



Developing a Structural Model of Supply Chain Management at Iran Khodro Based on Artificial Intelligence Capabilities with Emphasis on Resilience and Bullwhip Effect Reduction

Ali Marzban Abbasabadi

Ph.D. Student, Industrial Management, Ta. C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
marzban.ali1223@gmail.com

Nasser Fegh-hi Farahmand*

Associate Prof. Department of Management, Ta. C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
farahmand@iaut.ac.ir

Morteza Mahmoudzadeh

Assistant Prof. Department of Management, Ta. C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
m.mahmoudzadeh@iaut.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-12-23

Revised: 2026-01-05

Accepted: 2026-02-02

Keywords:

Supply Chain;
Resilience;
Bullwhip Effect;
Artificial Intelligence.

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: Increasing environmental uncertainties and the complexity of supply chains at Iran Khodro have intensified the bullwhip effect, increased operational costs, and caused disruptions in production lines. Therefore, strengthening supply chain resilience through novel approaches appears essential. The purpose of this study is to develop a structural model of supply chain management at Iran Khodro based on artificial intelligence capabilities, with emphasis on increasing resilience and reducing the bullwhip effect.

Materials and Methods: The present study employs a mixed-methods approach. In the qualitative phase, thematic analysis was used, while interpretive structural modeling was applied in the quantitative phase to analyze the data. The study population consisted of academic and organizational experts in the fields of logistics, production, procurement, and information technology at Iran Khodro. Experts were selected based on having at least five years of managerial or educational experience. Qualitative sampling continued until theoretical saturation was achieved; after conducting 15 in-depth semi-structured interviews, the lack of emergence of new concepts or codes indicated that theoretical saturation had been reached. The same experts also participated in the quantitative phase of the study to enhance the validity and reliability of the findings.

Results: In the qualitative phase, unstructured open interviews were conducted to identify the dimensions and components of supply chain management at Iran Khodro aimed at enhancing resilience and reducing bullwhip effects based on artificial intelligence. Accordingly, 15 experts were selected through snowball sampling until theoretical saturation was achieved. Thematic analysis of the data resulted in 191 initial codes. After removing duplicate codes and merging similar ones, 61 final codes were extracted and categorized into 17 axial codes across six dimensions.

In the quantitative phase, based on the interpretive structural modeling technique and the results of the final reachability matrix, the proposed three-

* Corresponding author.

E-mail address: farahmand@iaut.ac.ir
<https://orcid.org/0000-0001-6263-4787>

level structure of the ISM model for enhancing resilience and reducing the bullwhip effect in Iran Khodro's supply chain was established as follows: Third level (Drivers): Supplier development and resilience (C1), supply chain integration and coordination (C2), resource and demand management (C3). Second level (Mediator): Application of artificial intelligence in the supply chain (C4).

First level (Dependent): Supply chain resilience (C5) and reduction of the bullwhip effect (C6).

This structure confirms that managerial factors and supply chain integration, through the use of artificial intelligence, lead to organizational resilience and a reduction in the bullwhip effect.

Conclusion: artificial intelligence facilitates data sharing through ERP and EDI systems, reduces the transmission time of changes in production plans, and increases the level of automation in ordering processes, thereby enhancing transparency and information synchronization between Iran Khodro and its suppliers. This technical and informational integration strengthens alignment between ordering and production and, consequently, enables coordinated and rapid decision-making in response to fluctuations. The findings also show that AI improves risk management processes (risk assessment scenarios and contingency plans) and enhances supplier flexibility (rapid shift changes, substitution of similar parts, and the availability of alternative suppliers), thereby enabling rapid responsiveness to market changes for supplier development and resilience. This reduces vulnerability to disruptions and strengthens resource diversification as a foundation for resilience. Through the capabilities of artificial intelligence, response time is reduced, forecasting accuracy is improved, data coordination is enhanced, and dependency on one or two limited sources is decreased. As a result, the supply chain is transformed into a flexible, integrated, and data-driven model, which ultimately leads to a significant reduction in the intensity and scope of the bullwhip effect at Iran Khodro.

Cite this article as:

Marzban Abbasabadi, A. & Fegh-hi Farahmand, N. Mahmoudzadeh, M. (2026). Developing a Structural Model of Supply Chain Management at Iran Khodro Based on Artificial Intelligence Capabilities with Emphasis on Resilience and Bullwhip Effect Reduction. *Journal of Strategic Value Chain Management*, 3(9), 75-97.



DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2026.40140.1081>

© 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>).



ارائه مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین ایران خودرو مبتنی بر قابلیت‌های هوش مصنوعی با تأکید بر تاب‌آوری و کاهش اثر شلاقی

علی مرزبان عباس آبادی

دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

marzban.ali1223@gmail.com

ناصر فقهی فرهمند

دانشیار گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

farahmand@iaut.ac.ir

مرتضی محمودزاده

استادیار گروه مدیریت، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

m.mahmoudzadeh@iaut.ac.ir

چکیده	اطلاعات مقاله
سابقه و هدف: افزایش عدم قطعیت‌های محیطی و پیچیدگی زنجیره‌های تأمین در شرکت ایران خودرو موجب تشدید اثر شلاقی، افزایش هزینه‌های عملیاتی و بروز اختلال در خطوط تولید شده است. از این رو، تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین از طریق رویکردهای نوین ضروری به نظر می‌رسد. هدف پژوهش حاضر ارائه مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین ایران خودرو مبتنی بر قابلیت‌های هوش مصنوعی با تأکید بر افزایش تاب‌آوری و کاهش اثر شلاقی است. روش: روش تحقیق حاضر آمیخته است. در بخش کیفی از روش تحلیل مضمون و در بخش کمی از مدل‌سازی ساختاری تفسیری جهت تحلیل داده‌ها استفاده شد. جامعه آماری پژوهش شامل خبرگان دانشگاهی و سازمانی در حوزه لجستیک، تولید، تدارکات و فناوری اطلاعات در شرکت ایران خودرو است. انتخاب خبرگان بر اساس سابقه مدیریتی یا آموزشی حداقل پنج سال صورت گرفت. نمونه‌گیری در بخش کیفی تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافت که پس از انجام ۱۵ مصاحبه عمیق نیمه ساختاریافته، عدم استخراج مفهوم یا کد جدید نشان‌دهنده تحقق اشباع نظری بود. همین خبرگان در بخش کمی پژوهش نیز مشارکت داشتند تا اعتبار و پایداری یافته‌ها تقویت شود. یافته‌ها: در بخش کیفی مصاحبه باز بدون ساختار جهت شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مدیریت زنجیره تأمین شرکت ایران خودرو با هدف افزایش تاب‌آوری و کاهش اثرات شلاقی مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده گردیده است به همین جهت ۱۵ خبره تا رسیدن به اشباع با روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی،	نوع مقاله: مقاله کامل علمی-پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۱۱/۱۳ واژه‌های کلیدی: زنجیره تأمین؛ تاب‌آوری؛ اثر شلاقی؛ هوش مصنوعی.

انتخاب شد و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون استفاده شد که در مجموع ۱۹۱ کد اولیه به دست آمد. بعد از حذف کدهای تکراری و ادغام کدهای مشابه تعداد ۶۱ کد نهایی استخراج شد که به ۱۷ کد محوری در ۶ بعد دسته‌بندی شدند.

در بخش کمی نیز با توجه به تکنیک مدلسازی ساختاری تفسیری، بر اساس نتایج ماتریس دسترسی نهایی، ساختار سه سطحی پیشنهادی مدل ساختاری تفسیری برای افزایش تاب‌آوری و کاهش اثر شلاقی در زنجیره تأمین ایران خودرو به ترتیب زیر تثبیت شد:

سطح سوم (محرك): توسعه و تاب‌آوری تأمین‌کننده (C1)، یکپارچگی و هماهنگی زنجیره (C2)، مدیریت منابع و تقاضا (C3)

سطح دوم (میانجی): کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره تأمین (C4)

سطح اول (وابسته): تاب‌آوری زنجیره تأمین (C5) و کاهش اثر شلاقی (C6)

این ساختار تأیید می‌کند که عوامل مدیریتی و یکپارچگی زنجیره از طریق استفاده از هوش مصنوعی منجر به تاب‌آوری سازمانی و کاهش اثر شلاقی می‌شوند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان می‌دهد در بُعد یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تأمین، هوش مصنوعی از طریق تسهیل اشتراک‌گذاری داده‌ها در بستر سیستم‌های برنامه ریزی منابع انسانی و تبادل الکترونیکی داده‌ها، کاهش زمان انتقال تغییرات برنامه تولید، و افزایش درصد خودکارسازی فرآیندهای سفارش‌دهی، موجب شفافیت و هم‌زمان‌سازی اطلاعات میان ایران‌خودرو و تأمین‌کنندگان خواهد شد. این یکپارچگی فنی و اطلاعاتی، هماهنگی بین سفارش و تولید را تقویت کرده و در نتیجه، امکان تصمیم‌گیری هماهنگ و سریع در برابر نوسانات را فراهم می‌آورد. داده‌های این پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی با بهبود فرآیند مدیریت ریسک (سناریوهای ارزیابی ریسک، طرح‌های پشتیبان) و ارتقای انعطاف‌پذیری تأمین‌کنندگان (تغییر سریع شیفت‌ها، جایگزینی قطعات مشابه، وجود تأمین‌کنندگان جایگزین)، قابلیت واکنش سریع به تغییرات بازار را جهت توسعه و تاب‌آوری تأمین‌کنندگان ایجاد می‌کند. این امر، آسیب‌پذیری در برابر اختلالات را کاهش داده و تنوع منابع را به‌عنوان پشتوانه تاب‌آوری تقویت می‌کند. به‌واسطه توانمندی‌های هوش مصنوعی، باعث کاهش زمان واکنش، بهبود دقت پیش‌بینی، هماهنگی داده‌ها و کاهش وابستگی به یک یا دو منبع محدود خواهد شد و زنجیره تأمین به مدلی منعطف، یکپارچه و داده‌محور تبدیل شده که در نهایت، شدت و دامنه اثر شلاقی در ایران‌خودرو را به شکل معناداری کاهش می‌دهد.

استناد: مرزبان عباس آبادی، علی؛ فقهی فرهمند، ناصر؛ و محمودزاده، مرتضی. (۱۴۰۵). ارائه مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین ایران‌خودرو مبتنی بر قابلیت‌های هوش مصنوعی با تأکید بر تاب‌آوری و کاهش اثر شلاقی. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۳ (۹)، ۷۵-۹۷.



DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2026.40140.1081>

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

توانایی سازمان‌ها در مواجهه با رقابت و حفظ مزیت‌های رقابتی، شرط اساسی موفقیت در بازارهای جهانی امروز است. محیط کسب و کار به‌طور مداوم تحت تأثیر عواملی مانند جهانی‌سازی، برون‌سپاری، ادغام شرکت‌ها، فناوری‌های نوین و کسب و کار الکترونیکی قرار می‌گیرد؛ موضوعی که رقابت را تشدید کرده و موجب کوتاه‌شدن زمان عرضه، کاهش عمر محصولات و افزایش تنوع و پیچیدگی نیازهای مشتریان می‌شود. نتیجه این شرایط، افزایش تقاضا برای محصولات متنوع و نوآورانه است (اولیورادایس و همکاران^۱، ۲۰۲۲). در نتیجه چنین شرایطی، پیش‌بینی بازار دشوارتر شده و سطح عدم قطعیت افزایش می‌یابد. بنابراین، تقویت توان سازگاری با تغییرات آینده اهمیت حیاتی پیدا کرده است. سازمان‌ها تلاش می‌کنند انعطاف‌پذیری و سرعت واکنش خود را در برابر شرایط متغیر و نیازهای روبه‌تحول مشتریان ارتقا دهند. در این فضا، موفقیت از آن سازمان‌هایی است که هم‌زمان با سازگاری با تغییرات بازار، جایگاه رقابتی خود را حفظ می‌کنند. به همین دلیل، رقابت امروزی دیگر میان شرکت‌های منفرد نیست، بلکه میان زنجیره‌های تأمین آن‌ها شکل می‌گیرد (ستوبلی و همکاران^۲، ۲۰۲۰). پژوهشگران معتقدند ناهماهنگی میان ساختارهای سازمانی و سیستم‌های اطلاعاتی می‌تواند عملکرد کسب و کار را مختل کرده و حتی موجب شکست آن شود. بنابراین، هم‌ترازی مؤثر میان زنجیره تأمین و فناوری اطلاعات برای موفقیت ضروری است. با این حال، هنوز روشن نیست که دقیقاً قابلیت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات از چه مسیرهایی بر مزیت رقابتی یا عملکرد شرکت اثر می‌گذارند (راجی و همکاران^۳، ۲۰۲۱). رشد سریع کسب و کارها موجب شده زنجیره‌های تأمین با پیچیدگی‌ها و آسیب‌پذیری‌های تازه‌ای روبه‌رو شوند و سازمان‌ها ناچارند راهبردهای تاب‌آوری خود را برای مواجهه با اختلالات و حفظ تداوم عملیات تقویت کنند. در این میان، به کارگیری هوش مصنوعی به‌عنوان رویکردی مؤثر و نوین برای افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین اهمیت فزاینده‌ای یافته است (ساین و همکاران^۴، ۲۰۲۳). یک جریان پژوهشی نوظهور بیان می‌کند که روش‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌توانند نقش مهمی در توانمندسازی زنجیره‌های تأمین داشته و آنها را به عاملی حیاتی برای بقا و موفقیت در محیط‌های رقابتی تبدیل کنند (ژو و همکاران^۵، ۲۰۲۲). هوش مصنوعی زیرشاخه‌ای از علوم رایانه است که توانایی‌های شناختی انسان را در قالب ماشین‌ها بازآفرینی می‌کند و حوزه‌هایی مانند یادگیری ماشین، اتوماسیون، بینایی ماشین، پردازش زبان طبیعی و رباتیک را در بر می‌گیرد. در واقع، این سیستم‌ها نه واقعاً هوشمندند و نه انسان‌گونه؛ بلکه ابزارهایی هدفمند هستند که به‌صورت مصنوعی برای حل مسائل طراحی شده‌اند. پایه عملکرد آن‌ها بر دانش، تجربه و الگوهای استدلال انسانی استوار است و زمانی به آن هوش مصنوعی گفته می‌شود که ماشین بتواند رفتارهای ذهنی انسان مانند یادگیری و حل مسئله را تقلید کند (میسان و همکاران^۶، ۲۰۲۴). هوش مصنوعی امروز قادر است دامنه گسترده‌ای از خدمات را به سازمان‌ها ارائه دهد. بهره‌برداری صحیح از این فناوری به کسب و کارها کمک می‌کند با خودکارسازی و بهینه‌سازی فرایندهای داخلی، زمان را مدیریت کرده و هزینه‌های عملیاتی را کاهش دهند. همچنین، تحلیل‌های مبتنی بر فناوری‌های شناختی این امکان را فراهم می‌سازد که تصمیم‌های مهم با

¹ . Oliveira-Dias, D. Maqueira-Marín, J. M. Moyano-Fuentes, J.

² . Centobelli, P. Cerchione, R. Ertz, M.

³ . Raji, I. O. Shevtshenko, E. Rossi, T. Strozzi, F.

⁴ . Singh, R.K. Modgil, S. Shore, A.

⁵ . Zhu, X. N. Peko, G. Sundaram, D. Piramuthu, S.

⁶ . Mithun, S. A. Amanat, R. Golam, K. Sanjoy, K. P.

سرعت و دقت بیشتری اتخاذ شوند (باها^۱، ۲۰۲۳). عبدالباسط و همکاران^۲ (۲۰۱۸) اذعان میدارند که زنجیره‌های تأمین سنتی برای مقابله با چالش‌هایی مانند عدم قطعیت، هزینه‌های بالا، پیچیدگی و حساسیت عملکردی، نیازمند هوشمندسازی هستند. پژوهشگران چارچوبی برای مدیریت زنجیره تأمین هوشمند مبتنی بر اینترنت اشیا ارائه کرده‌اند که با خودکارسازی فرایند شناسایی، ردیابی و رهگیری محصولات در مقیاس جهانی، شفافیت را افزایش داده و زمان و هزینه را کاهش می‌دهد و در نتیجه رضایت مشتری را بهبود می‌بخشد. همچنین یک مرور نظام‌مند در حوزه نوآوری دیجیتال، تحلیل داده و تاب‌آوری زنجیره تأمین نشان می‌دهد که هوش مصنوعی از طریق تقویت قابلیت‌های پیشگیرانه و پیش‌بینی‌کننده، سازمان‌ها را در کاهش خطر اختلالات و ارتقای تاب‌آوری یاری می‌کند (منهارت و همکاران^۳، ۲۰۲۰). یک پژوهش دیگر با تمرکز بر چارچوب تاب‌آوری زنجیره تأمین مبتنی بر هوش مصنوعی نشان داد که عناصری مانند افزایش شفافیت، ارائه راهکارهای شخصی‌سازی شده، بهبود راهبردهای تدارکات، بهینه‌سازی حمل‌ونقل و کاهش پیامدهای ناشی از اختلال، نقش اساسی در تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین دارند (مودیل و همکاران^۴، ۲۰۲۲). یکی از چالش‌های مهم زنجیره تأمین که پژوهشگران معتقدند هوش مصنوعی می‌تواند در مدیریت آن نقش آفرین باشد، پدیده اثر شلاقی است. این پدیده موجب نوسان شدید تقاضا شده و پیامدهایی مانند افزایش هزینه‌ها، افت بهره‌وری و کاهش رضایت مشتری را در پی دارد. در اثر شلاقی، تقاضا بیش‌برآورد می‌شود و تأمین‌کنندگان ناچارند سطح موجودی و تولید را بالا ببرند. این برآوردهای اضافی تعداد سفارش‌ها و ارسال‌ها را افزایش داده و فشار کاری بیشتری بر واحدهای انبار و تدارکات وارد می‌کند و در نهایت نیاز به نیروی انسانی بیشتری ایجاد می‌شود. بنابراین، سازمان‌ها برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین و حفظ رقابت‌پذیری باید این پدیده را به‌درستی شناسایی و مدیریت کنند. با وجود اینکه برخی پژوهش‌ها تأکید دارند هوش مصنوعی قادر است شدت اثر شلاقی را کاهش دهد، هنوز مطالعات اندکی به بررسی دقیق این موضوع پرداخته‌اند (ویز و همکاران^۵، ۲۰۲۳).

صنعت خودرو یکی از مهم‌ترین و پویاترین بخش‌های جهانی است که طراحی، ساخت و فروش وسایل نقلیه موتوری را در بر می‌گیرد (بانرجی و همکاران^۶، ۲۰۲۴). صنعت خودرو از سواری و کامیون گرفته تا موتورسیکلت و اتوبوس بخش جدایی‌ناپذیر زندگی امروز و زیربنای حمل‌ونقل و تجارت جهانی است. با افزایش انتظارات مصرف‌کنندگان، خودروسازان ناچارند نیازهایی مانند ایمنی بالاتر، کیفیت بهتر و قیمت مناسب‌تر را تأمین کنند. در این میان، فناوری بار دیگر به‌عنوان عامل اصلی مقابله با چالش‌های این صنعت مطرح است. تحولات انقلاب صنعتی چهارم نشان داد که فناوری‌های نوآورانه، به‌ویژه هوش مصنوعی، چگونه می‌توانند هم تولید خودرو و هم عملکرد خود خودروها را دگرگون سازند. هوش مصنوعی با اتکا به ابزارهایی مانند یادگیری ماشینی، شبکه‌های عصبی، بینایی رایانه‌ای و پردازش زبان طبیعی، امکان کارکرد هوشمندتر و کارآتر خودروها و کارخانه‌های تولیدی را فراهم می‌کند (جری^۷، ۲۰۲۳).

هوش مصنوعی تنها عملکرد خودروها را دگرگون نکرده، بلکه روند تولید، طراحی و حتی مدیریت زنجیره تأمین این صنعت را نیز متحول ساخته است. امروز زنجیره‌های تأمین ماهیتی جهانی یافته‌اند و دیگر ساختارهای یکپارچه و عمودی گذشته مانند الگوی تاریخی مورد کاربردی ندارند. در چنین فضایی، خودروسازان باید از تأمین به‌موقع مواد و قطعات

¹ . Baha M.

² . Abdel-Basset

³ . Manhart, P. Summers, J. K. Blackhurst, J.

⁴ . Modgil, S. Singh, R.K. Hannibal, C.

⁵ . Weisz, E. Herold, D.M. Kummer, S.

⁶ . Banerjee, A. Pawar, D. Kalambe, M. Jadhav, P. Shukla, M.

⁷ . Jerry, A.

اطمینان داشته باشند. بهره‌گیری از هوش مصنوعی در مدیریت زنجیره تأمین، دیدی دقیق و لحظه‌ای ایجاد می‌کند که کنترل فرایندها را آسان‌تر کرده و از بروز اختلال و توقف تولید جلوگیری می‌کند. این فناوری قادر است کل زنجیره تأمین را به صورت مداوم پایش و هدایت کند (محمودی و همکاران، ۱۴۰۳). فناوری‌های هوش مصنوعی مانند رباتیک، اینترنت اشیا و یادگیری ماشین، دامنه وسیعی از فعالیت‌های زنجیره تأمین را پوشش می‌دهند؛ از نظارت بر کیفیت تا برآورد تقاضا. به کارگیری این فناوری‌ها موجب افزایش انعطاف‌پذیری، بهره‌وری و کارایی حمل‌ونقل در زنجیره تأمین شده و در نهایت باعث ارتقای عملکرد عملیاتی و بهبود پایداری محیطی می‌شود (چانداک و همکاران^۱، ۲۰۲۴).

صنعت خودروسازی در دهه‌های اخیر به شدت متأثر از تحولات فناورانه و افزایش پیچیدگی زنجیره‌های تأمین شده است. در این میان، شرکت ایران خودرو به عنوان بزرگ‌ترین خودروساز کشور با چالش‌های ویژه‌ای در زنجیره تأمین خود مواجه است؛ از جمله نوسانات شدید تقاضا، وابستگی به تأمین‌کنندگان متعدد داخلی و خارجی، محدودیت‌های ناشی از تحریم‌ها، تأخیر در تأمین قطعات، ناهماهنگی اطلاعاتی میان سطوح زنجیره و عدم انطباق برنامه‌ریزی تولید با تغییرات بازار. این شرایط موجب تشدید عدم قطعیت، افزایش هزینه‌های عملیاتی و بروز اختلال در تداوم خطوط تولید شده است. در چنین فضایی، روش‌های سنتی پیش‌بینی تقاضا که عمدتاً مبتنی بر داده‌های تاریخی، فرض ثبات الگوها و روابط خطی هستند، توان پاسخ‌گویی به پویایی‌ها و شوک‌های محیطی را ندارند و در بسیاری موارد به تصمیم‌گیری‌های نادرست، مازاد یا کمبود موجودی و در نهایت تشدید اثر شلاقی در زنجیره تأمین منجر می‌شوند. از این رو، اتکال صرف به رویکردهای کلاسیک برنامه‌ریزی، امکان مدیریت مؤثر پیچیدگی و عدم قطعیت موجود در زنجیره تأمین ایران خودرو را با محدودیت جدی مواجه کرده است. در مقابل، فناوری‌های هوش مصنوعی با قابلیت تحلیل هم‌زمان داده‌های حجیم، یادگیری الگوهای غیرخطی، پیش‌بینی تطبیقی و پشتیبانی تصمیم در شرایط عدم قطعیت، ظرفیت بالایی برای بهبود دقت پیش‌بینی تقاضا، افزایش هماهنگی اطلاعاتی و کاهش نوسانات جریان مواد و اطلاعات در زنجیره تأمین فراهم می‌کنند. بهره‌گیری از این قابلیت‌ها می‌تواند نقش مؤثری در افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین و کنترل اثر شلاقی ایفا کند. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف ارائه یک مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین شرکت ایران خودرو مبتنی بر قابلیت‌های هوش مصنوعی انجام شده و نقش این قابلیت‌ها را در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین و کاهش اثر شلاقی مورد بررسی قرار می‌دهد. در این پژوهش، قابلیت‌های هوش مصنوعی به عنوان یکی از سازه‌های کلیدی مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین در نظر گرفته شده و نقش آن در ارتقای تاب‌آوری زنجیره تأمین و کاهش اثر شلاقی مورد بررسی قرار می‌گیرد. پرسش اصلی پژوهش آن است که مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین ایران خودرو بر مبنای هوش مصنوعی، با تأکید بر افزایش تاب‌آوری و کاهش اثر شلاقی، چگونه قابل تبیین است؟

۲. پیشینه پژوهش

محمودی و همکاران (۱۴۰۲) با شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای هوش مصنوعی در زنجیره تأمین ۴۰ نشان دادند که ارائه توصیه‌های شخصی‌سازی شده، سیستم یکپارچه و هوشمند مدیریت انبار، سیستم هوشمند استقبال از مشتری و فائق آمدن بر چالش‌هایی چون پیچیدگی نظارتی، هزینه بالای زیرساخت فناوری اطلاعات و کمبود مسیرهای آموزشی مناسب برای چت‌بات‌ها، از بالاترین اولویت برخوردارند. روحانی و محمدآبادی (۱۴۰۱) در مطالعه‌ای کیفی، مولفه‌های کاربرد

¹. Chandak, S. Pipleya, S. Chandak, A.

هوش مصنوعی را در سه بخش بالادستی، میان‌دستی و پایین‌دستی زنجیره تأمین نفت و گاز شناسایی و ضرورت پیاده‌سازی آن را اثبات کردند. نخعی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۰) با رویکرد پویایی‌شناسی سیستم، اثر شلاقی در زنجیره تأمین دارو تحت تحریم‌های بین‌المللی را بررسی کرده و دریافتند که تداوم تحریم‌ها، ضمن تقویت تولید داخلی، باعث کاهش واردات و ایجاد بحران در برخی داروها می‌شود. آنها چهار سیاست حمایتی دولت را مدل‌سازی کرده که منجر به کاهش قیمت، افزایش رضایت‌مندی، کاهش اثر شلاقی و افزایش سود کل زنجیره تأمین دارو شد. حسن‌پور و همکاران (۱۴۰۳) در یک پژوهش کیفی، عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره تأمین صنایع غذایی را شناسایی کردند. در این مطالعه با استفاده از تحلیل مضمون منابع منتخب و مصاحبه نیمه‌ساختاریافته با خبرگان، ابعاد تاب‌آوری استخراج شد. نتایج نشان داد عوامل تاب‌آوری در سه مرحله کنشی (قبل از اختلال)، همزمان (حین اختلال) و واکنشی (بعد از اختلال) قابل دسته‌بندی هستند. نیکزادی و همکاران (۱۴۰۳) تاب‌آوری زنجیره تأمین دارو را با تمرکز بر به‌کارگیری فناوری بلاکچین بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد کیفیت داده‌ها و قابلیت ردیابی مبتنی بر بلاکچین تأثیر مثبت و معناداری بر شفافیت و تاب‌آوری زنجیره تأمین دارند. همچنین شفافیت زنجیره تأمین نقش واسطه‌ای مؤثری در تقویت تاب‌آوری ایفا می‌کند. مارکوس و همکاران (۲۰۲۵) در صنعت ۴۰۰ نشان دادند ادغام بلاکچین با یادگیری ماشین، زمان تحویل را تا ۶۴٪ کاهش و عملکرد تحویل را بیش از ۲۱۰۰٪ افزایش می‌دهد؛ این به واسطه اشتراک‌گذاری اطلاعات شفاف و بلادرنگ حاصل شد. لیو^۱ و همکاران (۲۰۲۵) اثبات کردند که تحول دیجیتال اثر شلاقی را کاهش داده و تمرکز مشتری نقش تعدیل‌کننده دارد؛ هرچه پراکندگی مشتری بیشتر باشد، اثر منفی تحول دیجیتال بر اثر شلاقی قوی‌تر است. موخرچی و همکاران^۲ (۲۰۲۴) به بررسی تاب‌آوری زنجیره تأمین مبتنی بر هوش مصنوعی برای بهبود عملکرد شرکت در بازارهای نوظهور پرداختند و به این نتیجه رسیدند که هوش مصنوعی به عنوان متغیر مستقل بر تمام متغیرهای تاب‌آوری زنجیره تأمین به عنوان متغیرهای واسطه و متغیر عملکرد به عنوان متغیر وابسته تأثیر معنی‌دار داشته است. بالهادی و همکاران^۳ (۲۰۲۱) اثرات مستقیم و غیرمستقیم هوش مصنوعی، تاب‌آوری و عملکرد زنجیره تأمین، و بهبود عملکرد زنجیره تأمین را تحت یک زمینه پویایی و عدم قطعیت زنجیره تأمین بررسی نموده‌اند و دریافت‌اند در حالی که هوش مصنوعی تأثیر مستقیمی بر بهبود عملکرد زنجیره تأمین در کوتاه مدت دارد، میبایست از قابلیت‌های پردازش اطلاعات آن برای ساخت تاب‌آوری و عملکرد زنجیره تأمین برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین طولانی مدت بهره‌برداری شود. بانرجی و همکاران (۲۰۲۴) نیز در صنعت خودرو، نقش هوش مصنوعی و فناوری‌هایی چون رباتیک، اینترنت اشیا و یادگیری ماشین را در افزایش انعطاف‌پذیری و بهره‌وری زنجیره تأمین تأیید کردند.

با وجود گستردگی پژوهش‌های انجام‌شده درباره نقش هوش مصنوعی، تاب‌آوری و اثر شلاقی در زنجیره‌های تأمین، یک خلأ مهم در مطالعات موجود مشاهده می‌شود: اغلب تحقیقات یا به بررسی کاربردهای هوش مصنوعی در بخش‌های مختلف زنجیره تأمین پرداخته‌اند، یا اثر شلاقی و تاب‌آوری را در شرایط خاص همچون تحریم‌ها، صنعت ۴۰۰ یا بازارهای نوظهور تحلیل کرده‌اند، اما تعامل هم‌زمان این سه حوزه در یک مدل علی و ساختارمند کمتر مورد توجه قرار گرفته است. همچنین، بیشتر پژوهش‌ها بر صنایع دارو، نفت و گاز یا محیط‌های بین‌المللی متمرکز بوده و صنعت خودروی ایران، به‌ویژه ایران خودرو که ساختار پیچیده، شبکه تأمین گسترده و حساسیت بالایی نسبت به نوسانات تقاضا دارد، فاقد یک مدل

¹. Liu, F. Fang, M. Xiao, Sh & Shi, Y.

². Mukherjee, S. Baral, M.M. Nagariya, R. Chittipaka, V. Pal, S.K.

³. Belhadi, A. Kamble, S. Fosso Wamba, S. Queiroz, M.M.

یکپارچه مبتنی بر مدلسازی ساختاری تفسیری است. از سوی دیگر، ادبیات موجود به طور محدود نقش میانجی گری فناوری های هوشمند را در پیوند عوامل مدیریتی با پیامدهایی چون تاب آوری و کاهش اثر شلاقی تبیین کرده است. بنابراین پژوهش حاضر با ارائه مدلی سه سطحی مبتنی بر آی اس ام^۱ و تحلیل میک مک^۲، این خلأ را پر کرده و رابطه سیستماتیک میان عوامل محرک، فناوری هوش مصنوعی و پیامدهای کلیدی زنجیره تأمین ایران خودرو را تبیین می کند.

۳. روش

از منظر فلسفه پژوهش، مطالعه حاضر در چارچوب تفسیری قرار دارد؛ چرا که درک عمیق پدیده های مرتبط با مدیریت زنجیره تأمین، تاب آوری و اثر شلاقی در بستر واقعی شرکت ایران خودرو، مستلزم تفسیر ادراکات، تجربیات و دیدگاه های خبرگان این حوزه است. از حیث رویکرد پژوهش، این تحقیق دارای رویکرد استقرایی است، به گونه ای که مفاهیم، مقوله ها و مؤلفه های اصلی مدل از داده های تجربی حاصل از مصاحبه ها استخراج شده و سپس در قالب یک مدل ساختاری تبیین گردیده اند. راهبرد پژوهش در این مطالعه، مطالعه موردی است؛ بدین معنا که پژوهش با تمرکز عمیق بر شرکت ایران خودرو به عنوان یک مورد واقعی و پیچیده صنعتی انجام شده و ویژگی های خاص محیط تولیدی، تأمین و توزیع آن مورد بررسی قرار گرفته است. از نظر انتخاب روش، پژوهش حاضر کیفی بوده و داده ها از طریق مصاحبه های عمیق نیمه ساختاریافته با خبرگان دانشگاهی و صنعتی گردآوری شده اند. تحلیل داده ها با بهره گیری از روش تحلیل مضمون انجام شده و در ادامه، برای تبیین روابط میان مؤلفه های شناسایی شده و طراحی مدل ساختاری، از روش مدلسازی ساختاری تفسیری استفاده گردیده است. افق زمانی پژوهش مقطعی بوده و فرایند گردآوری داده ها تا دستیابی به اشباع نظری ادامه یافته است؛ به گونه ای که پس از انجام ۱۵ مصاحبه و عدم ظهور مفاهیم و کدهای جدید، کفایت داده ها برای پاسخ به پرسش های پژوهش تأیید شد. به منظور تعیین کفایت حجم نمونه در بخش کیفی، از معیار اشباع نظری استفاده شد. فرآیند تحلیل داده ها همزمان با جمع آوری داده ها و به صورت رفت و برگشتی انجام گرفت؛ به گونه ای که پس از هر مصاحبه، کدگذاری اولیه و استخراج مضامین انجام و با مصاحبه های پیشین مقایسه شد. با پیشرفت مصاحبه ها، میزان تکرار مفاهیم افزایش یافته و در مصاحبه های پایانی هیچ کد یا مفهوم جدیدی به مضامین موجود افزوده نشد. در نتیجه، پس از انجام ۱۵ مصاحبه عمیق نیمه ساختاریافته و عدم ظهور مقولات جدید، اشباع نظری حاصل شد و فرآیند نمونه گیری متوقف گردید. این امر نشان دهنده غنای داده ها و کفایت حجم نمونه برای تبیین پدیده مورد مطالعه است. در بخش کیفی از روش تحلیل مضمون و در بخش کمی از روش مدلسازی ساختاری تفسیری جهت تحلیل داده ها استفاده شد. جامعه آماری پژوهش حاضر، خبرگان دانشگاهی و سازمانی در حوزه لجستیک، تولید، تدارکات و فناوری اطلاعات در شرکت ایران خودرو هستند که با استفاده از روش نمونه گیری گلوله برفی انتخاب شدند. نمونه گیری گلوله برفی این امکان را فراهم می کند که پژوهشگر، ابتدا با چند نفر از خبرگان شناخته شده مصاحبه را آغاز کند و سپس از آنها بخواهد افراد متخصص و مطلع دیگری را که شرایط لازم برای شرکت در تحقیق را دارند، معرفی نمایند. این رویکرد به شناسایی و دسترسی به افرادی منتهی می شود که دانش عمیق، تجربه عملی و آگاهی کافی در زمینه هوش مصنوعی، زنجیره تأمین، لجستیک و تولید را دارند و درعین حال ممکن است در روش های نمونه گیری معمول، قابل شناسایی نباشند. معیارهای انتخاب خبرگان شامل دارا بودن سابقه مدیریتی یا آموزشی حداقل پنج سال در دانشگاه یا شرکت ایران خودرو بوده است. تمامی ۱۵ نفر خبره

^۱. ISM

^۲. MICMAC

منتخب، علاوه بر شرکت در بخش کیفی، در بخش کمی پژوهش نیز مشارکت داشتند تا اعتبار و پایداری داده‌ها ارتقا یابد. به‌منظور اطمینان از اعتبار (روایی) و اعتمادپذیری (پایایی) یافته‌های بخش کیفی، از معیارهای پیشنهادی لینکلن و گوبا (۱۹۸۵) شامل باورپذیری، قابلیت انتقال، قابلیت اعتماد و تأییدپذیری استفاده شده است. برای تأمین باورپذیری، داده‌ها از طریق مصاحبه‌های عمیق نیمه‌ساختاریافته با خبرگان صاحب‌نظر در حوزه مدیریت زنجیره تأمین و هوش مصنوعی گردآوری شد و تحلیل داده‌ها به‌صورت همزمان با گردآوری انجام گرفت. همچنین، بازبینی نتایج اولیه و کدهای استخراج‌شده توسط برخی مشارکت‌کنندگان (بازبینی اعضا) صورت پذیرفت. به‌منظور افزایش قابلیت اعتماد، فرایند پژوهش به‌صورت منظم مستندسازی شد و مراحل کدگذاری، استخراج مضامین و تصمیمات تحلیلی به‌طور شفاف ثبت گردید تا امکان پیگیری و ممیزی پژوهشی فراهم شود. برای تحقق تأییدپذیری، تلاش شد تفسیر داده‌ها بر پایه شواهد عینی حاصل از مصاحبه‌ها انجام گیرد و از پیش‌داوری پژوهشگر پرهیز شود. همچنین، استفاده از یادداشت‌های تحلیلی و بررسی هم‌زمان توسط پژوهشگر و صاحب‌نظر روش تحقیق به کاهش سوگیری کمک کرده است. قابلیت انتقال از طریق ارائه توصیف غنی از زمینه پژوهش، ویژگی‌های خبرگان و شرایط حاکم بر زنجیره تأمین شرکت ایران‌خودرو مورد توجه قرار گرفت تا امکان قضاوت درباره تعمیم‌پذیری مفهومی یافته‌ها فراهم شود.

جدول ۱. ویژگی‌های جمعیت‌شناختی خبرگان مورد مطالعه

متغیر	طبقه‌بندی	فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۹	۶۰٪
	زن	۶	۴۰٪
سن	۳۰ تا ۴۰ سال	۵	۳۴٪
	۴۱ تا ۵۰ سال	۵	۳۳٪
	۵۱ سال و بالاتر	۵	۳۳٪
سابقه کاری	۵ تا ۱۰ سال	۴	۲۷٪
	۱۱ تا ۲۰ سال	۸	۵۳٪
	۲۱ سال و بالاتر	۳	۲۰٪
جمع		۱۵	۱۰۰٪

۴. یافته‌ها

آمار توصیفی متغیرهای جمعیت‌شناختی تحقیق

از مجموع ۱۵ خبره منتخب، ۶۰ درصد مصاحبه شوندگان مرد و ۴۰ درصد زن بودند. ۳۴ درصد مصاحبه شوندگان رده سنی بین ۳۰ تا ۴۰ سال، ۳۳ درصد بین ۴۱ تا ۵۰ سال و ۳۳ درصد ۵۱ سال به بالا بودند. ۲۷ درصد از آنها سابقه کاری بین پنج تا ده سال، ۵۳ درصد ۱۱ تا ۲۰ سال و ۲۰ درصد سابقه ۲۱ سال به بالا داشتند.

گزارشی از بخش کیفی

در بخش کیفی مصاحبه باز بدون ساختار جهت شناسایی ابعاد و مؤلفه‌های مدیریت زنجیره تأمین شرکت ایران خودرو با هدف افزایش تاب‌آوری و کاهش اثرات شلاقی مبتنی بر هوش مصنوعی استفاده گردیده است به همین جهت ۱۵ خبره تا رسیدن به اشباع با روش نمونه‌گیری گلوله‌برفی، انتخاب شد و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون استفاده شد. محقق قبل از اینکه کدگذاری داده‌ها را شروع کند همه مصاحبه‌های ضبط شده را به صورت دست‌نوشته اول روی کاغذ نوشته و یک‌بار هم مجدداً مصاحبه را گوش کرده و با دست‌نوشته مقایسه کرد تا جمله‌ای از قلم نیفتاده باشد، سپس دست‌نوشته‌ها را در نرم‌افزار ورد تایپ نموده، متن مصاحبه‌های تایپ شده در نرم‌افزار ورد را به نرم‌افزار مکس کیودا منتقل کرده و مصاحبه را کدگذاری نمود که در مجموع ۱۹۱ کد اولیه به دست آمد. بعد از حذف کدهای تکراری و ادغام کدهای مشابه تعداد ۶۱ کد نهایی استخراج شد که به ۱۷ کد محوری در ۶ دسته‌بندی شدند.

جدول ۲. دسته‌بندی کدهای تحقیق

مضامین پایه	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین فراگیر			
سرعت واکنش تأمین‌کنندگان قطعات به تغییر برنامه تولید (در ماه‌های پرنوسان) توانایی تأمین‌کنندگان در جایگزینی سریع محصولات یا قطعات مشابه ظرفیت تولید و انعطاف شیف‌ت کاری تأمین‌کننده‌ها متناسب با نیاز مقطعی تعداد تأمین‌کنندگان فعال برای هر قطعه کلیدی در فهرست قطعات CKD نسبت تأمین‌کنندگان داخلی به تأمین‌کنندگان خارجی در لیست تأمین ایران‌خودرو میزان وابستگی تولید سالانه به یک یا دو تأمین‌کننده خاص (ریسک تمرکز تأمین) وجود گزینه‌های آماده جایگزینی در قراردادهای تأمین تعداد سناریوهای ارزیابی ریسک در برنامه‌ریزی تأمین کلیدی (سالانه) وجود و اجرای طرح‌های پشتیبان برای قطعات بحرانی (پلن B در زنجیره تأمین) میزان بیمه‌پذیری و پوشش ریسک قراردادی در معاملات با تأمین‌کنندگان	انعطاف‌پذیری تأمین‌کننده‌ها	توسعه و تاب‌آوری تأمین‌کنندگان			
			تنوع تأمین‌کننده‌ها		
				مدیریت ریسک	
	ارتباطات و اشتراک‌گذاری اطلاعات یکپارچگی فراایندها فناوری اطلاعات و دیجیتالیزاسیون				
					درصد تأمین‌کنندگان متصل به سیستم‌های تبادل داده الکترونیک ایران‌خودرو سرعت انتقال تغییرات برنامه تولید یا سفارش به تأمین‌کننده‌ها (به ساعت/روز) میزان اشتراک داده‌های پیش‌بینی فروش و برنامه‌ریزی تولید با تأمین‌کنندگان (درصد مشارکت) استفاده از سیستم‌های یکپارچه برنامه‌ریزی منابع انسانی در کل زنجیره تولید و تأمین درصد خودکارسازی فرآیند سفارش‌دهی و پیگیری وضعیت سفارشات با تأمین‌کنندگان میزان تجمیع و اشتراک‌گذاری داده‌های لجستیکی به صورت هم‌زمان با تأمین‌کننده سطح نفوذ سیستم‌های اطلاعاتی پیشرفته (ERP/SAP و غیره) در واحد تأمین میزان دیجیتالی شدن تبادل اسناد و قراردادهای تأمین‌کنندگان اجرای پروژه‌های هوشمندسازی تأمین و لجستیک در ایران‌خودرو درصد کارکنان تأمین آموزش‌دیده در حوزه فناوری‌های نوین (داده‌کاوی، SAP، مدیریت دیجیتال)
			یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تأمین		
				دقت پیش‌بینی تقاضای ماهانه در مقایسه با فروش واقعی (انحراف معیار پیش‌بینی/واقعی)	

مضامین مضامین مضامین	مضامین مضامین مضامین	مضامین پایه
مدیریت منابع و تقاضا		میزان استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و داده کاوی در واحد برنامه ریزی تولید
		تناوب به روزرسانی مدل‌های پیش‌بینی براساس رفتار بازار (به ماه)
		نرخ تحقق پیش‌بینی تغییرات فصلی یا ناگهانی در برنامه تامین قطعه
	تأمین مالی و نقدینگی	متوسط مدت زمان پرداخت مطالبات به تامین کنندگان داخلی و خارجی (روز)
		نسبت تسهیلات بانکی یا اعتبارات اسنادی به کل تامین مالی قطعات (درصد)
		درصد تامین کنندگان دارای قرارداد پیش‌پرداخت یا پرداخت نقدی
		وجود و تنوع طرح‌های تأمین مالی خرید قطعات (ریسک نوسان نرخ ارز و نقدینگی)
کاهش اثر شلاقی در زنجیره تأمین	بهبود اشتراک گذاری اطلاعات	وجود سامانه‌های تبادل الکترونیکی داده بین ایران خودرو و تأمین کنندگان
		میزان شفافیت سفارشات و دسترسی تامین کنندگان به داده‌های پیش‌بینی فروش و تولید (درصد مشارکت)
		سرعت انتقال تغییرات برنامه تولید به تامین کنندگان (مدت زمان به ساعت/روز)
	بهبود روش‌های پیش‌بینی تقاضا	میزان استفاده از الگوریتم‌های هوشمند پیش‌بینی (هوش مصنوعی، یادگیری ماشینی) در برنامه‌ریزی تقاضا
		دقت پیش‌بینی درخواست قطعات و مطابقت آن با مصرف واقعی
		تناوب به روزرسانی پیش‌بینی تقاضا بر اساس داده‌های واقعی بازار (ماهانه/هفتگی)
		مشارکت تامین کنندگان و نمایندگان فروش در فرایند جمع‌آوری داده‌های بازار و بازخورد به برنامه‌ریزی
	هماهنگی سفارش و تولید	وجود برنامه‌ریزی تولید هماهنگ با سفارشات نمایندگی‌ها و بازار نهایی
		انعطاف پذیری حجم سفارش دهی به تامین کنندگان براساس نوسانات تقاضا (طبق قرارداد)
		درصد سفارشات اضطراری یا غیرمنتظره نسبت به کل سفارشات سالانه
		میزان انطباق حجم تولید با روند واقعی فروش (شاخص موجودی مازاد یا کسری موجودی)
استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تأمین	به کارگیری هوش مصنوعی در پیش‌بینی تقاضا	میزان استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی تقاضای قطعات (درصد)
		تعداد دفعات به روزرسانی مدل‌های هوش مصنوعی با استفاده از داده‌های واقعی بازار
		دقت مدل‌های هوش مصنوعی در پیش‌بینی تقاضا
		تعداد پروژه‌های موفق هوش مصنوعی محور برای پیش‌بینی تقاضای طی یک سال اخیر
	به کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت و بهینه‌سازی سفارش دهی	تعداد فرآیندهای سفارش دهی به‌طور خودکار توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی
		درصد سفارشات ثبت شده بر اساس توصیه‌های سیستم هوشمند هوش مصنوعی
		درصد میزان کاهش سفارشات اضطراری پس از به کارگیری هوش مصنوعی
		میانگین زمان تصمیم‌گیری و ثبت سفارش با وجود سیستم‌های هوشمند (کاهش زمان)
	به کارگیری هوش مصنوعی در مدیریت و موجودی و کنترل واریانس	میزان کاهش موجودی مازاد یا کسری با اجرای سیستم‌های هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی
		تعداد هشدارهای دقیق سیستم مبتنی بر هوش مصنوعی برای افزایش/کاهش موجودی
		تعداد پروژه‌های عملیاتی هوش مصنوعی محور در کنترل سطح موجودی در سال گذشته

جدول (۳) می‌باشد. از خبرگان در این زمینه خواسته شد تا نظر خود را در رابطه با روابط دو به دوی میان این عوامل بیان نمایند.

جدول ۳. ماتریس خود تعاملی ساختاری الگوی مدیریت زنجیره تأمین با هدف افزایش تاب‌آوری و کاهش اثرات شلاقی در شرکت ایران خودرو مبتنی بر هوش مصنوعی

علائم راهنما						عامل عامل
V: یعنی i بر j تاثیر می گذارد. A: یعنی i از j تاثیر می پذیرد. X: یعنی i و j تاثیر متقابل دارند. O: یعنی i و j بر یکدیگر بی تاثیرند						
توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	مدیریت منابع و تقاضا	تاب آوری زنجیره تامین	کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین	استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	
*						
*	*					
*	*	*				
*	*	*	*			
*	*	*	*	*		
*	*	*	*	*	*	

جهت به‌دست‌آوردن ماتریس دستیابی با تبدیل نمادهای ماتریس SSIM به اعداد صفر و یک بر اساس زیر ماتریس دستیابی اولیه به دست می‌آید.

اگر نماد خانه ij حرف V باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه عدد صفر گذاشته می‌شود.

اگر نماد خانه ij حرف A باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه عدد ۱ گذاشته می‌شود.

اگر نماد خانه ij حرف X باشد در آن خانه عدد ۱ و در خانه قرینه نیز عدد ۱ گذاشته می‌شود.

اگر نماد خانه ij حرف O باشد در آن خانه عدد صفر و در خانه قرینه نیز عدد صفر گذاشته می‌شود.

بعد از جمع‌آوری نظرات همه خبرگان، اعداد صفر و یک همه ماتریس‌ها با یکدیگر جمع می‌شود. در پرسش‌نامه مدل‌سازی ساختاری تفسیری مبنای تلفیق نظرات خبرگان را مد پرسش‌نامه قرار می‌دهیم که جدول شماره ۴ نتیجه این مرحله است.

جدول ۴. جمع‌بندی نظرهای خبرگان در مورد روابط ابعاد

توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	مدیریت منابع و تقاضا	تاب آوری زنجیره تامین	کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین	استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین
توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	۱۳	۱۲	۱۴	۱۵	۱۴
یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	۱۲	۱۳	۱۴	۱۴	۱۳
مدیریت منابع و تقاضا	۱۱		۱۳	۱۳	۱۲
تاب آوری زنجیره تامین در ایران خودرو	۵	۶	۵	۱۳	۱۴
کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین در ایران خودرو	۴	۴	۵	۶	۱۲
استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	۳	۳	۴	۶	۱۱

با توجه به نظرات تجمیعی ۱۵ خبره، ماتریس دسترسی اولیه^۱ به شرح زیر است، به بیان ساده عدد مد در جدول (۴) ملاک ارزیابی قرار می‌گیرد که برابر است با ۱۳ بدین منظور اعداد جدول (۵) را با مد ۱۳ مقایسه می‌کنیم و اعدادی که از ۱۳ بزرگتر هستند را برابر ۱ قرار می‌دهیم و اعدادی که از ۱۳ کوچکتر هستند را عدد ۰ قرار می‌دهیم.

جدول ۵. ماتریس دسترسی اولیه

توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	مدیریت منابع و تقاضا	تاب آوری زنجیره تامین	کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین	استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین
توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	۰	۰	۱	۱	۱
یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	۰	۱	۱	۱	۱
مدیریت منابع و تقاضا	۰		۱	۱	۰
تاب آوری زنجیره تامین در ایران خودرو	۰	۰		۱	۱
کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین در ایران خودرو	۰	۰	۰		۰
استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	۰	۰	۰	۰	

ماتریس دستیابی اولیه باید این قانون بررسی شود که اگر $i, k=1 \rightarrow j, k=1$, $i, j=1$ یعنی اگر معیار A با معیار B رابطه داشته باشد و معیار B نیز با معیار C رابطه داشته باشد آنگاه معیار A نیز باید با C رابطه داشته باشد خانه‌هایی که با علامت * ۱ مشخص شده‌اند، نشان می‌دهند که در ماتریس دسترسی اولیه صفر بوده و پس از سازگاری عدد یک گرفته‌اند.

جدول ۶. ماتریس دسترسی سازگار شده

توسعه و تاب‌آوری تامین کنندگان	یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	مدیریت منابع و تقاضا	تاب‌آوری زنجیره تامین	کاهش اثر شلای در زنجیره تامین	استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین
توسعه و تاب‌آوری تامین کنندگان	۰	۰	۱	۱	۱
یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	۰	۱	۱	۱	۱
مدیریت منابع و تقاضا	۰	۰	۱	۱	* ۱
تاب‌آوری زنجیره تامین در ایران خودرو	۰	۰	۰	۱	۱
کاهش اثر شلای در زنجیره تامین در ایران خودرو	۰	۰	۰	۰	۰
استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	۰	۰	۰	۰	۰

بعد از محاسبه ماتریس دسترسی اولیه، ماتریس دسترسی نهایی برای ابعاد با در نظر گرفتن رابطه تسری به دست می‌آید تا ماتریس دستیابی اولیه سازگار شود. نتیجه در جدول شماره (۷) نشان داده شده است.

جدول ۷. ماتریس دستیابی نهایی ابعاد

توسعه و تاب‌آوری تامین کنندگان	یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	مدیریت منابع و تقاضا	تاب‌آوری زنجیره تامین	کاهش اثر شلای در زنجیره تامین	استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین
توسعه و تاب‌آوری تامین کنندگان	۱	۰	۱	۱	۱
یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	۰	۱	۱	۱	۱
مدیریت منابع و تقاضا	۰	۰	۱	۱	۱
تاب‌آوری زنجیره تامین در ایران خودرو	۰	۰	۱	۱	۱
کاهش اثر شلای در زنجیره تامین در ایران خودرو	۰	۰	۰	۱	۰
استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	۰	۰	۰	۰	۱

ماتریس دستیابی نهایی از لحاظ سازگاری مورد بررسی قرار گرفت و مشکلی از این لحاظ مشاهده نشد. در نهایت ستون وابستگی از جمع سطری و سطر وابستگی از جمع ستونی حاصل می شود و ماتریس قدرت نفوذ - وابستگی در جدول شماره (۸) شکل می گیرد.

جدول ۸. ماتریس قدرت نفوذ-وابستگی ابعاد

توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	مدیریت منابع و تقاضا	تاب آوری زنجیره تامین	کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین	استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	قدرت نفوذ
توسعه و تاب آوری تامین کنندگان	۰	۰	۰	۱	۱	۴
یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین	۱	۱	۱	۱	۱	۵
مدیریت منابع و تقاضا	۰	۰	۱	۱	۱	۴
تاب آوری زنجیره تامین	۰	۰	۱	۱	۱	۳
کاهش اثر شلاقی در زنجیره تامین	۰	۰	۰	۱	۰	۱
استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تامین	۰	۰	۰	۰	۱	۱
وابستگی	۱	۱	۲	۴	۵	۵

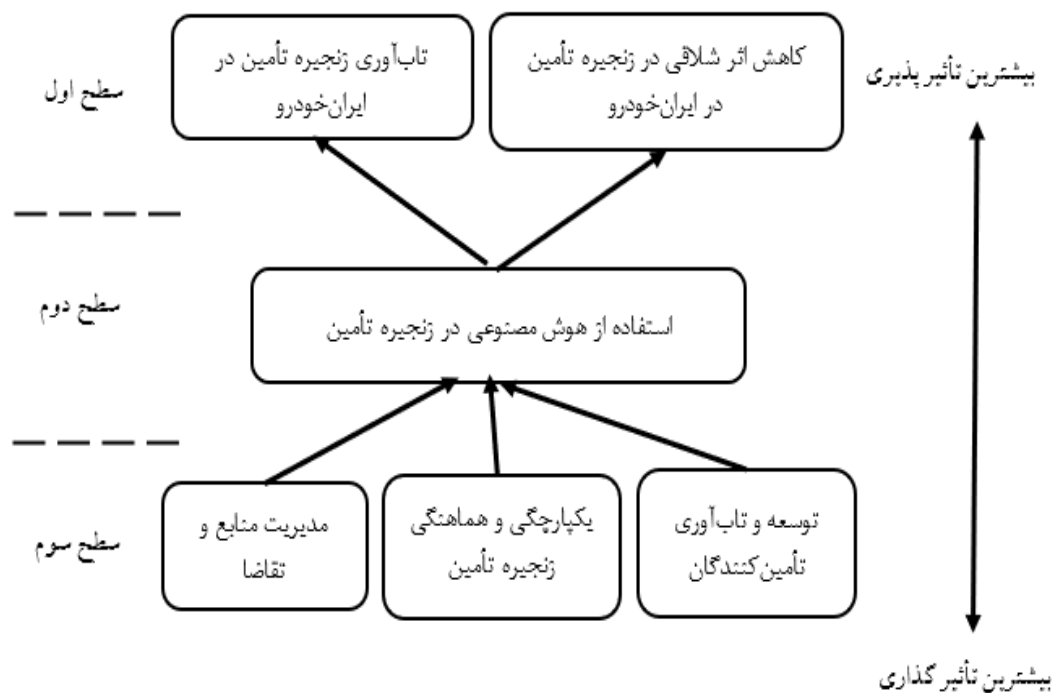
سطح بندی ابعاد توسط نرم افزار متلب به شرح زیر گزارش شده است:

جدول ۹. سطح بندی الگوی مدیریت زنجیره تأمین با هدف افزایش تاب آوری و کاهش اثرات شلاقی در شرکت ایران خودرو مبتنی بر هوش

مصنوعی

سطح سوم	سطح دوم	سطح اول
C1, C2, C3	C4	C5, C6

در این مرحله طبق نمودار (۲) بر اساس سطوح مختلف مؤلفه ها، آنها را بر اساس اولویت به دست آمده از بالا به پایین ترسیم می کنیم.



نمودار ۲. مدل ساختاری تفسیری الگوی مدیریت زنجیره تأمین با هدف افزایش تاب آوری و کاهش اثرات شلاقی در شرکت ایران خودرو مبتنی بر هوش مصنوعی

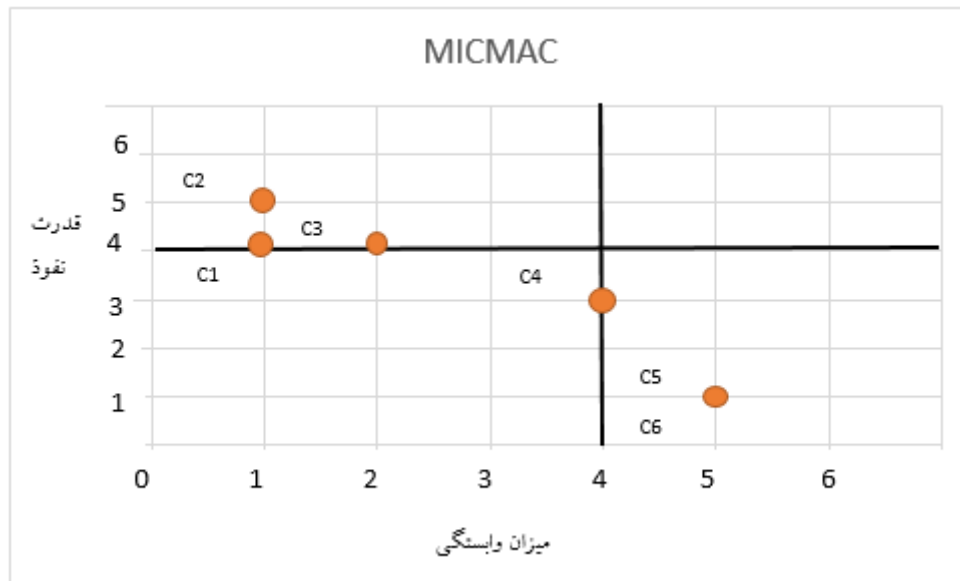
بر اساس نتایج ماتریس دسترسی نهایی، ساختار سه سطحی پیشنهادی مدل ساختاری تفسیری برای افزایش تاب آوری و کاهش اثر شلاقی در زنجیره تأمین ایران خودرو به ترتیب زیر تثبیت شد:

- سطح سوم (محرك): توسعه و تاب آوری تأمین کننده (C1)، یکپارچگی و هماهنگی زنجیره (C2)، مدیریت منابع و تقاضا (C3)
- سطح دوم (میانجی): کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره تأمین (C4)
- سطح اول (وابسته): تاب آوری زنجیره تأمین (C5) و کاهش اثر شلاقی (C6)

این ساختار تأیید می کند که عوامل مدیریتی و یکپارچگی زنجیره از طریق استفاده از هوش مصنوعی منجر به تاب آوری سازمانی و کاهش اثر شلاقی می شوند.

تحلیل میک مک

بر اساس نتایج نمودار (۲) در تحلیل میک مک و نتایج خروجی نرم افزار متلب بررسی و تحلیل نیروی نفوذ و نیروی وابستگی مولفه ها در زیر ارائه شده است.



نمودار ۳. قدرت نفوذ و میزان وابستگی (نمودار میک مک)

در نمودار میک مک ارائه شده، متغیرهای پژوهش بر اساس دو محور «قدرت نفوذ» و «میزان وابستگی» در چهار وضعیت اصلی سطح بندی شده اند. مطابق تحلیل میک مک، مؤلفه های C1، C2، C3 (توسعه و تاب آوری تامین کنندگان، یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تامین، مدیریت منابع و تقاضا) دارای بیشترین قدرت محرک و کمترین وابستگی اند و بنابراین عوامل راهبردی کلیدی برای سیاست گذاری تاب آوری زنجیره تأمین ایران خودرو محسوب می شوند.

مؤلفه C4 (استفاده از هوش مصنوعی در زنجیره تأمین) نقش میانجی پویا را دارد و باید با دقت مدیریت شود چون هر تغییر در آن می تواند اثرات چندسویه بر خروجی ها داشته باشد.

در نهایت، C5 و C6 (تاب آوری زنجیره تأمین در ایران خودرو، کاهش اثر شلاقی در زنجیره تأمین در ایران خودرو) به عنوان پیامدهای نهایی وابسته تأیید می کنند که نتیجه ی مطلوب تنها با تقویت پیوند میان محرک ها و مؤلفه ی هوش مصنوعی حاصل می شود.

۵. بحث و نتیجه گیری

هدف پژوهش حاضر ارائه مدل ساختاری مدیریت زنجیره تأمین ایران خودرو مبتنی بر قابلیت های هوش مصنوعی با تأکید بر تاب آوری و کاهش اثر شلاقی است. یافته های بخش کیفی پژوهش نشان می دهد که مدیریت زنجیره تأمین ایران خودرو متأثر از شش بُعد کلیدی است که هوش مصنوعی نه تنها به عنوان یک ابزار فناورانه، بلکه به عنوان یک قابلیت راهبردی تصمیم ساز در تمامی این ابعاد ایفای نقش می کند. نتایج پژوهش نشان می دهد هوش مصنوعی در حوزه مدیریت منابع و تقاضا از سطح پشتیبانی عملیاتی فراتر رفته و با بهره گیری از مدل های پیش بینی پیشرفته، یادگیری ماشین و به روزرسانی مداوم مبتنی بر داده های واقعی، امکان پیش بینی رفتار بازار، شناسایی الگوهای پنهان تقاضا و پیش آگاهی نسبت به نوسانات آینده را برای ایران خودرو فراهم می سازد. این توانمندی پیش بینانه، عدم قطعیت در تصمیمات تولید و سفارش دهی را کاهش داده و زمینه کنترل اثر شلاقی را در سطوح پایین تر زنجیره تأمین مهیا می کند. علاوه بر این، یافته ها حاکی از آن است که هوش مصنوعی با عبور از نقش پیش بین، به سطح **نقش تجویزی** نیز وارد می شود؛ به گونه ای که از طریق

تحلیل سناریوهای مختلف اختلال، بهینه‌سازی سیاست‌های سفارش‌دهی، تعیین حجم بهینه موجودی و پیشنهاد ترکیب مناسب تأمین‌کنندگان، به مدیران زنجیره تأمین کمک می‌کند تا بهترین گزینه تصمیم را در شرایط ناپایدار انتخاب نمایند. این قابلیت تجویزی، زنجیره تأمین ایران‌خودرو را از واکنش‌پذیری صرف به سمت کنش‌گری هوشمند سوق می‌دهد. در بُعد یکپارچگی و هماهنگی زنجیره تأمین نیز، هوش مصنوعی با ایجاد هم‌زمانی اطلاعاتی میان ایران‌خودرو و تأمین‌کنندگان و پردازش بلادرنگ داده‌ها، بستری را فراهم می‌کند که تصمیمات تولید، سفارش و توزیع نه بر مبنای اطلاعات تأخیری، بلکه بر پایه بینش داده‌محور لحظه‌ای اتخاذ شوند. این امر نقش هوش مصنوعی را از یک تسهیل‌گر ارتباطی به هسته مرکزی تصمیم‌گیری زنجیره تأمین ارتقا می‌دهد. نتایج پژوهش همچنین نشان می‌دهد که در حوزه مدیریت ریسک و تاب‌آوری، هوش مصنوعی با قابلیت شبیه‌سازی اختلالات، ارزیابی پیامدهای تصمیمات مختلف و طراحی سناریوهای جایگزین، نقشی اثربخش در جهت‌دهی راهبردی به انتخاب تأمین‌کنندگان، تنوع منابع و پیکربندی شبکه تأمین ایفا می‌کند. این نقش راهبردی، موجب کاهش وابستگی به منابع محدود، افزایش انعطاف‌پذیری تأمین‌کنندگان و ارتقای توان پاسخ‌گویی زنجیره تأمین در برابر شوک‌های محیطی می‌شود. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی در مدل پیشنهادی صرفاً یک ابزار فناورانه نیست، بلکه به‌عنوان یک قابلیت راهبردی پیش‌بین و تجویزی، بنیان تحول زنجیره تأمین ایران‌خودرو را شکل داده و با تبدیل زنجیره تأمین به یک سیستم هوشمند، داده‌محور و تصمیم‌ساز، نقش اساسی در افزایش تاب‌آوری و کاهش شدت و دامنه اثر شلاقی ایفا می‌کند. نتایج این تحقیق با یافته‌های (روحانی و محمدآبادی، ۲۰۲۲) در اولویت‌دهی به سیستم‌های هوشمند سفارش‌دهی و مدیریت انبار همگرا است، و مشابه (مارکوس و همکاران، ۲۰۲۵) بر اهمیت یکپارچگی اطلاعات و کاهش زمان پاسخ تأکید دارد. همچنین هم‌راستا با (لیو و همکاران، ۲۰۲۵) استفاده از فناوری‌های دیجیتال، کاهش اثر شلاقی را تأیید می‌کند. با این حال، برخلاف (روحانی و محمدآبادی، ۲۰۲۲) که تمرکز بر شناسایی قابلیت‌های هوش مصنوعی در کل صنعت داشتند، این تحقیق رویکردی بومی‌سازی‌شده و جزئی برای ایران‌خودرو ارائه می‌دهد. تفاوت اصلی با (بانرجی و همکاران، ۲۰۲۴) نیز در آن است که یافته‌های حاضر تأکید برجسته‌ای بر پیوند مستقیم میان انعطاف‌پذیری تأمین و به‌کارگیری هوش مصنوعی با شاخص‌های کاهش اثر شلاقی دارد، نه صرفاً بهبود بهره‌وری.

پیشنهاد می‌شود شرکت ایران‌خودرو در راستای ارتقای تاب‌آوری و کاهش اثر شلاقی زنجیره تأمین، نخست اقدام به طراحی شبکه تأمین چندمنبعی هوشمند نماید، به‌گونه‌ای که انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان بر پایه مدل‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و تحلیل ریسک پویا انجام شود و قراردادهای شامل بندهای انعطاف‌پذیر متناسب با نوسانات تقاضا و اختلالات عرضه باشند. دوم، پیاده‌سازی یکپارچه و کامل سیستم‌های برنامه‌ریزی منابع سازمانی و تبادل الکترونیکی داده‌ها میان ایران‌خودرو و تأمین‌کنندگان کلیدی با هدف اشتراک‌گذاری بلادرنگ اطلاعات سفارش، موجودی و تولید پیشنهاد می‌شود. سوم، توسعه و بومی‌سازی مدل‌های پیش‌بینی تقاضا مبتنی بر یادگیری ماشین با استفاده از داده‌های فروش تاریخی، شرایط بازار داخلی، محدودیت‌های تأمین و عوامل فصلی، به‌منظور کاهش نوسانات برنامه تولید و سفارش‌دهی ضروری است. چهارم، توصیه می‌شود سیستم‌های پشتیبان تصمیم هوشمند برای پیشنهاد سیاست‌های سفارش‌دهی، تعیین سطح بهینه موجودی و برنامه‌ریزی تولید در شرایط عدم قطعیت طراحی و به کار گرفته شوند. پنجم، ایران‌خودرو می‌تواند با استفاده از هوش مصنوعی، سناریوهای اختلال و توقف خطوط تولید را شبیه‌سازی کرده و برنامه‌های واکنش سریع و جایگزین تأمین را به‌صورت پیشگیرانه تدوین نماید. ششم، ایجاد مرکز راهبری هوش مصنوعی زنجیره تأمین با مشارکت واحدهای تولید، لجستیک و فناوری اطلاعات پیشنهاد می‌شود تا تصمیمات کلان زنجیره تأمین به‌صورت داده‌محور، هماهنگ و راهبردی

اتخاذ گردد. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به توسعه و آزمون مدل‌های ترکیبی کیفی-کمی در مدیریت اثر شلاقی پردازند، به گونه‌ای که بینش‌های خبرگان صنعتی با قابلیت‌های پیش‌بینی مدل‌های کمی و یادگیری ماشین تلفیق شود. دوم، بررسی و مقایسه الگوریتم‌های یادگیری عمیق مختلف نظیر شبکه عصبی حافظه بلند-کوتاه مدت و ترنسفورمر در پیش‌بینی تقاضا و بهینه‌سازی موجودی در صنعت خودروی ایران می‌تواند به ارتقای دقت تصمیمات کمک نماید. سوم، انجام مطالعات تجربی در خصوص نقش تجویزی هوش مصنوعی در پیشنهاد سیاست‌های سفارش‌دهی و بازپیکربندی شبکه تأمین در شرایط اختلال پیشنهاد می‌شود. چهارم، ارزیابی پیامدهای اقتصادی، عملیاتی و زیست‌محیطی دیجیتال‌سازی و هوشمندسازی زنجیره تأمین به عنوان یک مسیر پژوهشی مهم قابل طرح است. پنجم، بررسی اثرات بلوغ دیجیتال سازمان و آمادگی فناورانه تأمین‌کنندگان بر موفقیت استقرار هوش مصنوعی در زنجیره تأمین می‌تواند شکاف‌های اجرایی موجود را روشن سازد. ششم، پیشنهاد می‌شود مدل ارائه‌شده در این پژوهش در سایر صنایع بزرگ کشور نظیر پتروشیمی، فولاد و لوازم خانگی آزمون شود تا قابلیت تعمیم‌پذیری و اعتبار بیرونی مدل مورد سنجش قرار گیرد.

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم.

منابع

- حسن پور، حسینعلی، کریمی، امیرمسعود، مصدق خواه، مسعود، زارعی، مصطفی. (۱۴۰۳). شناسایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری زنجیره‌تأمین در مواد غذایی: مطالعه‌ای کیفی، *فصلنامه آماد و فناوری دفاعی*، ۷(۲)، ۱۱۳-۱۵۴.
- <https://www.magiran.com/p2749443>
- روحانی، علی اصغر، محمدآبادی، رضوان. (۱۴۰۱)، بررسی کاربرد هوش مصنوعی در زنجیره تأمین نفت و گاز، *فرایند نو*، ۱۷(۷۹)، ۵۷-۷۳.
- <https://doi.org/10.22034/farayandno.2023.1974530.1896>
- محمدی، مهدی، حیدری دهویی، جلیل، احمدی، عاطفه. (۱۴۰۲). شناسایی و اولویت‌بندی کاربردهای هوش مصنوعی در زنجیره تأمین ۴.۰ (مورد مطالعه صنعت خرده‌فروشی)، *مدیریت توسعه فناوری*، ۱۱(۴)، ۷۸-۱۰۶.
- <https://doi.org/10.22104/jtdm.2024.6904.3317>
- محمودی، سیدمحمد، جعفری، محمد، پیشدار، مهسا. (۱۴۰۳)، کاربردها و الزامات بکارگیری هوش مصنوعی در محصولات نوین خودرویی، *مطالعات مدیریت کسب و کار هوشمند*، ۳(۱۲)، ۴۷، ۷۹-۱۰۹.
- <https://doi.org/10.22054/ims.2023.72410.2292>
- نخعی نژاد، مهدی، فرخ زاد، امیر حسن، اخوان، آفرین، زارع مهرجردی، یحیی. (۱۴۰۰)، بررسی اثر شلاقی بر زنجیره تأمین دارو با در نظر گرفتن تحریم‌های بین‌المللی با رویکرد سیستم پویا، *مهندسی صنایع و مدیریت*، ۱(۲)، ۱۳۵-۱۴۷.
- <https://doi.org/10.24200/j65.2021.55544.2114>
- نیکزادی پناه، ابوالفضل، رهدار، مجبعلی، بندان، قربانعلی. (۱۴۰۳). تاب‌آوری زنجیره تأمین دارو با به کارگیری فناوری بلاکچین، *طب نظامی*، ۲۶(۳)، ۲۳۳۲-۲۳۴۶.
- https://militarymedj.bmsu.ac.ir/article_1001266.html

References

- Baha M. (2023). Impact of Artificial Intelligence on Supply Chain Management Performance. *Journal of Service Science and Management*, 2023, 16, 44-58. <https://doi.org/10.4236/jssm.2023.161004>
- Banerjee, A. Pawar, D. Kalambe, M. Jadhav, P. Shukla, M. (2024). Artificial Intelligence in Supply Chain Management for Automobile Industry, *Industrial Engineering Journal*, pp. 1-20.

- https://www.researchgate.net/publication/379838106_Artificial_Intelligence_in_Supply_Chain_Management_for_Automobile_Industry.
- Belhadi, A. Kamble, S. Fosso Wamba, S. Queiroz, M.M. (2021). Building supply-chain resilience: an artificial intelligence-based technique and decision-making framework. *International Journal of Production Research*, 60(14), 4487-4507. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1950935>
- Centobelli, P. Cerchione, R. Ertz, M. (2020). Agile supply chain management: where did it come from and where will it go in the era of digital transformation? *Industrial Marketing Management*, 90, 324-345. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.07.011>
- Chandak, S. Pipleya, S. Chandak, A. (2024). Impact of Information Technology Tools and AI on Supply Chain Management of Indian Automobile Industry, *Journal of Advances in Shell Programming*, 2024; 11(02), pp.19-27. <https://journals.stmjournals.com/joasp/article=2024/view=153031>
- Hassanpour, H., Karimi, A. M., Mosaddeghkha, M., & Zareei, M. (2024). *Identifying factors affecting supply chain resilience in the food industry: A qualitative study*. Quarterly Journal of Logistics and Defense Technology, 7(2), 113–154. <https://doi.org/20.1001.1.28212606.1403.7.2.4.4> [In Persian]
- Jerry, A. (2023). The Role of Artificial Intelligence in Automotive Manufacturing and Design, *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT)*, Volume 3, Issue 1, June 2023, 2581-9429, pp 795-802. <https://ijarsct.co.in/Paper11959.pdf>
- Liu, F. Fang, M. Xiao, Sh & Shi, Y. (2025). Mitigating bullwhip effect in supply chains by engaging in digital transformation: the moderating role of customer concentration, *Annals of Operations Research* (2025) 344: pp. 825–846. <https://www.researchgate.net/publication/379304527>.
- Mahmoudi, S. M. Jafari, M. Pishdar, M. (2024), Applications and requirements of using artificial intelligence in new automotive products, *Intelligent Business Management Studies*, Article 3, Volume 12(47), 3, pp. 79-109. <https://doi.org/10.22054/ims.2023.72410.2292> [In Persian]
- Manhart, P. Summers, J. K. Blackhurst, J. (2020). A meta- analytic review of supply chain risk management: assessing buffering and bridging strategies and firm performance. *Journal of Supply Chain Management*, 56(3), 66-87. <https://doi.org/10.1111/jscm.12219>
- Marques, P.C. Rodrigues, T. Reis, J. Anes, V. Abreu, A.(2025). Supply chain efficiency in Industry 4.0: a study on mitigating the bullwhip effect with machine learning and blockchain technologies, *Journal of Industrial and Production Engineering*, Published online: 21 May 2025. pp. pp.1-21. <https://doi.org/10.1080/21681015.2025.2503204>
- Mithun, S. A. Amanat, R. Golam, K. Sanjoy, K. P. (2024). Artificial Intelligence Approach to Predict Supply Chain Performance: Implications for Sustainability, *Sustainability* 2024, 16(6), 2373, pp. 1-31. <https://www.researchgate.net/publication/378948316>.
- Modgil, S. Singh, R.K. Hannibal, C. (2022). Artificial intelligence for supply chain resilience: learning from Covid-19. *The International Journal of Logistics Management*, 33(4): 1246-1268. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2021-0094>
- Mohammadi, M. Heidari Dehavi, J. Ahmadi, A. (2024). Identifying and prioritizing applications of artificial intelligence in supply chain 4.0 (case study of retail industry), *Technology Development Management*, 11(4), pp. 78-106. <https://doi.org/10.22104/jtdm.2024.6904.3317> [In Persian]
- Mukherjee, S. Baral, M.M. Nagariya, R. Chittipaka, V. and Pal, S.K. (2024), Artificial intelligence-based supply chain resilience for improving firm performance in emerging markets, *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, Vol. 17 No. 3, pp. 516-540. <https://doi.org/10.1108/JGOSS-06-2022-0049>
- Nakhainejad, M. Farrokhzad, A. H., Akhavan, A. Zare Mehrjerdi, Y. (2021), Investigating the bullwhip effect on the drug supply chain considering international sanctions with a dynamic system approach, *Industrial Engineering and Management*, 37,1(2), pp. 135-147. <https://doi.org/10.24200/j65.2021.55544.2114> [In Persian]
- Nikzadipanah, A. , Rahdar, M. and Bandani, G. (2024). Resilience of the Drug Supply Chain Using Blockchain Technology. *Journal of Military Medicine*, 26(3), 2332-2346. <https://doi.org/10.24200/j65.2021.55544.2114> [In Persian]
- Oliveira-Dias, D. Maqueira-Marín, J. M. Moyano-Fuentes, J. (2022). The link between information and digital technologies of industry 4.0 and agile supply chain: Mapping current research and establishing new research avenues. *Computers & Industrial Engineering*, 167, 108000. 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108000>

- Raji, I. O. Shevtshenko, E. Rossi, T. Strozzi, F. (2021). Industry 4.0 technologies as enablers of lean and agile supply chain strategies: an exploratory investigation. *The International Journal of Logistics Management*, 32(4), pp. 1150-1189. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2020-0157>
- Rouhani, A. A., Mohammadabadi, R. (2022), Study of the application of artificial intelligence in the oil and gas supply chain, *Farayand-e-No*, 17(79), pp. 57-73. <https://doi.org/10.22034/farayandno.2023.1974530.1896> [In Persian]
- Singh, R.K. Modgil, S. Shore, A. (2023). Building artificial intelligence enabled resilient supply chain: a multi-method approach. *Journal of Enterprise Information Management*. 37 (2): 414-436. <https://doi.org/10.1108/JEIM-09-2022-0326>.
- Weisz, E. Herold, D.M. Kummer, S. (2023), Revisiting the bullwhip effect: how can AI smoothen the bullwhip phenomenon? *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 34 No. 7, pp. 98-120. <https://doi.org/10.1108/IJLM-02-2022-0078>
- Zhu, X. N. Peko, G. Sundaram, D. Piramuthu, S. (2022). Block chain- based agile supply chain framework with IoT. *Information Systems Frontiers*, 24(2), 563-578. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10114-y>

