



The Role of Industry 5.0 in Mitigating Supply Chain Risks and Boosting Performance: A Pathway to Sustainable Competitive Advantage

HamidReza Talaie*

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

H-talaie@araku.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2025-09-21

Revised: 2025-10-09

Accepted: 2025-10-15

Keywords:

*Industry 5.0;
Sustainable Supply Chain;
Supply Chain
Performance;
Supply Chain Risk;
Sustainable Competitive
Advantage.*

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: Industry 5.0 has emerged as a stage beyond Industry 4.0, introducing a new perspective to organizations and supply chains through the integration of advanced technologies with human creativity. Unlike Industry 4.0, which centered on automation, the Internet of Things, big data, and real-time analytics, Industry 5.0 emphasizes a human-centric approach, focusing on social responsibility, environmental sustainability, employee well-being, and professional ethics. At the same time, growing environmental challenges, social pressures, and increasing complexity in the competitive landscape have prompted organizations to implement sustainable supply chain concepts. Sustainability in supply chains not only refers to reducing harmful environmental impacts but also encompasses improving productivity, enhancing economic performance, and ensuring social responsibility. Within this context, a fundamental question arises for managers and researchers: How can Industry 5.0 serve as an effective driver for improving sustainability, reducing risks, and enhancing supply chain performance in the future of the Iranian automobile industry? The literature review indicates that no comprehensive study has yet examined the simultaneous effects of the potential impact of Industry 5.0 on supply chain performance, operational risks, and competitive advantage. Moreover, the mediating role of sustainable supply chain practices in transmitting the potential impact of Industry 5.0 on supply chain outcomes such as performance and risk reduction has received limited attention. Accordingly, the present study aims to address this theoretical and practical gap by investigating the potential impact of Industry 5.0 on supply chain performance and risk, considering the mediating role of sustainable supply chain practices in Iran's automotive industry. Analyzing the relationships among these variables is highly significant both for theoretical development and for formulating practical strategies for automotive industry managers.

Materials and Methods: This study is applied in terms of purpose and prescriptive–correlational with a cross-sectional design in terms of nature and method. The main objective is to examine the potential impact of Industry 5.0 on supply chain performance and risk in the automotive industry and to analyze the mediating role of sustainable supply chain practices in these relationships. The statistical population comprises all employees working in

* Corresponding author.

E-mail address: H-talaie@araku.ac.ir

<https://orcid.org/0000-0002-2532-8702>

companies active in the automotive industry. The sample size was determined to be 384, and purposive sampling was applied to select participants familiar with the Industry 5.0 concept. Data collection was conducted through a standardized questionnaire, with items adapted from previous studies and localized for the Iranian automotive context through expert and academic review. Convergent validity was confirmed via average variance extracted (AVE) and factor loadings, while discriminant validity was assessed using the Fornell–Larcker matrix. Reliability was confirmed through Cronbach’s alpha and composite reliability, with all variables exceeding the 0.7 threshold, indicating acceptable internal consistency. Data were analyzed using Smart PLS 3.0 and the structural equation modeling (SEM) approach. First, the measurement model was evaluated in terms of validity and reliability. Then, the structural model was tested through path coefficients, t-statistics, R^2 , Q^2 indices, and overall model fit (SRMR and NFI). Finally, hypotheses were tested using bootstrapping, and the significance of the relationships was confirmed at the 95% confidence level.

Results: In the measurement model evaluation, all questionnaire items had factor loadings above 0.7 and VIF indices below 5, indicating no multicollinearity and acceptable convergent validity and reliability. AVE values for all constructs were above 0.5, while Cronbach’s alpha and composite reliability values for all variables exceeded 0.7, confirming reliability. Discriminant validity was established through the Fornell–Larcker criterion, showing a clear distinction between constructs. In the structural model, fit indices such as SRMR=0.072 and NFI=0.728 demonstrated acceptable model fit. Positive Q^2 values for all endogenous variables indicated predictive relevance, while R^2 values confirmed adequate explanatory power. Hypothesis testing results showed that all causal paths in the conceptual model were significant at the 95% confidence level. Specifically, Industry 5.0 had a significant positive impact on sustainable supply chain practices. It also directly influenced supply chain performance and supply chain risk reduction. Sustainable supply chain practices, in turn, had direct positive effects on both risk reduction and performance. The mediating role of sustainable practices was confirmed in the relationships between Industry 5.0 and performance, as well as Industry 5.0 and risk reduction. Finally, supply chain performance had a substantial direct effect on sustainable competitive advantage. The findings confirm that Industry 5.0, both directly and through strengthening sustainable supply chain practices, can improve supply chain performance and resilience, ultimately fostering sustainable competitive advantage in the automotive industry.

Conclusion: This study was conducted to investigate the potential impact of Industry 5.0 in improving supply chain performance and reducing supply chain risks in the automotive industry, considering the mediating role of sustainable supply chain practices. Results from SEM analysis indicated that the adoption of Industry 5.0 technologies and approaches significantly and directly impacts key supply chain indicators. The study highlights that the benefits of Industry 5.0 extend beyond operational improvements to include substantial risk reduction across supply chains. Industry 5.0 can enhance monitoring capabilities, intelligent decision-making, operational agility, and coordination in supply chains. Ultimately, these improvements contribute to sustainable competitive advantage in the automotive sector. The findings further showed that sustainable supply chain practices mediate the relationships between Industry 5.0 and supply chain performance and risk. In other words, the potential impact of Industry 5.0 on performance and risk reduction is realized only when these technologies are implemented within a

sustainable and responsible strategy. Supply chain performance, as one of the key outcomes of Industry 5.0 and sustainable practices, demonstrated a significant positive impact on sustainable competitive advantage. This implies that any improvements in efficiency, quality, responsiveness, and supply chain coordination can increase firms' competitiveness. This study faces certain limitations. The implementation of Industry 5.0 in Iran's automotive industry remains in its nascent stages or is largely absent. Consequently, the data collected from respondents may reflect theoretical knowledge or expectations rather than practical experience, rendering the study's findings more prescriptive than descriptive. Participants likely relied on conceptual understanding rather than real-world application.

Cite this article as:

Talaie, HR. (2025). The Role of Industry 5.0 in Mitigating Supply Chain Risks and Boosting Performance: A Pathway to Sustainable Competitive Advantage. *Journal of Strategic Value Chain Management*, 2(7), 55-80.



DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.39107.1052>

© 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>).



نقش صنعت ۵.۰ در کاهش ریسک و ارتقای عملکرد زنجیره تأمین: گامی به سوی مزیت رقابتی پایدار

حمیدرضا طلائی*

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

h-talaie@araku.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی- پژوهشی	سابقه و هدف: صنعت ۵.۰ به عنوان مرحله‌ای نوین پس از صنعت ۴.۰، با تأکید بر ادغام فناوری‌های پیشرفته و تعامل انسانی، پارادایم جدیدی را در زنجیره تأمین رقم زده است. برخلاف صنعت ۴.۰ که بیشتر بر اتوماسیون و داده‌محوری متمرکز بود، صنعت ۵.۰ رویکردی انسان‌محور دارد و بر مسئولیت اجتماعی، پایداری زیست‌محیطی و رفاه کارکنان تأکید می‌کند. این تحول، سازمان‌ها را به بازاندیشی در طراحی و مدیریت زنجیره‌های تأمین واداشته و با توجه به چالش‌های زیست‌محیطی و فشارهای رقابتی، اهمیت پایداری و کاهش ریسک را پررنگ ساخته است. هرچند امروز صنعت ۵.۰ در خودروسازی ایران هنوز در ابتدای راه است، اما اقدامات اولیه آغاز شده و با رفع موانع و تداوم سیاست‌های حمایتی، می‌توان به شکل‌گیری کارخانه‌های هوشمند انسان‌محور ایرانی در آینده امیدوار بود. بر این اساس، پژوهش حاضر با نگاهی آینده‌نگر و با هدف بررسی تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر عملکرد و ریسک زنجیره تأمین با در نظر گرفتن نقش میانجی اقدامات پایدار در صنعت خودروسازی ایران انجام شد.
واژه‌های کلیدی: صنعت ۵.۰؛ زنجیره تأمین پایدار؛ عملکرد زنجیره تأمین؛ ریسک زنجیره تأمین؛ مزیت رقابتی پایدار.	روش: پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از لحاظ روش، تجویزی-همبستگی با رویکرد مقطعی است. جامعه آماری شامل کارکنان شرکت‌های فعال در صنعت خودروسازی بوده و حجم نمونه ۳۸۴ نفر تعیین شد. نمونه‌گیری به صورت هدفمند از افرادی که با مفهوم صنعت ۵.۰ آشنایی داشتند انجام گرفت. ابزار گردآوری داده‌ها پرسشنامه استاندارد بومی‌سازی شده بود که روایی آن از طریق AVE، ماتریس فورنل-لارکر و شاخص HTMT و پایایی با آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی تأیید شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار Smart PLS 3.0 و مدل‌سازی معادلات ساختاری انجام شد. مدل ساختاری با شاخص‌های برازش و روش Bootstrapping برای آزمون فرضیه‌ها بررسی گردید.
	یافته‌ها: نتایج نشان داد صنعت ۵.۰ تأثیر مثبت و معناداری بر اقدامات زنجیره تأمین پایدار دارد. همچنین این متغیر به صورت مستقیم بر عملکرد و کاهش ریسک زنجیره تأمین اثرگذار است.

اقدامات پایدار نیز بر کاهش ریسک و عملکرد زنجیره تأمین اثر مثبت داشت. نقش میانجی اقدامات پایدار در روابط بین صنعت ۵.۰ با عملکرد و کاهش ریسک تأیید شد. همچنین عملکرد زنجیره تأمین اثر مستقیمی بر مزیت رقابتی پایدار داشت.

نتیجه‌گیری: علی‌رغم وجود زیرساخت‌ها و اجرای صنعت ۵.۰ در صنعت خودروسازی کشور، یافته‌ها نشان می‌دهد پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ در آینده می‌تواند ضمن بهبود عملکرد و کاهش ریسک، زمینه‌ساز خلق مزیت رقابتی پایدار شود. نقش میانجی اقدامات پایدار تأکید می‌کند که تحقق کامل اثرات صنعت ۵.۰ منوط به پیاده‌سازی در قالب استراتژی‌های مسئولانه و همسو با اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی است. بهبود کارایی، کیفیت و چابکی زنجیره تأمین نه تنها مزیت رقابتی شرکت‌ها را ارتقا می‌دهد بلکه انعطاف‌پذیری آن‌ها را در برابر بحران‌هایی نظیر تحریم یا همه‌گیری افزایش می‌دهد. نتایج این پژوهش می‌تواند راهنمایی برای مدیران ارشد خودروسازی در تدوین استراتژی‌های تحول دیجیتال و گذار به صنعت ۵.۰ در آینده صنعت خودروسازی کشور باشد.

استناد: طلایی، حمیدرضا. (۱۴۰۴). نقش صنعت ۵.۰ در کاهش ریسک و ارتقای عملکرد زنجیره تأمین: گامی به سوی مزیت رقابتی پایدار. *مجله مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۷)، ۵۵-۸۰.



DOI: <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.39107.1052>

ناشر: دانشگاه سمنان

۱. مقدمه

با توجه به گسترش ایده صنعت ۵.۰ و اهمیت فزاینده زنجیره‌های تأمین پایدار، کسب و کارها با تغییرات قابل توجهی در نحوه عملکرد و تولید کالاها مواجه شده‌اند (آلابی^۱، ۲۰۲۵). فرآیندهای صنعتی به دلیل استفاده نوآورانه از فناوری‌های پیشرفته دگرگون شده و انتظار می‌رود که این روند با سرعت گرفتن پیشرفت‌های فناوری ادامه یابد (جمیل و همکاران^۲، ۲۰۲۴). علاوه بر این، نیاز به مدیریت جریان کالاها، خدمات و داده‌ها به گونه‌ای که اثرات زیست‌محیطی را کاهش دهد و در عین حال ملاحظات اجتماعی و اقتصادی را نیز در نظر بگیرد، هر روز بیشتر آشکار می‌شود (کن ساغلام و همکاران^۳، ۲۰۲۱). دیجیتال‌سازی زنجیره تأمین به‌عنوان محرکی کلیدی برای افزایش کارایی، کاهش هزینه‌ها و ارتقای رقابت‌پذیری صنایع در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (نادرینا و خاتمی فیروزآبادی، ۱۴۰۴). در همین راستا، صنعت ۵.۰ تلاش می‌کند تا نیروی انسانی را به تولید بازگرداند و فرآیندها را با فناوری‌های هوشمند ترکیب کند تا از قدرت فکری و خلاقیت انسان حداکثر استفاده شود (ماجیوالا و کانت^۴، ۲۰۲۵). برخلاف صنعت ۴.۰ که بر اتوماسیون تأکید دارد، صنعت ۵.۰ انسان‌ها و ربات‌های هوشمند را با یکدیگر ادغام کرده و ربات‌ها اهداف و خواسته‌های انسان را دنبال می‌کنند که صنعت را به فرآیند تولید مولد و ارزشمند هدایت می‌کند، اعتماد به فناوری را افزایش می‌دهد و ضایعات و هزینه‌ها را کاهش می‌دهد (ایفار و همکاران^۵، ۲۰۲۱). ارتقای عملکرد زنجیره تأمین نیز منجر به بهبود سطح مزیت رقابتی پایدار می‌گردد که برای شرکت‌ها مهم است (فاریدا و ستیاوان^۶، ۲۰۲۲).

مفهوم مدیریت زنجیره تأمین پایدار به سرعت در حال تبدیل شدن به یک استراتژی پیشرو برای شرکت‌هایی است که به دنبال کاهش تأثیرات زیست‌محیطی هستند (خان و همکاران^۷، ۲۰۲۳؛ لی و همکاران^۸، ۲۰۲۵). یکی از جنبه‌های چرخه عمر محصول که می‌تواند بخشی از شیوه‌های زنجیره تأمین پایدار محسوب شود، اتخاذ تکنیک‌هایی است که هم از نظر محیط زیست و هم از نظر اجتماعی مسئولانه باشند (چاندرا و کومار^۹، ۲۰۲۳). مدیریت زنجیره تأمین پایدار شامل اجرای زنجیره تأمین سبز است که استفاده مجدد، بازتولید، بازیافت، طراحی سبز، تأمین سبز، مدیریت جامع کیفیت زیست‌محیطی، بسته‌بندی سازگار با محیط زیست، حمل‌ونقل و مدیریت محصولات در پایان عمر مفید را در بر می‌گیرد (بیراسناو و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۲). فناوری‌های نوآورانه به زنجیره تأمین این امکان را می‌دهند که اقلام و داده‌ها را به صورت آنلاین رصد کند (ژان و یائو^{۱۱}، ۲۰۲۵). در نتیجه، کسب و کارها می‌توانند چالش‌های مربوط به بسته‌بندی، حمل‌ونقل و مدیریت چرخه عمر نهایی محصولات، مانند گلوگاه‌ها را پیش‌بینی و برای آن‌ها آماده شوند (غدجه و همکاران^{۱۲}، ۲۰۲۲).

همزمان با بهبود عملکرد زنجیره تأمین با استفاده از صنعت ۵.۰ (نظریان و خان، ۲۰۲۴^{۱۳})، برخی از عوامل ریسک زنجیره تأمین نیز در زمینه صنعت ۵.۰ در نظر گرفته شده‌اند. فناوری هوش مصنوعی به‌عنوان یکی از ارکان صنعت ۵.۰، از طریق تمرکز بر الگوریتم‌های مبتنی بر هوشمندسازی فرآیندهای عملیاتی با پیش‌بینی دقیق‌تر ریسک‌ها و نگهداری پیشگیرانه، موجب افزایش ایمنی و کاهش توقفات ناگهانی در فرآیندهای تولید و انتقال در زنجیره تأمین می‌گردد (حمزوی و

¹ Alabi

² Jamil et al.

³ Can Saglam et al.

⁴ Majiwala and Kant

⁵ ElFar et al.

⁶ Farida and Setiawan

⁷ Khan et al.

⁸ Li et al.

⁹ Chandra and Kumar

¹⁰ Birasnav et al.

¹¹ Zhen and Yao

¹² Ghadge et al.

¹³ Nazarian and Khan

همکاران، ۱۴۰۴). در صنعت ۵۰، جایی که سیستم‌های سایبری-فیزیکی با فرآیندهای تولید در هم تنیده می‌شوند و امنیت داده‌ها اهمیت بالایی دارد، آسیب‌پذیری در این سیستم‌ها به عوامل ریسک قابل توجهی تبدیل می‌شود (جمیل و همکاران، ۲۰۲۴). مشکلات زمانی به وجود می‌آیند که پیشرفت فناوری با سرعت زیادی رخ می‌دهد و زنجیره‌های تأمین باید به حدی انعطاف‌پذیر باشند تا بتوانند با این تحولات همگام شوند (خان و همکاران، ۲۰۲۳). مشخصه‌های صنعت ۵۰ اهمیت اجرای رویکردهای مدیریت ریسک را برای هدایت پیچیدگی‌های چشم‌انداز صنعتی که همواره در حال تحول و ارتباط است، برجسته می‌کنند (سو و همکاران^{۱۴}، ۲۰۲۵).

در خودروسازی ایران مفاهیم انقلاب صنعتی پنجم مورد توجه قرار گرفته، هرچند در عمل هنوز در مراحل مقدماتی قرار دارد. طی دهه گذشته خودروسازان ایرانی بعضی فناوری‌های نوین مانند رباتیک و اتوماسیون خطوط را به کار گرفته‌اند؛ برای مثال ربات‌های جوشکاری و رنگ‌پاش در کارخانجات ایران خودرو و سایپا فعالیت می‌کنند و بهره‌وری خطوط را بالا برده‌اند، اما گذار به صنعت ۵۰ نیازمند برنامه‌ریزی جامع است. در سال ۱۳۹۹ یک تفاهم‌نامه سه‌جانبه بین سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران، ایران خودرو و سایپا منعقد شد که هدف آن توسعه تحول دیجیتال صنعت خودرو بود. بر اساس این تفاهم، قرار بر ایجاد مرکز تعالی و تحول دیجیتال صنعت خودروسازی و افزایش میزان آمادگی زنجیره تأمین خودروسازی برای پذیرش فناوری‌های نوین شد^{۱۵}. این اقدام نشان‌دهنده عزم سیاست‌گذاران برای نهادینه کردن نوآوری دیجیتال در بخش خودروسازی و گذار به انقلاب‌های صنعتی نوین است. به دنبال این تفاهم‌نامه، گام‌هایی در جهت بومی‌سازی فناوری‌های نوین دیجیتال برداشته شده است. طرح‌هایی برای عرضه خودروهای مجهز به سامانه‌های ارتباطی و تلماتیک کلید خورده و اپراتورهای مخابراتی در پروژه خودروی متصل با خودروسازان مشارکت دارند^{۱۶}، که زیرساخت لازم برای صنعت ۵۰ (یعنی شبکه‌های ارتباطی پرسرعت، داده‌پردازی پیشرفته و پلتفرم‌های نرم‌افزاری) را تقویت می‌کند. با این حال، فاصله صنعت خودروی ایران با صنعت ۵۰ قابل توجه است. بنابراین، هرچند امروز صنعت ۵۰ در خودروسازی ایران هنوز در ابتدای راه است، اما اقدامات اولیه آغاز شده و با رفع موانع و تداوم سیاست‌های حمایت از نوآوری، می‌توان به شکل‌گیری کارخانه‌های هوشمند انسان‌محور ایرانی در دهه آینده امیدوار بود. از این رو، در پژوهش حاضر با نگاهی آینده‌نگر و تجویزی به تاثیر بالقوه صنعت ۵۰ در صنعت خودروسازی کشور نگاه شده است.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که پژوهش حاضر با تحقیقات پیشین تفاوت داشته و دارای نوآوری است و شکاف پژوهشی در این حوزه را پوشش می‌دهد. در زمینه پژوهش‌های داخلی، امیری و همکاران (۱۴۰۴) نشان دادند آمادگی برای صنعت ۵۰ از مسیر کارایی و پاسخگویی، مزیت رقابتی و در نهایت رشد پایدار کسب‌وکار را در فولاد مبارکه تقویت می‌کند. کسچی و چوبان (۱۴۰۴) موانع پیاده‌سازی زنجیره‌تأمین دیجیتال در چارچوب صنعت ۵۰ را شناسایی کردند. بیات‌زاده و طلایی (۱۴۰۳) نیز عوامل موثر در انتخاب تأمین‌کننده پایدار و تاب‌آور در صنعت ۵۰ را بررسی کردند. پژوهش حاضر اثر بالقوه صنعت ۵۰ را به‌طور هم‌زمان بر کاهش ریسک و ارتقای عملکرد زنجیره‌تأمین و پیوند آن با مزیت رقابتی پایدار (با تأکید بر اقدامات پایداری) بررسی می‌کند؛ رویکردی که در ادبیات داخلی پیشین گزارش نشده است. همچنین مرور تحقیقات خارجی نشان می‌دهد که مدل مفهومی پژوهش حاضر دارای نوآوری است و در تحقیقات مشابه بررسی نشده است. برای مثال، آلابی (۲۰۲۵)، ماجیوالا و کانت (۲۰۲۵)، جمیل و همکاران (۲۰۲۴)، نظریان و خان (۲۰۲۴)، مهرروف و همکاران (۲۰۲۴)، معصومی و همکاران (۲۰۲۳) و قباخلو و همکاران (۲۰۲۳) در حوزه صنعت ۵۰ مطالعاتی انجام داده‌اند که متفاوت از پژوهش حاضر هستند. پژوهش حاضر در بستر خودروسازی ایران، رابطه صنعت ۵۰ با کاهش ریسک و بهبود

¹⁴ Hsu et al.

¹⁵ <https://www.citna.ir/news/246775/>

¹⁶ <https://ana.ir/fa/news/809863/>

عملکرد زنجیره را با نقش میانجی اقدامات پایداری و با لحاظ مزیت رقابتی پایدار به صورت تجربی می‌آزماید و از این جهت نسبت به مطالعات خارجی مزیت نوآورانه دارد.

مساله اصلی این پژوهش بررسی تاثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر آینده عملکرد و مدیریت ریسک زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی با تاکید بر نقش میانجی اقدامات زنجیره تأمین پایدار است. با توجه به افزایش رقابت و پیچیدگی‌های محیطی و اقتصادی، صنایع باید به دنبال راه‌حلهایی برای بهبود عملکرد زنجیره تأمین و کاهش ریسک‌های آن و ارتقای مزیت رقابتی پایدار باشند. پژوهش حاضر می‌تواند با ارائه بینش‌هایی در زمینه تاثیر پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ در آینده، به مدیران و سیاست‌گذاران کمک کند تا استراتژی‌های موثرتری برای بهبود عملکرد و کاهش ریسک‌ها اتخاذ کنند. با توجه به چالش‌های زیادی که زنجیره تأمین خودروسازی با آن روبه‌رو است، این پژوهش می‌تواند اطلاعات مفیدی برای مدیران و تصمیم‌گیران فراهم کند تا با بهره‌گیری از مفاهیم صنعت ۵.۰ و اقدامات پایدار، راهکارهایی برای بهبود عملکرد و کاهش ریسک‌های زنجیره تأمین و در نهایت بهبود مزیت رقابتی پایدار اتخاذ کنند. این موضوع به ویژه برای صنعت خودروسازی که با زنجیره‌های تأمین پیچیده و متغیرهای متعدد روبه‌روست، اهمیت بسیاری دارد.

۲. مرور ادبیات و توسعه فرضیه‌های پژوهش

صنعت ۵.۰ به یک رویکرد تکامل یافته در تولید اشاره دارد که در آن فناوری‌های نوین دیجیتال در کنار نیروی انسانی برای ایجاد تولیدی پایدار، چابک و انعطاف‌پذیر عمل می‌کنند. در این رویکرد، انسان نه تنها به‌عنوان یک عامل تولید، بلکه به‌عنوان یک همکار دیجیتال در کنار سیستم‌های خودکار و فناوری‌های پیشرفته نقش آفرینی می‌کند (ریجویانی و همکاران^{۱۷}، ۲۰۲۵). همچنین، در صنعت ۵.۰، ترکیب فناوری‌ها با پایداری زیست‌محیطی و مسئولیت‌های اجتماعی می‌تواند به تحقق تولیداتی با کمترین تأثیر منفی بر محیط زیست و بیشترین بهره‌وری اجتماعی و اقتصادی منجر شود که شامل فناوری‌های سبز، کاهش ضایعات و ارتقای تعاملات انسان و ماشین باشد تا تولیداتی با کارایی بیشتر و اثرات منفی کمتر در سطح جهانی تولید گردد (رحمان و عمر^{۱۸}، ۲۰۲۵). در حالی که صنعت ۴.۰ بر اتوماسیون کامل فرآیندهای تولید، استفاده از ربات‌ها و سیستم‌های خودکار و داده‌های بزرگ برای بهبود بهره‌وری تأکید دارد، صنعت ۵.۰ به‌عنوان یک رویکرد انسان‌محور، تعامل بیشتری بین انسان و فناوری‌ها ایجاد می‌کند. در صنعت ۴.۰، ماشین‌ها و ربات‌ها به‌طور مستقل از انسان‌ها کار می‌کنند، در حالی که در صنعت ۵.۰، انسان‌ها و فناوری‌ها به‌طور همزمان و به‌عنوان شرکای همکار عمل می‌کنند (منفردینی و همکاران^{۱۹}، ۲۰۲۵).

امیری و همکاران (۱۴۰۴) در پژوهشی بررسی تأثیر آمادگی برای صنعت ۵.۰ بر رشد پایدار کسب‌وکار با نقش میانجی کارایی، پاسخگویی و مزیت رقابتی در فولاد مبارکه اصفهان پرداخته‌اند. آن‌ها در این پژوهش نشان دادند که کسب آمادگی برای صنعت ۵.۰ به‌طور معناداری موجب ارتقای کارایی و پاسخگویی می‌شود و این دو عامل نیز مزیت رقابتی را تقویت کرده و در نهایت به رشد پایدار کسب‌وکار منجر می‌گردند. همچنین کارایی و پاسخگویی نقش میانجی در رابطه بین آمادگی برای صنعت ۵.۰ و مزیت رقابتی ایفا می‌کنند. پژوهش حاضر به بررسی تاثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر کاهش ریسک و ارتقای عملکرد زنجیره تأمین و ایجاد مزیت رقابتی پایدار با توجه به نقش اقدامات پایداری پرداخته است که از این حیث رویکرد متفاوتی به پژوهش امیری و همکاران (۲۰۲۵) دارد. کسچی و چوبان (۱۴۰۴) در پژوهشی به شناسایی و رتبه‌بندی روش‌هایی برای غلبه بر چالش‌های پیاده‌سازی زنجیره‌تأمین دیجیتال در چارچوب صنعت ۵.۰ پرداخته و نشان دادند سه مانع نیاز به سرمایه‌گذاری اولیه بالا، مشکلات مربوط به داده‌ها و پیچیدگی در یکپارچه‌سازی سیستم‌ها از مهم‌ترین

¹⁷ Rijwani et al.

¹⁸ Rehman and Umar

¹⁹ Monferdini et al.

موانع زنجیره‌تأمین دیجیتال هستند که باید در اولویت قرار گیرند. بیات‌زاده و طلایی (۱۴۰۳) نیز در پژوهشی به شناسایی و ارزیابی معیارهای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار و تاب‌آور در صنعت فولاد با توجه به مفاهیم صنعت ۵.۰ انجام داده و بیان کردند که نشان داد که انسان‌محوری بالاترین اهمیت را در انتخاب تأمین‌کنندگان دارد. مرور ادبیات داخلی نشان می‌دهد که تاکنون پژوهشی با رویکرد پژوهش حاضر انجام نشده است و از این حیث دارای نوآوری است.

آلابی (۲۰۲۵) با مرور انتقادی بنگاه‌های کوچک و متوسط، چارچوبی برای ادغام صنعت ۵ با هدف تقویت کارایی، پایداری و رفاه اجتماعی پیشنهاد می‌کند و تحقق آن را وابسته به زیرساخت و سیاست‌های حمایتی می‌داند. ماجیوالا و کانت (۲۰۲۵) صنعت ۵.۰ را پیشران اقتصاد چرخشی دانسته و بهینه‌سازی طراحی چرخه عمر را مؤثرترین اقدام زیست‌محیطی معرفی می‌کنند. جمیل و همکاران (۲۰۲۴) در صنعت الکترونیک نشان می‌دهند فناوری‌های صنعت ۵.۰ از مسیر اقدامات پایداری، عملکرد زنجیره را بهبود داده و ریسک‌ها را کاهش می‌دهند. نظریان و خان (۲۰۲۴) با تأکید بر شفافیت، پاسخگویی و کارایی، آثار مستقیم و غیر مستقیم مثبت صنعت ۵ بر عملکرد زنجیره را گزارش می‌کنند. مهرور و همکاران (۲۰۲۴) در زنجیره غذایی اقتصادهای نوظهور، تمایل به به‌کارگیری پهنادهای همسو با صنعت ۵.۰ را بیشتر در کاربردهای عملیاتی تا اهداف کلان زیست‌محیطی می‌دانند. مدهاوان و همکاران (۲۰۲۴) در نشان می‌دهند آمادگی برای صنعت ۵.۰ مشارکت در زنجیره‌های ارزش جهانی، رقابت‌پذیری و رشد پایدار را تقویت می‌کند و رقابت‌پذیری نقش میانجی در این بین دارد. چاترجی و چادوری (۲۰۲۴) در دوره پساکرونا بر نقش ظرفیت جذب و حمایت رهبری ارشد در پایداری جریان زنجیره در عصر صنعت ۵.۰ تأکید می‌کنند. معصومی و همکاران (۲۰۲۳) در زنجیره انرژی‌های تجدیدپذیر، چالش‌ها و مزیت‌های صنعت ۵.۰ را برمی‌شمارند و انسان‌محوری و شبکه‌های پیشرفته را کلیدی می‌دانند. قباخلو و همکاران (۲۰۲۳) نقشه‌راه استقرار صنعت ۵.۰ را با یازده تسهیل‌گر از جمله نوآوری سبز، اصلاح شبکه ارزش، مشارکت ذی‌نفعان و حمایت دولت ارائه می‌کنند. تحقیقات ذکر شده عمدتاً مفهومی هستند و یا در صنایع و با متغیرهای متفاوت اجرا شده‌اند، در حالی که پژوهش حاضر در بستر خودروسازی ایران، رابطه صنعت ۵ با کاهش ریسک و بهبود عملکرد زنجیره با نقش میانجی اقدامات پایداری و با لحاظ مزیت رقابتی پایدار را به صورت تجربی می‌سنجد و از این رو در مقایسه با تحقیقات خارجی دارای نوآوری است. در ادامه فرضیه‌های پژوهش مطرح شده و توسعه داده شده‌اند.

صنعت ۵.۰ از شبکه‌ای از سیستم‌ها و دستگاه‌های بهم‌پیوسته در سراسر زنجیره تأمین بهره می‌برد تا تولید هوشمند را مطابق با نیازهای خاص مشتریان ممکن سازد (معصومی و همکاران^{۲۰}، ۲۰۲۳). عملکرد پایدار زنجیره تأمین به طور چشم‌گیری با پیشرفت‌های فناورانه در عصر صنعت ۵.۰ در حال پیاده‌سازی و گسترش است (بیات‌زاده و طلایی، ۱۴۰۳). نوآوری‌های فناورانه نقش کلیدی در کارآمدتر، شفاف‌تر و پایدارتر کردن عملیات زنجیره تأمین ایفا می‌کنند (جمیل و همکاران، ۲۰۲۴). هوش مصنوعی و تحلیل‌های پیش‌بینانه به بهینه‌سازی لجستیک، مدیریت موجودی و پیش‌بینی تقاضا کمک می‌کنند، که منجر به کاهش ضایعات و بهبود تخصیص منابع می‌شود (خان و همکاران، ۲۰۲۳). به طور مثال، استفاده از فناوری نوین بلاکچین موجب افزایش قابلیت ردیابی و شفافیت در زنجیره تأمین می‌شود، که در نهایت، به توانمندسازی شیوه‌های تأمین اخلاق‌مدار و راستی‌آزمایی فرآیندهای پایدار کمک می‌کند (کن ساغلام و همکاران، ۲۰۲۱). بر اساس نظر کارماکر و همکاران^{۲۱} (۲۰۲۳)، مدیران باید شبکه‌های زنجیره تأمین سنتی را بازطراحی کرده و با ایجاد و پذیرش فناوری‌های نوین و پیشرفته، آن‌ها را به شبکه‌های زنجیره تأمین اطلاعات‌محور تبدیل کنند تا تداوم فعالیت شرکت‌ها را در دوران پساکرونا تضمین نمایند. سازمان‌های سنتی می‌توانند با بهره‌گیری از اجرای صنعت ۵.۰، امکان ایجاد عملیات مقاوم

²⁰ Masoomi et al.

²¹ Karmaker et al.

و در دسترس را از طریق تضمین پایداری بلندمدت زنجیره تأمین فراهم سازند (مهروف و همکاران^{۲۲}، ۲۰۲۴). از این رو، فرضیه زیر مطرح می‌شود:

• صنعت ۵.۰ بر اقدامات زنجیره تأمین پایدار در صنعت خودروسازی تاثیر مثبت و معناداری دارد.

با افزایش اهمیت پایداری و تاب‌آوری، پژوهشگران و متخصصان به‌طور فزاینده‌ای در حال توسعه راهبردها و مهارت‌هایی برای مواجهه با چالش‌های مرتبط با پایداری زنجیره تأمین هستند تا هم به ایجاد یک زنجیره تأمین پایدار کمک کنند و هم عملکرد آن را ارتقا دهند (سیدیقی و همکاران^{۲۳}، ۲۰۲۵). صنعت ۵.۰، فناوری‌های پیشرفته را با تأکید مجدد بر رویکردهای انسان‌محور ترکیب می‌کند (ژان و یائو، ۲۰۲۵). علاوه بر ارتقای بهره‌وری در عملیات زنجیره تأمین، صنعت ۵.۰ بر ملاحظات اخلاقی، مسئولیت‌پذیری زیست‌محیطی و آگاهی اجتماعی نیز تأکید دارد (گو و همکاران^{۲۴}، ۲۰۲۵). با ادغام خلاقیت انسانی و پیشرفت‌های فناورانه، صنعت ۵.۰ به توسعه زنجیره‌های تأمین کارآمدتر و بادوام کمک می‌کند (کن ساغلام و همکاران، ۲۰۲۱) و امکان نظارت پیشرفته، تحلیل‌های پیش‌بینانه و تصمیم‌گیری هوشمندانه را فراهم می‌سازد که در نتیجه آن، استفاده بهتر از منابع، کاهش ضایعات و به‌کارگیری شیوه‌های تأمین اخلاقی در سراسر زنجیره تأمین تسهیل می‌شود (مدهاوان و همکاران^{۲۵}، ۲۰۲۴). این تحول، گذار به اصول اقتصاد چرخشی را نیز پشتیبانی می‌کند و اقداماتی نظیر بازسازی محصولات، بازیافت و بازتولید را ترویج می‌دهد که در نهایت منجر به کاهش اثرات زیست‌محیطی می‌شود (فاریدا و ستیاوان، ۲۰۲۲). از طریق تأکید بر همکاری، نوآوری و رفتارهای مسئولانه، صنعت ۵.۰ نقش چشمگیری در ارتقاء و پیشرفت شیوه‌های پایدار زنجیره تأمین ایفا می‌کند و آینده‌ای پایدارتر را ممکن می‌سازد (چاترجی و چادوری^{۲۶}، ۲۰۲۴). فیصول و همکاران^{۲۷} (۲۰۲۵) نیز تأکید می‌کنند که پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ باعث بهبود عملکرد زنجیره تأمین می‌شود. بر همین اساس، می‌توان فرضیه‌های زیر را مطرح کرد:

• صنعت ۵.۰ بر عملکرد زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی تاثیر مثبت و معناداری دارد.

• اقدامات زنجیره تأمین پایدار در تاثیر صنعت ۵.۰ بر عملکرد زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی نقش میانجی دارد.

با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، زنجیره‌های تأمین می‌توانند تصمیمات خود را بر پایه تحلیل‌های پیش‌بینانه و نظارت بلادرنگ اتخاذ کنند. ابزارهای دیجیتال نمایی جامع از عملیات فراهم کرده و به شناسایی خطراتی مانند اختلال در لجستیک، وابستگی به تأمین‌کنندگان یا عوامل محیطی کمک می‌کنند (جمیل و همکاران، ۲۰۲۴). قابلیت نظارت بر مصرف منابع در زمان واقعی و بهینه‌سازی عملکرد، پتانسیل کاهش اتلاف منابع را دارد (ایوانف^{۲۸}، ۲۰۲۵). همچنین، امکان واکنش سریع به مشکلات کیفی یا شکایات مشتریان فراهم شده و با ارتقای شفافیت و پاسخگویی در زنجیره تأمین، خطر از دست دادن سهم بازار و لطمه به اعتبار سازمانی کاهش می‌یابد (فان و همکاران^{۲۹}، ۲۰۲۵). بر اساس یافته‌های رومرو و استاهره^{۳۰} (۲۰۲۲)، سازمان‌ها می‌توانند با بهره‌گیری از حسگرهای اینترنت اشیا و برچسب‌های RFID، محصولات خود را در سراسر زنجیره تأمین ردیابی کرده و احتمال سرقت، آسیب‌دیدگی یا گم شدن کالاها را کاهش دهند. همچنین، فناوری‌های دیجیتال با تحلیل داده‌های حاصل از منابع گوناگون مانند رسانه‌های اجتماعی، شاخص‌های اقتصادی و روندهای

²² Mahroof et al.

²³ Siddiqi et al.

²⁴ Guo et al.

²⁵ Madhavan et al.

²⁶ Chatterjee and Chaudhuri

²⁷ Faisal et al.

²⁸ Ivanov

²⁹ Fan et al.

³⁰ Romero and Stahre

آب و هوایی، شناسایی و مقابله با ریسک‌های احتمالی را برای مدیران زنجیره تأمین ممکن می‌سازند (خان و همکاران، ۲۰۲۳). به علاوه، موکرجی و همکاران^{۳۱} (۲۰۲۳) معتقدند که افزایش شفافیت این امکان را برای سازمان‌ها فراهم می‌کند که عملکرد زنجیره تأمین را در زمان واقعی رصد کرده و به واسطه آن، فرایند مدیریت زنجیره تأمین را بهبود بخشند. بر همین اساس، می‌توان فرضیه‌های زیر را مطرح کرد:

- صنعت ۵.۰ بر کاهش ریسک زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی تأثیر مثبت و معناداری دارد.
- اقدامات زنجیره تأمین پایدار در تأثیر صنعت ۵.۰ بر کاهش ریسک زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی نقش میانجی دارد.

با توجه به رشد اهمیت پایداری و هم‌زمان افزایش ناطمینانی‌ها و پیچیدگی‌های محیطی، شرکت‌ها به دنبال اتخاذ راهبردهایی هستند که نه تنها اثربخشی عملکرد زنجیره تأمین را بهبود بخشد، بلکه ریسک‌های مرتبط با آن را نیز کاهش دهد (ایوانف، ۲۰۲۵). یکی از رویکردهای مهم در این زمینه، اجرای اقدامات زنجیره تأمین پایدار است که بر اصول پاسخگویی اجتماعی، حفاظت محیط‌زیست و کارایی اقتصادی استوار است (سیدیقی و همکاران، ۲۰۲۵). اقدامات پایدار شامل مدیریت مسئولانه منابع، همکاری با تأمین‌کنندگان پایدار، کاهش پسماند، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌کارگیری فناوری‌های سبز و رعایت حقوق نیروی انسانی در تمام طول زنجیره تأمین می‌باشند (فان و همکاران، ۲۰۲۵). کارماکر و همکاران (۲۰۲۴) تأکید می‌کنند که اقدامات پایدار در زنجیره تأمین، با به‌کارگیری فناوری‌های نوین، می‌تواند منجر به ارتقای شفافیت، ردیابی‌پذیری، و واکنش سریع‌تر به اختلالات شود؛ عواملی که همگی در کاهش ریسک‌های عملیاتی، لجستیکی و محیطی نقش مهمی دارند. همچنین، به باور موکرجی و همکاران (۲۰۲۳)، شفافیت منجر به شناسایی زودهنگام خطرات و کاهش احتمال بروز اختلالات زنجیره‌ای می‌شود. از این رو، اقدامات پایدار نه تنها یک الزام اخلاقی بلکه یک ابزار کارآمد برای مدیریت ریسک زنجیره تأمین در نظر گرفته می‌شود (جمیل و همکاران، ۲۰۲۴). در همین راستا، می‌توان فرضیه زیر را مطرح کرد:

- اقدامات زنجیره تأمین پایدار بر کاهش ریسک زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

شرکت‌ها در پی دستیابی به عملکردی بهینه در زنجیره تأمین هستند که هم‌زمان بتواند به پایداری محیط‌زیستی، کارایی عملیاتی، و رضایت ذی‌نفعان پاسخ دهد (جمیل و همکاران، ۲۰۲۴). اقدامات زنجیره تأمین پایدار به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های ارتقاء عملکرد زنجیره تأمین شناخته می‌شود (سیدیقی و همکاران، ۲۰۲۵). به گفته جیگاری و جانجوآ^{۳۲} (۲۰۲۳)، اتخاذ سیاست‌های مبتنی بر چرخه عمر کامل محصول، بازتولید، بازیافت، استفاده بهینه از منابع طبیعی، و دیجیتالی‌سازی فرآیندها، موجب افزایش بهره‌وری، بهبود کیفیت خدمات و کالاها، و پاسخ‌گویی سریع‌تر به نیازهای بازار می‌شود که منجر به کاهش هزینه‌ها، افزایش انعطاف‌پذیری و تقویت روابط با تأمین‌کنندگان و مشتریان در زنجیره تأمین خواهد شد. کارماکر و همکاران (۲۰۲۴) نیز بیان می‌کنند که پیشرفت‌های فناورانه نقش بسزایی در بهینه‌سازی عملکرد زنجیره تأمین ایفا می‌کنند و باعث افزایش شفافیت، پیش‌بینی‌پذیری تقاضا، بهبود مدیریت موجودی و به‌طور کلی ارتقاء عملکرد لجستیکی و عملیاتی زنجیره تأمین می‌شوند. همچنین، قباخلو و همکاران^{۳۳} (۲۰۲۳) بر این باور هستند که یکپارچه‌سازی اقدامات پایداری با رویکردهای فناورانه، منجر به تحول بنیادین در ساختار زنجیره تأمین شده و عملکرد آن را از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی بهبود می‌بخشد. همچنین، وو و همکاران^{۳۴} (۲۰۲۵) نشان دادند که فناوری‌های

³¹ Mukherjee et al.

³² Gigauri and Janjua

³³ Ghobakhloo et al.

³⁴ Wu et al.

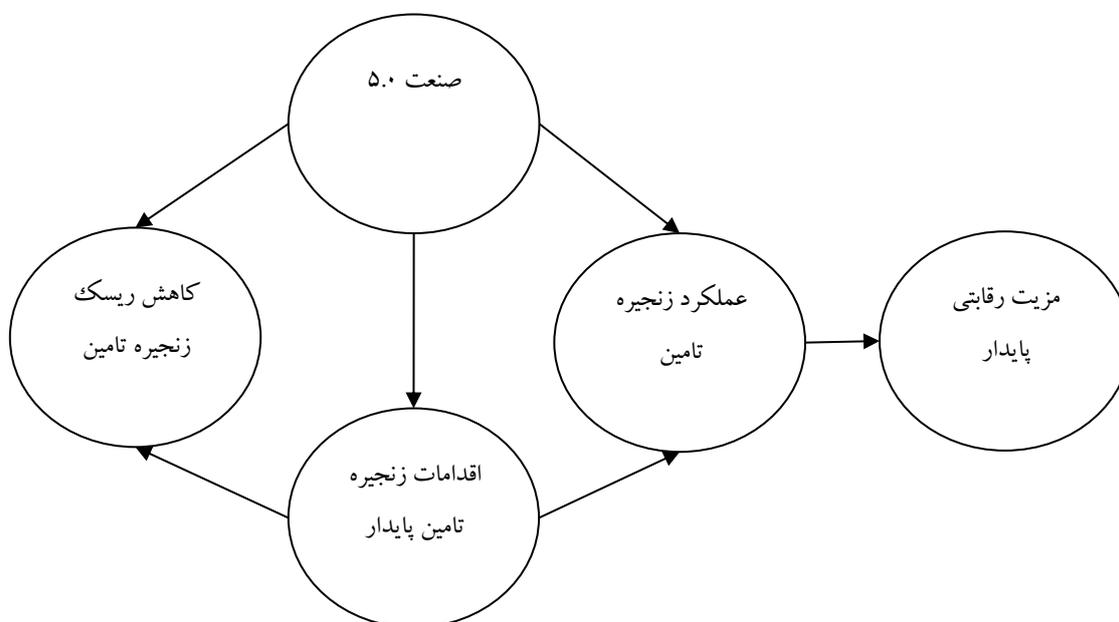
مبتنی بر هوش مصنوعی در عصر تحول صنعت ۵.۰، باعث افزایش پایداری و عملکرد زنجیره تأمین می‌شود. بنابراین، با اتکا به مبانی نظری، فرضیه زیر تدوین می‌گردد:

- اقدامات زنجیره تأمین پایدار بر عملکرد زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

در محیط پرقابیت و ناپایدار امروز، مزیت رقابتی پایدار یکی از مهم‌ترین اهداف استراتژیک سازمان‌ها است (فاریدا و ستیاوان، ۲۰۲۲). دستیابی به مزیت رقابتی پایدار، مستلزم برخورداری از زنجیره تأمین چابک، قابل اتکا، کارا و هم‌راستا با ارزش‌های سازمانی است (شارما و گوپتا^{۳۵}، ۲۰۲۴). از این‌رو، عملکرد زنجیره تأمین به‌عنوان عاملی کلیدی در ایجاد و حفظ مزیت رقابتی مطرح می‌شود (کراکوسکی و همکاران^{۳۶}، ۲۰۲۳). به باور نظریان و خان (۲۰۲۴)، عملکرد اثربخش زنجیره تأمین با تمرکز بر سه بعد اصلی شامل کارایی، شفافیت و پاسخگویی، منجر به بهبود تجربه مشتری، کاهش هزینه‌ها و افزایش سرعت پاسخ به نوسانات بازار می‌شود که به‌صورت مستقیم بر توان رقابتی شرکت‌ها در بازارهای داخلی و بین‌المللی اثرگذار هستند. همچنین، مدهاوان و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود درباره شرکت‌های کوچک و متوسط صنعت غذایی دریایی در تایلند، نشان دادند که عملکرد زنجیره تأمین از طریق بهبود رقابت‌پذیری عملیاتی، بازاریابی، مالی و منابع انسانی، نقش میانجی مهمی در مسیر رشد پایدار ایفا می‌کند. آن‌ها تصریح می‌کنند که سازمان‌هایی با زنجیره تأمین پرکاربرد و منسجم‌تر، در خلق ارزش برای مشتریان و مقابله با تهدیدات رقبا موفق‌تر هستند. به‌طور مشابه، باگ و همکاران^{۳۷} (۲۰۲۳) تأکید می‌کنند که سازمان‌ها از طریق بهینه‌سازی عملکرد در بخش‌های مختلف زنجیره تأمین قادر خواهند بود قابلیت‌های متمایزی ایجاد کنند که به‌سختی برای رقبا قابل تقلید است که به ایجاد مزیت رقابتی پایدار منجر می‌شود (شارما و گوپتا، ۲۰۲۴). بر این اساس، فرضیه زیر بیان می‌شود:

- عملکرد زنجیره تأمین بر مزیت رقابتی پایدار در صنعت خودروسازی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

بنابر فرضیه‌های مطرح شده، مدل مفهومی پژوهش در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

³⁵ Sharma and Gupta

³⁶ Krakowski et al.

³⁷ Bag et al.

۳. روش پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف، کاربردی و از حیث ماهیت، تجویزی-همبستگی است. جامعه آماری این پژوهش کارمندان صنعت خودروسازی (ایران خودرو، سایپا و بهمن موتور) بودند. در پژوهش حاضر ۳۸۴ نفر به عنوان نمونه و بر اساس نمونه‌گیری هدفمند در نظر گرفته می‌شوند، که این تعداد با جدول مورگان سازگار است. پاسخ‌دهندگان از میان کسانی انتخاب شدند که با مفاهیم صنعت ۵۰ و فناوری‌های نوین دیجیتال آشنایی داشته‌اند. متغیرهای پژوهش در قالب طیف پنج درجه‌ای لیکرت بررسی شدند. سوالات صنعت ۵۰ (سوالات ۱ تا ۴) برگرفته از پژوهش‌های مدهاوان و همکاران (۲۰۲۴)، نظریان و خان (۲۰۲۴) و جمیل و همکاران (۲۰۲۴) است. سوالات اقدامات زنجیره تأمین پایدار (سوالات ۵ تا ۷)، ریسک زنجیره تأمین (سوالات ۸ تا ۱۱) و عملکرد زنجیره تأمین (سوالات ۱۶ تا ۱۸) همگی بر اساس مطالعه جمیل و همکاران (۲۰۲۴) طراحی شده‌اند. همچنین، سوالات مزیت رقابتی پایدار (سوالات ۱۲ تا ۱۵) از تحقیقات فاریدا و ستیاوان (۲۰۲۲) و مدهاوان و همکاران (۲۰۲۴) اقتباس شده‌اند. برای سنجش کاهش ریسک زنجیره تأمین، از شاخص‌های قابل سنجش دقت در انتخاب تأمین‌کنندگان برای جلوگیری از تأخیر و کاهش کیفیت، برنامه‌های جایگزینی برای منابع حیاتی به منظور کاهش ریسک‌های ناشی از اختلالات تأمین، استفاده از ابزارهای ارتباطی نوین برای بهبود هماهنگی و کاهش خطاهای ارتباطی، و شفافیت اطلاعاتی با بهره‌گیری از فناوری اطلاعات برای بهبود عملیات و تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین استفاده شده است. همچنین، مزیت رقابتی پایدار به‌طور عملیاتی با استفاده از شاخص‌های کیفیت بالای محصولات و خدمات نسبت به رقبای، نوآوری‌های مستمر در محصولات و فرآیندها، اعتماد مشتریان به سازمان به‌عنوان گزینه‌ای قابل اعتماد و متمایز، و روابط پایدار با شرکای زنجیره تأمین اندازه‌گیری می‌شود. تحلیل داده‌ها در دو بخش آمار توصیفی و استنباطی با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و SmartPLS نسخه ۳ انجام شد. روایی صوری پرسشنامه با استفاده از نظرات خبرگان صنعت خودرو و اساتید متخصص دانشگاه تأیید شد.

در روش مدل‌سازی معادلات ساختاری، سه سطح مدل بیرونی (روایی و پایایی)، مدل درونی (مدل ساختاری) و برازش کلی مدل ارزیابی می‌گردد. در این پژوهش، به منظور بررسی روایی، از روایی همگرا به معنی همبستگی سوالات مرتبط با یک متغیر با همان متغیر استفاده شده که با سه معیار ضرایب بار عاملی (حد قابل قبول ۰/۴)، میانگین واریانس به اشتراک گذاشته شده (AVE) (حد قابل قبول ۰/۵) و آماره عامل تورم واریانس (VIF) سنجیده می‌گردد. آماره عامل تورم واریانس (VIF) برای ارزیابی هم‌خطی بین شاخص‌های اندازه‌گیری یک سازه استفاده می‌شود و نشان می‌دهد که آیا شاخص‌های یک سازه به شدت با هم همبسته هستند یا نه. اگر مقدار VIF یک شاخص بیشتر از ۵ باشد، نشان‌دهنده هم‌خطی چندگانه قابل توجهی است و ممکن است نیاز به بازنگری یا حذف شاخص‌های مشکل‌دار باشد. هدف اصلی از بررسی VIF، تضمین این است که شاخص‌های اندازه‌گیری یک سازه مستقل از هم بوده و به صورت معتبر و پایا سازه را اندازه‌گیری می‌کنند (لاو و فونگ^{۳۸}، ۲۰۲۰). برای سنجش روایی واگرا در سطح متغیر پنهان، از ماتریس فورنل و لارکر استفاده می‌شود که قطر اصلی این ماتریس جذر مقادیر AVE مربوط به هر یک از متغیرها است. در این ماتریس، همبستگی هر سازه باید با سازه‌های خود در مقایسه با سایر سازه‌ها بیشتر است تا روایی واگرا تأیید گردد (هیر جی آر و همکاران^{۳۹}، ۲۰۲۱). همچنین، برای بررسی روایی واگرا از نسبت همبستگی ناهم‌صفت به هم‌صفت (HTMT) استفاده شد. این نسبت با مقایسه میانگین همبستگی‌های بین آیتم‌های دو سازه (ناهم‌صفت) با میانگین همبستگی‌های درون هر سازه (هم‌صفت) محاسبه می‌شود؛ هرچه مقدار HTMT پایین‌تر باشد، تمایز سازه‌ها بیشتر است. آستانه‌های مرسوم برای پذیرش روایی واگرا ۰/۸۵ و ۰/۹۰ هستند (هیر جی آر و همکاران، ۲۰۲۱).

³⁸ Law and Fong

³⁹ Hair Jr et al.

برای سنجش پایایی از معیارهای آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی استفاده شده است که حد قابل قبول این دو معیار ۰/۷ است. آلفای کرونباخ نشانگر همبستگی یک سازه و شاخص‌های مربوط به آن است و پایایی ترکیبی، پایایی سازه‌ها را نه به صورت مطلق بلکه با توجه به همبستگی سازه‌هایشان با هم محاسبه می‌کند (النعمی و همکاران، ۲۰۲۱). برای سنجش برازش مدل درونی از معیارهای Q^2 و R^2 استفاده شده است. معیار Q^2 قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. مقدار Q^2 بزرگتر از صفر برای یک متغیر پنهان درون‌زا نشان می‌دهد که مدل مسیر دارای ارتباط پیش‌بینی کننده برای سازه است. معیار R^2 برای متصل کردن بخش اندازه‌گیری و بخش ساختاری مدل‌سازی معادلات ساختاری به کار می‌رود و نشان از تأثیری دارد که یک متغیر مستقل بر یک متغیر وابسته می‌گذارد. معیار R^2 تنها برای سازه‌های وابسته مدل محاسبه می‌گردد و در مورد سازه‌های برون‌زا مقدار این معیار صفر است. مقدار این شاخص بین صفر تا یک می‌باشد و اگر از ۰/۶ بیشتر باشد، متغیرهای مستقل تا حد زیادی توانسته‌اند تغییرات متغیر وابسته را تبیین کنند. هر چه مقدار R^2 مربوط به سازه‌های درون‌زای مدل بیشتر باشد، نشان از برازش بهتر است (هیر جی آر و همکاران، ۲۰۲۱). در این پژوهش، برازش کلی مدل با شاخص ریشه میانگین مربعات باقیمانده استاندارد (SRMR) و شاخص تناسب به‌هنگار (NFI) مورد سنجش قرار گرفته است. شاخص SRMR بین صفر تا یک است و هر قدر که کوچکتر باشد بیانگر برازش بیشتر کل مدل است. چنانچه SRMR یک مدل ۰/۸ یا کمتر باشد بیانگر برازش بالای مدل است و هر قدر که بیشتر از ۰/۸ باشد بیانگر برازش کمتر مدل است. شاخص تناسب به‌هنگار (NFI) نیز بالای ۰/۷ قابل قبول و بالاتر از ۰/۹ مطلوب است (النعمی و همکاران، ۲۰۲۱).

۴. یافته‌ها

در این پژوهش، ۳۸۴ نفر از کارکنان صنعت خودروسازی در نظر گرفته شدند. از نظر سنی، بیشتر پاسخ‌دهندگان در بازه ۳۱ تا ۴۰ سال قرار داشتند (۴۷٪)، در حالی که ۳۲٪ در گروه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال و ۲۱٪ در گروه ۴۱ تا ۵۰ سال بودند؛ این توزیع سنی نشان‌دهنده غلبه نیروهای میان‌سال در نمونه پژوهش است. از نظر تحصیلات، ۴۳٪ دارای مدرک کارشناسی، ۴۰٪ کارشناسی ارشد یا بالاتر و تنها ۱۷٪ دارای مدرک زیر دیپلم یا دیپلم بودند که نشان از سطح تحصیلی نسبتاً بالای جامعه آماری دارد. همچنین، ۷۵٪ پاسخ‌دهندگان مرد و ۲۵٪ زن بودند. از نظر سابقه شغلی، ۲۸٪ دارای سابقه کمتر از ۵ سال، ۴۶٪ بین ۵ تا ۱۵ سال و ۲۶٪ دارای سابقه بیش از ۱۵ سال بوده‌اند، که این ترکیب نشان‌دهنده تجربه شغلی مناسب در میان پاسخ‌دهندگان است.

جدول ۱ بار عاملی و مقدار VIF سوالات پرسشنامه پژوهش را نشان می‌دهد. تمامی سوالات ضرایب بالاتر از ۰/۴ دارند، که نشان از روایی مناسب پرسشنامه این پژوهش دارد. همچنین، مقدار VIF برای تمام سوالات کمتر از ۵ است، که نشان می‌دهد شاخص‌های اندازه‌گیری هر سازه مستقل از هم بوده و به صورت معتبر و پایا سازه را اندازه‌گیری می‌کنند. همچنین، مقادیر AVE، پایایی و پایایی ترکیبی تمام متغیرها در جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق جدول ۲ روایی همگرا قابل قبول است. تمامی متغیرهای پژوهش از ضریب آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷ برخوردار هستند که نشان از پایایی مناسب پرسشنامه پژوهش دارد. روایی واگرا در سطح متغیر پنهان توسط ماتریس فورنل و لارکر قابل تشخیص است. مطابق جدول ۳، همبستگی یک متغیر با سازه‌های خود در مقایسه با سایر متغیرها بیشتر است که نشان از روایی واگرا قابل قبول پرسشنامه دارد.

جدول ۱. ضرایب بار عاملی و VIF

VIF	بار عاملی	سوال	ابعاد	ردیف
۱/۸۱۳	۰/۸۲۱	سیستم‌های تولید در سازمان به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تعامل مؤثر بین کارکنان و ماشین‌آلات هوشمند جدید امکان‌پذیر باشد.	صنعت ۵.۰	۱
۱/۷۲۲	۰/۸۰۱	در سازمان ما از فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی، ربات‌های همکار و اینترنت اشیا با مشارکت کارکنان استفاده می‌شود.		۲
۱/۵۷۸	۰/۷۷۲	سازمان ما از فناوری‌های دیجیتال برای افزایش رضایت شغلی و ایمنی کارکنان استفاده می‌کند.		۳
۱/۶۶۰	۰/۷۹۵	در سازمان ما، در طراحی فرآیندهای تولید و تصمیم‌گیری هوشمند، رفاه کارکنان در اولویت قرار دارد.		۴
۱/۲۸۷	۰/۷۴۶	ما در زنجیره تأمین خود از تأمین‌کنندگانی استفاده می‌کنیم که دارای گواهی‌های زیست‌محیطی هستند.	اقدامات زنجیره تأمین پایدار	۵
۱/۵۵۱	۰/۸۴۵	سازمان ما به رعایت حقوق نیروی کار در تمامی سطوح زنجیره تأمین پایبند است.		۶
۱/۴۵۲	۰/۷۹۷	هزینه‌های زنجیره تأمین از طریق استفاده از فناوری و بهینه‌سازی فرآیندها کاهش یافته‌اند.		۷
۱/۹۴۵	۰/۸۰۶	فرایندهای انتخاب تأمین‌کنندگان در سازمان ما به دقت طراحی شده‌اند تا از بروز تأخیر و کاهش کیفیت جلوگیری شود.	ریسک زنجیره تأمین	۸
۲/۷۵۵	۰/۸۹۴	سازمان ما برای منابع حیاتی، برنامه‌های جایگزین دارد.		۹
۱/۷۰۳	۰/۷۵۰	ما از ابزارهای ارتباطی نوین و کارآمدی برای کاهش خطاهای هماهنگی استفاده می‌کنیم.		۱۰
۱/۵۶۸	۰/۷۷۱	استفاده از فناوری اطلاعات به بهبود شفافیت در عملیات زنجیره کمک کرده است.		۱۱
۲/۴۶۶	۰/۸۵۸	محصولات یا خدمات ما نسبت به رقبای ما از کیفیت بالاتری برخوردارند.	مزیت رقابتی پایدار	۱۲
۱/۹۲۰	۰/۷۷۱	سازمان ما به صورت مستمر نوآوری‌هایی ارائه می‌دهد که در محصولات یا فرآیندها قابل مشاهده است.		۱۳
۲/۶۸۵	۰/۸۶۳	مشتریان سازمان ما را به‌عنوان گزینه‌ای قابل اعتماد و متمایز از رقبای ما می‌شناسند.		۱۴
۲/۲۹۴	۰/۸۳۷	ارزش سازمان ما حاصل سال‌ها تجربه، دانش تخصصی و روابط پایدار با شرکای زنجیره است.		۱۵
۱/۸۷۴	۰/۸۶۹	در شرکت ما، عوامل زیست‌محیطی (مانند کاهش آلودگی و مصرف انرژی) به‌طور مؤثر مدیریت می‌شوند.	عملکرد زنجیره تأمین	۱۶
۱/۷۷۸	۰/۸۳۴	فرآیندهای عملیاتی (مانند تولید، حمل‌ونقل و مدیریت موجودی) در شرکت ما روان و اثربخش هستند.		۱۷
۱/۵۳۶	۰/۸۲۳	شرکت ما در مسیر توسعه استفاده از فناوری‌های نوین دیجیتال، عملکرد قابل قبولی دارد.		۱۸

جدول ۲. مقادیر AVE، پایایی و پایایی ترکیبی

AVE	پایایی ترکیبی	آلفای کرونباخ	متغیرها
۰/۶۳۵	۰/۸۳۹	۰/۷۱۲	اقدامات زنجیره تأمین پایدار
۰/۶۳۶	۰/۸۷۵	۰/۸۰۹	صنعت ۵.۰
۰/۷۱۰	۰/۸۸۰	۰/۷۹۶	عملکرد زنجیره تأمین
۰/۶۹۸	۰/۹۰۲	۰/۸۵۵	مزیت رقابتی پایدار
۰/۶۵۱	۰/۸۸۱	۰/۸۱۹	کاهش ریسک زنجیره تأمین

جدول ۳. جدول فورنل- لارکر

اقدامات زنجیره تأمین پایدار	صنعت ۵.۰	عملکرد زنجیره تأمین	مزیت رقابتی پایدار	کاهش ریسک زنجیره تأمین
اقدامات زنجیره تأمین پایدار	۰/۷۹۷			
استقرار صنعت ۵.۰	۰/۷۹۳	۰/۷۹۷		
عملکرد زنجیره تأمین	۰/۶۱۴	۰/۶۷۱	۰/۸۴۲	
مزیت رقابتی پایدار	۰/۶۶۸	۰/۶۶۳	۰/۷۳۲	۰/۸۳۵
کاهش ریسک زنجیره تأمین	۰/۷۳۶	۰/۷۵۷	۰/۶۵۶	۰/۶۷۲

در جدول شماره ۴، شاخص HTMT گزارش شده است. تمامی مقادیر HTMT کمتر از ۰/۹۰ بوده و بدین ترتیب روایی و اگر تأیید می‌شود. با معیار سخت گیرانه ۰/۸۵، تنها سه جفت سازه (اقدامات پایدار-مزیت رقابتی، ۰/۸۵۳؛ عملکرد-مزیت رقابتی، ۰/۸۸۵؛ کاهش ریسک-اقدامات پایدار، ۰/۸۶۷) اندکی بالاتر از آستانه قرار دارند که به دلیل نزدیکی مفهومی انتظار می‌رود.

جدول ۴. مقادیر شاخص HTMT

اقدامات زنجیره تأمین پایدار	صنعت ۵.۰	عملکرد زنجیره تأمین	مزیت رقابتی پایدار	کاهش ریسک زنجیره تأمین
اقدامات زنجیره تأمین پایدار				
استقرار صنعت ۵.۰	۰/۸۱۰			
عملکرد زنجیره تأمین	۰/۸۰۸	۰/۸۳۵		
مزیت رقابتی پایدار	۰/۸۵۳	۰/۸۰۱	۰/۸۸۵	
کاهش ریسک زنجیره تأمین	۰/۸۶۷	۰/۸۲۹	۰/۸۰۶	۰/۸۰۸

در جدول ۵، مقادیر Q^2 و R^2 برای متغیرهای وابسته محاسبه شده است. براساس مقادیر جدول ۵، برازش ساختاری مورد تأیید قرار گرفته است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود معیار Q^2 بزرگتر از صفر است که نشان از قدرت پیش‌بینی مناسب مدل پژوهش دارد. همچنین، متغیرهای درون‌زا مدل مفهومی پژوهش از مقدار R^2 مطلوبی برخوردار هستند که نشان از این دارد که متغیرهای وابسته به خوبی توسط متغیرهای مستقل پژوهش تبیین شده است.

جدول ۵. معیارهای مرتبط با برازش مدل ساختاری

ردیف	متغیرهای درون زا	R ²	Q ²
۱	اقدامات زنجیره تامین پایدار	۰/۶۲۹	۰/۳۸۲
۲	عملکرد زنجیره تامین	۰/۴۶۸	۰/۳۱۰
۳	مزیت رقابتی پایدار	۰/۵۳۶	۰/۳۵۲
۴	کاهش ریسک زنجیره تامین	۰/۶۲۳	۰/۳۸۰

مطابق جدول ۶، اندازه اثر متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته قابل قبول است.

جدول ۶. اندازه اثر F²

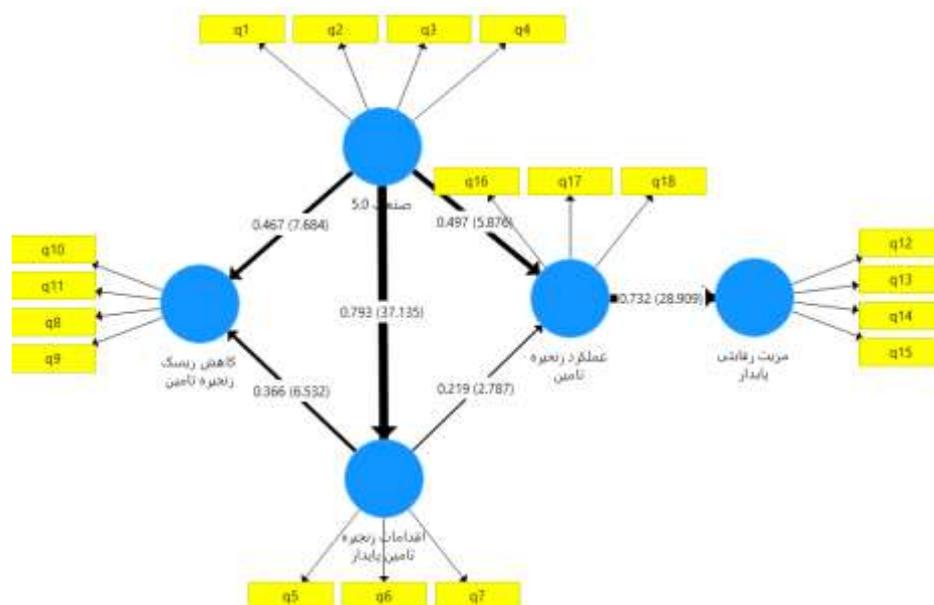
	اقدامات زنجیره تامین پایدار	صنعت ۵.۰	عملکرد زنجیره تامین	مزیت رقابتی پایدار	کاهش ریسک زنجیره تامین
اقدامات زنجیره تامین پایدار			۰/۰۳۴		۰/۱۳۱
صنعت ۵.۰	۱/۶۹۸		۰/۱۷۲		۰/۲۱۵
عملکرد زنجیره تامین				۰/۱۵۴	
مزیت رقابتی پایدار					
کاهش ریسک زنجیره تامین					

نتایج جدول شماره ۶ نشان می‌دهد که مفهوم بالقوه صنعت ۵.۰ و اجرای آن در آینده، اثر بسیار بزرگی بر اقدامات زنجیره تامین پایدار دارد (۱/۶۹۸) و تأثیر آن بر عملکرد زنجیره تامین (۰/۱۷۲) و کاهش ریسک زنجیره تامین (۰/۲۱۵) در حد متوسط ارزیابی می‌شود. اقدامات زنجیره تامین پایدار نیز اثری کوچک بر استقرار صنعت ۵.۰ (۰/۰۳۴) و اثری متوسط بر کاهش ریسک زنجیره تامین (۰/۱۳۱) دارد. از سوی دیگر، عملکرد زنجیره تامین دارای اثر متوسطی بر مزیت رقابتی پایدار (۰/۱۵۴) است. این نتایج بیانگر آن است که پیاده‌سازی مؤلفه‌های صنعت ۵.۰ در بهبود پایداری، عملکرد و کاهش ریسک زنجیره تامین نقش دارد و از طریق آن، دستیابی به مزیت رقابتی پایدار تقویت می‌شود.

در تحلیل برازش مدل، مقدار SRMR برابر با ۰/۰۷۲ به دست آمده است، که نشان از برازش مناسب کلی مدل پژوهش دارد. مقدار آماره NIF نیز ۰/۷۲۸ به دست آمده است که نشان از برازش قابل قبول مدل دارد. برای برازش مدل ساختاری پژوهش از چندین معیار استفاده می‌شود که مهمترین معیار آماره t است که در نرم‌افزار Smart PLS با استفاده از دستور Bootstrapping محاسبه می‌شوند. برازش مدل ساختاری با استفاده از آماره t به این صورت است که این ضرایب باید از ۱/۹۶ بیشتر باشند تا در سطح معناداری ۰/۹۵ معنادار بودن آن‌ها را تأیید کرد. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌های پژوهش (آماره t و ضرایب مسیر در سطح معناداری ۰/۹۵) در جدول ۷ خلاصه شده و در شکل ۲ مدل ساختاری پژوهش نمایش داده شده است. نتایج نشان می‌دهد تمامی فرضیه‌های پژوهش تأیید شده‌اند.

جدول ۷. نتایج حاصل از آزمون فرضیه‌ها

نتیجه	ضریب مسیر	آماره t	مسیر
تأیید	۰/۷۹۳	۳۷/۱۳۵	تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر اقدامات زنجیره تأمین پایدار صنعت خودروسازی
تأیید	۰/۴۹۷	۵/۸۷۶	تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر عملکرد زنجیره تأمین صنعت خودروسازی
تأیید	۰/۴۶۷	۴/۶۸۴	تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر کاهش ریسک زنجیره تأمین صنعت خودروسازی
تأیید	۰/۳۶۶	۶/۵۳۲	اقدامات زنجیره تأمین پایدار بر کاهش ریسک زنجیره تأمین صنعت خودروسازی
تأیید	۰/۲۱۹	۲/۷۸۷	اقدامات زنجیره تأمین پایدار بر عملکرد زنجیره تأمین صنعت خودروسازی
تأیید	۰/۱۷۴	۲/۸۵۹	میانجی اقدامات زنجیره تأمین پایدار در تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر عملکرد زنجیره تأمین خودروسازی
تأیید	۰/۲۹۰	۶/۷۰۲	میانجی اقدامات زنجیره تأمین پایدار در تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر کاهش ریسک زنجیره تأمین
تأیید	۰/۷۳۲	۲۸/۹۰۹	عملکرد زنجیره تأمین بر مزیت رقابتی پایدار صنعت خودروسازی



شکل ۲. مدل ساختاری پژوهش

۵. بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر عملکرد، کاهش ریسک، و مزیت رقابتی پایدار زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی انجام شد. همچنین نقش میانجی اقدامات زنجیره تأمین پایدار در روابط علی میان مفهوم بالقوه صنعت ۵.۰ و پیامدهای کلیدی زنجیره تأمین بررسی گردید. نتایج حاصل از مدل‌سازی معادلات ساختاری، مؤید آن است که صنعت ۵.۰ نه تنها اثر مستقیمی بر عملکرد و کاهش ریسک دارد، بلکه از طریق اقدامات پایدار نیز نقش معناداری ایفا می‌کند. همچنین، مشخص شد که عملکرد زنجیره تأمین بر مزیت رقابتی پایدار اثر گذار است. در ادامه، به تفسیر نتایج هر یک از فرضیه‌های پژوهش به صورت جداگانه پرداخته می‌شود.

نتایج مدل‌سازی معادلات ساختاری نشان می‌دهد که صنعت ۵.۰ تأثیر مثبت و معناداری بر اقدامات زنجیره تأمین پایدار دارد. این یافته حاکی از آن است که در صنعت خودروسازی، بهره‌گیری از صنعت ۵.۰ در آینده می‌تواند محرک مهمی

در جهت استقرار و تقویت اصول پایداری در زنجیره تأمین باشد. در صنعت خودروسازی که معمولاً دارای زنجیره‌های تأمین پیچیده و چندمرحله‌ای است، استفاده از فناوری‌های صنعت ۵.۰ می‌تواند فرآیندهای سبز را تسهیل کرده، مدیریت مصرف انرژی و مواد اولیه را بهینه‌سازی کرده و در نهایت شاخص‌های کلیدی پایداری زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی را ارتقا بخشد. برای مثال، هوش مصنوعی می‌تواند در پیش‌بینی تقاضا و کاهش ضایعات تولید نقش ایفا کند، در حالی که بلاکچین امکان ردیابی مواد اولیه و کنترل اصالت تأمین‌کنندگان را فراهم می‌سازد. مطالعات اخیر نیز بر این ارتباط تأکید کرده‌اند. مطالعه جمیل و همکاران (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که فناوری‌های نسل پنجم صنعتی می‌توانند از طریق افزایش شفافیت اطلاعات، نوآوری در طراحی محصول، و ارتقای اتوماسیون اخلاق‌محور، مسیر دستیابی به زنجیره تأمین پایدار را هموار کنند. همچنین، پژوهش معصومی و همکاران (۲۰۲۳) تأکید دارد که مزایای کلیدی صنعت ۵.۰ از جمله ماژولار کردن زنجیره تأمین، شبکه‌سازی پیچیده، و رویکردهای اجتماعی محور می‌توانند چالش‌های پایداری را در زنجیره‌های تأمین انرژی و تولید حل و فصل نمایند. این یافته تأییدی بر این دیدگاه است که توسعه اقدامات زنجیره تأمین پایدار دیگر تنها وابسته به سیاست‌های محیط‌زیستی یا مسئولیت اجتماعی نیست، بلکه به‌شدت به ظرفیت فناوریانه و انسان‌محور سازمان برای تطبیق با تغییرات و استفاده از صنعت ۵.۰ وابسته شده است. سو و همکاران (۲۰۲۵) نیز نشان دادند که پیاده‌سازی موفق صنعت ۵.۰ می‌تواند پایداری و مقاومت آن را بهبود بخشد. به طور مشابه، بر اساس نتایج وو و همکاران (۲۰۲۵)، صنعت ۵.۰ منجر به افزایش پایداری و تاب‌آوری زنجیره‌تأمین می‌شود. پیشنهاد می‌شود نظام ممیزی محیط‌زیستی و اجتماعی تأمین‌کنندگان استقرار یابد، رهگیری بلادرنگ مواد و قطعات بحرانی در زنجیره یکپارچه شود، مدیریت هوشمند انرژی در خطوط بدنه و رنگ پیاده‌سازی شود و گزارش‌دهی منظم پسماند و مصرف منابع در سطح کارخانه و تأمین‌کنندگان نهادینه گردد.

بر اساس نتایج، صنعت ۵.۰ تأثیر مثبت و معناداری بر عملکرد زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی دارد. این یافته حاکی از آن است که به‌کارگیری رویکردهای نوین صنعت ۵.۰ در آینده می‌تواند به‌طور مستقیم موجب ارتقای عملکرد زنجیره تأمین گردد. بر اساس پژوهش نظریان و خان (۲۰۲۵)، صنعت ۵.۰ با تکیه بر همگرایی فناوری‌های پیشرفته و تأکید بر انسان‌محوری و مسئولیت‌پذیری اجتماعی، بستری فراهم می‌سازد که به‌واسطه آن می‌توان به بهبود شاخص‌های عملکردی دست یافت که با نتیجه حاضر همراستا است. صنعت ۵.۰ با فراهم کردن ابزارهای تحلیل پیش‌بین^{۴۱} بر پایه هوش مصنوعی، توانایی زنجیره را در پیش‌بینی تقاضا، بهینه‌سازی سطوح موجودی، و جلوگیری از کمبود یا مازاد مواد اولیه و قطعات افزایش می‌دهد. همچنین، استفاده از حسگرهای هوشمند و سامانه‌های ردیابی، شفافیت و قابلیت رصد لحظه‌ای عملیات را فراهم می‌سازد که این امر موجب کاهش خطا، افزایش بهره‌وری، و سرعت‌بخشی به فرآیندهای لجستیکی می‌شود. چنین پیشرفت‌هایی مستقیماً بر بهبود شاخص‌های عملکردی نظیر زمان تحویل، کیفیت خدمات، و هزینه کل زنجیره تأمین اثرگذار است. پژوهش قباخلو و همکاران (۲۰۲۳) تأکید می‌کند که یکی از خروجی‌های مستقیم نقشه راه استراتژیک صنعت ۵.۰، افزایش کارایی، هماهنگی و انسجام عملیاتی در زنجیره تأمین است. به طور مشابه، وو و همکاران (۲۰۲۵) نیز نشان دادند که اقدامات صنعت ۵.۰ منجر به افزایش تاب‌آوری زنجیره‌تأمین به عنوان یک شاخص عملکردی مهم می‌گردد. همچنین، فیصول و همکاران (۲۰۲۵) نیز به طور مشابه تأکید می‌کنند که پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ باعث بهبود عملکرد زنجیره‌تأمین می‌شود. پیشنهاد می‌شود نگهداشت پیش‌بین تجهیزات گلوگاهی پیاده‌سازی شود، زمان‌بندی تولید بر پایه پیش‌بینی تقاضای داده‌محور تنظیم گردد، جریان مواد با کانبان دیجیتال و جابه‌جایی خودکار بهینه‌سازی شود و کنترل کیفیت بین‌فرایندی مبتنی بر بینایی ماشین در ایستگاه‌های کلیدی برقرار گردد.

⁴¹ Predictive Analytics

صنعت ۵.۰ تأثیر مثبت و معناداری بر کاهش ریسک زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی دارد. این یافته نشان‌دهنده آن است که بهره‌گیری از صنعت ۵.۰ می‌تواند به شکل مؤثری از شدت و فراوانی ریسک‌های زنجیره تأمین بکاهد. زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی، به دلیل پیچیدگی بالا، وابستگی به تأمین‌کنندگان متعدد، ماهیت جهانی تولید، نوسانات بازار، و چالش‌های زیست‌محیطی و اجتماعی، همواره در معرض انواع ریسک‌ها قرار دارد. ریسک‌هایی مانند بی‌ثباتی تقاضا، نوسانات قیمت مواد اولیه، تأخیرهای تأمین، نبود تنوع در منابع تأمین، و اختلالات لجستیکی از جمله عوامل تهدیدکننده هستند. در این زمینه، صنعت ۵.۰ با تمرکز بر فناوری‌های پیشرفته، داده‌محوری، و انسان‌محوری، راهکارهایی برای پیش‌بینی، شناسایی و مدیریت ریسک‌های زنجیره تأمین فراهم می‌آورد. پژوهش کارماکر و همکاران (۲۰۲۴) تأکید دارد که ادغام یادگیری ماشین، اینترنت اشیا و داده‌های لحظه‌ای موجب افزایش توان پیش‌بینی و واکنش سریع به اختلالات می‌شود، که خود یک عامل حیاتی در کاهش ریسک‌های عملیاتی و استراتژیک زنجیره تأمین است. استفاده از فناوری بلاکچین، که شفافیت و قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین را افزایش می‌دهد، منجر به کاهش ریسک‌های مرتبط با تقلب، آسیب‌پذیری اطلاعاتی، و عدم مسئولیت‌پذیری تأمین‌کنندگان می‌شود. در صنعت خودروسازی که با زنجیره‌های تأمین چندلایه، جهانی، و حساس مواجه است، صنعت ۵.۰ می‌تواند به کاهش ریسک‌های حیاتی مانند نوسانات قیمت، عدم تطابق کیفیت، اختلالات حمل‌ونقل، و حتی آسیب به برند منجر شود. یافته‌های پژوهش حاضر از نظر تأکید بر انسان‌محوری در مدیریت ریسک، با نتایج مطالعه بیات‌زاده و طلایی (۱۴۰۳) همراستا است. آن‌ها در انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار و تاب‌آور، معیار انسان‌محوری را برتر از سایر شاخص‌ها ارزیابی کرده‌اند. این مسأله نشان می‌دهد که صنعت ۵.۰ نه تنها از بعد فناورانه، بلکه با رویکردی انسان‌محور به تاب‌آوری زنجیره کمک می‌کند و این، خود مصداقی از کاهش ریسک‌های رفتاری، منابع انسانی و اختلالات ناشی از عدم مشارکت ذی‌نفعان است. همچنین، سو و همکاران (۲۰۲۵) نشان دادند که محرک‌های صنعت ۵.۰ باعث کاهش ریسک و افزایش تاب‌آوری زنجیره تأمین می‌شود. پیشنهاد می‌شود تنوع منبع برای اقلام بحرانی اعمال شود، مرکز کنترل زنجیره با هشدارهای پیش‌بین اختلال راه‌اندازی گردد، قراردادهای ظرفیت انعطاف‌پذیر با تأمین‌کنندگان کلیدی به کار گرفته شود و سناریونویسی و مانور تداوم کسب‌وکار به صورت دوره‌ای اجرا گردد.

بهره‌گیری از شیوه‌های پایدار و مسئولانه در مدیریت زنجیره تأمین، می‌تواند به‌طور مؤثر در مهار و کاهش انواع ریسک‌های زنجیره تأمین نقش آفرینی کند. اقدامات زنجیره تأمین پایدار می‌توانند ریسک‌ها را شناسایی، پیش‌بینی و تا حد زیادی کنترل کنند. مطالعه جمیل و همکاران (۲۰۲۴) حاکی از آن است که بهره‌گیری از فناوری‌های نوین در کنار ملاحظات پایداری، نقش چشم‌گیری در بهبود تاب‌آوری و کاهش اختلالات زنجیره تأمین دارد. یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که رویکردهای پایدار همراه با استفاده از مزایای صنعت ۵.۰ می‌تواند میزان اختلالات، اتلاف منابع و خطرات زیست‌محیطی را به شکل معناداری کاهش دهد. همچنین، پژوهش بیات‌زاده و طلایی (۱۴۰۳) نیز بر این نکته تأکید دارد که به‌کارگیری معیارهای محیط‌زیستی، اجتماعی و فناورانه در انتخاب تأمین‌کنندگان و مدیریت زنجیره، موجب افزایش تاب‌آوری عملیاتی و کاهش آسیب‌پذیری در برابر ریسک‌های داخلی و خارجی می‌شود. از نظر سو و همکاران (۲۰۲۵)، اقدامات زنجیره تأمین پایدار نه تنها موجب کاهش وابستگی به منابع محدود و تأمین‌کنندگان پرریسک می‌شود، بلکه با ارتقاء استانداردهای اخلاقی و زیست‌محیطی، ریسک‌های شهرتی و قانونی را نیز کاهش می‌دهد که با نتایج پژوهش حاضر همراستا است. پیشنهاد می‌شود الزامات ایمنی و محیط‌زیست در قراردادهای تأمین درج شود، برنامه توسعه تأمین‌کننده بر فرایندهای پرریسک متمرکز گردد، بسته‌بندی مقاوم و لجستیک معکوس برای قطعات حساس به کار گرفته شود و ردیابی منشأ مواد اولیه در سراسر زنجیره تثبیت گردد.

اتخاذ راهبردهای پایداری در ابعاد زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی می‌تواند عاملی کلیدی در ارتقای کارایی، اثربخشی و پاسخگویی زنجیره تأمین خودروسازی باشد. در محیط رقابتی و متغیر کنونی، سازمان‌ها با فشارهای فزاینده‌ای

از سوی ذی‌نفعان، نهادهای قانون‌گذار، و مشتریان برای پیاده‌سازی عملیات پایدار مواجه هستند. در این شرایط، رویکردهای زنجیره تأمین پایدار نه تنها به کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک می‌کنند، بلکه منجر به بهبود شاخص‌های عملکردی همچون زمان تحویل، کیفیت خدمات، هزینه کل، انعطاف‌پذیری و قابلیت اطمینان نیز می‌شوند. زنجیره تأمین پایدار با پیاده‌سازی راهبردهایی همچون کاهش ضایعات، استفاده مؤثر از منابع، همکاری بلندمدت با تأمین‌کنندگان، رعایت اصول اخلاقی و اجتماعی، و اجرای استانداردهای زیست‌محیطی، امکان بهینه‌سازی عملکرد را در سطح فرآیندهای داخلی و روابط بین سازمانی فراهم می‌سازد. برای نمونه، سازمان‌هایی که مدیریت انرژی و مصرف منابع را به‌عنوان بخشی از رویکرد پایداری خود در نظر می‌گیرند، غالباً شاهد بهبود در بهره‌وری عملیات و کاهش هزینه‌های تولید هستند. همچنین، همکاری با تأمین‌کنندگان مسئولیت‌پذیر و شفاف‌سازی زنجیره تأمین، ریسک‌های عملیاتی را کاهش داده و سرعت پاسخ‌گویی به تقاضا را افزایش می‌دهد. قباخلو و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به نقش اقدامات پایدار در بهبود انسجام عملیاتی و هماهنگی میان حلقه‌های مختلف زنجیره تأمین پرداخته‌اند و تأکید دارند که این رویکردها، به‌ویژه در صنایعی با پیچیدگی بالا، نه تنها کارایی را افزایش می‌دهند بلکه از بروز اختلالات نیز پیشگیری می‌کنند. همچنین، بررسی معصومی و همکاران (۲۰۲۳) نیز حاکی از آن است که سرمایه‌گذاری در رویکردهای پایداری، از طریق ارتقای مسئولیت اجتماعی و حفظ منابع طبیعی، منجر به افزایش قابلیت انعطاف و چابکی زنجیره تأمین می‌شود. پیشنهاد می‌شود بهینه‌سازی مصرف انرژی و آب در فرایندهای رنگ و کوره‌ها اجرا شود، کاهش تنوع مواد و قطعات در طراحی اعمال گردد، چیدمان و مسیرهای حمل داخلی بازطراحی شود و پروژه‌های مشترک بهبود کیفیت با تأمین‌کنندگان برای کاهش دوباره کاری پیش برده شود.

اقدامات زنجیره تأمین پایدار، نقش میانجی در رابطه بین صنعت ۵.۰ و عملکرد زنجیره تأمین ایفا می‌کند. این یافته بیانگر آن است که تأثیر صنعت ۵.۰ بر بهبود عملکرد زنجیره تأمین، به‌صورت مستقیم نیست و بخشی از این تأثیر می‌تواند از طریق ارتقای اقدامات پایداری در زنجیره تأمین منتقل شود. صنعت ۵.۰ با تسهیل ردیابی منابع، بهینه‌سازی مصرف انرژی، افزایش شفافیت در فرآیندها، و تسریع در تصمیم‌گیری‌های عملیاتی، می‌تواند اقدامات پایداری را در زنجیره‌های تأمین تقویت کند. از طرفی، همین اقدامات پایداری هستند که به‌نوبه خود منجر به بهبود عملکرد زنجیره تأمین در ابعاد مختلف همچون زمان تحویل، کیفیت، کاهش ضایعات، و افزایش انعطاف‌پذیری می‌شوند. مطالعه معصومی و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که رابطه بین قابلیت‌های فناورانه و عملکرد زنجیره تأمین زمانی تقویت می‌شود که اقدامات مسئولانه و پایداری در زنجیره به‌عنوان یک بستر واسط و تسهیل‌گر وجود داشته باشد. در پژوهش قباخلو و همکاران (۲۰۲۳) نیز تأکید شده است که سازمان‌هایی که هم‌زمان از فناوری‌های پیشرفته و اصول پایداری بهره می‌برند، عملکرد بالاتری نسبت به سازمان‌هایی دارند که صرفاً یکی از این دو عامل را دنبال می‌کنند. لی و همکاران (۲۰۲۵) نیز در پژوهشی به نقش میانجی مدیریت فرایندهای پایدار بین صنعت ۵.۰ و عملکرد سازمان اشاره کرده‌اند. به‌طور مشابه، نتایج پژوهش امیری و همکاران (۱۴۰۴) نیز نشان داد که کسب آمادگی برای صنعت ۵.۰ به‌طور معناداری موجب ارتقای کارایی و پاسخگویی می‌شود و این دو عامل نیز مزیت رقابتی را تقویت کرده و در نهایت به رشد پایدار کسب‌وکار منجر می‌گردند. در صنعت خودروسازی، که با چالش‌هایی چون مصرف بالای انرژی، تولید انبوه، و تأمین‌کنندگان چندسطحی مواجه است، هماهنگی بین رویکردهای فناورانه و پایداری می‌تواند کلید ارتقای عملکرد باشد. برای مثال، استفاده از الگوریتم‌های هوشمند در برنامه‌ریزی تولید، اگر با هدف کاهش ضایعات و بهینه‌سازی مصرف مواد اولیه انجام گیرد، هم به پایداری کمک می‌کند و هم کارایی را ارتقا می‌دهد. پیشنهاد می‌شود پایلوت‌های پایداری مبتنی بر فناوری در ایستگاه‌های منتخب اجرا و پس از ارزیابی، به خطوط دیگر تعمیم داده شود و داشبوردهای تحلیلی برای انتساب بهبودهای عملکرد به اقدامات پایداری راه‌اندازی گردد.

بخشی از تأثیر صنعت ۵.۰ در کاهش ریسک‌های زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی می‌تواند از طریق تقویت و به‌کارگیری اقدامات پایداری منتقل شود. در محیط پویای صنعت خودروسازی، مدیریت ریسک‌های زنجیره تأمین یک

ضرورت استراتژیک تلقی می‌شود. صنعت ۵.۰ می‌تواند با فراهم آوردن ابزارهای پیشرفته این امکان را فراهم کند تا سازمان‌ها با دقت بیشتری ریسک‌های بالقوه را شناسایی و پیش از وقوع، آن‌ها را کنترل و مهار کنند. اقدامات زنجیره تأمین پایدار عواملی هستند که به کاهش ریسک‌های عملیاتی، زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی زنجیره تأمین کمک می‌کنند. پژوهش جمیل و همکاران (۲۰۲۴) تأکید دارد که صنعت ۵.۰ زمانی می‌تواند منجر به کاهش ریسک شود که با شفاف‌سازی زنجیره تأمین، ایجاد ردیابی کامل در مسیر تأمین، و ایجاد پلتفرم‌های اشتراک اطلاعات لحظه‌ای، از بروز بحران‌های ناگهانی جلوگیری کند. اما در کنار این، آن‌ها خاطر نشان می‌کنند که شرکت‌هایی که رویکردهای پایداری را نیز به‌طور جدی در زنجیره خود پیاده می‌کنند، در مدیریت ریسک موفق‌تر هستند. به‌طور مشابه، نظریان و خان (۲۰۲۴) نشان دادند که صنعت ۵.۰ تأثیر مستقیمی بر میزان شفافیت دارد، و شفافیت نقش میانجی در کاهش ریسک ایفا می‌کند. در صنعت خودروسازی، اقدامات پایداری مانند انتخاب تأمین‌کنندگان منطقه‌ای، طراحی سبز قطعات، و بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر، نه تنها مزایای زیست‌محیطی دارند بلکه تاب‌آوری و ایمنی زنجیره را نیز ارتقا می‌بخشند. پیشنهاد می‌شود ارزیابی چرخه عمر در تصمیم‌های تأمین اقلام پرریسک الزام شود، پروتکل‌های نگهداشت سبز در تجهیزات گلوگاهی اجرا گردد، آموزش و ممیزی پایداری تأمین‌کنندگان برقرار شود و سامانه شفافیت منشأ مواد عملیاتی گردد.

هرگونه بهبود در عملکرد زنجیره تأمین در گذار به صنعت ۵.۰ می‌تواند نقش مؤثری در ایجاد، حفظ و تقویت مزیت رقابتی برای شرکت‌های خودروسازی ایفا کند. در صنعت خودروسازی، بهینه‌سازی عملکرد زنجیره تأمین می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌های تولید، افزایش سرعت واکنش به نوسانات تقاضا، ارتقاء کیفیت محصول نهایی، و افزایش رضایت مشتریان شود؛ عواملی که همگی در ایجاد مزیت رقابتی پایدار نقش مستقیم دارند. مطالعه قباخلو و همکاران (۲۰۲۳) تأکید می‌کند که در صنایع پیچیده، عملکرد بالای زنجیره تأمین در حوزه‌هایی مانند تحویل به‌موقع، مدیریت موجودی، و پیش‌بینی تقاضا، باعث افزایش چابکی، کاهش وقفه‌های عملیاتی، و افزایش بهره‌وری می‌شود که در نهایت به تمایز رقابتی منجر می‌گردد. مطالعه فاریدا و ستیاوان (۲۰۲۲) نیز یافته‌ای همسو ارائه می‌دهد. آنان در پژوهشی با هدف بررسی نقش راهبردهای کسب و کار بر مزیت رقابتی شرکت‌های کوچک و متوسط دریافتند که عملکرد کسب و کار به‌عنوان یک متغیر میانجی، نقش کلیدی در انتقال اثر راهبردهای کسب و کار به مزیت رقابتی ایفا می‌کند. امیری و همکاران (۱۴۰۴) نیز نشان دادند که کسب آمادگی برای صنعت ۵.۰ موجب ارتقای کارایی و پاسخگویی می‌شود و این دو عامل نیز مزیت رقابتی را تقویت می‌کنند. آن‌ها تأکید کردند که افزایش اثربخشی در عملکرد یکی از مسیرهای اصلی دستیابی به مزیت رقابتی پایدار است. نتایج پژوهش وو و همکاران (۲۰۲۵) نیز نشان می‌دهد که بهبود عملکرد زنجیره تأمین (مانند کارایی و انعطاف‌پذیری از طریق نظارت اینترنت اشیا و مدل تولید چرخشی) به‌طور مستقیم به مزیت رقابتی پایدار منجر می‌شود، زیرا شرکت‌ها با کاهش ضایعات، بهبود شفافیت و پاسخ‌گویی به بازار، جایگاه رقابتی بهتری به دست می‌آورند. در صنعت خودروسازی، کاهش مدت‌زمان تحویل سفارش، توانایی تولید سفارشی، بهبود روابط با تأمین‌کنندگان و اجرای دقیق سیستم‌های کیفیت، همگی از مؤلفه‌هایی هستند که مستقیماً به مزیت رقابتی پایدار منتهی می‌شوند. تدوین نقشه راه فناوری‌محور، توانمندسازی نیروی انسانی در استفاده از ابزارهای هوشمند، و توسعه زیرساخت‌های داده‌محور از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین، اتصال دیجیتال میان شرکای زنجیره و استفاده از سیستم‌های پیش‌بینی، باعث تسریع تصمیم‌گیری و افزایش انعطاف‌پذیری در برابر اختلالات می‌شود. پیشنهاد می‌شود شرکت‌ها با بهره‌گیری از سیاست‌های خرید مسئولانه، ارزیابی مستمر شاخص‌های زیست‌محیطی و حرکت به سوی اقتصاد چرخشی، ریسک‌های زنجیره تأمین را کاهش داده و عملکرد را بهبود بخشند. پیاده‌سازی سیستم‌های شفاف ردیابی مبتنی بر فناوری و تنوع‌بخشی به منابع تأمین با معیارهای ESG نیز می‌تواند تاب‌آوری زنجیره را افزایش دهد.

این پژوهش با وجود ارائه بینش‌هایی در مورد تأثیر بالقوه صنعت ۵.۰ بر عملکرد، ریسک و مزیت رقابتی پایدار زنجیره تأمین در صنعت خودروسازی، با محدودیت‌هایی مواجه است. با توجه به اینکه پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ در صنعت خودروسازی ایران هنوز در مراحل اولیه قرار دارد یا به‌طور گسترده اجرا نشده است، داده‌های جمع‌آوری‌شده از پاسخ‌دهندگان ممکن است بیشتر بر اساس آگاهی نظری یا انتظارات از تأثیرات صنعت ۵.۰ تا تجربه عملی باشد. این موضوع باعث می‌شود که یافته‌های پژوهش به جای توصیف وضعیت موجود، بیشتر جنبه تجویزی و پیش‌بینی‌کننده برای آینده داشته باشند. پاسخ‌دهندگان عمدتاً بر اساس دانش مفهومی یا تجربه محدود با فناوری‌های دیجیتال پاسخ داده‌اند. در این پژوهش، متغیرهای کنترلی در سطح سازمان (نظیر اندازه شرکت و سابقه فعالیت) در مدل ساختاری منظور نشد. پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، داده‌های دقیق‌تری درباره اندازه و سابقه شرکت، نوع مالکیت، جایگاه در زنجیره و گرایش بازار گردآوری و به‌صورت متغیرهای کنترلی در مدل لحاظ شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود محققان به بررسی نقش متغیرهای میانجی دیگری مانند نوآوری در فرایند، تاب‌آوری سازمانی، انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین و بلوغ دیجیتال پردازند تا تصویر کامل‌تری از مسیر اثرگذاری صنعت ۵.۰ بر مزیت رقابتی پایدار ترسیم شود. همچنین توصیه می‌شود مطالعات تطبیقی میان صنایع مختلف با سطوح بلوغ متفاوت در پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ در آینده انجام شود. درحالی‌که تمرکز این پژوهش بر صنعت خودروسازی بوده، بررسی صنایعی مانند فولاد، پتروشیمی، صنایع غذایی و الکترونیک می‌تواند به تعمیم‌پذیری نتایج کمک کند. علاوه بر این، تحلیل اثر عوامل اندازه سازمان، ساختار زنجیره، شدت رقابت یا رویکردهای استراتژیک نیز می‌تواند به شناسایی شرایط موفق برای گذار به پیاده‌سازی صنعت ۵.۰ در نهایت، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران از روش‌های کیفی مانند مصاحبه و تحلیل محتوا برای واکاوی دیدگاه‌های ذی‌نفعان مختلف نسبت به فرصت‌ها و چالش‌های صنعت ۵.۰ بهره‌گیرند. همچنین استفاده از مدل‌سازی پویایی سیستم برای شبیه‌سازی اثرات بلندمدت این تحول و طراحی ابزارهای بومی‌سازی‌شده برای سنجش استقرار صنعت ۵.۰ در ایران، گامی مؤثر در جهت توسعه دانش بومی و تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد در حوزه تحول دیجیتال صنعتی خواهد بود.

تشکر و قدردانی:

نویسنده از تمام افرادی که در مرحله جمع‌آوری داده‌ها یاری رساندند تشکر می‌کند.

تعارض منافع:

هیچ تعارض منافی وجود ندارد.

منابع

امیری، مقصود؛ طلائی، حمیدرضا و بیات زاده، شهاب. (۱۴۰۴). بررسی تأثیر آمادگی برای صنعت ۵.۰ بر رشد پایدار کسب‌وکار با نقش میانجی کارایی، پاسخگویی و مزیت رقابتی (مورد مطالعه: شرکت فولاد مبارکه اصفهان). *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۳(۷۸).

<https://doi.org/10.22054/jims.2025.86881.2980>

بیات زاده، شهاب و طلائی، حمیدرضا. (۱۴۰۳). شناسایی و ارزیابی معیارهای انتخاب تامین‌کننده پایدار و تاب‌آور با توجه به مفاهیم صنعت ۵.۰ (مورد مطالعه: صنعت فولاد). *تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۹(۴)، ۱۰۴۵-۱۰۶۳.

<https://doi.org/10.22105/dmor.2025.498734.1904>

حمزوی، حسین؛ صالحی صدقیانی، جمشید و آذرپرا، رضا. (۱۴۰۴). بازشناسی و رتبه‌بندی پیشران‌های بهسازی و توسعه کاربست هوش مصنوعی در زنجیره ارزش صنعت نفت و گاز ج.ا.ایران. *مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۱)، ۸۵-۵۹.

<https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38434.1033>

کسچی، بوشرا و چویان، عبدالقدیر. (۱۴۰۴). چارچوبی برای تصمیم‌گیری در مواجهه با موانع زنجیره‌تأمین دیجیتال از طریق فناوری‌های صنعت ۵.۰. *تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات*، ۱۰(۲)، ۲۳۸-۲۶۸.

<https://doi.org/10.22105/dmor.2025.519405.1939>

نادرینا، ندا و خاتمی فیروزآبادی، سید محمدعلی. (۱۴۰۴). مدل تلفیقی دلفی-DANP-فازی برای اولویت‌بندی چالش‌های زنجیره تأمین دیجیتال در صنعت لبنی. *مدیریت زنجیره ارزش راهبردی*، ۲(۲).

<https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38675.1040>

References

- Alabi, A. T. (2025). A Critical Exploration of Industry 5.0 in Sustainable Business Performance of SMEs: A Framework for i5. 0 Integration. In *The Future of Small Business in Industry 5.0*. 85-114. DOI: 10.4018/979-8-3693-7362-0.ch004
- AlNuaimi, B. K., Khan, M., & Ajmal, M. M. (2021). The role of big data analytics capabilities in greening e-procurement: A higher order PLS-SEM analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120808. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120808>
- Bag, S., Rahman, M. S., Srivastava, G., Shore, A., & Ram, P. (2023). Examining the role of virtue ethics and big data in enhancing viable, sustainable, and digital supply chain performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 186, 122154. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122154>
- Birasnav, M., Chaudhary, R., Dunne, J. H., Bienstock, J., & Seaman, C. (2022). Green supply chain management: A theoretical framework and research directions. *Computers & Industrial Engineering*, 172, 108441. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108441>
- Can Sağlam, Y., Yildiz Çankaya, S., & Sezen, B. (2021). Proactive risk mitigation strategies and supply chain risk management performance: an empirical analysis for manufacturing firms in Turkey. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(6), 1224-1244. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2019-0299>
- Chandra, D., & Kumar, D. (2021). Evaluating the effect of key performance indicators of vaccine supply chain on sustainable development of mission indradhanush: A structural equation modeling approach. *Omega*, 101, 102258. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102258>
- Chatterjee, S., & Chaudhuri, R. (2024). Impacts of Industry 5.0 in Supply Chain Flow in Post COVID-19 Era: Moderating Role of Senior Leadership Support. *Information Systems Frontiers*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10796-023-10463-w>
- ElFar, O. A., Chang, C. K., Leong, H. Y., Peter, A. P., Chew, K. W., & Show, P. L. (2021). Prospects of Industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation. *Energy Conversion and Management: X*, 10, 100048. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100048>
- Faisol, Aliami, S., Aswi Ramadhani, R., & Kumar, V. (2025). Industry 5.0 technologies and firm performance: mediating role of supply chain management. *EDPACS*, 1-23. <https://doi.org/10.1080/07366981.2025.2523974>
- Fan, S., Wu, Y., & Yang, R. (2025). Measuring firm-level supply chain risk using a generative large language model. *Finance Research Letters*, 77, 107111. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2025.107111>
- Farida, I., & Setiawan, D. (2022). Business strategies and competitive advantage: the role of performance and innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(3), 163. <https://doi.org/10.3390/joitmc8030163>
- Ghadge, A., Mogale, D. G., Bourlakis, M., Maiyar, L. M., & Moradlou, H. (2022). Link between Industry 4.0 and green supply chain management: Evidence from the automotive industry. *Computers & Industrial Engineering*, 169, 108303. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108303>
- Gigauri, I., & Janjua, L. R. (2023). Digital and sustainable products to achieve sustainable business goals along the path to industry 5.0. In *Digitalization, sustainable development, and industry 5.0: An organizational model for twin transitions* (pp. 25-40). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83753-190-520231003>

- Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Morales, M. E., Nilashi, M., & Amran, A. (2023). Actions and approaches for enabling Industry 5.0-driven sustainable industrial transformation: A strategy roadmap. *Corporate social responsibility and environmental management*, 30(3), 1473-1494. <https://doi.org/10.1002/csr.2431>
- Guo, J., Guo, L., Waheed, A., & Jianhua, Y. (2025). Impact of Industry 5.0 Technologies and Circular Economy on Sustainable Performance: An Evaluation From Stakeholder Theory Perspective. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.70087>
- Hair Jr, J. F., Hult, G. T. M., Ringle, C. M., Sarstedt, M., Danks, N. P., Ray, S., ... & Ray, S. (2021). An introduction to structural equation modeling. *Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) using R: a workbook*, 1-29. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7>
- Hsu, C. H., Wu, J. Z., Zhang, T. Y., & Chen, J. Y. (2024). Deploying Industry 5.0 drivers to enhance sustainable supply chain risk resilience. *International Journal of Sustainable Engineering*, 17(1), 211-238. <https://doi.org/10.1080/19397038.2024.2327381>
- Ivanov, D. (2025). No risk, no fun? A bioinspired adaptation-based framework for supply chain resilience in Industry 5.0. *International Journal of Production Research*, 1-21. <https://doi.org/10.1080/00207543.2025.2496962>
- Jamil, M. A., Mustofa, R., Hossain, N. U. I., Rahman, S. A., & Chowdhury, S. (2024). A structural equation modeling framework for exploring the industry 5.0 and sustainable supply chain determinants. *Supply Chain Analytics*, 6, 100060. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2024.100060>
- Karmaker, C. L., Bari, A. M., Anam, M. Z., Ahmed, T., Ali, S. M., de Jesus Pacheco, D. A., & Maktadir, M. A. (2023). Industry 5.0 challenges for post-pandemic supply chain sustainability in an emerging economy. *International Journal of Production Economics*, 258, 108806. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108806>
- Khan, M. M., Bashar, I., Minhaj, G. M., Wasi, A. I., & Hossain, N. U. I. (2023). Resilient and sustainable supplier selection: an integration of SCOR 4.0 and machine learning approach. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 8(5), 453-469. <https://doi.org/10.1080/23789689.2023.2165782>
- Krakowski, S., Luger, J., & Raisch, S. (2023). Artificial intelligence and the changing sources of competitive advantage. *Strategic Management Journal*, 44(6), 1425-1452. <https://doi.org/10.1002/smj.3387>
- Law, L., & Fong, N. (2020). Applying partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in an investigation of undergraduate students' learning transfer of academic English. *Journal of English for Academic Purposes*, 46, 100884. <https://doi.org/10.1016/j.jeap.2020.100884>
- Li, X., Li, Y., Li, G., & Xu, J. (2025). Sustainable supply chain management practices and performance: The moderating effect of stakeholder pressure. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1), 1-12. <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04676-4>
- Madhavan, M., Sharafuddin, M. A., & Wangtueai, S. (2024). Impact of Industry 5.0 Readiness on Sustainable Business Growth of Marine Food Processing SMEs in Thailand. *Administrative Sciences*, 14(6), 110. <https://doi.org/10.3390/admsci14060110>
- Mahroof, K., Omar, A., Vann Yaroson, E., Tenebe, S. A., Rana, N. P., Sivarajah, U., & Weerakkody, V. (2024). Evaluating the intention to use Industry 5.0 (I5.0) drones for cleaner production in Sustainable Food Supply Chains: an emerging economy context. *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(3), 468-496. <https://doi.org/10.1108/SCM-01-2023-0045>
- Majiwala, H., & Kant, R. (2025). Evaluating Sustainable Development Goals Achieved Through Industry 5.0-Enabled Circular Practices. *Environmental Quality Management*, 34(3), e70069. <https://doi.org/10.1002/tqem.70069>
- Masoomi, B., Sahebi, I. G., Ghobakhloo, M., & Mosayebi, A. (2023). Do industry 5.0 advantages address the sustainable development challenges of the renewable energy supply chain? *Sustainable Production and Consumption*, 43, 94-112. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.10.018>
- Monferdini, L., Tebaldi, L., & Bottani, E. (2025). From Industry 4.0 to Industry 5.0: Opportunities, Challenges, and Future Perspectives in Logistics. *Procedia Computer Science*, 253, 2941-2950. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.018>

- Mukherjee, A. A., Raj, A., & Aggarwal, S. (2023). Identification of barriers and their mitigation strategies for industry 5.0 implementation in emerging economies. *International Journal of Production Economics*, 257, 108770. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108770>
- Nazarian, H., & Khan, S. A. (2024). The impact of industry 5.0 on supply chain performance. *International Journal of Engineering Business Management*, 16, 24-39. <https://doi.org/10.1177/18479790241297022>
- Rehman, A., & Umar, T. (2025). Literature review: Industry 5.0. Leveraging technologies for environmental, social and governance advancement in corporate settings. *Corporate Governance: The International Journal of Business in Society*, 25(2), 229-251. <https://doi.org/10.1108/CG-11-2023-0502>
- Rijwani, T., Kumari, S., Srinivas, R., Abhishek, K., Iyer, G., Vara, H., ... & Gupta, M. (2025). Industry 5.0: A review of emerging trends and transformative technologies in the next industrial revolution. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 19(2), 667-679. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-01943-7>
- Romero, D., & Stahre, J. (2021). Towards the resilient operator 5.0: The future of work in smart resilient manufacturing systems. *Procedia cirp*, 104, 1089-1094.
- Sharma, R., & Gupta, H. (2024). Harmonizing sustainability in industry 5.0 era: Transformative strategies for cleaner production and sustainable competitive advantage. *Journal of Cleaner Production*, 445, 141118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141118>
- Siddiqi, R. A., Codini, A. P., Ishaq, M. I., Jamali, D. R., & Raza, A. (2025). Sustainable supply chain, dynamic capabilities, eco-innovation, and environmental performance in an emerging economy. *Business Strategy and the Environment*, 34(1), 338-350. <https://doi.org/10.1002/bse.3976>
- Wu, H., Liu, J., & Liang, B. (2025). AI-driven supply chain transformation in Industry 5.0: Enhancing resilience and sustainability. *Journal of the Knowledge Economy*, 16(1), 3826-3868. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-01999-6>
- Zhen, Z., & Yao, Y. (2025). The confluence of digital twin and blockchain technologies in Industry 5.0: Transforming supply chain management for innovation and sustainability. *Journal of the Knowledge Economy*, 16(1), 5295-5321. <https://doi.org/10.1007/s13132-024-02151-0>
- Amiri, M., Talaie, H. and Bayatzadeh, S. (2025). Investigating the Impact of Industry 5.0 Readiness on Sustainable Business Growth with the Mediating Role of Efficiency, Responsiveness, and Competitive Advantage: (Case of Study: Mobarakeh Steel Company). *Industrial Management Studies*, 23(78) (In Persian). [doi: 10.22054/jims.2025.86881.2980](https://doi.org/10.22054/jims.2025.86881.2980)
- Bayatzadeh, S., & Talaie, H. (2024). Identifying and evaluating of sustainable and resilient supplier selection criteria according to industry 5.0 concepts (Case study: steel industry). *Journal of decisions and operations research*, 9(4), 1045-1063 (In Persian). <https://doi.org/10.22105/dmor.2025.498734.1904>
- Hamzavi, H., Salehi Sadaghyani, J., & Azarpara, R. (2025). Identifying and ranking the drivers for improving and developing the application of artificial intelligence in the Iranian oil and gas industry value chain. *Strategic Value Chain Management*, 2(1), 59-85 (In Persian). <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38434.1033>
- Kesici, B. and Coban, A. (2025). A decision-making framework for struggling with digital supply chain barriers through Industry 5.0 technologies. *Journal of Decisions and Operations Research*, 10(2), 238-268 (In Persian). [doi: 10.22105/dmor.2025.519405.1939](https://doi.org/10.22105/dmor.2025.519405.1939)
- Nadernia, N. and Khatami Firouzabadi, S. M. A. (2025). An Integrated Fuzzy Delphi–DANP Model for Prioritizing Digital Supply Chain Challenges in the Dairy Industry. *Strategic Value Chain Management*, 2(2), 117-139 (In Persian). <https://doi.org/10.22075/svcm.2025.38675.1040>