Journal of Intelligent Strategic Management
Vol(5), 113-140.
Bumara.ir

Digital Supply Chain Implementation Model in Automotive Industry

Amir Ehsan Zahedi * | Management department, Administration sciences and economy faculty, Arak university, Arak, iran.

Mahdiyeh Haghighat | industrial management department, economics and management faculty, lorestan university, khorramabad, iran.

Abstract

Rapid technological advances are the driving force that forces manufacturing firms to shift from a traditional model to smart supply chain management for proper management of their demand and supply. This study presents a model for implementing digital supply chain in the Iranian automotive industry. The research is applied and developmental in terms of its purpose, qualitative in terms of the nature of the data, and descriptive in terms of the method of data collection, which conducted using thematic analysis. The statistical population formed from specialists and experts in the country's automotive industry and sampling carried out purposefully. Data collected using a semi-structured interview method and 13 people interviewed until the theoretical adequacy criterion of the data achieved. The data coding process carried out using MAXQDA software. 139 basic themes, 38 organizing themes, and 6 overarching themes identified and analyzed. The overarching themes include: supply chain challenges, supply chain requirements, mainstream smart manufacturing, supply chain performance, environmental consequences of implementing a supply chain, and internal outcomes of implementing a smart supply chain. According to the research findings, automotive companies can prepare the ground for utilizing smart manufacturing in their company by understanding the requirements of the current competitive environment, using an efficient executive model, utilizing joint collaboration, especially in advanced technologies, providing specialized personnel, and training the workforce. The innovation of the present research was to find digitization factors and their correct combination, and ultimately achieving a comprehensive model in the automotive industry.

Keywords: Artificial Intelligence, Automotive Industry, BlockChain, Digital Supply Chain, Internet of Things

How to Cite: Zahedi,A. E. and Haghighat,M. (2026). Digital Supply Chain Implementation Model in Automotive Industry. Journal of Intelligent Strategic Management .5(1), 113-140.
doi: 10.87453/bumara.2026.372301.7839

Intelligent Strategic Management (JISM) in Development and Evolution is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
© Authors

❋ **Corresponding Author:** a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

Original Research
Received: 2025/07/31
Review: 2025/10/04
Accepted: 2025/11/14
eISSN: 2891-4128

نشریه مدیریت استراتژیک هوشمند
دوره ۵، شماره ۱، بهار، ۱۴۰۵، ۱۴۰-۱۱۳
Bumara.ir

الگوی پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی

امیراحسان زاهدی * گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه اراک، اراک، ایران.

مهدیه حقیقت گروه مدیریت صنعتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران.

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۹
بازنگری: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۳
eISSN: 2891-4128

چکیده

پیشرفت‌های سریع فناوری نیروی محرکه‌ای است که بنگاه‌های تولیدی را وادار می‌کند تا از یک الگوی سنتی به هوشمندسازی زنجیره تأمین برای مدیریت مناسب تقاضا و عرضه خود روی بیاورند. این پژوهش به ارائه الگویی جهت اجرای زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی ایران می‌پردازد. پژوهش از نظر هدف، کاربردی و توسعه‌ای، از نظر ماهیت داده‌ها، کیفی و از نظر نحوه گردآوری داده‌ها، توصیفی است که با استفاده‌از روش تحلیل مضمون انجام شد. جامعه آماری از متخصصان و خبرگان صنعت خودروسازی کشور تشکیل و نمونه‌برداری به‌صورت هدف‌مند انجام شد. داده‌ها به روش مصاحبه نیمه‌ساختاریافته گردآوری و تا دستیابی‌به معیار کفایت نظری داده‌ها با ۱۳ نفر مصاحبه گردید. فرایند کدگذاری داده‌ها با استفاده‌از نرم‌افزار مکس کیودا انجام شد. ۱۳۹ مضمون پایه، ۳۸ مضمون سازمان‌دهنده و ۶ مضمون فراگیر شناسایی و تحلیل گردید. مضامین فراگیر عبارت‌انداز: چالش‌های زنجیره تأمین، الزامات زنجیره تأمین، جریان اصلی تولید هوشمند، عملکرد زنجیره تأمین، پیامدهای محیطی به‌کارگیری زنجیره تأمین و نتایج درون سازمانی اجرای زنجیره تأمین هوشمند. مطابق یافته‌های پژوهش، شرکت‌های خودروسازی می‌توانند با درک اقتضائات محیط رقابتی فعلی، استفاده‌از الگوی اجرایی کارآمد، بهره‌گیری‌از همکاری مشترک به‌ویژه در فناوری‌های پیشرفته، تأمین نیروی متخصص و آموزش نیروی کار، زمینه بهره‌گیری از تولید هوشمند را در شرکت خود فراهم کنند. نوآوری پژوهش حاضر یافتن عوامل هوشمندسازی و ترکیب صحیح آن‌ها و درنهایت دستیابی‌به الگویی جامع در صنعت خودروسازی، بود.

کلیدواژه‌ها: اینترنت اشیاء، بلاک‌چین، زنجیره تأمین هوشمند، صنعت خودروسازی، هوش مصنوعی

استناد به این مقاله: زاهدی، امیراحسان و حقیقت، مهدیه . (۱۴۰۵). الگوی پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی. مدیریت استراتژیک هوشمند, ۵(۱) , ۱۱۳-۱۴۰.

مدیریت استراتژیک هوشمند (JISM) در توسعه و تکامل تحت مجوز بین‌المللی کریتیو کامنز با شرایط انتساب-غیرتجاری ۴,۰ منتشر می‌شود.
©نویسندگان

* **نویسنده مسئول:** a-zahedimoghadam@araku.ac.ir

مقدمه

از زمان ظهور انقلاب صنعتی، کارایی و بهره‌وری مدیریت زنجیره تأمین موردتوجه ویژه محققان و صنعت‌گران بوده‌است. با پیدایش مفاهیم نوین صنعتی، نیازبه زنجیره‌های تأمین کارآمد و پایدار که در تصمیم‌گیری‌های روزمره مفید واقع شود، بیش‌ازگذشته موردتوجه قرار گرفته‌است (Beier et al., 2020). ازاین‌رو، راهبردهای موردنیاز برای نیل‌به اهداف سازمان شامل مفاهیمی‌چون نوآوری و مشارکت بیشتر مصرف‌کننده موجب تأثیرگذاری بر جهت و نتایج فرآیند شده‌است (Roque Júnior et al., 2023). تولید هوشمند یک پارادایم تولیدی پیشرفته است که فناوری‌های جدیدی مانند اینترنت اشیاء، ارتباط ماشین‌باماشین، شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، فناوری‌های خودکارسازی و همچنین کلان‌داده‌ها را با فرآیندهای تولیدی ادغام می‌کند (Li et al., 2023).

برای رقابت در سطح جهانی، شرکت‌های تولیدی باید کارایی را بهبود بخشند و هزینه‌ها را از طریق نوآوری‌های فرآیندی جدید، کاهش دهند؛ نوآوری‌هایی مانند رباتیک، اتوماسیون انبار، کارخانه‌های هوشمند و کمک به تولید انعطاف‌پذیر (Attaran, 2023). نسل پنجم شبکه در حوزه تولید محصولات وکارخانه‌های هوشمند به‌عنوان یک فناوری که تولید صنعتی و اینترنت هوشمند را ادغام می‌کند، به‌سرعت درحال توسعه است و امکانات جدیدی را برای تولید هوشمند به ارمغان آورده‌است (Zhang et al., 2022). صنعت ۴,۰ با استفاده‌از فناوری‌های پیشرفته مانند اینترنت اشیاء، هوش‌مصنوعی، تحلیل داده‌ها، رباتیک، حس‌گرها و شبکه‌های هوشمند، امکانات جدیدی را برای کسب و کارها ایجاد کرده است که با استفاده‌از این فناوری‌ها، فرآیندهای تولیدی و عملیاتی را به‌صورت خودکار و بدون نیازبه دخالت انسان بهبود بخشند (Ghobakhloo, 2020). این اتوماسیون صنعتی بر رمزگذاری سرتاسر، به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها، شفافیت داده‌ها و ادغام یکپارچه سیستم‌های فیزیکی و مجازی در کل عملیات تولید تأکید می‌کند و درنتیجه باعث افزایش کارایی، کاهش خطاها و هزینه‌ها، افزایش سرعت تولید و بهبود کیفیت می‌شود (Büchi et al., 2020).

صنعت ۴,۰ می‌تواند با پشتیبانی از چندین کارکرد کلیدی مانند لجستیک وعملیات، بهره وری سازمان را افزایش دهد (Bag & Pretorius, 2020). یکی‌از صنایعی که به‌شدت تحت تأثیر فناوری‌های پیشرفته و تولید هوشمند قرار گرفته‌است، صنعت خودروسازی است. اجرای زنجیره تأمین هوشمند به شرکت‌های خودروسازی این امکان را می‌دهد که در بازارهای جهانی با رقبای خارجی رقابت‌پذیری بالاتری داشته باشند (Gandhi et

al., 2022) باتوجه‌به این موارد، اجرای زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی ایران نه‌تنها به بهبود عملکرد و کارایی صنعت خودرو کمک می‌کند، بلکه می‌تواند نقش مهمی در افزایش توان رقابتی این صنعت در سطح جهانی ایفا نماید. علی‌رغم مزایای پیش‌گفته، در عمل پیاده‌سازی تولید هوشمند با مشکلات و موانعی از جمله: روابط و تضادهای بین شرکت‌ها، کمبود بودجه، عدم همکاری و هماهنگی نهادها، یکپارچه‌سازی سیستم‌ها، استفاده‌از سیستم‌های غیربومی و... روبه‌رو است که اجرای آن را سخت و در مواردی غیرممکن می‌کند.

پژوهش حاضر تلاش دارد با بررسی موشکافانه مفاهیم زنجیره تأمین هوشمند در پهنای صنعت خودروسازی کشور و ادغام اصول هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء، و فناوری‌های پیشرفته دیگر، یک الگوی اجرایی کارآمد و مؤثر برای صنعت خودرو در ایران ارائه دهد. نوآوری این تحقیق، توسعه مدل اجرایی مبتنی‌بر شرایط و خصوصیات خاص صنعت خودروی کشور است تا به‌دقت به نیازها و چالش‌های موجود در زنجیره تأمین این صنعت پاسخ داده و به‌صورت اختصاصی به ارائه راهکارهای مؤثر و کارآمد برای بهبود کارکردهای زنجیره تأمین بپردازد.

سؤالاتی که درراستای هدف پژوهش مطرح است، عبارت‌انداز: در راستای اجرای زنجیره تأمین هوشمند، شرکت‌های خودروسازی با چه چالش‌هایی روبه‌رو خواهند بود؟ الزامات پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند کدام‌اند؟ پیامدهای به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند چیست؟ برای پیاده سازی زنجیره تأمین هوشمند از چه الگوی اجرایی باید پیروی کرد؟

چهارچوب نظری

زنجیره تأمین هوشمند[1]

زنجیره‌تأمین به مجموعه فرآیندها و فعالیت‌های مرتبط با تأمین مواداولیه، تولید، توزیع و تحویل محصولات به مشتریان اطلاق می‌شود (Mohanta et al., 2021). در دوران اولیه صنعت، تولید به‌صورت کارگاهی و کوچک انجام می‌شد و زنجیره‌تأمین به‌شکل ساده‌تری وجود داشت. هر واحد تولید، خود تأمین‌کننده مواد اولیه و نهایی خود بود. با ورودبه دوران جریان نقدینگی و افزایش تقاضا برای محصولات، نیازبه بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش هزینه‌ها به‌وجود آمد (Gupta et al., 2021). زنجیره تأمین ۴,۰ به‌عنوان مجموعه‌ای از فعالیت‌های به‌هم‌پیوسته مربوط‌به هماهنگی، خدمات بین تأمین‌کنندگان و مصرف

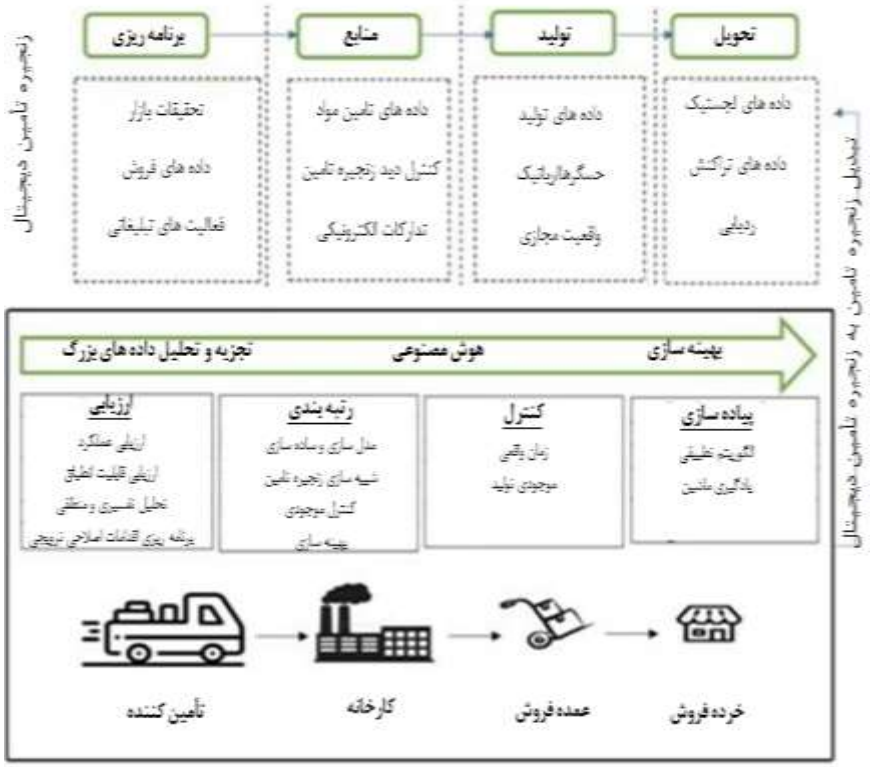
[1] Digital Supply Chain (SCD)

کنندگان، برنامه‌ریزی و کنترل محصولات تعریف شده‌است که هدف آن ایجاد راه‌های جدید برای ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان وتأمین کنندگان و ایجاد درآمد بیشتر ازطریق یکپارچه‌سازی و هماهنگی فرآیندها است (Rasool et al., 2023).

یک زنجیره‌تأمین هوشمند نیازبه اتصال و چابکی دارد و باید یکپارچه و هوشمند باشد (Kumar & Mukherjee, 2021). زنجیره تأمین هوشمند به‌صورت متداول برای بحث در مورد چگونگی توسعه و اجرا و به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند پیشرفته از قبیل اینترنت اشیاء، بلاک‌چین، یادگیری ماشین، هوش مصنوعی، تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ و... در فرآیندهای زنجیره تأمین استفاده می‌شود (Nahr et al., 2021). به‌دلیل عدم اطمینان محیطی، تمرکز انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴,۰ اغلب‌بر بهبود پردازش اطلاعات برای افزایش پاسخ‌گویی تجاری است. براین‌اساس، صنعت ۴,۰ شامل توسعه و به‌کارگیری فناوری‌هایی برای پیوند سازمان به صورت داخلی (اعم ازعمودی و افقی) و با ذی‌نفعان خارجی (تأمین کنندگان یا مشتریان) برای اطمینان از جریان روان اطلاعات است (Park & Huan, 2021). مفهوم زنجیره تأمین هوشمند در درجه اول فرآیندهای زنجیره تأمین را به‌عنوان یک سیستم که دارای زیرسیستم‌های متعدد است بررسی می‌کند (Younis & Wuni, 2023). به‌عبارتی همچنان‌که زنجیره تأمین یک سیستم پیچیده متشکل از روابط متقابل، متنوع و غیرقابل‌پیش‌بینی بین زیرسیستم‌های آن است، افزوده‌شدن فناوری‌های هوشمند و انواع فناوری‌های متفاوت بر پیچیدگی این سیستم می‌افزاید (Salim et al, 2022). بنابراین برقراری ارتباط با این سیستم‌های پیچیده می‌تواند یک چالش اساسی برای زنجیره‌های تأمینی باشد که با استفاده‌از اینترنت‌اشیاء، داده‌ها را دریافت می‌کنند و تحلیل‌های آن‌ها مبتنی‌بر هوش مصنوعی و یادگیری‌های ماشینی است (Pappas et al., 2021).

هوشمندشدن زنجیره تأمین عبارت‌است‌از پذیرش فناوری‌های هوشمند، از جمله هوش مصنوعی، بلاک‌چین، داده‌های بزرگ، محاسبات ابری و اینترنت اشیاء در فعالیت‌های مختلف زنجیره تأمین برای ایجاد یک فرآیند عملیاتی که مشخصه آن تصمیم‌گیری با پشتوانه داده است (Al-Okaily & Al-Okaily, 2025). ادغام فناوری‌های پیشرفته در عملیات‌زنجیره تأمین متعارف منجربه تولید حجم قابل‌توجهی از داده‌ها و اطلاعات می‌شود (Lefranc, 2023). چنین اطلاعاتی می‌تواند برای بهبود ارزش زنجیره تأمین استفاده شود. به‌عنوان‌مثال، فناوری‌های هوشمند ازجمله برچسب‌های هوشمند، قراردادهای هوشمند و ذخیره‌سازی هوشمند امکان ردیابی را در تمام مراحل چرخه عمر یک محصول، از

دستیابی‌به مواد خام تا تحویل محصول نهایی، فراهم می‌کنند (Faguet, 2023). فرایند تبدیل زنجیره تأمین سنتی به هوشمند در شکل ۱ شرح داده شده‌است.



شکل۱: تبدیل زنجیره تأمین سنتی به زنجیره تأمین هوشمند معمولی به زنجیره تأمین هوشمند (Ivanov et al., 2018)

اجزای زنجیره تأمین هوشمند

فناوری‌های صنعت چهارم ممکن است به فناوری‌های فیزیکی و هوشمند تقسیم‌بندی شوند. فناوری‌های فیزیکی عمدتاً به فناوری‌های تولیدی مانند ساخت افزودنی یا حس‌گرها اشاره دارد (He, 2021). فناوری‌های هوشمند نیز عمدتاً به فناوری‌های اطلاعات و ارتباطات مدرن مانند محاسبات ابری، بلاک‌چین، تجزیه‌وتحلیل‌داده‌های بزرگ و شبیه‌سازی اشاره دارند (Bai et al., 2020). در ادامه به معرفی مختصر اجزای زنجیره تأمین هوشمند پرداخته می‌شود.

بلاک‌چین[1]: بلاک‌چین، یک پایگاه‌داده کاملاً توزیع‌شده‌است که بین گره‌های مختلف یک شبکه کامپیوتری به‌اشتراک گذاشته‌می‌شود. بلاک‌چین به‌عنوان یک پایگاه‌داده،

[1] BlockChain

اطلاعات را به‌صورت الکترونیکی، اما در قالب دیجیتالی ذخیره می کند. بلاک‌چین با ایجاد فضای مناسب و کاملاً ایمن، کمک می کند تا خریداران و فروشندگان بدون هیچ واسطه‌ای با یکدیگر در ارتباط باشند (Munir et al., 2022).

اینترنت اشیاء[1]: اینترنت اشیاء، شبکه اطلاعاتی از اشیاء فیزیکی، حس‌گرها، ماشین‌ها، ساختمان‌ها و موارد دیگر است که امکان جمع‌آوری و تبادل داده‌ها و تعامل و همکاری اشیاء را فراهم می کند (Rad et al., 2022). اینترنت اشیاء دربرگیرنده شبکه‌ای هوشمند از اجزای صنعتی است، که با یکدیگر ارتباط برقرار می کنند تاعملکرد فرآیندهای تولیدی و صنعتی را افزایش دهند (Amini Kalibar & Saghafi 2021).

رایانش ابری[2]: رایانش ابری، سیستم ارائه خدمات ذخیره‌سازی آنلاین کلیه برنامه‌ها و داده‌ها در سرور مجازی بدون‌نیازبه نصب می‌باشد (Rad et al., 2022).

داده‌های بزرگ[3]: تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ، جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل حجم زیادی از داده‌های موجود با استفاده‌از یک سری تکنیک‌ها برای فیلتر، ضبط و گزارش است که در آن، داده‌ها در حجم‌های بالاتر، با سرعت‌های بالاتر و با تنوع بیشتر پردازش می‌شوند (Feng et al., 2020).

شبیه‌سازی[4]: شبیه‌سازی، فناوری‌هایی را شامل می‌شود که منعکس‌کننده داده‌های دنیای فیزیکی مانند ماشین‌ها، محصولات و انسان‌ها در دنیای مجازی با هدف ساده‌سازی و مقرون‌به‌صرفه بودن طراحی، ایجاد، آزمایش و عملیات زنده سیستم‌ها است (Hovanec et al., 2023).

واقعیت افزوده[5]: واقعیت افزوده، روش‌های تعاملی است که می‌تواند اشیاء مجازی را برای هم‌زیستی و تعامل در محیط واقعی جاسازی کند (Hovanec et al., 2023).

واقعیت مجازی[6]: واقعیت مجازی، استفاده‌از فناوری رایانه برای ایجاد یک‌دنیای تعاملی است که به کاربر امکان می‌دهد شیء مجازی و کل صحنه مجازی را در زمان واقعی کنترل کند (Hovanec et al., 2023).

---

[1] Internet Of Things (IOT)
[2] Cloud computing
[3] Big data analytics
[4] Simulation
[5] Augmented reality
[6] Virtual reality

ربات‌های خودمختار[1]: ربات‌های خودمختار، ماشین‌آلات و تجهیزاتی است که فرآیندهای عملیاتی را خودکار می‌کنند، همچنین حاوی رباتیک مشارکتی است که به انسان‌ها و ماشین‌ها اجازه می‌دهد در یک محیط یادگیری مشترک کار کنند (Lefranc, 2023).

چاپگرهای سه‌بعدی[2]: چاپگرهای سه‌بعدی، فرآیند اتصال مواد در لایه‌های متوالی برای ساخت اشیاء از داده‌های مدل سه‌بعدی برای گزینه‌های طراحی و دستیابی‌به پتانسیل بزرگ برای سفارشی‌سازی انبوه هستند (Rad et al., 2022).

امنیت سایبری[3]: امنیت سایبری، اقداماتی در جهت جلوگیری از حملات، آسیب و دسترسی غیرمجاز به سیستم‌های متصل‌به اینترنت، از جمله سخت‌افزار، نرم‌افزار و داده است (Öztürk, 2023).

یادگیری ماشین[4]: یادگیری ماشین، به خودآموزی از اطلاعات می‌پردازد و سپس از آن در جهت یادگیری بدون‌نیازبه دخالت انسان استفاده می‌کند (Ghobakhloo, 2020).

سیستم‌های فیزیکی-سایبری[5]: سیستم‌های فیزیکی-سایبری، دسته‌های مدرنی از ماشین‌های هوشمند هستند که از ابزارهای محاسباتی، ارتباطی و کنترل برای پیوند دادن دنیای فیزیکی-سایبری استفاده می‌کنند. آن‌ها نقش مهمی‌در اینترنت صنعتی اشیاء دارند و در عصر صنعت ۴,۰ بسیار مهم هستند (Gao et al., 2022).

شبکه حس‌گر بی‌سیم[6]: شبکه حس‌گر بی‌سیم، به‌طورعمده برای محیط پیرامون، موقعیت‌یابی و تشخیص اشیاء و افراد به‌کار می‌رود (Vass et al., 2021). همچنین برای حفظ دما، رطوبت، فشار، شدت لرزش و تمرکز مواد شیمیایی و سطح آلاینده‌ها کاربرد دارد (Chen & Chen, 2022).

زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودرو سازی

هوش مصنوعی پتانسیل بسیار زیادی برای کاهش مشکلات خودروسازان در سراسر جهان دارد. گزارش‌ها نشان می‌دهد که بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۱۹، تعداد خودروسازانی که آگاهانه از هوش مصنوعی و فناوری‌های مرتبط مانند یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی در تولید و عرضه محصولات جدید مانند خودروهای برقی و خودران استفاده کرده‌اند، از ۲۶ درصد به ۳۹ درصد افزایش یافته‌است (Gandhi et al., 2022).

---

[1] Autonomous Robots
[2] 3D Printer
[3] Cyber Security
[4] Machine learning
[5] Cyber Physical System (CPS)
[6] Wireless Sensor Network (WSN)

توسعه زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودرو اهمیت زیادی دارد چراکه می‌تواند به بهبود عملکرد و کارایی و رفع موانع زنجیره تأمین صنعت خودرو کمک کند. در ادامه به برخی از دلایل ضرورت توجه‌به تولید هوشمند در صنعت خودروسازی کشور پرداخته می‌شود:

۱. با توسعه یک الگوی اجرای زنجیره تأمین هوشمند، می‌توان به بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش هزینه‌ها، و افزایش بهره‌وری دست‌یافت. همچنین می توان نسبت‌به تحولات محیطی به‌سرعت واکنش نشان داد و تطابق با تغییرات فناوری در زمینه خودروسازی که روزبه‌روز درحال‌پیشرفت است را افزایش داد. این امر اهمیت زیادی در یک صنعت پویا و پیچیده مانند خودروسازی دارد.

۲. با اجرای زنجیره تأمین هوشمند، صنعت خودروسازی ایران می‌تواند توان رقابتی خود را در بازارهای جهانی تقویت کند. این توان رقابتی شامل بهبود کیفیت، کاهش هزینه‌ها، و افزایش سرعت و انعطاف‌پذیری است.

۳. زنجیره تأمین هوشمند به همکاری‌های بین‌صنعتی میان انواع شرکت‌ها و تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین کمک می‌کند. این همکاری‌ها می‌توانند باعث بهبود تعاملات و هماهنگی در سراسر صنعت شوند.

۴. زنجیره تأمین هوشمند می‌تواند به مدیریت بهتر موجودی‌ها یاری رساند. این امر می‌تواند به جلوگیری از مشکلات مرتبط‌با موجودی نامناسب یا اضافی کمک کرده و به بهبود عملکرد کل زنجیره تأمین منجر شود.

۵. اجرای زنجیره تأمین هوشمند به شرکت‌های خودروسازی ایران این امکان را می‌دهد که فرآیندهای تولید و توزیع را بهبود بخشند و بهره‌وری را افزایش دهند.

۶. با بهره‌مندی از زنجیره تأمین هوشمند، می‌توان هزینه‌های تولید و مدیریت موجودی را بهینه‌سازی کرد و درنتیجه به کاهش هزینه‌ها و افزایش سودآوری دست یافت.

۷. زنجیره تأمین هوشمند اطلاعات دقیق در مورد مواد و قطعات مورداستفاده را فراهم می‌کند که این امر به تضمین کیفیت محصولات خودروسازی کمک می‌کند و اعتماد مشتریان را افزایش می‌دهد.

۸. زنجیره تأمین هوشمند امکان سرعت در تصمیم‌گیری و پاسخ‌به تغییرات سریع در بازارها و تقاضاها را فراهم می‌کند که در مواجهه با محیط رقابتی پویای داخل و خارج کشور حائز

اهمیت است. اجرای زنجیره تأمین هوشمند به شرکت‌های خودروسازی ایران این امکان را می‌دهد که در بازارهای جهانی با رقبای خارجی رقابت‌پذیری بالاتری داشته باشند.

۹. اجرای زنجیره تأمین هوشمند باعث بهبود همکاری و تعاملات با تأمین‌کنندگان می‌شود. این امر می‌تواند منجربه ارتقاء روابط تجاری و مشارکت مؤثر با شرکت‌های تأمین‌کننده شود.

۱۰. با استفاده‌از زنجیره تأمین هوشمند، می‌توان بهبودهایی در مدیریت پایداری زیست‌محیطی ایجاد کرد و به کاهش اثرات منفی بر محیط‌زیست کمک کرد.

درمجموع، اجرای زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی ایران نه‌تنها به بهبود عملکرد و کارایی صنعت خودرو کمک می‌کند بلکه می‌تواند نقش مهمی در افزایش توان رقابتی این صنعت در سطح جهانی ایفا نماید. بنابراین، لزوم توجه‌به آن احساس می‌شود.

پیشینه تجربی

(Li et al., 2025) در پژوهشی باعنوان «تحول دیجیتال، همکاری زنجیره تأمین و مرزهای نوآوری شرکتی» نشان دادند تحول دیجیتال با افزایش دامنه بین‌حوزه‌ای سبد فناوری شرکت‌ها و تقویت پیوندهای مشارکتی شرکت‌ها با مشتریان و تأمین‌کنندگان کلیدی، مرزهای نوآوری آن‌ها را به‌طور قابل‌توجهی گسترش می‌دهد. این تأثیر دربین شرکت‌های کوچک‌ومتوسط و شرکت‌های فناوری‌محور، برجسته‌تر است. (Shi et al., 2025) در مطالعه‌ای باعنوان «چگونه تحول زنجیره تأمین دیجیتال، عملکرد پایدار شرکت‌ها را افزایش می‌دهد؟»، نتیجه‌گیری کردند تحول دیجیتال با بهبود هوش زنجیره تأمین، کارایی و هماهنگی، عملکرد پایدار شرکت‌های انرژی تجدیدپذیر را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد. (Nguyen et al., 2024) دریافتند یکی‌از چالش‌های اساسی در مسیر دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین، کمبود زیرساخت‌های فناوری پیشرفته است. این محدودیت‌ها، ارتباطات میان اعضای زنجیره تأمین را دشوار کرده و توانایی شرکت‌ها در استفاده‌از فناوری‌های نوین مانند اینترنت اشیاء و هوش مصنوعی را کاهش می‌دهد. (Al Tera et al., 2024) نشان دادند برخی از مدیران و کارکنان نسبت به عملکرد و مزایای فناوری‌های نوین اعتماد کافی ندارند. این بی‌اعتمادی به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند تحلیل داده‌ها، سامانه‌های ابری، و هوش مصنوعی دیده می‌شود. (Liu et al., 2022) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی ریسک زنجیره تأمین هوشمند در تولید هوشمند»، عوامل ریسک را در زنجیره تأمین هوشمند شناسایی و یک سیستم شاخص ارزیابی ریسک را

برای کاهش تلفات احتمالی در تولید هوشمند توسعه دادند. (Wang et al., 2022) در مطالعه «زنجیره تأمین هوشمند، دوقلوی هوشمند» مطرح نمودند که زنجیره تأمین امروزه پیچیده و شکننده است ازاین‌رو مدیران زنجیره تأمین نیازبه ایجاد ارزش زنجیره تأمین هوشمند دارند. (Vass et al., 2021) پژوهشی را با عنوان اینترنت اشیاء در مدیریت زنجیره تأمین، فرصت‌ها و چالش‌ها در حوزه کسب‌وکارهای اینترنت نسل ۴٫۰ انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که بهبود استقرار اینترنت اشیاء، باعث بهبود حرکت کالا، ضبط اطلاعات، ارتباط بین شرکا و هوش تجاری می‌شود. (Govindan et al., 2020) استدلال کردند که فناوری‌های هوشمندی مانند اینترنت اشیاء می‌توانند فرآیندهای تصمیم‌گیری در مورد پویایی بازار، تقاضا و عرضه را از طریق توسعه مدل‌های پیش‌بینی‌کننده که از داده‌های تولیدشده اینترنت اشیاء در زنجیره تأمین استفاده می‌کنند، بهبود بخشد.

(Monshizadeh et al., 2023) در مقاله‌ای باعنوان «توسعه یک مدل آمادگی صنعت ۴٫۰ با استفاده‌از رویکرد نقشه‌های شناختی فازی» نشان دادندکه چهارمین انقلاب صنعتی، پارادایم جدیدی در هوشمند شدن تولید است که فرصت‌های مختلفی را برای شرکت‌ها فراهم می‌کند. (Esmailipour-Masouleh et al., 2022) در پژوهش «شناسایی ابزارهای تأمین مالی نظام تولید خودرو مبتنی‌بر تحلیل زنجیره ارزش صنعت»، دریافتند تنها راه تنوع‌بخشی به تأمین مالی این صنعت، استفاده‌از تأمین مالی زنجیره‌ای با اتّکاء به ابزارهای بازار سرمایه، نظام بانکی و استفاده‌از پلتفرم‌های جدید تأمین مالی مانند تأسیس صندوق‌های تخصصی در بازار سرمایه، انتشار اوراق متناسب با نیازهای صنعت و تأمین مالی طرف خریدار است. (Aslani Liaei et al., 2021) توانمندی‌های چندگانه زنجیره تأمین پایدار بر پایه هوش مصنوعی شامل توانمندی رقابت‌پذیری، عملیاتی، فناوری وتاب‌آوری را ارزیابی کردند. (Minaee et al., 2020) در مطالعه «چگونه ویژگی‌های صنعت بر فرارسی فناورانه بنگاه دیرآمده تأثیر می‌گذارد؟ موردکاوی یک بنگاه خودروسازی ایرانی» عناصر جدیدی را به‌عنوان رژیم‌های فناورانه و بازار صنعت خودرو به ادبیات حوزه فرارسی معرفی کردند. این عناصر عبارت‌انداز: انتقال فناوری، تنوع حوزه‌های فناورانه، دانش ضمنی، پیوندهای پیشین، صرفه مقیاس، زنجیره تأمین بومی، نگاه سرمایه‌ای به کالای مصرفی، بازار انحصاری چندجانبه و بازار همگن. (Nozari et al., 2022) به ارزیابی ریسک‌های سایبری در زنجیره تأمین مبتنی‌بر اینترنت اشیاء پرداختند.

در این پژوهش بیان گردید که اینترنت اشیاء یک الگوی نسبتاً جدید است و با استفاده‌از این فناوری، تمام بخش‌های اصلی زنجیره تأمین از جمله تأمین، تولید، توزیع و فروش می‌تواند تحت‌تأثیر قرار گیرد و دارای مزایای فراوانی در سایر بخش‌ها است.

بررسی نقادانه پیشینه پژوهش نشان می‌دهد ضمن محدود بودن تعداد تحقیقات، مطالعات انجام شده در یک قلمرو جغرافیایی خاص به بررسی ابعاد محدودی پرداخته‌اند. علاوه‌براین، تاکنون الگویی جامع و کاربردی برای پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودرو ارائه نشده‌است و محققان در پژوهش‌های خود صرفاً به شناسایی و تحلیل چند عامل مؤثر اکتفا نموده‌اند. بنابراین لزوم نگاهی دقیق‌تر به تولید هوشمند و الزامات پیاده‌سازی آن احساس می‌شود که نوآوری پژوهش حاضر یافتن عوامل هوشمندسازی و ترکیب صحیح آن‌ها و درنهایت دستیابی‌به الگویی جامع در صنعت خودروسازی، می‌باشد.

روش

پژوهش حاضر ازحیث مبانی فلسفی، از پارادایم تفسیری پیروی می‌کند و دارای رویکرد استقرایی است. همچنین پژوهش از نظر جهت‌گیری، کاربردی و توسعه‌ای و از نظر روش‌شناسی، کیفی است که با استفاده از راهبرد پیمایش با هدف توصیف و تبیین انجام شده‌است. جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون[1] و بهره‌گیری از نرم‌افزار MAXQDA استفاده شده‌است. تحلیل مضمون، روشی برای شناخت، تحلیل و گزارش الگوهای موجود در داده‌های کیفی است. این روش، فرآیندی برای تحلیل داده‌های متنی است و داده‌های پراکنده و متنوع را به داده‌هایی غنی و تفصیلی تبدیل می‌کند (Clarke & Braun, 2013).

جامعه آماری این پژوهش از متخصصان و خبرگان صنعت خودروسازی کشور تشکیل شده‌است. در این پژوهش، نمونه‌برداری از جامعه آماری به‌صورت هدف‌مند انجام شده‌است. به‌این‌ترتیب، با مراجعه‌به فعالان صنعت خودروسازی که با مفاهیم هوشمندسازی آشنایی داشته و یا تجربه استفاده‌از فناوری‌های هوشمند را دارا بودند، داده‌ها به روش مصاحبه با هدایت کلیات و به‌صورت نیمه‌ساختاریافته گردآوری شد و در زمان انجام مصاحبه‌ها سعی گردید با استفاده‌از نظر مصاحبه‌شوندگان، افراد دیگری به لیست مصاحبه‌ها اضافه شوند تا بر غنای کار افزوده گردد و به‌این‌منظور فرآیند مصاحبه‌ها تاجایی ادامه یافت که مقوله‌ها تکراری شد و مفهوم جدیدی در مصاحبه‌ها استخراج نشد، بنابراین معیار کفایت نظری داده‌ها برآورده‌گردید که در مجموع ۱۳ منبع (مصاحبه‌شونده) از

[1] Thematic Analysis

فعالان صنعت خودروسازی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند که مشخصات جمعیت‌شناختی آن‌ها مطابق جدول ۱ می‌باشد.

جدول ۱: ویژگی‌های جمعیت شناختی مصاحبه شوندگان

ویژگی‌های جمعیت‌شناختی	گروه‌ها	فراوانی
جنسیت	آقا	۸
	خانم	۴
تحصیلات	لیسانس	۱
	فوق‌لیسانس	۶
	دکتری	۵
تجربیات	۱۰-۱۵ سال	۱
	۱۵-۲۰ سال	۳
	۲۰-۲۵ سال	۵
	۲۵-۳۰ سال	۳

برای تعیین پایایی پژوهش از روش توافق بین دو کدگذار استفاده‌شد. بدین‌صورت‌که علاوه‌بر محققی که کدگذاری اولیه را انجام داد، محقق دیگری نیز به‌صورت جداگانه به کدگذاری یافته‌ها پرداخت. نزدیک بودن این دو کدگذاری، توافق را نشان می‌دهد و نشان‌دهنده پایایی است. به‌منظور محاسبه میزان توافق از ضریب کاپا در نرم‌افزار SPSS استفاده شد که مقدار آن ۰٫۸۵ به‌دست آمد که نشان‌دهنده پایایی قابل قبولی است. همچنین برای اطمینان از روایی پژوهش، از استراتژی حساسیت پژوهش‌گر به‌عنوان یکی‌از استراتژی‌های ممیزی پژوهش کیفی که به‌منظور تضمین تدریجی روایی و پایایی و در نتیجه دقت علمی‌پژوهش در طی فرآیند پژوهش به کار می‌روند، استفاده‌شد. بدین‌معناکه همه مراحل پژوهش اعم‌از مرور ادبیات موجود، طراحی سؤالات و اهداف پژوهش، انتخاب روش‌های مورداستفاده، طراحی سؤالات مصاحبه، چگونگی اجرای مصاحبه، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، مقایسه مقوله‌های حاصل‌از مصاحبه و ادبیات موضوع، شناسایی مؤلفه‌های الگو و درنهایت طراحی الگو بادقت و کنترل مستمر انجام شد، سپس یافته‌ها در

اختیار سه نفر از خبرگان دانشگاهی و سه نفر از خبرگان صنعت خودروسازی قرار گرفت و به تأیید ایشان رسید.

یافته‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها مطابق الگوی براون و کلارک[1](۲۰۰۶) به‌شرح زیر انجام شد:

آشناشدن با متن: بعدازاین‌که مصاحبه‌ها با خبرگان صنعت خودروسازی کشور انجام و به نوشتار تبدیل شد، موردبررسی قرار گرفت و مجدداً خوانده شد تا آشنایی با داده‌ها حاصل گردد. آشنایی با داده‌ها از طریق مطالعه و نگارش عبارت‌های به‌دست‌آمده از مصاحبه‌ها حاصل شد. ایجاد کدهای اولیه و کدگذاری: پس از تحلیل خط‌به‌خط مصاحبه‌ها فرآیند کدگذاری در محیط نرم‌افزار MAXQDA انجام شد.

جست‌وجو و شناخت مضامین: شبکه مضامین، مضامین را بر اساس فرآیندی مشخص در قالب مضامین پایه (کدها و نکات کلیدی متن)، مضامین سازمان‌دهنده (مضامین حاصل‌از ترکیب و تلخیص مضامین پایه) و مضامین فراگیر (مضامین عالی دربرگیرنده اصول حاکم بر متن به‌عنوان یک کل) نظام‌مند می‌کند. بنابراین، مضامین براساس جایگاه آن‌ها در شبکه مضامین به مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر دسته‌بندی شدند. پس از دستیابی به مضامین پایه، مضامین سازمان‌دهنده و فراگیر باتوجه‌به مضامین پایه انتزاع شده‌اند. یعنی سعی شد تا با سازماندهی مجدد مضامین پایه، مضامین انتزاعی‌تری حاصل شود تا به مضامین فراگیرتر و مرکزی‌تری دست‌یافته شود. در راستای پاسخ به سؤالات پژوهش، ۱۳۹ مضمون پایه، ۳۸ مضمون سازمان دهنده و ۶ مضمون فراگیر استخراج شد که در جدول شماره ۲ ارائه شده‌اند.

[1] Braun & Clarke

جدول ۲: مضامین زنجیره تأمین هوشمند

مضامین پایه	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین فراگیر
تمرکززدایی معماری، دفتر مشترک توزیع‌شده، رمزگذاری و بهبود اطلاعات، پایگاه‌داده کاملاً توزیع‌شده، ذخیره هوشمندی اطلاعات، برقراری ارتباط خریداران و فروشندگان بدون هیچ واسطه، ذخیره و به‌اشتراک‌گذاری تمام وقایع هوشمند، اندازه‌گیری معتبر و مؤثر نتایج، ردیابی محموله‌ها، افزایش قابلیت اطمینان زنجیره تأمین، امنیت سایبری، پلتفرم غیرمتمرکز همتاباهمتا، حذف فرآیندهای کاغذی و انسان‌محور، تراکنش خودکار	بلاک‌چین	جریان اصلی تولید هوشمند
شبکه اطلاعاتی از اشیاء فیزیکی و حس‌گرها و ماشین‌ها و ساختمان‌ها، تعامل و همکاری اشیاء، شبکه هوشمند از اجزای صنعتی، شبکه‌ای از نرم‌افزار و سخت‌افزار و پایگاه‌های اطلاعاتی و اشیاء مجازی و فیزیکی، ارتباطات رسانه‌ای، اتصال همه اشیاء به اینترنت، تعامل با کاربران از طریق شبکه	اینترنت اشیاء	
ذخیره‌سازی آنلاین کلیه برنامه‌ها و داده‌ها در سرور مجازی، امکان ذخیره‌سازی و دسترسی به برنامه‌های نرم‌افزاری موردنیاز از راه دور	رایانش ابری	
تولید ماشین‌های هوشمند برای انجام وظایف هوش انسانی، ساخت ماشینی برای تقلید و شبیه‌سازی هوش انسانی، بررسی خودکار وقایع عادی	هوش مصنوعی	

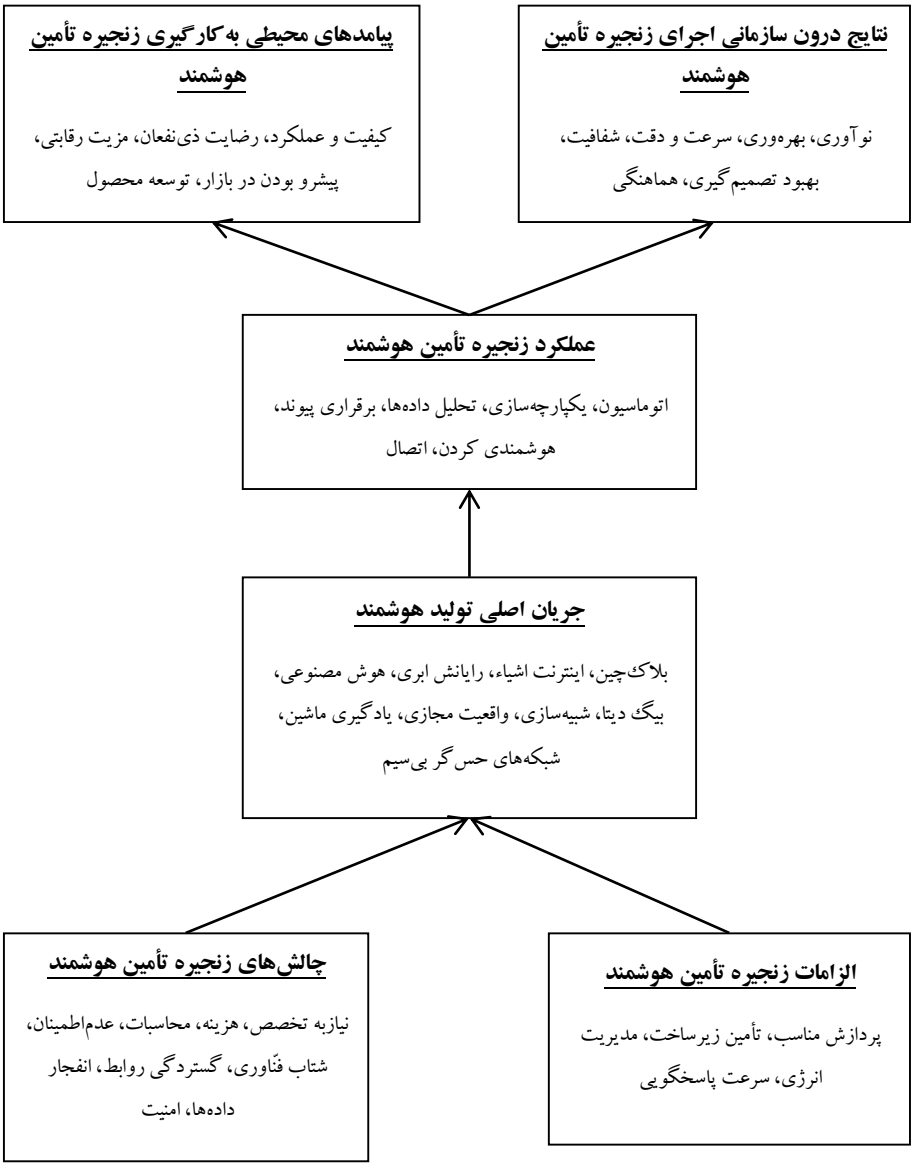
مضامین پایه	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین فراگیر
تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ، تجزیه‌وتحلیل حجم زیادی از داده‌های موجود، پردازش داده‌ها در حجم بالاتر با سرعت و تنوع بیشتر	بیگ دیتا	
انعکاس داده‌های فیزیکی مانند ماشین‌ها و محصولات و انسان‌ها در دنیای مجازی، واقعیت افزوده، هم‌زیستی و تعامل اشیاء مجازی در محیط واقعی	شبیه‌سازی	
استفاده‌از فناوری رایانه برای ایجاد یک‌دنیای تعاملی، کنترل شیء مجازی در زمان واقعی، ربات‌های خودمختار، ماشین‌آلات و تجهیزاتی که فرآیندهای عملیاتی را خودکار می‌کنند، رباتیک مشارکتی	واقعیت مجازی	
خودآموزی از اطلاعات، یادگیری بدون نیاز به دخالت انسان	یادگیری ماشین	
موقعیت‌یابی و تشخیص اشیاء و افراد، حس‌گر محیطی، حفظ دما و رطوبت و فشار و شدت لرزش و تمرکز مواد شیمیایی و سطح آلاینده‌ها	شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم	
استقرار صحیح پردازش اطلاعات، مدیریت محاسبات، نظارت‌بر عملکرد صحیح محاسباتی	پردازش مناسب	الزامات زنجیره تأمین هوشمند
ایجاد زیرساخت‌های باقدرت و توان رقابتی بالا، نیازبه پلتفرم‌های نرم‌افزاری دارای قابلیت بالا، تجهیز لوازم و دستگاه‌ها به حس‌گرها و قطعات سخت‌افزاری، تأمین نیروی انسانی ماهر	تأمین زیرساخت	

مضامین پایه	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین فراگیر
مدیریت مصرف، صرفه‌جویی در استفاده‌از منابع	مدیریت انرژی	
چابکی، اتصال، یکپارچگی، هوشمندی	سرعت پاسخ‌گویی	
عدم‌وجود دانش و مهارت، فقدان نیروی زبده، نقص سیستم آموزشی	نیازبه تخصص	چالش‌های زنجیره تأمین
هزینه بالای تجهیزات، هزینه سرمایه‌گذاری، هزینه نیروی کار	هزینه	
افزایش تعداد فعالیت‌های محاسباتی، حجم محاسباتی بالا، چالش‌های تحلیلی	محاسبات	
عدم‌اطمینان نسبت‌به تقاضا و زمان تحویل، عدم‌اطمینان محیطی، تغییر و تحولات گسترده	عدم‌اطمینان	
افزوده‌شدن فناوری‌های هوشمند، انواع فناوری‌های متفاوت، پیچیدگی سیستم‌ها	شتاب فناوری	
برقراری ارتباط‌با سیستم‌های پیچیده، روابط متقابل و متنوع، روابط غیرقابل‌پیش‌بینی بین زیرسیستم‌ها، برقراری ارتباط مؤثر با مشتریان	گستردگی روابط	
جریان عظیم تولید داده، تشکیل پایگاه‌داده‌های مختلف، جریان ضعیف اطلاعات	انفجار داده‌ها	
امنیت سایبری، حریم خصوصی، عدم اعتماد	امنیت	
فرآیندهای خودکار، عدم‌دخالت انسان	اتوماسیون	عملکرد زنجیره تأمین هوشمند
رمزگذاری سرتاسر، ادغام و یکپارچه سیستم‌های فیزیکی و مجازی، یکپارچگی و هماهنگی فرآیندها	یکپارچه‌سازی	

مضامین پایه	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین فراگیر
به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها، شفافیت داده‌ها، جمع‌آوری و تحلیل داده‌های بسیار زیاد از حس‌گرها و دستگاه‌های مختلف، بهبود پردازش اطلاعات، جریان روان اطلاعات	تحلیل داده‌ها	
پیوند داخلی (عمودی و افقی)، پیوند خارجی (ذی‌نفعان شامل تأمین‌کنندگان و مشتریان)، پیوند زیرسیستم‌ها، روابط متقابل و متنوع	برقراری پیوند	
دستیابی‌به کارخانه هوشمندی و هوشمند و پایدار، تدارک هوشمند، تولید هوشمند، فروش هوشمند، لجستیک هوشمند	هوشمندی کردن	
ارتباط و اتصال محصولات و ماشین‌ها و افراد با محیط، ترکیب تولید و فناوری اطلاعات و اینترنت، ادغام دنیای فیزیکی و مجازی	اتصال	
افزایش خلاقیت، مشارکت، بروز ایده‌های جدید	نوآوری	نتایج درون‌سازمانی اجرای زنجیره تأمین هوشمند
صرفه‌جویی، بازدهی بیشتر، بهبود کارایی، افزایش بهره‌وری	بهره‌وری	
ارتقاء زمان فراوری و انجام کار، افزایش سرعت تولید، افزایش توان تولید	سرعت و دقت	
افزایش درجه اشتراک اطلاعات، شفافیت داده کل زنجیره تأمین	شفافیت	
تصمیمات بهتر و به‌هنگام، سرعت در تصمیم‌گیری، تفویض اختیار، عدم تمرکز	بهبود تصمیم‌گیری	
هماهنگی منابع، هماهنگی قابلیت‌ها و اهداف سازمان، دورکاری	هماهنگی	

مضامین پایه	مضامین سازمان‌دهنده	مضامین فراگیر
کاهی خطاها، بهینه‌سازی فرآیندها، توان بالای تولید، استفاده‌از تمام ظرفیت	کیفیت و عملکرد	پیامدهای محیطی به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند
مشارکت بیشتر مصرف‌کننده، سفارشی‌سازی انبوه، ایجاد ارزش‌افزوده برای مشتریان و تأمین‌کنندگان، پاسخ‌گویی تجاری، برآورده‌کردن خواسته‌های مشتری، رضایت مصرف‌کننده	رضایت ذی‌نفعان	
رقابت‌پذیری بالا، افزایش توان رقابتی، جهانی‌سازی، انعطاف‌پذیری	مزیت رقابتی	
حفاظت‌از برند، افزایش سهم بازار، ایجاد درآمد بیشتر، کاهش هزینه‌ها	پیشرو بودن در بازار	
افزایش چرخه عمر محصول، توسعه محصولات و خدمات جدید	توسعه محصول	

ترسیم شبکه مضامین: براساس مضامین استخراج شده، الگوی پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی را می‌توان مطابق شکل ۲ ترسیم نمود.



شکل ۲: الگوی پیاده سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی

تحلیل شبکه مضامین: اجزای شبکه مضامین ترسیم شده در بخش قبل (شکل ۲) به‌شرح‌زیر تعریف می‌شود:

۱. چالش‌های زنجیره تأمین: موانع و مشکلات عمومی‌که اجرای زنجیره تأمین را با چالش مواجه می‌کند.

۲. الزامات زنجیره تأمین هوشمند: اقداماتی که برای پیاده سازی زنجیره تأمین هوشمند لازم و ضروری هستند.

۳. جریان اصلی تولید هوشمند: اجزای مختلف زنجیره تأمین هوشمند که قابلیت به‌کارگیری در صنعت خودروسازی را دارا هستند.

۴. عملکرد زنجیره تأمین هوشمند: شیوهٔ کارکرد اجزای زنجیره تأمین هوشمند جهت به‌دست‌آوردن خروجی بهینه.

۵. پیامدهای محیطی به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند: تأثیرگذاری زنجیره تأمین هوشمند بر محیط خارجی سازمان که پیامدهای مختلفی به‌دنبال دارد.

۶. نتایج درون سازمانی اجرای زنجیره تأمین هوشمند: نتایج حاصل از به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند در داخل سازمان.

بحث و نتیجه‌گیری

در راستای دستیابی‌به هدف این پژوهش یعنی طراحی الگوی پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی، مضامین بر اساس جایگاه آن‌ها در شبکه به مضامین پایه، سازمان‌دهنده و فراگیر دسته‌بندی شدند. ۶ دسته مضامین فراگیر شامل جریان اصلی تولید هوشمند، الزامات زنجیره تأمین هوشمند، چالش‌های زنجیره تأمین، عملکرد زنجیره تأمین هوشمند، نتایج درون‌سازمانی اجرای زنجیره تأمین هوشمند و پیامدهای محیطی به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند هستند که در یک شبکه ارتباطی قرار گرفتند.

چالش‌های زنجیره تأمین، موانع و مشکلات عمومی هستند که اجرای زنجیره تأمین سنتی را با چالش مواجه می‌کند و لزوم هوشمندسازی آن را بیش‌ازپیش نشان می‌دهد. این چالش‌ها شامل نیازبه تخصص، هزینه، محاسبات، عدم‌اطمینان، شتاب فناوری، گستردگی روابط، انفجار داده‌ها و امنیت است که با نتایج پژوهش‌های (Roque Júnior et al., 2023) و (Mohanta et al., 2021) هم‌سویی دارد. نیازبه زنجیره‌های تأمین کارآمد و پایدار که در تصمیم‌گیری‌های روزمره مفید واقع شود، بیش‌ازگذشته احساس می‌شود و یکی‌از صنایعی که به‌شدت تحت‌تأثیر فناوری‌های پیشرفته قرار گرفته‌است، صنعت خودروسازی است.

جهت پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند، شرکت‌های خودروسازی باید به تأمین الزامات آن بپردازند. این الزامات شامل پردازش مناسب، تأمین زیرساخت، مدیریت انرژی و سرعت پاسخگویی است که با نتایج تحقیقات (Vass et al., 2021) و (He, 2021) هم‌راستایی دارد. رکن اصلی پیاده‌سازی یک زنجیره تأمین هوشمند تجهیز لوازم و دستگاه‌ها به حس‌گرها و قطعات سخت‌افزاری که داده‌ها را به پلتفرم اینترنت اشیاء مخابره

می‌نمایند، همچنین تأمین ابزارهایی که توان محاسباتی بالایی دارند، می باشد. ابزارهای تحلیلی قدرت‌مند همواره به زیرساخت‌های قوی و همین‌طور هزینه کلان نیاز دارند.

اجزای جریان اصلی تولید هوشمند شامل بلاک‌چین، اینترنت اشیاء، رایانش ابری، هوش مصنوعی، بیگ دیتا، شبیه‌سازی، واقعیت مجازی، یادگیری ماشین و شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم می‌شود که با نتایج پژوهش‌های (Li et al., 2023) و (Nahr et al., 2021) و (Büchi et al., 2020) مطابقت دارد. تولید هوشمند یک پارادایم تولیدی پیشرفته است که فناوری‌های جدیدی مانند اینترنت اشیاء، ارتباط ماشین‌باماشین، شبکه‌های حس‌گر بی‌سیم، فناوری‌های خودکارسازی و همچنین کلان‌داده‌ها را با فرآیندهای تولیدی ادغام می‌کند.

شیوه عملکرد زنجیره تأمین هوشمند با مکانیزم‌های اتوماسیون، یکپارچه‌سازی، تحلیل داده‌ها، برقراری پیوند، دیجیتالی کردن، و اتصال انجام می‌شود که با نتایج مطالعات (Rasool et al., 2023) و (Büchi et al., 2020) هم‌خوانی دارد. هدف تولید هوشمند ایجاد راه‌های جدید جهت ایجاد ارزش افزوده برای مشتریان وتأمین‌کنندگان و ایجاد درآمد بیشتر ازطریق یکپارچه‌سازی و هماهنگی فرآیندها است (Rasool et al., 2023) این اتوماسیون صنعتی بر رمزگذاری سرتاسر، به‌اشتراک‌گذاری داده‌ها، شفافیت داده‌ها و ادغام یکپارچه سیستم‌های فیزیکی و مجازی در کل عملیات تولید تأکید می‌کند.

اجرای زنجیره تأمین هوشمند در صنعت خودروسازی نتایج درون سازمانی و پیامدهای محیطی به‌همراه خواهد داشت. ازجمله نتایج درون سازمانی اجرای زنجیره تأمین هوشمند، نوآوری، بهره‌وری، سرعت و دقت، شفافیت، بهبود تصمیم‌گیری و هماهنگی می‌باشد که با نتیجه پژوهش (Bag & Pretorius, 2020) هم‌راستایی دارد. صنعت ۴,۰ می‌تواند با پشتیبانی‌از چندین کارکرد کلیدی مانند لجستیک وعملیات، بهره‌وری سازمان را افزایش دهد. پیامدهای محیطی به‌کارگیری زنجیره تأمین هوشمند، کیفیت و عملکرد، رضایت ذی‌نفعان، مزیت رقابتی، پیشرو بودن در بازار و توسعه محصول است که با نتایج پژوهش‌های (Attaran, 2023) و (Kumar & Mukherjee, 2021) هم‌سویی دارد. زنجیره تأمین هوشمند می‌تواند منجربه تسریع کارایی در نوآوری، ایجاد خدمات و محصولات جدید و گسترش سهم بازار شرکت‌ها شود که منجربه موقعیت غالب در بازار و عملکرد برتر می‌شود(Attaran, 2023).

پیشنهاد می‌شود شرکت‌های خودروسازی جهت پیاده‌سازی زنجیره تأمین هوشمند الگوی اجرایی منتج‌از این پژوهش را مدنظر قرار دهند. تلاش شود با درک اقتضائات محیط رقابتی فعلی و به دور از اصرار و پافشاری بر روش‌های سنتی، جهت باقی ماندن در صحنه رقابت از تغییر و تحولاتی که در نتیجه پیشرفت فناوری شکل گرفته‌استقبال نمایند و زمینه بهره‌گیری‌از تولید هوشمند را در شرکت خود فراهم کنند. بهره‌گیری‌از همکاری مشترک به‌ویژه در فناوری‌های پیشرفته در صنعت خودرو می‌تواند سبب ایجاد مزیت رقابتی و رفع موانع تولید و ارتقاء توان‌مندی دانش فنی شود. همچنین توسعه فناوری نیازمند هماهنگی بین کنش‌گران اصلی در فرآیند توسعه فناوری می‌باشد تا علاوه‌بر ایجاد زیرساخت، آموزش و کاربرد، شرایط خدمات پس‌ازفروش را در سراسر زنجیره تأمین فراهم نماید. پیش‌از ورودبه هوشمندسازی، نسبت‌به برنامه‌ریزی برای تأمین الزامات آن اقدام گردد. طبیعی است که استفاده‌از فناوری‌های پیشرفته سرمایه‌گذاری‌های سنگینی لازم دارد و در خصوص شیوه‌های تأمین مالی باید تصمیم‌گیری شود اما درعین‌حال عواید بلندمدت آن نصیب شرکت خواهد شد. همچنین از ظرفیت‌های مختلف زنجیره تأمین هوشمند در عملیات تولیدی خود استفاده نموده و در کنار آن شرایط لازم مانند تأمین نیروی متخصص و آموزش نیروی کار فراهم شود.

از محدودیت‌های پژوهش حاضر می توان به فراگیر نبودن استفاده‌از فنّاوری‌های هوشمند در صنعت خودروسازی که جمع‌آوری داده را دشوار می‌کرد، استفاده‌از روش کیفی جهت تحلیل داده‌ها و عدم اولویت‌بندی عوامل شناسایی‌شده، اشاره نمود. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی به شناسایی زیرساخت‌های لازم جهت هوشمندسازی زنجیره‌تأمین، بررسی ملاحظات اخلاقی در استفاده‌از فنّاوری‌های هوشمند و اولویت‌بندی عوامل مختلف تأثیرگذار بر هوشمندسازی زنجیره‌تأمین پرداخته شود..

تعارض منافع

تعارض منافع وجود ندارد.

سپاسگزاری

از کلیه مدیران و صنعت‌گرانی که با صرف وقت و دقت و صبوری در این پژوهش مشارکت نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع:

Abu-salim, T., El Barachi, M., Mohamed, A., Halstead, S., & Babreak, N. (2022). The mediator and moderator roles of perceived cost on the relationship between organizational readiness and the intention to adopt blockchain technology. Technology in Society, 71, 102108. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102108. 20

Al Tera, A., Alzubi, A. & Iyiola, K. (2024). Supply chain digitalization and performance: A moderated mediation of supply chain visibility and supply chain survivability. Heliyon, 10(4). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25584

Al-Okaily, M., & Al-Okaily, A. (2025), Financial data modeling: an analysis of factors influencing big data analytics-driven financial decision quality, Journal of Modelling in Management, 20(2), 301-321. https://doi.org/10.1108/JM2-08-2023-0183

Amini Kalibar, N. & Saghafi, F. (2021). Identifying and Prioritizing Applications of Internet of Things in the Supply Chain of Distribution and Sale of Health Care Products in Iran. In ITNG 2021 18th International Conference on Information Technology-New Generations, Springer, Cham, 147-153. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70416-2_19

Aslani Liaei, V., Abedi, S., Irajpour, A., & Ehtesham Rathi, R. (2021). Designing a Model for Evaluation of Sustainable Supply Chain Multi Capabilities Based on Artificial Intelligence. Journal of Industrial Management Perspective, 11(3), 107-129. [In Persian] https://doi.org/10.52547/jimp.11.3.107

Attaran, M. (2023). The impact of 5G on the evolution of intelligent automation and industry digitization. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 14(5), 5977-5993. https://doi.org/10.1007 /S12652-020-02521-X

Bag, S., & Pretorius, J. H. C. (2020). Relationships between industry 4.0,sustainable manufacturing and circular economy: proposal of a research framework. International Journal of Organizational Analysis, 30(4), 864-898. https://doi.org/10.1108/IJOA-04-2020-2120

Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: Asustainability perspective. International journal of production economics, 229, 107776. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776

Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: how I defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes e a literature review. Journal of Cleaner Production, 259. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. Qualitative Research in Psychology, 3(2), 77–101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. Technological Forecasting and Social Change, 150, 119790. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790

Chen, Y. & Chen, G. (2022). Optimization of the Intelligent Asset Management System Basedon WSN and RFID Technology. Ed. Chih-Cheng Chen. Journal of Sensors, 11 https://doi.org/10.1155/2022/3436530.

Clarke, V. & Braun, V. (2013), Teaching thematic analysis: Overcoming challenges and developing strategies for effective learning. The Psychologist, 26(2), 120-123.

de Vass, T., Shee, H., & Miah, S. (2021). IoT in Supply Chain Management: Opportunities and Challenges for Businesses in Early Industry 4.0 Context. Operations and Supply Chain Management: An International Journal, 14(2), 148-161. http://doi.org/10.31387/oscm0450293

Esmailipour-Masouleh, E., Aboujafari, R., & Afshari-Mofrad, M. (2022). Financing Tools of Automotive Production System Based on Value Chain Analysis of Automotive Industry. Journal of Science and Technology Policy, 15(1), 1-22. [In Persian] https://doi.org/10.22034/jstp.2022.13922

Faguet, J. (2023). Decentralization and governance. Hikama, 7(4), 187-218. https://doi.org/10.31430/RPAR6402

Feng, H., Wang, X., Duan, Y., Zhang, J., and Zhang, X. (2020). Applying Blockchain Technology to Improve Agri-Food Traceability: A Review of Development Methods, Benefits and Challenges. Journal of Cleaner Production, 260, 121031. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121031.

Gao, Y., Tian, F., Li, J., Fang, Z., Alrubaye, S., & Song, W., & Yan, Y. (2022). Joint Optimization of Depth and Ego-Motion for Intelligent Autonomous Vehicles. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 1-14. https://doi.org/10.1109/TITS.2022.3159275. 32

Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. Journal of Cleaner Production, 252. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869

Govindan, K., Rajeev, A., Padhi, S., & Pati, R. (2020). Supply chain sustainability and performance of firms: A meta-analysis of the literature. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 137. 101923. https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.101923

Gupta, S., Amaba, B.A., McMahon, M., & Gupta, K. (2021). The Evolution of Artificial Intelligence in the Automotive Industry. 2021 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS), 1-7. https://doi.org/10.1109/RAMS48097.2021.9605795

He, W. (2021). IoT System for Intelligent Firefighting in the Electric Power Industry. Journal of Shanghai Jiaotong University (Science), 26(5), 686-689. https://doi.org/10.1007/s12204-021-2358-5

Hovanec, M., Korba, P., Vencel, M., & Al-Rabeei, S. (2023). Simulating a Digital Factory and Improving Production Efficiency by Using Virtual Reality Technology. Applied Sciences. 13, 5118. https://doi.org/10.3390/app13085118

Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. International Journal of Production Research, 57(3), 829–846. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086

Kumar, S., & Mukherjee, S. (2021). Monitoring Food Quality in Supply Chain Logistics. In Research in Intelligent and Computing in Engineering, First edition, Singapore, Publications Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7527-3_73

Lefranc, G. (2023). Trends in Robotics Management and Business Automation. IEEE Technol. Eng. Manag. Soc. Body Knowl. (TEMSBOK), 265-288. https://doi.org/10.1002/9781119987635.ch16

Li, C., Zheng, P., Yin, Y., Wang, B. & Wang, L. (2023). Deep reinforcement learning in smart manufacturing: A review and prospects. CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 40, 75-101. https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.11.003

Li, X., Zhou, T., & Cao, S.H. (2025). Digital transformation, supply chain collaboration, and corporate innovation boundaries. International Review of Economics & Finance, 104, 10428. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104628

Liu, C., Ji, H., & Wei, J. (2022). Smart supply chain risk assessment in intelligent manufacturing. Journal of computer information systems, 62(3), 609-621. https://doi.org/10.1080/08874417.2021.1872045

Madhup, K., Gandhi, C. C., & Kaushik Ghosh. (2022). To study the challenges faced in application of artificial intelligence in automobile industry. AIP Conf. Proc, 2519 (1), 030013. https://doi.org/10.1063/5.0111115

Minaee, M., Elahi, S., Majidpour, M., & Manteghi, M. (2020). How Industry's Characteristics Affect the Technological Catch-up by a Latecomer Firm? Case Study of an Iranian Automobile Firm.

Journal of Science and Technology Policy, 13(3), 47-66. https://doi.org/10.22034/jstp.2020.12.3.1259

Mohanta, B. K., Satapathy, U., & Jena, D. (2021). Addressing Security and Computation Challenges in IoT Using Machin Learning. In Advances in DistributedComputing and Machine Learning, 74-67. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4218-3-7

Monshizadeh, F., Sadeghi Moghadam, M. R., Mansouri, T., & Kumar, M. (2023). Developing an industry 4.0 readiness model using fuzzy cognitive mapsapproach. International Journal of Production Economics, 255, 108658. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108658

Munir, M., Habib, S., Hussain, A., Shahbaz, M., Qamar, A., Masood, T., Sultan, M., Abbas, M. M., Imran, S, Hasan, M., Akhtar, M., Ayub, H. M. U., & Salman, C. A. (2022). Blockchain Adoption for Sustainable Supply Chain Management: Economic, Environmental, and Social Perspectives Citation. Frontiers in Energy Research, 10, 899632. https://doi.org/10.3389/fenrg.2022.899632. 27

Nahr, J. G., Nozari, H., & Sadeghi, M. E. (2021). Green supply chain based on artificial intelligence of thing (AioT). International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences, 1(2), 56-63. https://doi.org/10.52547/ijimes.

Nguyen, T., Akbari, M. & Nguyen, K. (2024). Unlocking the potential of Vietnamese supply chain with digitalization: a bibliometric analysis and systematic literature review. Operations and Supply Chain Management: An International Journal, 17(1), 123-141. http://doi.org/10.31387/oscm0560418

Nozari, H., Ghahremani-Nahr, J., Fallah, M., & Szmelter-Jarosz, A. (2022). Assessment of cyber risks in an IoT-based supply chain using a fuzzy decision-making method. International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences, 2, 52-64. https://doi.org/10.52547/ijimes

Öztürk, Ö. (2023). Analysis of industry 4.0 technologies' adoption using interpretive structural modelling: empirical findings from manufacturing sector in Turkey Master's thesis, Middle East Technical University, 81. https://hdl.handle.net/11511/102145

Pappas, N., Caputo, A., Pellegrini, M. M., Marzi, G., & Michopoulou, E. (2021). The complexity of decision-making processes and IoT adoption in accommodation SMEs. Journal of Business Research, 131, 573-583. https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.01.010

Park, A., & Li, H. (2021). The effect of blockchain technology on supply chain sustainability performances, Sustainability,13(4), 1726. https://doi.org/10.3390/su13041726

Rad, F. F., Oghazi, P., Palmié, M., Chirumalla, K., Pashkevich, N., Patel, P. C., & Sattari, S. (2022). Industry 4.0 and supply chain

performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies. Industrial Marketing Management, 105, 268-293. https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.009

Rasool, F., Greco, M., & Grimaldi, M. (2023). Digital supply chain performance metrics: a literature review. Measuring Business Excellence, 26(1), 23-38. https://doi.org/10.1108/MBE-11-2020-0147

Roque Júnior, L.C., Frederico, G.F. & Costa, M.L.N. (2023). Maturity and resilience in supply chains: a systematic review of the literature. International Journal of Industrial Engineering and Operations Management, 5(1), 1-25. https://doi.org/10.1108/IJIEOM-08-2022-0035

Shi, X., & Liu, H. (2025). How does digital supply chain transformation enhance sustainable performance of renewable energy enterprises?. International Review of Economics & Finance, 103, 104460. https://doi.org/10.1016/j.iref.2025.104460

Wang, L., Deng, T., Shen, Z. J. M., Hu, H., & Qi, Y. (2022). Digital twin-driven smart supply chain. Frontiers of Engineering Management, 9(1), 56-70. https://doi.org/10.1007/s42524-021-0186-9

Younis, H., & Wuni, I.Y. (2023). Application of industry 4.0 enablers in supply chain management: scientometric analysis and critical review. Heliyon, 9(11), e21292. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21292

Zhang, Z., Wen, F., Sun, Z., Guo, X., He, T., & Lee, C. (2022). Artificial Intelligence-Enabled Sensing Technologies in the 5G/Internet of Things Era: From Virtual Reality/Augmented Reality to the Digital Twin. Advanced Intelligent Systems, 4(7). https://doi.org/10.1002 /AISY.202100228