مقید و متن کاوی برای تحلیل داده های کلان به کار رفت. یافته ها مبنای تحلیل دقیق و بی سوگیری مطالعات پیشین را فراهم کرد.

بررسی نقادانه پیشینه پژوهش نشان می دهد مطالعات بین المللی پراکنده ای در صنایع مختلف، بیشتر به بررسی تأثیر فناوری های هوشمند بر تاب آوری با در نظر گرفتن سایر متغیرهای واسطه ای پرداخته اند و پژوهش های داخلی ضمن محدود بودن، بیشتر به بررسی و اولویت بندی عوامل مؤثر بر تاب آوری زنجیره تأمین پرداخته اند. بنابراین، خلأ پژوهشی در زمینه نپرداختن به طراحی الگو و عدم بررسی تأثیر فناوری های هوشمند بر تاب آوری زنجیره تأمین در شرکت های کوچک و متوسط، مشهود است. پژوهش حاضر باهدف طراحی الگوی بهبود تاب آوری زنجیره تأمین با بهره گیری از هوش مصنوعی و کلان داده ها در گستره شرکت های کوچک و متوسط ایران انجام می شود و به دنبال پاسخ به این سؤالات است که الگوی بهره گیری از هوش مصنوعی و کلان داده جهت بهبود تاب آوری شرکت ها چگونه است؟ و این فناوری ها چگونه به بهبود تاب آوری کمک می کنند؟

۳. روش

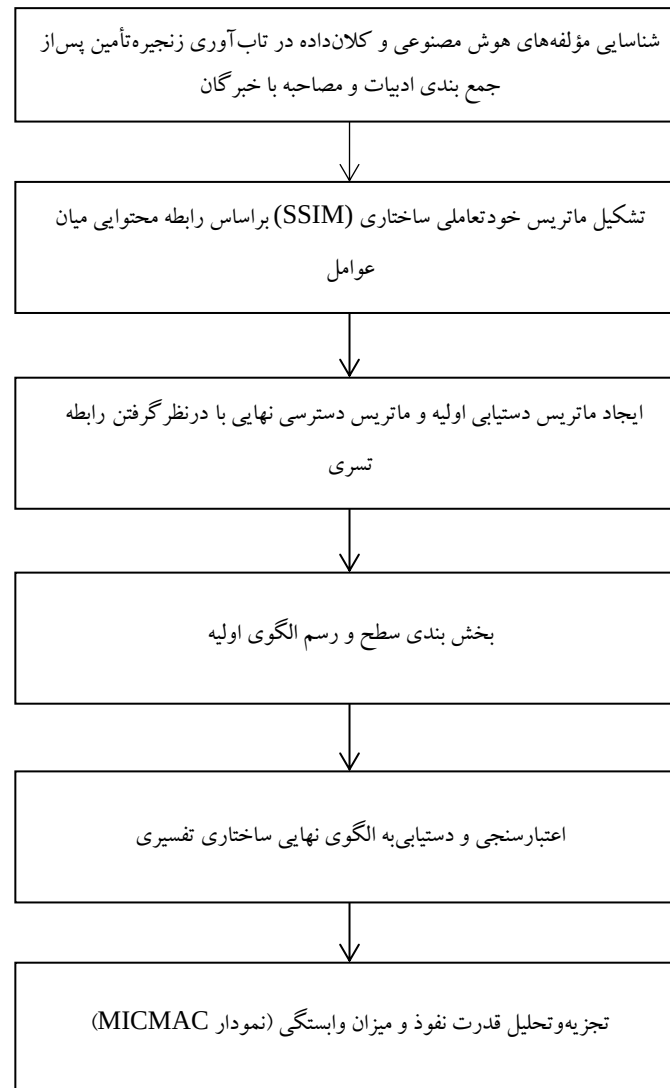
پژوهش حاضر از حیث مبانی فلسفی از پارادایم تفسیری پیروی می کند و از نظر هدف چون با هدف برخورداری از نتایج یافته ها برای حل مسائل موجود در یک زمینه خاص به تحقیق پرداخته می شود، کاربردی می باشد و از سویی دیگر، با توجه به دانش افزایی ناشی از طراحی مدل و بررسی به لحاظ نتیجه، جهت گیری توسعه ای نیز دارد. همچنین از نظر ماهیت داده ها چون یک تحقیق تفسیری و مبتنی بر روش شناسی تفسیری می باشد، کیفی است. و از نظر نحوه گردآوری داده ها چون شامل مجموعه روش هایی است که هدف آن ها توصیف کردن شرایط یا پدیده های مورد بررسی است، توصیفی محسوب می شود. جامعه آماری پژوهش، مدیران شرکت های کوچک و متوسط ایران هستند. ابزار گردآوری داده ها، مصاحبه های عمیق نیمه ساختاریافته با خبرگان می باشد. نمونه گیری از خبرگان به روش غیر احتمالی و از نوع هدف دار یا نظری است. در زمان انجام مصاحبه ها سعی گردید با استفاده از نظر مصاحبه شوندگان، افراد دیگری به لیست مصاحبه ها اضافه گردند تا بر غنای کار افزوده شود و مطابق تعریف، نمونه گیری نظری تازمانی که مقوله ها به کفایت نظری برسند، ادامه یافت که در مجموع با ۱۵ نفر از مدیران شرکت های کوچک و متوسط مصاحبه شد. مشخصات جمعیت شناختی مصاحبه شوندگان به شرح جدول ۲ می باشد.

جدول ۲. مشخصات جمعیت‌شناختی مصاحبه‌شوندگان

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی	گروه‌ها	فراوانی
جنسیت	آقا	۱۱
	خانم	۴
تحصیلات	لیسانس	۲
	فوق‌لیسانس	۷
	دکتری	۶
	۱۵-۱۰ سال	۴
تجربیات	۲۰-۱۵ سال	۵
	۲۵-۲۰ سال	۴
	۳۰-۲۵ سال	۲

برای انجام این پژوهش از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری جامع^۱ استفاده شده است. این روش یک فرایند تعاملی است که در آن مجموعه‌ای از عناصر مختلف و مرتبط با همدیگر در یک مدل نظام‌مند و جامع ساختار بندی می‌شوند. این تکنیک به برقراری نظم در روابط پیچیده میان عناصر یک سیستم کمک زیادی می‌کند. به عبارت دیگر، مدل‌سازی ساختاری تفسیری جامع، فرایند یادگیری تعاملی است که از طریق تفسیر نظرات گروهی از خبرگان به چگونگی ارتباط بین مفاهیم یک مسئله می‌پردازد و ساختاری جامع از مجموعه‌ای پیچیده از مفاهیم ایجاد می‌کند و افزون‌بر مشخص کردن تقدم و تأخر تأثیرگذاری عناصر بر یکدیگر، جهت و شدت رابطه عناصر یک مجموعه پیچیده را در ساختار سلسله‌مراتبی تعیین می‌کند. جهت اعتبارسنجی، از دو روش بازبینی مشارکت‌کنندگان و مرور خبرگان غیرشرکت‌کننده در پژوهش (۳ نفر از مدیران و ۳ نفر از اعضای هیئت علمی مرتبط) استفاده شد. به این ترتیب که طی جلسات جداگانه، روابط میان عوامل و الگوی اولیه مورد بررسی و بازبینی قرار گرفت و پس از دریافت نظرات اصلاحی، ویرایش لازم انجام و الگوی نهایی ارائه شد. مراحل اجرای پژوهش در شکل ۱ نشان داده شده است.

¹ Total Interpretive Structural Modeling (TISM)



شکل ۱- مراحل اجرای پژوهش

۴. یافته‌ها

۱. شناسایی متغیرهای مرتبط با مسأله: با بررسی ادبیات موجود و تأیید خبرگان مهم ترین مؤلفه‌های هوش مصنوعی و کلان‌داده در تاب‌آوری زنجیره تأمین به ترتیب جدول ۳ شناسایی شد.

جدول ۳. مؤلفه‌های هوش مصنوعی و کلان‌داده در تاب‌آوری زنجیره تأمین

منبع	شرح	متغیر
(احسانی و زاهدی، ۱۴۰۴)	رؤیت‌پذیری بیشتر، مدیریت بهتر موجودی و بهبود رفتار مصرف‌کننده، از نتایج یک زنجیره تأمین تاب‌آور است. زنجیره‌های تأمین تاب‌آور، در مقابل بدترین اثرات اختلال مقاوم هستند. شبکه‌های تأمین می‌توانند با استفاده از هوش مصنوعی، تاب‌آور شوند.	تاب‌آوری زنجیره تأمین (SCR)
(اولان ^۱ و همکاران، ۲۰۲۲)	کارایی در سیستم موجب تحویل سریع‌تر محصولات می‌شود. سیستم‌های کارآمد موجب افزایش رقابت‌پذیری سازمان‌ها می‌شوند.	کارایی (ECY)

¹ Olan

منبع	شرح	متغیر
(ژانگ و لو، ۲۰۲۱)	تحلیل داده‌های حمل‌ونقل به مدیران در مدیریت مصرف انرژی کمک می‌کند، موجب تحویل بهتر با تلاش کمتر می‌شود، به انتخاب حالات بهتر حمل‌ونقل کمک می‌کند و موجب کاهش زمان انتظار می‌شود.	حمل‌ونقل (TRN)
(اوزابا ^۱ و همکاران، ۲۰۲۳)	هوش مصنوعی می‌تواند به مسیریابی بهتر برای جلوگیری از ترافیک، مشکلات جاده‌ای و غیره کمک کند. بهینه‌سازی مسیرها به‌طور مؤثر به رانندگان کمک می‌کند تا زمان رانندگی را کاهش دهند و به سازمان‌ها در صرفه‌جویی هزینه‌ها یاری می‌رساند. با بهینه‌سازی مسیر، می‌توان مسیرهای تحویل بهتری طراحی کرد و استفاده از ناوگان حمل‌ونقل را بهینه نمود.	بهینه‌سازی مسیر (RO)
(اوزابا و همکاران، ۲۰۲۳)	برنامه‌ریزی عملیات با تجزیه و تحلیل داده‌ها، عدم تطابق بین عرضه و تقاضا را شناسایی می‌کند. برنامه‌ریزی عملیات به تبلیغات بهتر و به موقع، برنامه‌ریزی لجستیک بهتر و پیش‌بینی‌های دقیق‌تر کمک می‌کند. هوش مصنوعی به برنامه‌ریزی عملیات یاری می‌رساند.	برنامه‌ریزی عملیات (OP)
(مارتینز سانچز ^۲ و همکاران، ۲۰۲۳)	تحلیل داده‌های نقطه فروش از فروشگاه‌ها می‌تواند به خوشه‌بندی و رتبه‌بندی محصولات کمک کند. تحلیل داده‌های نقطه فروش موجب دستیابی به تقاضای بالاتر مشتریان در فروشگاه می‌شود، به نظارت بهتر بر فعالیت‌های فروش کمک می‌کند. تجزیه و تحلیل کلان‌داده به تحلیل داده‌های نقطه فروش کمک می‌کند.	نقطه فروش (POS)
(یان ^۳ و همکاران، ۲۰۲۰)	کشف عادات جدید مصرف‌کننده به مدیریت بهتر رفتار مصرف‌کننده کمک می‌کند. پیش‌بینی خواسته‌های آینده مشتری، رضایت و اعتماد مشتری را افزایش می‌دهد. هوش مصنوعی به کاهش مشکلات تحویل محصولات کمک می‌کند و موجب جلب اعتماد مصرف‌کننده می‌شود. فناوری‌های پیشرفته می‌تواند به شخصی‌سازی خواسته‌های مشتری و حفظ مشتری یاری رساند.	رفتار مصرف‌کننده (CB)
(فیض آبادی، ۲۰۲۲)	پیش‌بینی تقاضا به افزایش دقت در مدیریت محصولات منجر می‌شود. پیش‌بینی تقاضا به کاهش حجم محصول کمک می‌کند و موجب جلوگیری از کمبود محصول می‌شود. هزینه‌های عملیاتی با پیش‌بینی دقیق تقاضا کاهش می‌یابد.	پیش‌بینی تقاضا (DF)
(نگار ^۴ و همکاران، ۲۰۲۱)	افزایش دید در زنجیره تأمین، صحت و دقت را در کل زنجیره تأمین افزایش می‌دهد. دید بهتر منجر به افزایش آگاهی از تحویل محصول و بهبود کنترل کیفیت می‌شود.	قابلیت مشاهده (VIS)
(عباس ^۵ و همکاران، ۲۰۲۰)	نظارت مداوم بر عملیات، هزینه‌ها و خطرات را کاهش می‌دهد و به افزایش بهره‌وری عملیاتی کمک می‌کند. نظارت مداوم به بهینه‌سازی سطح موجودی برای مواجهه با سناریوهای مختلف دنیای واقعی یاری می‌رساند.	نظارت دوره‌ای (PM)
(ماتو ^۶ ، ۲۰۲۱)	مدیریت بهتر سطح موجودی، هزینه‌های نگهداری را کاهش می‌دهد و به شناسایی تأخیرها کمک می‌کند. سطح موجودی بهتر از پیش‌بینی دقیق تقاضا برای محصولات خاص محقق نشئت می‌گیرد. سازمان‌ها با مدیریت موجودی می‌توانند فرآیند سفارش‌دهی مجدد را سرعت بخشند. هوش مصنوعی به مدیریت سطح موجودی یاری می‌رساند.	مدیریت موجودی (INV)
(وانگ ^۷ و همکاران، ۲۰۱۶)	با تجزیه و تحلیل داده‌های اختلال می‌توان قبل از وقوع اختلال، آن را شناسایی کرد. تجزیه و تحلیل بهتر به بازرسی‌های خودکار کمک می‌کند. با هوش مصنوعی می‌توان توقف‌های عملیاتی ناخواسته را کاهش داد. هوش مصنوعی به شناسایی الگوهای موجود در داده‌های تقاضا و در نهایت ایجاد تاب‌آوری در زنجیره تأمین کمک می‌کند.	تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین (SCA)

۲. تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری: به منظور تعیین نوع رابطه از نظرات خبرگان استفاده شد (X): رابطه دو طرفه، V: i بر j اثر دارد، A: j بر i اثر دارد، O: رابطه‌ای وجود ندارد. جدول ۴ ماتریس خودتعاملی ساختاری را نشان می‌دهد.

¹ Osaba

² Martinez-Sanchez

³ Yan

⁴ Nagar

⁵ Abbas

⁶ Mathu

⁷ Wang

جدول ۴. ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)

عوامل	ECY	OP	PM	POS	SCA	RO	SCR	DF	INV	VIS	TRN	CB
ECY												
OP												
PM												
POS												
SCA												
RO												
SCR												
DF												
INV												
VIS												
TRN												
CB												

۳. ایجاد ماتریس دستیابی اولیه و نهایی: ماتریس خودتعاملی ساختاری به ماتریس صفر و یک تبدیل شد (۱: وجود رابطه، ۰: عدم وجود رابطه) و ماتریس دسترسی نهایی برای معیارها با در نظر گرفتن رابطه تسری بدست آمد. تسری یعنی اگر متغیر الف با متغیر ب در ارتباط باشد و متغیر ب با متغیر ج در ارتباط باشد، پس متغیر الف با متغیر ب نیز در ارتباط است (این رابطه به صورت ۱* نشان داده شده است). ماتریس دستیابی نهایی در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵. ماتریس دستیابی نهایی

عوامل	ECY	OP	PM	POS	SCA	RO	SCR	DF	INV	VIS	TRN	CB	قدرت نفوذ
ECY													۳
OP													۴
PM													۴
POS													۲
SCA													۴
RO													۳
SCR													۰
DF													۴
INV													۵
VIS													۳
TRN													۳
CB													۴
قدرت وابستگی	۵	۳	۴	۳	۰	۴	۴	۳	۳	۴	۳	۳	

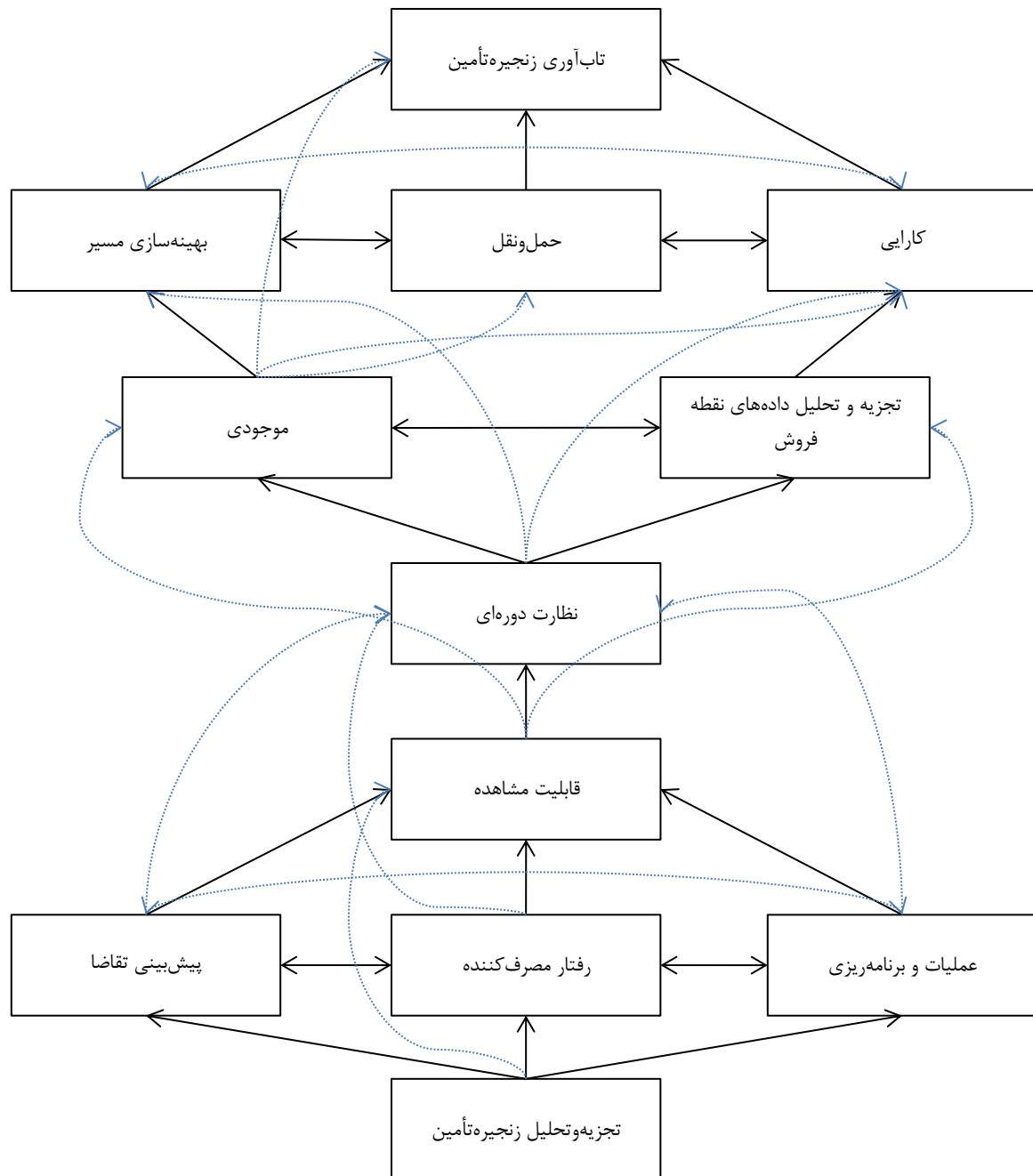
۴. بخش بندی سطح: ماتریس دسترسی در مرحله چهارم، به سطوح مختلفی بخش بندی شد. هریک از اجزای سیستم (معیارها) دارای دو مجموعه مختلف متقدم و متأخر یا قابل دستیابی است. سطح بندی متغیرها در جدول ۶ قابل مشاهده است.

جدول ۶. تعیین سطوح متغیرها

عوامل	مجموعه قابل دستیابی	مجموعه مقدم	مجموعه‌ی مشترک	سطح
ECY	RO SCR TRN	PM POS RO INV TRN	RO TRN	۲
OP	PM DF VIS CB	SCA DF CB	DF CB	۶
PM	INV POS RO ECY	OP DF VIS CB	-	۴
POS	INV ECY	PM INV VIS	INV	۳
SCA	CB DF VIS OP	-	-	۷
RO	ECY SCR TRN	ECY PM INV TRN	ECY TRN	۲
SCR	-	TRN RO INV ECY	-	۱
DF	CB PM VIS OP	OP SCA CB	CB OP	۶
INV	TRN POS RO SCR ECY	PM POS VIS	POS	۳
VIS	INV POS PM	CB SCA DF OP	-	۵
TRN	SCR RO ECY	INV RO ECY	ECY RO	۲
CB	VIS PM DF OP	DF SCA OP	OP DF	۶

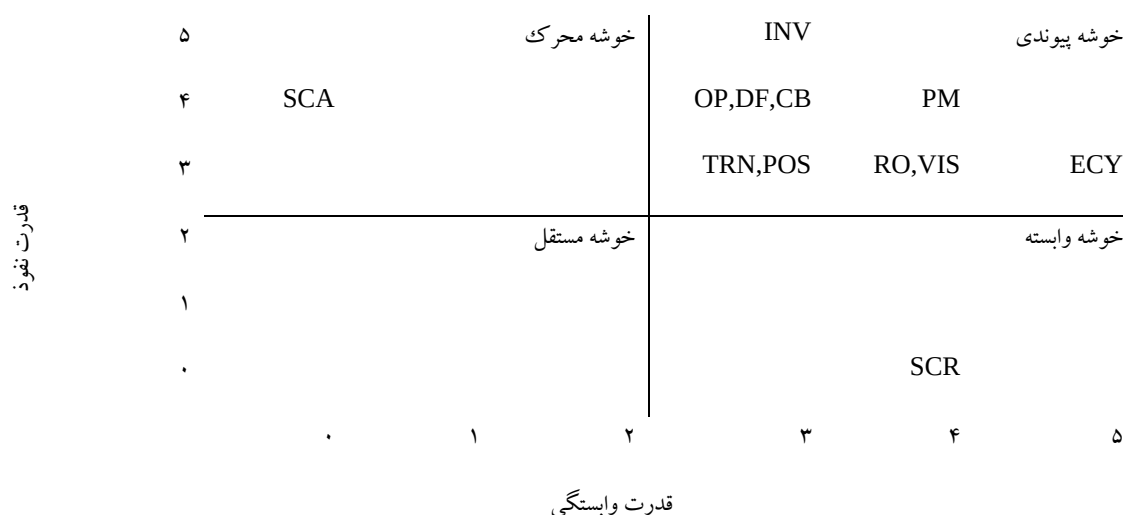
۵. رسم مدل اولیه و نهایی ساختار تفسیری: براساس سطوح تعیین شده و ماتریس نهایی، دیاگرام TISM ترسیم گردید و بعد از بازیابی مشارکت کنندگان و مرور خبرگان غیرشرکت کننده در پژوهش، ویرایش لازم انجام و الگوی نهایی ارائه شد. الگوی نهایی در شکل ۲ قابل مشاهده است.

بردارهای ممتد نشانه تأثیر مستقیم و بردارهای نقطه چین نشانه تأثیر غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر است. تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین تأثیر مستقیمی بر عملیات و برنامه ریزی، رفتار مصرف کننده و پیش بینی تقاضا دارد و این ۳ عامل در تعامل باهم منجر به بهبود قابلیت مشاهده و در سطح بالاتر زمینه ساز نظارت دوره ای می شوند. نظارت دوره ای با تجزیه و تحلیل داده های نقطه فروش و موجودی رابطه مستقیمی دارد که این ۲ عامل در ارتباط متقابل بایکدیگر موجب کارایی، حمل و نقل و بهینه سازی مسیر می شوند و در نهایت اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها به بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین منجر می شود.



شکل ۲. الگوی بهره‌گیری از هوش مصنوعی و کلان‌داده در بهبود تاب‌آوری

۶. تجزیه و تحلیل قدرت نفوذ و میزان وابستگی (نمودار MICMAC): به منظور بخش‌بندی معیارها، در ماتریس دسترسی نهایی برای هر یک از عناصر قدرت محرکه و قدرت وابستگی محاسبه شد. قدرت محرکه یک عنصر یا معیار تعداد معیارهایی است که متأثر از معیار مربوطه می‌شوند از جمله خود آن معیار. قدرت وابستگی نیز تعداد معیارهایی است که بر معیار مربوطه تأثیر می‌گذارند و منجر به دستیابی به آن می‌شوند. نمودار MICMAC در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. نمودار MICMAC

براساس شکل ۳، عامل تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین در خوشه محرک (متغیری با کمترین قدرت و وابستگی و بیشترین قدرت نفوذ) قرار گرفت. بنابراین، تلاش و تمرکز ویژه روی آن به این دلیل که علت و زیربنای عوامل بعدی است، ضروری می‌باشد. با تجزیه و تحلیل داده‌های اختلال می‌توان قبل از وقوع اختلال، آن را شناسایی کرد. تجزیه و تحلیل بهتر به بازرسی‌های خودکار کمک می‌کند. پیش‌بینی تقاضا، رفتار مصرف‌کننده، عملیات و برنامه‌ریزی، قابلیت مشاهده، نظارت دوره‌ای، تجزیه و تحلیل داده‌های نقطه فروش، مدیریت موجودی، کارایی، حمل و نقل و بهینه‌سازی مسیر در خوشه پیوندی قرار گرفتند، یعنی متغیرهایی با بیشترین قدرت نفوذ و بیشترین قدرت وابستگی که حلقه واسطه متغیرهای مستقل و محرک با متغیرهای وابسته هستند. تاب‌آوری زنجیره تأمین در خوشه وابسته قرار گرفت یعنی متغیری با کمترین قدرت نفوذ و بیشترین قدرت وابستگی، که در واقع معلول عوامل پیش گفته، است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش طراحی الگوی بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین شرکت‌های کوچک و متوسط ایران از طریق هوش مصنوعی و کلان داده بود که پس از مرور ادبیات و تأیید خبرگان، عوامل در ۱۲ بُعد شناسایی شد و سپس با استفاده از روش مدل‌سازی ساختاری تفسیری در ۷ سطح طبقه‌بندی و نحوه ارتباط آن‌ها تعیین گردید. سطوح پایین‌تر به منزله بیشترین تأثیرگذاری و کمترین تأثیرپذیری است. براین اساس، عامل تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین (SCA) در سطح ۷ (پایین‌ترین سطح) قرار گرفت. این یافته با نتیجه مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۱۶) و محمد و همکاران (۲۰۲۵) مطابقت دارد. در اولین مرحله، تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین به شناسایی شکاف‌های موجود در زنجیره تأمین شرکت‌ها و شناسایی زمینه‌های بهبود منجر می‌شود. با هوش مصنوعی می‌توان توقف‌های عملیاتی ناخواسته را کاهش داد. هوش مصنوعی به شناسایی الگوهای موجود در داده‌های تقاضا و در نهایت ایجاد تاب‌آوری در زنجیره تأمین کمک می‌کند.

نتایج تجزیه و تحلیل مرحله قبلی بر پیش‌بینی تقاضا (DF)، رفتار مصرف‌کننده (CB) و عملیات و برنامه‌ریزی (OP) که در سطح ۶ قرار گرفتند، تأثیرگذار است. این یافته با نتایج پژوهش‌های یان و همکاران (۲۰۲۰)، فیض آبادی (۲۰۲۲)، اوزابا و همکاران (۲۰۲۳) و کومار واداجا و همکاران (۲۰۲۵) هم‌راستایی دارد. عملیات و برنامه‌ریزی طی روابط متقابل با رفتار مصرف‌کننده و پیش‌بینی تقاضا، شکاف‌های شناسایی شده را از طریق استراتژی‌های مختلف برطرف می‌نمایند. رفتار مصرف‌کننده برای پیش‌بینی دقیق نیازهای مشتری و مشخص کردن اختلافات بین عرضه و تقاضا مورد نیاز است. کشف عادات جدید مصرف‌کننده به مدیریت بهتر رفتار مصرف‌کننده کمک می‌کند. هوش مصنوعی به کاهش مشکلات تحویل محصولات کمک می‌کند و موجب جلب اعتماد مصرف‌کننده می‌شود. هوش مصنوعی و کلان داده می‌توانند به

شخصی سازی خواسته های مشتری و حفظ مشتری یاری رسانند. پیش بینی تقاضا به کاهش حجم محصول در انبار و جلوگیری از کمبود محصول کمک می کند. هزینه های عملیاتی با پیش بینی دقیق تقاضا کاهش می یابد. برنامه ریزی عملیات با تجزیه و تحلیل داده ها، عدم تطابق بین عرضه و تقاضا را شناسایی می کند. هوش مصنوعی به برنامه ریزی عملیات در تبلیغات بهتر و به موقع، برنامه ریزی لجستیک بهتر و پیش بینی های دقیق تر یاری می رساند.

۳ عامل پیش بینی تقاضا، رفتار مصرف کننده و عملیات و برنامه ریزی در مرحله بعد موجب تقویت قابلیت مشاهده (VIS) می شوند که در سطح ۵ قرار گرفت. این یافته با نتایج مطالعات ناگار و همکاران (۲۰۲۱) و اسلام و همکاران (۲۰۲۵) هم سویی دارد. افزایش دید در زنجیره تأمین، صحت و دقت را در کل زنجیره تأمین افزایش می دهد. دید بهتر منجر به افزایش آگاهی از تحویل محصول و بهبود کنترل کیفیت می شود که هوش مصنوعی و کلان داده این قابلیت را افزایش می دهند.

قابلیت مشاهده زمینه نظارت دوره ای (PM) که در سطح ۴ قرار گرفته است را فراهم می آورد. این یافته با نتایج پژوهش های عباسی و همکاران (۲۰۲۰) و دانگ و همکاران (۲۰۲۵) مطابقت دارد. نظارت مداوم بر عملیات، هزینه ها و خطرات را کاهش می دهد و به افزایش بهره وری عملیاتی کمک می کند. نظارت مداوم به بهینه سازی سطح موجودی برای مواجهه با سناریوهای مختلف دنیای واقعی یاری می رساند. ابزارهای هوش مصنوعی و کلان داده به نظارت مستمر یاری می رسانند.

در مرحله بعد، نظارت دوره ای بر تجزیه و تحلیل داده های نقطه فروش (POS) و مدیریت موجودی (INV) که در سطح ۳ قرار گرفته اند، تأثیر می گذارد. این یافته با نتایج مطالعات ماثو (۲۰۲۱)، مارتینز سانچز و همکاران (۲۰۲۳) و بون و همکاران (۲۰۲۵) هم خوانی دارد. تجزیه و تحلیل داده های نقطه فروش بینش های بلادرنگ در مورد الگوهای خرید ارائه می دهد و امکان ارائه محصولات شخصی سازی شده را فراهم می کند. تجزیه و تحلیل کلان داده به تحلیل داده های نقطه فروش کمک می کند. مدیریت بهتر سطح موجودی، هزینه های نگهداری را کاهش می دهد و به شناسایی تأخیرها کمک می کند. هوش مصنوعی به مدیریت سطح موجودی یاری می رساند.

تجزیه و تحلیل داده های نقطه فروش و مدیریت موجودی منجر به بهبود کارایی (ECY)، حمل و نقل (TRN) و بهینه سازی مسیر (RO) می شوند که در سطح ۲ قرار گرفته اند. این یافته با نتایج پژوهش های اولان و همکاران (۲۰۲۲)، ژانگ و لو (۲۰۲۱) و اوزابا و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. بهینه سازی مسیر و حمل و نقل، استفاده از ناوگان را بهینه کرده و هزینه های حمل و نقل را کاهش می دهند و منجر به حالت های حمل و نقل کارآمد می شوند. هوش مصنوعی می تواند به مسیریابی بهتر برای جلوگیری از ترافیک، مشکلات جاده ای و غیره کمک کند. حالت های بهینه حمل و نقل به بهبود کارایی کمک می کنند.

در نهایت کارایی، بهینه سازی مسیر و حمل و نقل موجب بهبود تاب آوری زنجیره تأمین (SCR) که در سطح ۱ قرار گرفته است، می شوند. رؤیت پذیری بیشتر، مدیریت بهتر موجودی و بهبود رفتار مصرف کننده، از نتایج یک زنجیره تأمین تاب آور است. زنجیره های تأمین تاب آور، در مقابل بدترین اثرات اختلال مقاوم هستند. شبکه های تأمین می توانند با استفاده از کلان داده و هوش مصنوعی، تاب آور شوند.

با دنبال کردن این مراحل، کسب و کارها می توانند یک زنجیره تأمین مقاوم تر، مقرون به صرفه تر و از نظر زیست محیطی پایدارتر ایجاد کنند که برای غلبه بر اختلالات آماده است.

در این تحقیق با استفاده از تحلیل ساختاری (میک مک)، نوع متغیرها خوشه بندی شد. بر این اساس، عامل تجزیه و تحلیل زنجیره تأمین در خوشه محرک؛ پیش بینی تقاضا، رفتار مصرف کننده، عملیات و برنامه ریزی، قابلیت مشاهده، نظارت

دوره‌ای، تجزیه و تحلیل داده‌های نقطه فروش، مدیریت موجودی، کارایی، حمل و نقل و بهینه‌سازی مسیر در خوشه پیوندی؛ و تاب‌آوری زنجیره تأمین در خوشه وابسته، قرار گرفتند.

۱.۵. پیشنهادات کاربردی

برای بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین با استفاده از هوش مصنوعی و کلان‌داده در شرکت‌های کوچک و متوسط پیشنهاد می‌گردد شرکت‌ها از همکاری مشترک در زمینه فناوری‌های پیشرفته و بهره‌مندی از تجارب شرکت‌های پیشرو استفاده نمایند. پیش از به کارگیری ابزارهای هوش مصنوعی و کلان‌داده، نسبت به برنامه‌ریزی برای تأمین الزامات آن اقدام گردد. توسعه زیرساخت‌های فناوری نیازمند سرمایه‌گذاری کلان است که شامل هزینه‌های خرید تجهیزات، توسعه نرم‌افزارها، و ایجاد شبکه‌های پیشرفته می‌شود. علاوه بر این، حفاظت از داده‌ها نیز به زیرساخت‌های امنیتی قوی نیاز دارد که در بسیاری از موارد به درستی فراهم نشده‌اند. شرایط لازم مانند تأمین نیروی متخصص و آموزش نیروی کار فراهم شود. شرکت‌ها باید برنامه‌های آموزشی و توسعه‌ای مستمر را برای کارکنان خود فراهم کنند تا آنان بتوانند به طور مؤثر از ابزارهای دیجیتال استفاده کنند و در مواجهه با چالش‌های جدید توانایی‌های لازم را داشته باشند. شرکت‌ها باید زیرساخت‌هایی را برای حفاظت از داده‌های حساس خود پیاده‌سازی کنند. استفاده از هوش مصنوعی نگرانی‌هایی را در مورد حفظ حریم خصوصی ایجاد می‌کند. شرکت‌ها باید اطمینان حاصل کنند که داده‌های حساسی که کاربران به اشتراک می‌گذارند، به درستی محافظت می‌شود. برای مواجهه با این چالش‌ها، می‌توان از روش‌هایی مانند تعیین استراتژی‌های امنیتی، استفاده از الگوریتم‌های رمزنگاری قوی، و پیاده‌سازی سیاست‌ها و قوانین مرتبط با حفظ حریم خصوصی استفاده کرد. از دیگر پیشنهادات عملی برای بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای تحلیل داده‌های فروش، رفتار مشتریان، و شرایط بازار؛ ترکیب داده‌های داخلی و خارجی (مانند شرایط آب و هوا، رویدادهای اقتصادی) برای پیش‌بینی دقیق‌تر و به موقع؛ طراحی داشبوردهای یکپارچه که داده‌های زنجیره تأمین را به صورت لحظه‌ای نمایش دهند؛ استفاده از کلان‌داده برای تحلیل روندها و شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) و هشداردهی زودهنگام؛ استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای شناسایی نقاط ضعف و احتمال وقوع بحران‌ها؛ طراحی سناریوهای مختلف براساس تحلیل داده‌ها و آماده‌سازی برنامه‌های جایگزین؛ استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی مسیر و زمان‌بندی براساس داده‌های ترافیکی و محیطی؛ تحلیل کلان‌داده برای انتخاب تأمین‌کنندگان و مسیرهای با کمترین ریسک و هزینه؛ به کارگیری ربات‌ها و سیستم‌های هوشمند برای انجام عملیات انبارداری، سفارش‌گیری و کنترل موجودی؛ استفاده از سنسورها و اینترنت اشیاء (IoT) برای جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای و بهبود نظارت؛ آموزش پرسنل زنجیره تأمین در زمینه تحلیل داده‌ها و کاربردهای هوش مصنوعی؛ ایجاد تیم‌های تخصصی برای مدیریت داده‌ها و بهره‌برداری از فناوری‌های نوین.

۲.۵. محدودیت‌های پژوهش و پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی

از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به استفاده از روش تحقیق کیفی و عدم سنجش شدت اثر متغیرها بر یکدیگر و فراگیر نبودن استفاده از هوش مصنوعی و کلان‌داده در شرکت‌های کوچک و متوسط ایران که دسترسی به خبرگان را دشوار می‌نمود، اشاره کرد. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده به بررسی تأثیر سایر فناوری‌های هوشمند از قبیل اینترنت اشیاء، رایانش ابری، بلاک‌چین و غیره بر تاب‌آوری زنجیره تأمین پرداخته شود، از روش تحقیق کمی برای سنجش میزان دقیق اثرگذاری متغیرها استفاده گردد، تفاوت تأثیرگذاری فناوری‌های هوشمند بر تاب‌آوری زنجیره تأمین به تفکیک صنایع و حیطه فعالیت شرکت‌ها بررسی شود.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافع ندارند.

سپاسگزاری

از کلیه مشارکت کنندگان در این پژوهش که با دقت و صرف وقت و صبوری ما را در انجام هرچه بهتر مراحل تحقیق یاری رساندند، مراتب تشکر و قدردانی خود را ابراز می‌نمایم.

ORCID

Amir Ehsan Zahedi  <https://orcid.org/0000-0001-9491-9023>

Ali Ehsani  <https://orcid.org/0000-0001-7873-5371>

منابع

- احسانی، علی (مترجم). (۱۴۰۳). مدیریت نوآورانه زنجیره تأمین از طریق دیجیتال شدن و هوش مصنوعی (تألیف کومارسان، پرومال، چیرانجی، چودھاری و لوگان، چلا). انتشارات دانشگاه اراک. ایران.
- احسانی، علی و زاهدی، امیراحسان. (۱۴۰۴). بررسی تأثیر پایداری و تاب‌آوری بر عملکرد زنجیره تأمین در شرکت های وابسته صنعت خودروسازی ایران. مدیریت زنجیره تأمین، ۲۷(۸۶)، ۱-۱۷. doi: 20.1001.1.20089198.1404.27.86.1.3
- اصغری، حامد، اسکندری، محمد، دارابی، مسعود و مدیری، مهدی. (۱۴۰۳). ارزیابی خطر زنجیره تأمین شرکت های کوچک و متوسط در اثر تهدیدات اقتصادی با رویکرد یکپارچه فازی. پدافند غیرعامل، ۱۵(۳)، ۳۹-۵۳. doi: 20.1001.1.20089198.1404.27.86.1.3
- ایران فر، مهتاب. (۱۴۰۱). بررسی تعاریف بنگاه های کوچک و متوسط (SMEs) و اهمیت این بنگاه ها در اقتصاد کشور. دفتر روش شناسی آماری و طرح های نمونه گیری مرکز آمار ایران.
- جوکار، علی اکبر، محمودی میمند، محمد، پرهیزگار، محمدمهدی و محب علی، محمدمهدی. (۱۴۰۲). طراحی الگوی تاب‌آوری زنجیره تأمین مبتنی بر هوش مصنوعی در بخش خرده‌فروشی آنلاین (مورد مطالعه: شهر تهران). فصلنامه اقتصاد و مدیریت شهری، ۱۲(۴۵)، ۱۲۹-۱۰۷.
- حسینی، نادر، کریمی، مریم و جعفری، محمد. (۱۴۰۰). تحلیل کلان داده و هوش مصنوعی در پیش‌بینی ریسک های زنجیره تأمین خودروسازی. فصلنامه مهندسی صنایع و سیستم ها، ۳۱(۳)، ۱۴۵-۱۶۲.
- درجاتی، الهام، جباری، حسین، فرزین فر، علی اکبر و قدرتی قزانی، حسن. (۱۴۰۴). تحلیل سلسله مراتبی عوامل مؤثر بر تأمین مالی زنجیره تأمین در شرکت های کوچک و متوسط (SMEs). توسعه و سرمایه، ۱۰(۱)، ۱۱۹-۱۳۸. doi: 10.22103/jdc.2024.22475.1436
- سلیمی، رضا و احمدی، فاطمه. (۱۴۰۱). مدل سازی بهبود تاب‌آوری زنجیره تأمین با رویکرد یادگیری ماشین: مطالعه موردی صنایع غذایی. فصلنامه مدیریت صنعتی، ۱۴(۲)، ۲۰۱-۲۲۰.
- ضیائی حاجی پیرلو، مصطفی، تقی زاده، هوشنگ و هنرمند عظیمی، مرتضی. (۱۳۹۹). ارائه رویکرد تلفیقی مبتنی بر علم سنجی و هوش مصنوعی در استخراج الگوی ارزیابی تاب‌آوری زنجیره تأمین. نشریه تصمیم گیری و تحقیق در عملیات، ۵(۴)، ۵۲۲-۵۴۶. doi: 10.22105/dmor.2021.251723.1229
- کشمیری حق، محمدامین و باقری قره‌بلاغ، هوشمند. (۱۴۰۳). تأملی بر نقش پذیرش هوش مصنوعی و تحول دیجیتال بر تاب‌آوری زنجیره تأمین و هم‌آفرینی ارزش با نقش تعدیل‌گری عدم اطمینان بازار. فصلنامه مدیریت زنجیره تأمین، ۸۵، ۳۵-۴۶. doi: 20.1001.1.20089198.1403.26.85.3.6

نقوی، علی. (۱۴۰۲). یادداشت رئیس کمیسیون خدمات فنی و مهندسی و احداث اتاق ایران درباره سهم صنایع کوچک و متوسط در اقتصاد ایران.

- Abbas, K., Afaq, M., Khan, T.A. & Song, W.C. (2020). A blockchain and machine learning-based drug supply chain management and recommendation system for smart pharmaceutical industry. *Electronics (Switzerland)*, 9(5), 852. <https://doi.org/10.3390/electronics9050852>
- Agboola, O.P. & Tunay, M. (2023). Urban resilience in the digital age: the influence of Information-Communication Technology for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139304. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.139304>
- Ahi, P. & Searcy, C. (2015). Assessing sustainability in the supply chain: a triple bottom line approach. *Applied Mathematical Modelling*, 39(10-11), 2882-2896. <https://doi.org/10.1016/J.APM.2014.10.055>
- Akbar, B. & Aslam, H. (2023). Reinforcing resilience on the supply side: the role of supplier capabilities. *Business Process Management Journal*, 29(6), 1938-1957. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-01-2023-0032/FULL/XML>
- Babu, H. & Yadav, S. (2023). A Supply Chain Risk Assessment Index for Small and Medium Enterprises in Post COVID-19 Era. *Supply Chain Analytics*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100023>
- Bag, S., Rahman, M. S., Srivastava, G., Chan, H. L. & Bryde, D. J. (2022). The role of big data and predictive analytics in developing a resilient supply chain network in the South African mining industry against extreme weather events. *International Journal of Production Economics*, 251, 108541. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2022.108541>
- Belhadi, A., Mani, V., Kamble, S. S., Khan, S. A. R. & Verma, S. (2024). Artificial intelligence-driven innovation for enhancing supply chain resilience and performance under the effect of supply chain dynamism: an empirical investigation. *Annals of Operations Research*, 333(2-3), 627-652. <https://doi.org/10.1007/S10479-021-03956-X/TABLES/5>
- Boone, T., Fahimnia, B., Ganeshan, R., Herold, D., Sanders, N., Hillsdon, C., Business, R., & Mason, R. (2025). Generative AI: Opportunities, challenges, and research directions for supply chain resilience. *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, 199, 104135. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104135>
- Dong, F., Zhao, X., Kumar Mangla, S., & Song, M. (2025). Enhanced supply chain resilience under geopolitical risks: The role of artificial intelligence. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 202, 104300. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104300>
- Furstenau, L. B., Zani, C., Terra, S. X., Sott, M. K., Choo, K. K. R., & Saurin T. A.. (2022). Resilience capabilities of healthcare supply chain and supportive digital technologies. *Technology in Society*, 71, 102095. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102095>
- Grover, P., Kar, A. K. & Dwivedi, Y. K. (2022). Understanding artificial intelligence adoption in operations management: insights from the review of academic literature and social media discussions. *Annals of Operations Research*, 308(1-2), 177-213. <https://doi.org/10.1007/S10479-020-03683-9/TABLES/7>
- Hasan, R., Kamal, M. M., Daowd, A., Eldabi, T., Koliouisis, I. & Papadopoulos, T. (2024). Critical analysis of the impact of big data analytics on supply chain operations. *Production Planning and Control*, 35(1), 46-70. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2047237>
- Hong, Z. & Xiao, K. (2024). Digital economy structuring for sustainable development: the role of blockchain and artificial intelligence in improving supply chain and reducing negative environmental impacts. *Scientific Report*, 14(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53760-3>
- Hussain, G., Nazir, M. S., Rashid, M. A. & Sattar, M. A. (2022). From supply chain resilience to supply chain disruption orientation: the moderating role of supply chain complexity. *Journal of Enterprise Information Management*, 36(1), 70-90. <https://doi.org/10.1108/JEIM-12-2020-0558>
- Islam, S., Hassan, S., Hossain, S., Ahmed, T., Karmaker, C. H. L. & Mainul Bari, A. B. M. (2025). Exploring the influence of circular economy on big data analytics and supply chain resilience Nexus: A Structural equation modeling approach. *Green Technologies and Sustainability*, 3(3). <https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100219>

- Kumar Vadaga, A. Dokuburra, U. R., Nekkanti, H., Shashank Gudla, S., & Kumari, R. K. (2025). Digital transformation in pharmaceuticals: The impact of AI on supply chain management, *Intelligent Hospital*, 1(1), 100008. <https://doi.org/10.1016/j.inhs.2025.100008>
- Lahane, S. & Kant, R. (2021). Evaluation and Ranking of Solutions to Mitigate Circular Supply Chain Risks. *Sustainable Production and Consumption*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.034>
- Liu, H., Lu, F., Shi, B., Hu, Y. & Li, M. (2023). Big data and supply chain resilience: role of decisionmaking technology. *Management Decision*, 61(9), 2792-2808. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2021-1624>
- Lu, Q., Wang, X. & Wang, Y. (2023). Enhancing supply chain resilience with supply chain governance and finance: the enabling role of digital technology adoption. *Business Process Management Journal*, 29(4), 944-964. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2022-0601/FULL/XML>
- Martinez-Sanchez, M. E., Nicolas-Sans, R., Villoro Armengol, J. & Bustos Diaz, J. (2023). Color at the point of sale: psychological and communicative implications. *Journal of Consumer Behaviour*, 22(4), 1000-1015. <https://doi.org/10.1002/cb.2140>
- Mathu, K. (2021). Supply chain management as a competitive advantage of fast moving consumer goods SMEs in South Africa. *Journal of Energy and Natural Resources*, 10(1), 33. <https://doi.org/10.11648/j.jenr.20211001.14>
- Moderno, O. B., dos, S., Braz, A. C. & Nascimento, P. T. de S. (2024). Robotic process automation and artificial intelligence capabilities driving digital strategy: a resource-based view. *Business Process Management Journal*, 30(1), 105-134. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-08-2022-0409/FULL/XML>
- Modgil, S., Singh, R. K. & Hannibal, C. (2022). Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19. *International Journal of Logistics Management*, 33(4), 1246-1268. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0094>
- Mohammad, A.K., Alsmairat, L. J., Al-Nawayseh, M. K. H., Singhal, E. (2025). Mapping the Intersection of Artificial Intelligence and Supply Chain Resilience: A Literature Review and Future Research Agenda. *Reviewing the Latest Trends in Management Literature*, 4B. <https://doi.org/10.1108/S2754-58652025000004B007>
- Mubarik, M., Rasi, R. Z. R. M., Pilkova, A., Ghobakhloo, M. & Mubarik, M. S. (2023). Developing resilient supply chain networks through blockchain technology: strategies and implications. *Management for Professionals*, 539, 35-51. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0699-4_3
- Nagar, D., Raghav, S., Bhardwaj, A., Kumar, R., Lata Singh, P. & Sindhwani, R. (2021). Machine learning: best way to sustain the supply chain in the era of industry 4.0. *Materials Today: Proceedings*, 47, 3676-3682. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.267>
- Naghshineh, B. & Carvalho, H. (2022). The implications of additive manufacturing technology adoption for supply chain resilience: a systematic search and review. *International Journal of Production Economics*, 247, 108387. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108387>
- Negri, M., Cagno, E., Colicchia, C. & Sarkis, J. (2021). Integrating sustainability and resilience in the supply chain: a systematic literature review and a research agenda. *Business Strategy and the Environment*, 30(7), 2858-2886. <https://doi.org/10.1002/BSE.2776>
- Olan, F., Ogiemwonyi Arakpogun, E., Suklan, J., Nakpodia, F., Damij, N. & Jayawickrama, U. (2022). Artificial intelligence and knowledge sharing: contributing factors to organizational performance. *Journal of Business Research*, 145, 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.03.008>
- Osaba, E., Lana, I. & Del Ser, J. (2023). Traffic data analysis and route planning. *Decision-Making Techniques for Autonomous Vehicles*, 217-243. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-98339-6.00008-7>
- Pandey, A. K., Pratap, S., Dwivedi, A. & Khan, S. A. (2024). Industry 4.0 and supply chain sustainability: benchmarking enablers to build reliable supply chain. *Benchmarking: An International Journal Benchmarking*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2023-0358/FULL/HTML>
- Singh, R. K. (2024). Strengthening resilience in supply chains: the role of multi-layer flexibility, supply chain risks and environmental dynamism. *International Journal of Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/IJLM-08-2023-0337>
- Singh, S. & Goyal, M.K. (2023). Enhancing climate resilience in businesses: the role of artificial intelligence. *Journal of Cleaner Production*, 418, 138228. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138228>

- Soluk, J., Decker-Lange, C. and Hack, A. (2023). Small steps for the big hit: a dynamic capabilities perspective on business networks and non-disruptive digital technologies in SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 191, 122490. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023>
- Spieske, A., Gebhardt, M., Kopyto, M., Birkel, H. & Hartmann, E. (2023). The future of industry 4.0 and supply chain resilience after the COVID-19 pandemic: Empirical evidence from a Delphi study. *Computers & Industrial Engineering*, 181, 109344. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109344>
- Wamba-Taguimdje, S. L., Fosso Wamba, S., Kala Kamdjoug, J. R. & Tchatchouang Wanko, C. E. (2020). Influence of artificial intelligence (AI) on firm performance: the business value of AIbased transformation projects. *Business Process Management Journal*, 26(7), 1893-1924. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-10-2019-0411>
- Wang, G., Gunasekaran, A., Ngai, E.W.T. & Papadopoulos, T. (2016). Big data analytics in logistics and supply chain management: certain investigations for research and applications. *International Journal of Production Economics*, 176, 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.201603.014>
- Xu, J., Pero, M. & Fabbri, M. (2023). Unfolding the link between big data analytics and supply chain planning. *Technological Forecasting and Social Change*, 196, 122805. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2023.122805>
- Yan, B., Chen, X., Cai, C. & Guan, S. (2020). Supply chain coordination of fresh agricultural products based on consumer behavior. *Computers and Operations Research*, 123, 105038. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2020.105038>
- Zhang, C. and Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: the state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration*, 23, 100224. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100224>