

# 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)

**Maghsoud Amiri** 

Professor, Department of industrial management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

**Hamidreza Talaie\*** 

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

**Shahab Bayatzadeh** 

M.Sc. in Industrial management, Department of industrial management, Faculty of Management and Accounting, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

## Abstract

In an era of intensifying global competition and unprecedented environmental, economic, and technological changes, organizations require a high level of readiness to adopt Industry 5.0-based technologies and business models. This study aims to investigate the impact of Industry 5.0 readiness on sustainable business growth, considering the mediating roles of efficiency, responsiveness, and competitive advantage, with a case study of Mobarakeh Steel Company in Iran. Despite the growing body of research on Industry 5.0, a literature review indicates that the impact of Industry 5.0 readiness on efficiency, responsiveness, competitive advantage, and sustainable business growth has not yet been examined within an integrated framework. The research is applied in nature and follows a descriptive-correlational design.

\* Corresponding Author: [h-talaie@araku.ac.ir](mailto:h-talaie@araku.ac.ir)

**How to Cite:** xxxxxxxx

Data were collected using a standardized questionnaire from a purposive sample of 105 employees. The validity of the instrument, including content, convergent, and discriminant validity, as well as its reliability, was confirmed. The data were analyzed using structural equation modeling (SEM). The results revealed that Industry 5.0 readiness significantly enhances organizational efficiency and responsiveness. These two factors, in turn, strengthen competitive advantage and ultimately lead to sustainable business growth. Moreover, efficiency and responsiveness were found to mediate the relationship between Industry 5.0 readiness and competitive advantage. These findings offer practical guidance for industrial managers aiming to strategically transition toward Industry 5.0 and effectively leverage emerging technologies through a human-centric approach to achieve sustainable growth.

## **Introduction**

The growing complexities of global supply chains, the imperative for sustainability, and the limitations of automation-focused paradigms have accelerated the shift toward Industry 5.0. Unlike Industry 4.0, which predominantly emphasizes automation and digitalization, Industry 5.0 integrates human-centricity, resilience, and sustainability as core values. Industry 5.0 readiness promotes a collaborative interface between humans and smart machines to enhance operational performance while considering social and environmental responsibilities. In this context, Industry 5.0 readiness emerges as a critical construct that reflects an organization's capability to adopt, internalize, and benefit from emerging technologies such as artificial intelligence, collaborative robots, digital twins, blockchain, and big data analytics in a manner aligned with human and environmental values. While this concept has gained attention globally, empirical investigations into its impact on business outcomes remain limited. The steel industry, given its scale, energy intensity, and central role in economic development, represents a compelling sector for exploring Industry 5.0 transformation. Among leading firms in this domain, Mobarakeh Steel Company (MSC) in Iran has launched several digital transformation initiatives aligning itself with the broader agenda of Industry 5.0. This study examines the impact of Industry 5.0 readiness on sustainable business growth, considering the mediating roles of operational efficiency, organizational responsiveness, and competitive advantage. Despite the growing body of research on Industry 5.0, a literature review indicates that the impact of Industry 5.0 readiness on efficiency, responsiveness, competitive advantage, and sustainable business growth has not yet been examined within an integrated framework.

## Methodology

This study employed a quantitative, applied, and correlational design to investigate the effect of Industry 5.0 readiness on sustainable business growth, mediated by efficiency, responsiveness, and competitive advantage. The target population comprised employees of Mobarakeh Steel Company, which has undertaken several initiatives aligned with Industry 5.0 principles. A structured questionnaire was designed to capture respondents' perceptions of their organization's readiness for Industry 5.0, its operational and strategic capabilities, and sustainable growth outcomes. The instrument included 17 items distributed across six constructs: Industry 5.0 readiness, efficiency, responsiveness, competitive advantage, and sustainable business growth. All items were measured on a five-point Likert scale, ranging from strongly disagree (1) to strongly agree (5). The sampling strategy was purposive, aimed at selecting employees involved in digital transformation initiatives or operational excellence programs. A total of 105 valid responses were collected. Despite the limitation of not including executive-level policymakers, the selected respondents possessed relevant knowledge of the technological and operational transformations within MSC. To ensure validity and reliability, several procedures were undertaken. Convergent and discriminant validity were assessed through Confirmatory Factor Analysis (CFA) using outer loadings, Average Variance Extracted (AVE), and the Fornell–Larcker criterion. The composite reliability (CR) and Cronbach's alpha values for all constructs exceeded the accepted threshold of 0.7, indicating acceptable internal consistency. The hypothesized relationships were tested using Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) via SmartPLS 3.0.

## Findings

The analysis of the structural model using PLS-SEM revealed several statistically significant relationships that validate the hypothesized impact pathways of Industry 5.0 readiness on sustainable business growth. The  $R^2$  values for key endogenous variables, efficiency (0.57), responsiveness (0.54), competitive advantage (0.62), and sustainable business growth (0.66), indicate a good level of explanatory power for the model. The effect sizes ( $f^2$ ) were also moderate to strong, particularly for the paths from Industry 5.0 readiness to efficiency and responsiveness. The results confirmed that Industry 5.0 readiness significantly and positively impacts both operational efficiency and organizational responsiveness. This finding aligns with Nazarian and Khan

(2024), who demonstrated similar performance outcomes in European manufacturing contexts, and supports the idea that transitioning toward human-machine collaboration and real-time data systems yields operational improvements. In turn, efficiency and responsiveness were found to enhance competitive advantage, highlighting their mediating roles significantly. This corroborates Madhavan et al. (2024), who found that Industry 5.0-oriented capabilities in Thai marine SMEs improved competitive positioning through operational excellence. In the case of MSC, efficiency gains through AI-based predictive maintenance and responsiveness improvements via flexible scheduling systems contributed to a stronger market stance. Moreover, competitive advantage was shown to influence sustainable business growth significantly, suggesting that firms that achieve superior operational and strategic performance are more likely to maintain long-term viability and growth. This is consistent with studies by Alabi et al. (2025) and Bayatzadeh & Talaei (2024), who emphasized the link between technological transformation and long-term sustainability in industrial ecosystems. Importantly, the indirect effects of Industry 5.0 readiness on competitive advantage, through both efficiency and responsiveness, were also significant, confirming the partial mediating roles of these two capabilities. These results suggest that readiness for Industry 5.0 contributes not only to immediate performance benefits but also to longer-term strategic positioning, especially when internal capabilities are leveraged effectively.

## **Discussion and Conclusion**

This study provides a nuanced exploration of how Industry 5.0 readiness contributes to sustainable business growth by enhancing efficiency, responsiveness, and competitive advantage, using the case of Mobarakeh Steel Company (MSC) in Iran. The study confirms the arguments of Nazarian and Khan (2024) that efficiency and responsiveness are critical conduits for the value generated by Industry 5.0 principles, such as smart automation and AI-human collaboration. It also aligns with the model proposed by Madhavan et al. (2024), showing that Industry 5.0 readiness can trigger significant organizational improvements when accompanied by complementary capabilities. Practically, the research illustrates how Industry 5.0 readiness serves as an enabler of sustainable growth, even in emerging economies where full deployment of Industry 5.0 technologies is not yet widespread. In the case of MSC, evidence from internal reports and strategic documents confirms the industry 5.0 readiness. Moreover, the results indicate that efficiency and responsiveness function as effective mediators, reinforcing the notion that

performance benefits are not direct consequences of technology adoption, but instead of the organization's capacity to integrate and leverage such technologies. Looking ahead, these findings suggest that companies aiming to embark on their Industry 5.0 journey should focus not only on acquiring advanced technologies but also on developing internal capabilities, promoting a human-centric culture, and aligning operations with sustainability goals. Future research could explore cross-industry comparisons or longitudinal analyses to assess the evolution of Industry 5.0 readiness and its impact over time.

**Keywords:** Industry 5.0, Sustainable Business Growth, Efficiency, Responsiveness, Competitive Advantage.

## بررسی تأثیر آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر رشد پایدار کسب و کار با نقش میانجی کارایی، پاسخگویی و مزیت رقابتی (مورد مطالعه: شرکت فولاد مبارکه اصفهان)

استاد، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

مقصود امیری 

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

حمیدرضا طلایی 

دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته مدیریت صنعتی، گروه مدیریت صنعتی، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

شهاب بیات زاده 

### چکیده

در شرایطی که رقابت جهانی شدت یافته و تغییرات محیطی، اقتصادی و فناوری با سرعتی بی سابقه رخ می دهد، سازمان ها نیازمند سطح بالایی از آمادگی برای پذیرش فناوری ها و مدل های کسب و کار مبتنی بر صنعت ۵,۰ هستند. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر رشد پایدار کسب و کار، با در نظر گرفتن نقش کارایی، پاسخگویی و مزیت رقابتی، در شرکت فولاد مبارکه اصفهان انجام شده است. علی رغم پژوهش های انجام شده در حوزه صنعت ۵,۰، مرور ادبیات نشان می دهد تاکنون تأثیر آمادگی بر پیاده سازی صنعت ۵,۰ بر کارایی، پاسخگویی، مزیت رقابتی و رشد پایدار کسب و کار به صورت یکپارچه بررسی نشده است. این مطالعه از نوع کاربردی و توصیفی-همبستگی بوده و داده ها از طریق پرسشنامه استاندارد از نمونه ای شامل ۱۰۵ نفر از کارکنان شرکت که به صورت هدفمند انتخاب شدند، گردآوری شده است. روایی محتوایی، همگرا و واگرا ابزار اندازه گیری و همچنین پایایی آن از طریق آلفای کرونباخ و پایایی ترکیبی مورد تأیید قرار گرفته است. داده ها با استفاده از مدل سازی معادلات ساختاری تحلیل گردید. نتایج نشان داد که کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ به طور معناداری موجب ارتقای کارایی و پاسخگویی می شود و این دو عامل نیز مزیت رقابتی را تقویت کرده و در نهایت به رشد پایدار کسب و کار منجر می گردند.

همچنین مشخص شد که کارایی و پاسخگویی نقش میانجی در رابطه بین آمادگی برای صنعت ۵,۰ و مزیت رقابتی ایفا می کنند. این یافته ها می تواند راهنمایی برای مدیران صنایع در جهت حرکت هدفمند به سوی صنعت ۵,۰ و بهره گیری اثربخش از فناوری های نوین با رویکرد انسان محور در راستای دستیابی به رشد پایدار باشد.

کلیدواژه ها: صنعت ۵,۰، رشد پایدار کسب و کار، کارایی، پاسخگویی، مزیت رقابتی.

آماده انتشار

## مقدمه

تحول دیجیتال در دهه اخیر موجب شکل‌گیری مفهومی نوین تحت عنوان صنعت ۵,۰ شده است؛ صنعتی که با تأکید بر انسان‌محوری، پایداری، و همزیستی هوشمند انسان و ماشین، فراتر از رویکرد خودکارسازی صرف در صنعت ۴,۰ حرکت می‌کند (Gigauri and Janjua, 2023). در فضای فناوری‌محور امروز، تنها سازمان‌هایی قادر به بقا و رشد خواهند بود که سطح بالایی از آمادگی برای پذیرش فناوری‌ها و مدل‌های کسب‌وکار مبتنی بر صنعت ۵,۰ داشته باشند (Alabi, 2025). آمادگی برای صنعت ۵,۰، مجموعه‌ای از توانمندی‌های فناوری‌ها، زیرساختی، فرهنگی و مدیریتی را شامل می‌شود که به سازمان‌ها امکان می‌دهد ضمن بهره‌برداری هوشمندانه از فناوری‌های نوین همچون هوش مصنوعی تعاملی، ربات‌های همکار و اینترنت اشیا، استراتژی‌های کلان خود را بر مبنای توسعه پایدار انسان محور بازطراحی کنند (Lachvajderová and Kádárová, 2022). بدون کسب آمادگی، سرمایه‌گذاری در فناوری‌های نوین نمی‌تواند منجر به مزیت رقابتی پایدار شود و حتی ممکن است منابع سازمان را هدر دهد (Brückner et al., 2025). از این رو، برای کشورهای در حال توسعه، کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ اهمیت زیادی دارد (Huy et al., 2024).

سازمانی که برای صنعت ۵,۰ آماده می‌شود، ویژگی‌هایی چون انعطاف‌پذیری بالا، قابلیت همگرایی انسان و فناوری، توان سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه، و تعهد به پایداری محیطی و اجتماعی را در خود پرورش می‌دهد (Madhavan et al., 2024). کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰، یک سرمایه‌گذاری راهبردی است که به سازمان‌ها کمک می‌کند در برابر تغییرات سریع بازار، بحران‌های جهانی و اختلالات زنجیره تأمین مقاوم باشند (Dai et al., 2024). با افزایش رقابت جهانی و سرعت بالای تغییرات محیطی، اقتصادی و فناوری، سازمان‌ها نیازمند کسب آمادگی برای پذیرش فناوری‌ها و مدل‌های کسب‌وکار مبتنی بر صنعت ۵,۰ هستند (Romanova et al., 2024). در این میان، شرکت‌های صنعتی بزرگ مانند فولاد مبارکه اصفهان که به عنوان یکی از پیشگامان صنعت فولاد در خاورمیانه شناخته می‌شود، نقش مهمی در هدایت سایر صنایع به سمت چشم‌اندازهای نوین صنعت ۵,۰ دارند. شرکت فولاد مبارکه اصفهان برنامه تحول دیجیتال گسترده‌ای را به عنوان ستون حرکت به سوی صنعت ۵,۰ آغاز کرده است. مدیران فولاد مبارکه تأکید کرده‌اند که اجرای تحول

دیجیتال نه یک فانتزی، بلکه یک ضرورت راهبردی برای آینده فولاد مبارکه در عرصه رقابت جهانی است.<sup>۱</sup> استراتژی گروه فولاد مبارکه در سال‌های اخیر گذار از یک بنگاه تولیدی صرف به رهبری یک اکوسیستم صنعتی هوشمند و پایدار با محوریت نوآوری فناورانه، شفافیت در زنجیره تأمین و ارزش آفرینی بوده است.<sup>۲</sup> به استناد گزارش‌های رسمی و مصاحبه‌های مدیران ارشد فولاد مبارکه، پروژه‌هایی نظیر به کارگیری هوش مصنوعی در بهینه‌سازی انرژی<sup>۳</sup> و لجستیک، توسعه ربات‌های همکار در خطوط تولید<sup>۴</sup>، ایجاد زیرساخت‌های دوقلوهای دیجیتال و بلاکچین، و ارتقای فرهنگ دیجیتال<sup>۵</sup> در سطح منابع انسانی، از جمله شواهدی است که نشان‌دهنده گام‌های جدی فولاد مبارکه در مسیر گذار به صنعت ۵,۰ هستند. هرچند نمی‌توان مدعی پیاده‌سازی صنعت ۵,۰ در فولاد مبارکه بود، اما شواهد حاکی از وجود زمینه‌های بالقوه و اقدامات اولیه برای تحقق آن است. می‌توان گفت فولاد مبارکه در عمل بسیاری از مؤلفه‌های صنعت ۵,۰ را پیاده‌سازی کرده یا در دست اجرای آزمایشی دارد. روند کلی حرکت فولاد مبارکه اصفهان و سرمایه‌گذاری‌های انجام‌شده نشان می‌دهد فولاد مبارکه عزم خود را برای تبدیل شدن به یک کارخانه هوشمند انسان‌محور جزم کرده و از پیشگامان تحول به صنعت ۵,۰ در ایران به‌شمار می‌رود. هرچند در ادبیات رسمی شرکت بیش‌تر از تحول دیجیتال و صنعت ۴,۰ نام برده می‌شود و اصطلاح صنعت ۵,۰ به‌صراحت کمتر به کار رفته است، اما جهت‌گیری کلی فولاد مبارکه منطبق بر اهداف صنعت ۵,۰ یعنی ترکیب هوشمندی فناورانه با محوریت نیروی انسانی و توسعه پایدار بوده است.

در استراتژی فولاد مبارکه به‌منظور آماده شدن برای صنعت ۵,۰، تعامل انسان و ماشین و نقش نیروی انسانی مورد غفلت قرار نگرفته است. هرچند برخی ربات‌ها جانشین کارهای تکراری و پرخطر شده‌اند، اما مدیران تحقیق و توسعه شرکت تصریح می‌کنند که تصمیم‌گیری نهایی و خلاقیت انسانی همچنان حیاتی است و رباتیک هر قدر هم توسعه یابد کاملاً بی‌نیاز از انسان نخواهد بود<sup>۶</sup> و این دیدگاه همسو با فلسفه صنعت ۵,۰ است که بر انسان‌محوری و همکاری انسان-ربات تأکید دارد. به عنوان نمونه، فولاد مبارکه با سرمایه‌گذاری در آموزش‌های رباتیک و هوش مصنوعی (برگزاری همایش‌ها و رویدادهای

<sup>1</sup> <https://www.mojnews.com/>

<sup>2</sup> <https://donya-e-eqtasad.com/>

<sup>3</sup> <https://msc.ir/>

<sup>4</sup> [mehrnnews.com](https://mehrnnews.com)

<sup>5</sup> [irasin.irmsc.ir](https://irasin.irmsc.ir)

<sup>6</sup>

آموزشی با همکاری دانشگاه‌ها) سعی دارد کارکنان خود را برای کار در کنار سیستم‌های خودکار آماده سازد<sup>۱</sup>. بنابراین، راهبرد شرکت یک اتوماسیون توأم با درنظرگرفتن نقش تکمیلی نیروی انسانی است تا بهترین ترکیب از توان ماشین و انسان حاصل شود. در فولاد مبارکه، تحول دیجیتال تنها یک تغییر فناورانه نیست، بلکه دگرگونی بنیادین در نگرش مدیریتی و فرهنگ کار سازمان است و مشارکت تمامی واحدها و کارکنان در این مسیر پیچیده ضرورت دارد<sup>۲</sup>. همین تغییر نگاه باعث شده فولاد مبارکه به سازمانی یادگیرنده و انسان‌محور بدل شود که ارتقای توانمندی کارکنان را شرط موفقیت تحول دیجیتال می‌داند<sup>۳</sup>. در حالی که برخی مطالعات پیشین به بررسی آماده شدن برای صنعت ۵,۰ در سازمان‌ها پرداخته‌اند (Huy et al.,2024, Lachvajderová and Kádárová,2022), Dai et al.,2024, Madhavan et al.,2024), در ادبیات داخلی، هنوز ادبیات نظام‌مندی درباره بررسی آمادگی سازمان‌ها برای ورود به این موج جدید صنعتی وجود ندارد. علی‌رغم پژوهش‌های انجام‌شده در این حوزه، مرور ادبیات نشان می‌دهد تاکنون تاثیر آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر کارایی، پاسخگویی، مزیت رقابتی و رشد پایدار کسب‌وکار به‌صورت یکپارچه بررسی نشده است. از این رو، پژوهش حاضر با تمرکز بر شرکت فولاد مبارکه اصفهان، تاثیر آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر رشد پایدار را با بررسی نقش کارایی، پاسخگویی و مزیت رقابتی تحلیل می‌کند. به بیان دیگر، پژوهش حاضر در پی پاسخ به این پرسش است که چگونه کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ می‌تواند از طریق بهبود کارایی، ارتقای پاسخگویی و ایجاد مزیت رقابتی، رشد پایدار سازمانی را محقق سازد. نتایج این پژوهش می‌تواند به مدیران صنایع، کمک کند تا با کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰، مزیت رقابتی را تقویت کرده و به اهداف پایدار نزدیک شوند.

### مبانی نظری و پیشینه پژوهش

صنعت ۵,۰ با تأکید بر ارزش‌های انسانی، پایداری و تاب‌آوری، توسعه صنعتی را با مسئولیت اجتماعی و زیست‌محیطی هم‌راستا می‌کند (Masoomi et al.,2023). صنعت ۵,۰ با ایجاد محیط‌های کاری هوشمند و ایمن، نیروی انسانی را توانمند کرده و فناوری را در خدمت انسان قرار

<sup>1</sup> fotuhnews.irmisc.ir

<sup>2</sup> msc.ir

<sup>3</sup>

می‌دهد (Leng et al.,2022). کمیسیون اروپا (۲۰۲۱) صنعت ۵,۰ را با محوریت انسان‌محوری، پایداری و تاب‌آوری معرفی کرده و بر خلق ارزش برای ذی‌نفعان تأکید دارد (Huang et al.,2022). گذار سازمان‌ها به صنعت ۵,۰ با استفاده از فناوری‌های هوشمند، موجب بازطراحی فرآیندهای تولید و خلق ارزش واقعی می‌شود (Xu et al.,2021)، (Madhavan et al.,2024). آمادگی برای صنعت ۵,۰ به معنای توانایی سازمان‌ها، صنایع برای پذیرش و بهره‌برداری کامل از فناوری‌ها و رویکردهای تحول‌آفرین صنعت ۵,۰ است (Brückner et al.,2025). این مفهوم نشان می‌دهد که یک سازمان یا اکوسیستم صنعتی تا چه اندازه زیرساخت‌ها، فرهنگ، سرمایه انسانی، فناوری‌ها، و سیستم‌های مدیریتی خود را برای همگرایی انسان و ماشین‌های هوشمند آماده کرده است (Dai et al.,2024).

پاسخگویی به توانایی سازمان در واکنش سریع و مؤثر به تغییرات بازار، نیازهای مشتریان و اختلالات زنجیره تأمین اشاره دارد (Motwani and Katatria,2024, Muduli and Choudhury,2024). در صنعت ۵,۰، پاسخگویی شامل ابعاد شناختی (پیش‌بینی نیازهای بازار)، فناوریانه (به‌روزرسانی زیرساخت‌ها) و سازمانی (تصمیم‌گیری چابک) است (Masoomi et al.,2023؛ Gigauro and Janjua,2023). فناوری‌هایی مانند ربات‌های همکار، دوقلوهای دیجیتال و کلان‌داده‌ها با افزایش شفافیت و کاهش ریسک‌های زنجیره تأمین، پاسخگویی را تقویت می‌کنند (Xu et al.,2021؛ Zhang, Huang et al.,2022, and Wang,2025). با این حال، چالش‌هایی مانند مقاومت نیروی انسانی، کمبود مهارت‌های دیجیتال و نارسایی زیرساخت‌ها مانع تحقق کامل پاسخگویی هستند (Jassem,2024,Jaafar et al.,2025).

کارایی به بهره‌برداری بهینه از منابع برای دستیابی به اهداف سازمانی اشاره دارد (Duah et al.,2025,Keskar,2024). در صنعت ۵,۰، کارایی فراتر از نسبت خروجی به ورودی، شامل بهره‌وری فناوریانه، انسانی و زیست‌محیطی است (Chib et al.,2024, Romanova et al.,2024, Murugesan,2025). فناوری‌هایی مانند دوقلوهای دیجیتال و هوش مصنوعی با تحلیل داده‌ها و پیش‌بینی، اتلاف را کاهش داده و بهره‌وری را افزایش می‌دهند (Kasinathan et al.,2022؛ Gigauro and Janjua,2023, Bhima et al.,2023). شاخص‌های کارایی شامل کاهش ضایعات، بهره‌وری انرژی و زمان چرخه تولید هستند (Xu et al.,2021؛ Huang et al.,2022, Naveed et al.,2022). مزیت رقابتی به توانایی

سازمان در ارائه ارزش برتر نسبت به رقبا اشاره دارد ( Krakowski et al.,2023,Sharma and Gupta,2024). صنعت ۵,۰ با استفاده از فناوری‌های پیشرفته و شخصی‌سازی انبوه، تمایز، چابکی و پایداری را به‌عنوان مزایای رقابتی تقویت می‌کند ( Shafique et al.,2024, Xu et al.,2021). این مزایا از طریق نوآوری، کیفیت بالاتر و پاسخگویی سریع به بازار به دست می‌آیند (Leng, Huang et al.,2022, et al.,2022).

رشد پایدار به توسعه متوازن اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی اشاره دارد که سودآوری، نوآوری و مسئولیت‌پذیری را هم‌زمان دنبال می‌کند (Islam and Abd Wahab,2021). صنعت ۵,۰ با تلفیق فناوری و انسان‌محوری، امکان نوآوری مستمر، وفاداری مشتریان و پایداری مالی را فراهم می‌کند (Saini and Garg,2023,Blinova et al.,2022). چالش‌هایی مانند مقاومت فرهنگی و کمبود زیرساخت‌های دیجیتال نیازمند برنامه‌ریزی راهبردی و آموزش هستند (Gigauri and Janjua,2023).

جدول ۱. خلاصه پیشینه پژوهش

| نویسنده و سال            | عنوان پژوهش                                                                                  | روش پژوهش                      | زمینه کاربردی                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------|
| بیات‌زاده و طلابی (۱۴۰۳) | شناسایی و ارزیابی معیارهای انتخاب تامین‌کننده پایدار و تاب‌آور با توجه به صنعت ۵,۰           | دلفی فازی و بهترین-بدترین فازی | انتخاب تامین‌کننده در صنعت فولاد             |
| Alabi (2025)             | بررسی انتقادی صنعت ۵,۰ در عملکرد پایدار کسب‌وکارهای کوچک و متوسط                             | مرور انتقادی ادبیات            | SMEها و سیاست‌گذاری در یکپارچه‌سازی صنعت ۵,۰ |
| Majiwala and Kant (2025) | ارزیابی اهداف توسعه پایدار از طریق اقدامات چرخشی مبتنی بر صنعت ۵,۰                           | مدل ترکیبی SF-SWARA و SF-MABAC | صنعت نساجی هند و اهداف توسعه پایدار          |
| Brückner et al. (2025)   | ارزیابی آمادگی صنعت ۵,۰، شاخص دیجیتال جامع برای ارزیابی پایداری، تاب‌آوری و عوامل انسان‌محور | کیفی                           | چارچوب سنجش ارزیابی آمادگی برای صنعت ۵,۰     |

| نویسنده و سال             | عنوان پژوهش                                                                | روش پژوهش                                         | زمینه کاربردی                                    |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Nazarian and Khan (2024)  | تأثیر صنعت ۵,۰ بر عملکرد زنجیره تأمین                                      | مدل سازی معادلات ساختاری                          | زنجیره تأمین و ابعاد پاسخگویی، شفافیت، کارایی    |
| Huy et al. (2024)         | ابعاد ساختاری و اندازه گیری آمادگی برای پیاده سازی صنعت ۵,۰                | کیفی                                              | چارچوب سنجش ابعاد آمادگی برای صنعت ۵,۰           |
| Madhavan et al. (2024)    | تأثیر آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر رشد پایدار در صنایع غذایی دریایی             | مدل سازی معادلات ساختاری                          | مدل سازی مفهومی و دریایی و زنجیره ارزش جهانی     |
| Karan (2024)              | آمادگی بنگاه ها برای پیاده سازی صنعت ۵,۰: چالش ها و نگرانی های امنیتی      | مرور ادبیات                                       | آمادگی برای صنعت ۵,۰ در صنایع                    |
| Gigauri and Janjua (2023) | محصولات دیجیتال و پایدار در مسیر حرکت به سمت صنعت ۵,۰                      | تحلیل مفهومی و مدل سازی محصول                     | محصولات دیجیتال مالی و پایدار در فضای صنعتی نوین |
| Masoomi et al. (2023)     | پاسخ صنعت ۵,۰ به چالش های توسعه پایدار در زنجیره تأمین انرژی های تجدیدپذیر | روش ترکیبی بهترین - بدترین فازی و مجموع وزنی فازی | زنجیره تأمین انرژی های تجدیدپذیر (خورشیدی)       |
| Ghobakhloo et al. (2023)  | رویکردهای تحقق تحول صنعتی پایدار مبتنی بر صنعت ۵,۰: نقشه راه استراتژی      | محتوا و مدل سازی ساختاری تفسیری                   | راهبردهای سیاستی برای تحول پایدار در صنعت        |

صنعت ۵,۰ با تمرکز بر تعامل انسان-ماشین، کارایی عملیاتی و کیفیت محصولات را ارتقا داده و با کاهش هزینه ها و ضایعات، عملکرد زنجیره تأمین را بهبود می بخشد (Kasinathan et al., 2022; Gigauri and Janjua, 2023; Romanova et al., 2024). کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ همزمان بهینه سازی زمان تحویل، استفاده از ظرفیت تولید و تولید غیر متمرکز، هزینه های حمل و نقل را کاهش داده و پایداری

زیست محیطی را تقویت می کنند (Shafique et al.,2024؛ Ghobakhloo et al.,2023)؛ Leng et al.,2022). با توجه به اینکه کسب آمادگی صنعت ۵,۰ نیازمند تغییرات اساسی در زیرساخت ها، فرهنگ سازمانی، و فرآیندهای تولید است، احتمال دارد که آمادگی در سطوح مختلف سازمانی از جمله آمادگی دیجیتال، منابع انسانی، فرآیندهای تولید و پایداری می تواند به بهبود قابل توجهی در کارایی سازمان منجر شود (Dai et al.,2024). بنابراین، فرضیه زیر مطرح می شود:

- آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر کارایی فولاد مبارکه اصفهان تأثیر مثبت و معناداری دارد.

پاسخگویی به عنوان مؤلفه ای کلیدی در محیط رقابتی، توانایی سازمان در واکنش سریع و مؤثر به تغییرات بازار و نیازهای مشتریان را نشان می دهد (Motwani and Muduli and Choudhury,2024؛ Katatria,2024). صنعت ۵,۰ با هوشمندسازی سیستم ها، تحلیل پیشگویانه و استفاده از ربات های همکار، پاسخگویی را در زنجیره تأمین و تولید ارتقا داده و پایداری عملکرد را افزایش می دهد (Jaafar et al.,2025؛ Jassem,2024؛ Xu et al.,2021). بهره گیری از ربات های همکار در خطوط تولید و نگهداری، زمان واکنش به اختلالات عملیاتی را کاهش داده و پایداری عملکرد را افزایش می دهد (Siddiqui et al.,2025). از این منظر، می توان انتظار داشت که کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ در فولاد مبارکه، منجر به افزایش چشمگیر در سطح پاسخگویی سازمان شود؛ زیرا این گذار فناورانه و انسانی، نه تنها بر ساختار عملیاتی و اطلاعاتی شرکت تأثیر می گذارد، بلکه الگوهای تصمیم گیری و همکاری درون سازمانی را نیز بازتعریف می کند. چنین تحولی، فولاد مبارکه را قادر می سازد تا با سرعت و دقت بیشتری به تغییرات محیطی واکنش نشان دهد و سطح رضایت مشتریان، پایداری زنجیره تأمین، و بهره وری کل سیستم را ارتقا دهد. بر این اساس، فرضیه زیر تدوین می شود:

- آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر پاسخگویی فولاد مبارکه اصفهان تأثیر مثبت و معناداری دارد.

کارایی با کاهش هزینه های تولید، بهبود زمان تحویل و بهینه سازی منابع، به ایجاد مزیت رقابتی از طریق قیمت گذاری رقابتی، کیفیت بالاتر و چابکی سازمانی کمک می کند (Duah et al.,2025؛ Krakowski et al.,2023؛ Murugesan,2025). رابطه میان کارایی و

مزیت رقابتی در فولاد مبارکه اصفهان را می‌توان از چند زاویه تحلیل کرد. نخست، افزایش کارایی عملیاتی منجر به کاهش هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم تولید می‌شود، که این امر شرکت را قادر می‌سازد محصولات خود را با قیمت رقابتی تری وارد بازار کند، بدون آن‌که از کیفیت کاسته شود. دوم، ارتقاء کارایی فرآیندی، امکان پاسخ‌دهی سریع‌تر به سفارشات، کاهش زمان تحویل، و بهبود تجربه مشتری را فراهم می‌سازد که همگی از عوامل موثر بر مزیت رقابتی هستند. سوم، کارایی منابع انسانی و اطلاعاتی باعث افزایش چابکی سازمان در تصمیم‌گیری و نوآوری می‌شود که در بازارهای ناپایدار امروز یک مزیت استراتژیک محسوب می‌شود. افزون بر این، کارایی در صنعت فولاد می‌تواند به صورت غیر مستقیم نیز به تقویت برند و مشروعیت اجتماعی سازمان منجر شود. کاهش ضایعات، مصرف انرژی و آلاینده‌های زیست‌محیطی، نه تنها از نظر اقتصادی سودمند است بلکه تصویری مسئولانه و پایدار از شرکت در ذهن ذی‌نفعان شکل می‌دهد که این نیز به افزایش ارزش برند و تمایز در بازار منجر خواهد شد. وقتی سازمانی بتواند با بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته صنعت ۵,۰، مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و رباتیک، کارایی خود را بهبود بخشد، قادر خواهد بود به طور مؤثرتری به نیازهای بازار پاسخ دهد و در رقابت با سایر شرکت‌ها پیش‌تاز شود. در این رابطه، آمادگی فولاد مبارکه برای پذیرش فناوری‌های صنعت ۵,۰ به عنوان یک پیش‌نیاز ضروری در نظر گرفته می‌شود، چرا که پیاده‌سازی این فناوری‌ها بدون آمادگی کافی می‌تواند منجر به عدم بهره‌برداری بهینه از ظرفیت‌های موجود و در نتیجه کاهش مزیت رقابتی شود. لذا فرضیه زیر مطرح می‌شود:

- کارایی بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان تأثیر مثبت و معناداری دارد.

پاسخگویی با بهبود تحویل به موقع، انعطاف‌پذیری در تولید و تعامل مؤثر با مشتریان، مزیت رقابتی را از طریق افزایش رضایت مشتری و سهم بازار تقویت می‌کند (Motwani, 2024 and Katatria, 2024). پاسخگویی می‌تواند از طریق برنامه‌ریزی منعطف تولید، تحویل به موقع سفارشات خاص، و تعامل مؤثر با مشتریان، به تمایز در بازار منجر شود که این تمایز در قالب بهبود کیفیت خدمات، افزایش رضایت مشتری و کاهش زمان واکنش به تقاضا، خود را نشان می‌دهد و در نهایت به افزایش سهم بازار، وفاداری مشتریان و ارتقای برند منجر خواهد شد (Jassem, 2024). آمادگی برای صنعت ۵,۰ موجب تسهیل در استفاده از داده‌های بلادرنگ، بهبود فرآیندهای تولید و افزایش انعطاف‌پذیری سازمان می‌شود

(Huy et al.,2024). بنابراین، می‌توان انتظار داشت که افزایش پاسخگویی در فرآیندها و تعاملات سازمانی، مزیت رقابتی شرکت را به‌طور معناداری تقویت کند. بنابراین، فرضیه زیر پیشنهاد می‌شود:

- پاسخگویی بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان تأثیر مثبت و معناداری دارد. مزیت رقابتی پایدار با افزایش کیفیت، تولید مقرون‌به‌صرفه و نوآوری، به رشد پایدار اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی کمک می‌کند (Krakowski et al.,2023)؛ (Sharma and Gupta,2024). مزیت رقابتی، زمینه‌ساز افزایش فروش، جذب سرمایه‌گذاری، حفظ نیروی انسانی متخصص و اجرای پروژه‌های زیست‌محیطی می‌شود؛ عواملی که همگی مؤلفه‌های اصلی در تحقق رشد پایدار سازمان هستند (Kahveci,2025). بر این اساس، انتظار می‌رود که مزیت رقابتی، زمینه‌ساز و شتاب‌دهنده‌ای برای رشد پایدار فولاد مبارکه اصفهان باشد؛ رشدی که نه تنها به ارتقای شاخص‌های اقتصادی منجر می‌شود، بلکه در بعد اجتماعی و زیست‌محیطی نیز تداوم‌پذیر خواهد بود. با فرض آمادگی فولاد مبارکه برای پذیرش و پیاده‌سازی فناوری‌های صنعت ۵،۰، مزیت رقابتی می‌تواند از طریق بهبود بهره‌وری، نوآوری مستمر، و افزایش انعطاف‌پذیری در پاسخ به تغییرات بازار و چالش‌های اقتصادی تقویت شود. لذا فرضیه زیر مطرح می‌شود:

- مزیت رقابتی بر رشد پایدار فولاد مبارکه اصفهان تأثیر مثبت و معناداری دارد. صنعت ۵،۰ با دیجیتالی‌سازی و هوشمندسازی فرآیندها و مشارکت انسان-ماشین، کارایی را بهبود بخشیده و از طریق کاهش هزینه‌ها، افزایش کیفیت و انعطاف‌پذیری، مزیت رقابتی را تقویت می‌کند (Masoomi et al.,2023؛ Gigauri and Janjua,2023)؛ (Duah et al.,2025). ارتقای کارایی، زمینه‌ساز دستیابی به مزیت‌هایی همچون کاهش هزینه‌های تولید، تحویل سریع‌تر، کیفیت بالاتر، و توان پاسخ‌گویی منعطف‌تر به سفارشات خاص مشتریان شده است؛ که همه این موارد به‌طور مستقیم به تقویت مزیت رقابتی سازمان منجر می‌شوند (Duah et al.,2025). از این‌رو، فرض بر آن است که کسب آمادگی برای صنعت ۵،۰ با بهبود کارایی، مسیر دستیابی به مزیت رقابتی را برای فولاد مبارکه هموار می‌سازد و کارایی به‌عنوان یک متغیر میانجی، رابطه بین این دو سازه را توضیح می‌دهد. بنابراین، فرضیه زیر تدوین می‌شود:

- آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان از طریق نقش میانجی کارایی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

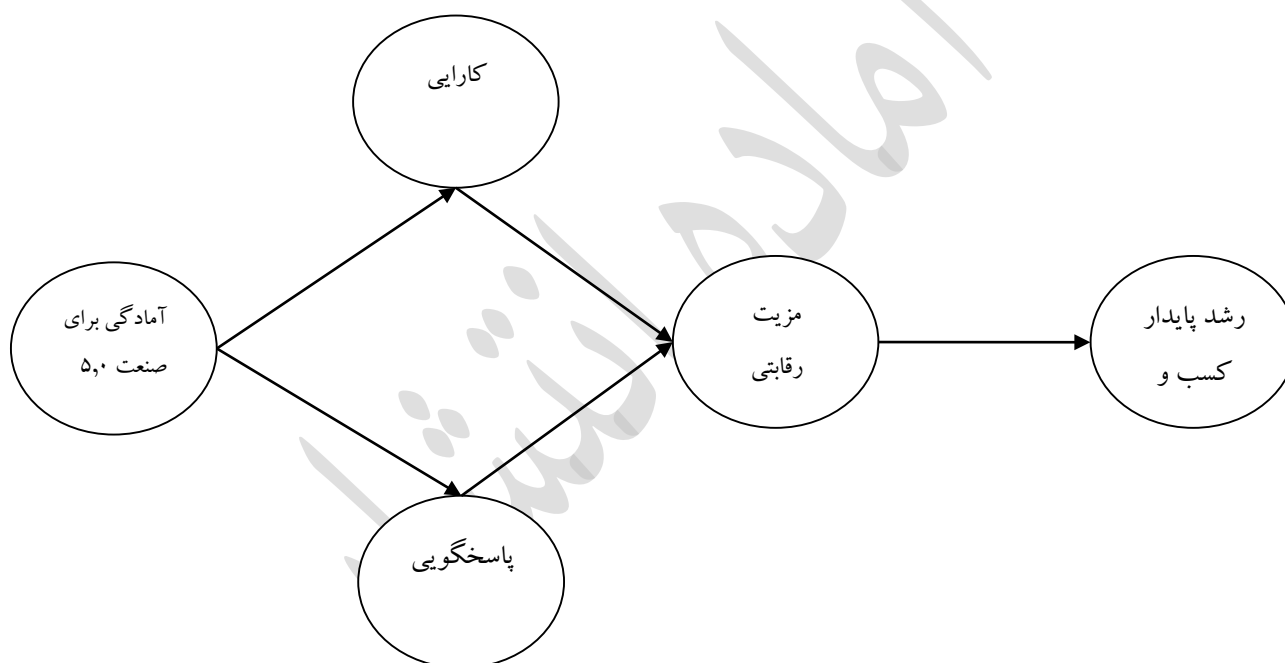
حرکت سازمان‌ها به صنعت ۵,۰ با افزایش پاسخگویی از طریق فناوری‌های هوشمند و تعامل انسان‌ماشین، رقابت‌پذیری را ارتقا می‌دهد (Leng et al., 2023؛ Ghobakhloo et al., 2023). ، پاسخگویی نقش مهمی در انتقال اثر تحول دیجیتال به سطح مزیت‌های بازارمحور دارد. سازمان‌هایی که در مسیر دیجیتالی‌شدن پیشرو هستند، تنها زمانی به مزیت رقابتی واقعی دست می‌یابند که توانایی تطبیق سریع با شرایط بازار و پاسخ‌گویی مؤثر به نیاز مشتریان را نیز هم‌زمان ارتقاء دهند (Motwani and Katatria, 2024). بنابراین، وجود یک متغیر میانجی مانند پاسخگویی، در تبیین اثربخشی سیاست‌های تحول دیجیتال و صنعتی، ضروری به نظر می‌رسد. بر همین اساس، در پژوهش حاضر، این رابطه میان آمادگی برای صنعت ۵,۰ و مزیت رقابتی، با در نظر گرفتن نقش میانجی پاسخگویی، در زمینه شرکت فولاد مبارکه اصفهان مورد آزمون قرار می‌گیرد. لذا فرضیه زیر پیشنهاد می‌شود:

- آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان از طریق نقش میانجی پاسخگویی تأثیر مثبت و معناداری دارد.

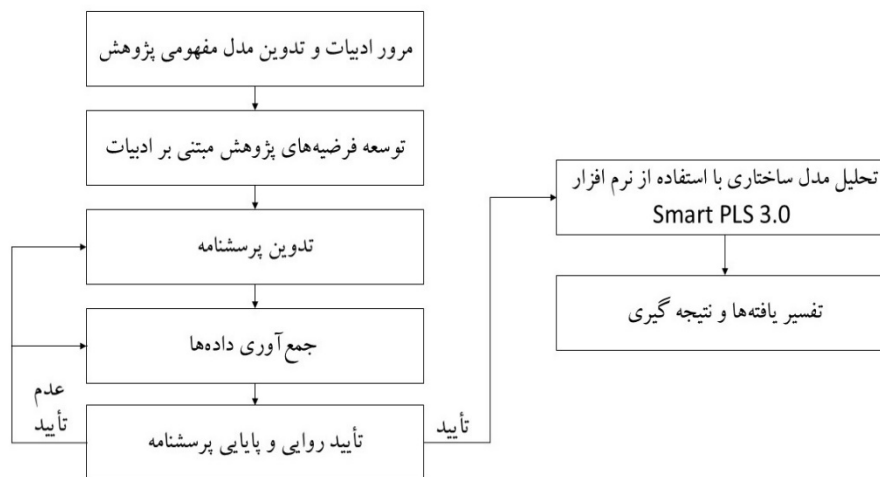
براساس فرضیه های فوق، مدل مفهومی پژوهش در شکل شماره ۲ نمایش داده شده است.

### روش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی است. به منظور انجام پژوهش حاضر به دلیل ماهیت مسأله، از روش پیمایشی استفاده گردید. از منظر روش پژوهش، پژوهش حاضر کمی است. همچنین، ماهیت پژوهش حاضر توصیفی-همبستگی است. گام های اجرای پژوهش در شکل شماره ۱ نشان داده شده است.



شکل ۲. مدل مفهومی پژوهش



شکل ۱. گام‌های اجرای پژوهش

در گام اول، ادبیات مرتبط با صنعت ۵،۰، رشد پایدار کسب و کار، کارایی، پاسخگویی و مزیت رقابتی بررسی می‌شود. با استفاده از یافته‌های مرور ادبیات، شکاف و نوآوری پژوهش شناسایی و مدل مفهومی طراحی می‌شود. مدل مفهومی، روابط بین متغیرهای مستقل، میانجی و وابسته را مشخص کرده و مبنای آزمون فرضیه‌ها قرار می‌گیرد. در گام دوم، فرضیه‌های پژوهش بر اساس یافته‌های بخش مرور ادبیات توسعه داده می‌شوند. در این مرحله، مبنای علمی هر فرضیه مورد بحث قرار می‌گیرد. در گام سوم، پرسشنامه با استفاده از پرسشنامه‌های استاندارد تدوین می‌شود. سؤالات پرسشنامه با استفاده از مقیاس لیکرت پنج‌درجه‌ای طراحی می‌شوند. این مرحله شامل طراحی اولیه پرسشنامه، ترجمه سؤالات، و تأیید خبرگان برای ارزیابی روایی محتوا است. در گام چهارم، با استفاده از نمونه‌گیری هدفمند، داده‌ها از جامعه آماری (کارکنان شرکت فولاد مبارکه اصفهان) گردآوری می‌شوند. در گام پنجم، روایی همگرا و واگرا و پایایی پرسشنامه براساس داده‌های جمع‌آوری شده بررسی می‌شود. پس از آماده‌سازی داده‌ها، در گام ششم، مدل ساختاری با استفاده از روش مدل‌سازی معادلات ساختاری مبتنی بر حداقل مربعات جزئی و نرم‌افزار Smart PLS 3.0 بررسی می‌شود. در این مرحله، مسیرهای بین متغیرها، ضرایب بار عاملی، شاخص‌های برازش مدل، و اثرات میانجی تحلیل شده و فرضیه‌ها آزمون می‌شوند. در گام پایانی، نتایج تحلیل مدل ساختاری تفسیر

می‌شوند و با یافته‌های تحقیقات پیشین مقایسه می‌شوند. سپس پیامدهای نظری، کاربردی و پیشنهادات برای تحقیقات آینده ارائه می‌شود

جامعه آماری این پژوهش کارمندان شرکت فولاد مبارکه اصفهان هستند. با توجه به اینکه در مطالعات مربوط به مدلسازی معادلات ساختاری برای محاسبه حجم نمونه معمولاً از رابطه  $5q < n < 15q$  استفاده می‌شود که در فرمول فوق  $q$  تعداد سوالات پرسشنامه و  $n$  اندازه نمونه است (Hair Jr et al., 2014, 2021). تعداد سوالات پرسشنامه تحقیق ۱۷ سوال بوده است و حداقل حجم نمونه کافی ۸۵ نفر می‌باشد. در پژوهش حاضر نیز از رابطه فوق برای محاسبه حجم نمونه استفاده می‌شود و ۱۰۵ نفر به عنوان نمونه آماری و بر اساس نمونه‌گیری هدفمند نمونه‌گیری هدفمند از میان کارکنان دارای ارتباط با حوزه‌های فناوری، سیستم‌های دیجیتال و توسعه نوآوری در نظر گرفته می‌شوند. نمونه آماری پژوهش از میان کارکنان واحدهای تولیدی، فناوری اطلاعات، مهندسی فرآیند، و پشتیبانی تکنولوژی شرکت فولاد مبارکه اصفهان بوده‌اند که به صورت هدفمند و بر اساس تجربه شغلی، سابقه، و نقش عملیاتی در پروژه‌های تحول دیجیتال انتخاب شدند. در جدول ۲ ساختار پرسشنامه ارائه شده است.

جدول ۲. خلاصه ساختار پرسشنامه

| ابعاد                | شماره سوالات | منبع                                      |
|----------------------|--------------|-------------------------------------------|
| آمادگی برای صنعت ۵,۰ | ۴-۱          | Madhavan et al. (2024), Huy et al. (2024) |
| کارایی               | ۸-۵          | Nazarian and Khan (2024)                  |
| پاسخگویی             | ۱۱-۹         | Nazarian and Khan (2024)                  |
| مزیت رقابتی          | ۱۴-۱۲        | Madhavan et al. (2024)                    |
| رشد پایدار کسب و کار | ۱۷-۱۵        | Madhavan et al. (2024)                    |

## یافته‌ها

در پژوهش انجام شده، از ۱۰۵ پاسخ‌دهنده به پرسشنامه، ۴۷ درصد (۴۹ نفر) در بازه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، ۳۱ درصد (۳۳ نفر) در بازه سنی ۳۱ تا ۴۰ سال و ۲۲ درصد (۲۳ نفر) در بازه سنی ۴۱ تا ۵۰ سال قرار داشتند. از نظر تحصیلات، ۱۱ درصد (۱۲ نفر) دارای مدرک دیپلم و زیر دیپلم، ۵۲ درصد (۵۵ نفر) دارای مدرک کارشناسی و ۳۷ درصد (۳۹ نفر) دارای

مدرک کارشناسی ارشد و بالاتر بودند. همچنین، ۸۱ درصد (۸۵ نفر) از پاسخ‌دهندگان مرد و ۱۹ درصد (۲۰ نفر) زن بودند. خلاصه تحلیل توصیفی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳. نتایج تحلیل توصیفی

| متغیر   | دسته‌بندی              | فراوانی | درصد فراوانی |
|---------|------------------------|---------|--------------|
| سن      | ۲۰ تا ۳۰ سال           | ۴۹      | ۴۷           |
|         | ۳۱ تا ۴۰ سال           | ۳۳      | ۳۱           |
|         | ۴۱ تا ۵۰ سال           | ۲۳      | ۲۲           |
| تحصیلات | دیپلم و زیر دیپلم      | ۱۲      | ۱۱           |
|         | کارشناسی               | ۵۵      | ۵۲           |
|         | کارشناسی ارشد و بالاتر | ۳۹      | ۳۷           |
| جنسیت   | مرد                    | ۸۵      | ۸۱           |
|         | زن                     | ۲۰      | ۱۹           |

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. این معیار نشان می‌دهد که آیا شاخص‌های یک سازه دارای همبستگی هستند یا نه. اگر مقدار VIF بیرونی 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 ارزیابی VIF بیرونی، تضمین این است که شاخص‌های اندازه‌گیری یک سازه مستقل از هم بوده و به صورت معتبر سازه را اندازه‌گیری می‌کنند (Hair JR et al., 2021). جدول ۴ بار عاملی سوالات پرسشنامه پژوهش را نشان می‌دهد. تمامی سوالات ضرایب بالاتر از ۰/۴ دارند، که نشان از روایی مناسب پرسشنامه این پژوهش دارد. همچنین، مطابق جدول ۴، ضریب VIF برای تمام سوالات پرسشنامه زیر ۵ و مطلوب است و بین شاخص‌های اندازه‌گیری هر متغیر همبستگی بالایی وجود ندارد.

جدول ۴. ضرایب بار عاملی و VIF

|                 | رشد پایدار | آمادگی<br>صنعت ۵,۰ | مزیت رقابتی | پاسخگویی | کارایی | VIF   |
|-----------------|------------|--------------------|-------------|----------|--------|-------|
| q <sub>1</sub>  |            | ۰/۹۶۸              |             |          |        | ۳/۴۵  |
| q <sub>2</sub>  |            | ۰/۹۴۵              |             |          |        | ۴/۶۲  |
| q <sub>3</sub>  |            | ۰/۸۵۶              |             |          |        | ۲/۴۷۲ |
| q <sub>4</sub>  |            | ۰/۸۹۹              |             |          |        | ۳/۱۷۴ |
| q <sub>5</sub>  |            |                    |             |          | ۰/۸۷۲  | ۲/۴۰۸ |
| q <sub>6</sub>  |            |                    |             |          | ۰/۹۰۰  | ۲/۹۳۴ |
| q <sub>7</sub>  |            |                    |             |          | ۰/۷۵۲  | ۱/۵۶۸ |
| q <sub>8</sub>  |            |                    |             |          | ۰/۸۳۳  | ۲/۱۱  |
| q <sub>9</sub>  |            |                    |             | ۰/۸۵۹    |        | ۲/۲۴۴ |
| q <sub>10</sub> |            |                    |             | ۰/۹۷۳    |        | ۴/۱۴  |
| q <sub>11</sub> |            |                    |             | ۰/۹۵۴    |        | ۴/۱۲  |
| q <sub>12</sub> |            |                    | ۰/۸۹۱       |          |        | ۲/۳۱۶ |
| q <sub>13</sub> |            |                    | ۰/۸۷۲       |          |        | ۲/۱۱  |
| q <sub>14</sub> |            |                    | ۰/۸۷۵       |          |        | ۱/۷۹۳ |
| q <sub>15</sub> | ۰/۹۲۳      |                    |             |          |        | ۳/۰۵۳ |
| q <sub>16</sub> | ۰/۸۷۱      |                    |             |          |        | ۲/۲۱۸ |
| q <sub>17</sub> | ۰/۹۱۸      |                    |             |          |        | ۲/۸۲  |

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. در صورتی که مقدار پایایی ترکیبی برای هر سازه بالای ۰/۷ شود، نشان از پایایی درونی مناسب برای مدل‌های اندازه‌گیری دارد و مقدار کم‌تر از ۰/۶ عدم وجود پایایی را نشان می‌دهد. در مورد AVE، مقدار بحرانی عدد ۰/۵ است؛ بدین معنی که مقدار AVE

بالای ۰/۵ روایی همگرایی قابل قبول را نشان می‌دهند (Hair JR et al., 2021). مقادیر AVE، پایایی و پایایی ترکیبی تمام متغیرها در جدول ۵ نشان داده شده است. جدول ۵. مقادیر AVE پایایی و پایایی ترکیبی

| متغیرها              | پایایی | پایایی ترکیبی | AVE   |
|----------------------|--------|---------------|-------|
| رشد پایدار           | ۰/۸۸۹  | ۰/۹۳۱         | ۰/۸۱۸ |
| آمادگی برای صنعت ۵،۰ | ۰/۹۳۷  | ۰/۹۵۵         | ۰/۸۴۲ |
| مزیت رقابتی          | ۰/۸۵۳  | ۰/۹۱۱         | ۰/۷۷۳ |
| پاسخگویی             | ۰/۹۲۰  | ۰/۹۵۰         | ۰/۸۶۵ |
| کارایی               | ۰/۸۶۱  | ۰/۹۰۶         | ۰/۷۰۸ |

روایی واگرا در سطح متغیر پنهان توسط ماتریس فورنل و لارکر قابل تشخیص است. فورنل و لارکر برای بررسی روایی واگرا ماتریسی را پیشنهاد می‌دهند که قطر اصلی این ماتریس جذر مقادیر AVE مربوط به هر یک از متغیرها است (Hair JR et al., 2021). جدول ۶. ماتریس فورنل و لارکر

| کارایی | پاسخگویی | مزیت رقابتی | آمادگی صنعت ۵،۰ | رشد پایدار |                      |
|--------|----------|-------------|-----------------|------------|----------------------|
|        |          |             |                 | ۰/۹۰۴      | رشد پایدار           |
|        |          |             | ۰/۹۷۰           | ۰/۸۶۴      | آمادگی برای صنعت ۵،۰ |
|        |          | ۰/۸۷۹       | ۰/۸۷۴           | ۰/۸۶۹      | مزیت رقابتی          |
|        | ۰/۹۳۰    | ۰/۸۴۹       | ۰/۹۱۲           | ۰/۸۵۷      | پاسخگویی             |
| ۰/۸۴۱  | ۰/۸۷۱    | ۰/۸۶۷       | ۰/۹۱۸           | ۰/۸۵۱      | کارایی               |

مطابق جدول ۶، همبستگی یک متغیر با خود (قطر اصلی) در مقایسه با سایر متغیرها بیشتر است که نشان از روایی واگرا قابل قبول پرسشنامه پژوهش دارد.

برای سنجش برازش مدل درونی از معیارهای  $Q^2$  و  $R^2$  استفاده شده است. معیار  $Q^2$  قدرت پیش‌بینی مدل را مشخص می‌سازد. یک مقدار  $Q^2$  بزرگتر از صفر برای یک متغیر پنهان درون‌زا نشان می‌دهد که مدل مسیر دارای ارتباط پیش‌بینی‌کننده برای این 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 (مستقل) مقدار این معیار صفر است. مقدار این شاخص بین صفر تا یک می‌باشد و اگر از ۰/۶ بیشتر باشد نشان می‌دهد، متغیرهای مستقل تا حد زیادی توانسته‌اند تغییرات متغیر وابسته را تبیین کنند. هر چه مقدار  $R^2$  مربوط به سازه‌های درون‌زای یک مدل بیشتر باشد، نشان از برازش بهتر مدل است. براساس جدول ۷، مقادیر  $Q^2$  و  $R^2$  برای متغیرهای وابسته مدل محاسبه شده است. براساس مقادیر جدول ۷، برازش ساختاری مورد تأیید قرار گرفته است (Hair JR et al., 2021). همچنین، متغیرهای درون‌زا مدل مفهومی پژوهش از مقدار  $R^2$  مطلوبی برخوردارند که نشان از این موضوع دارد که متغیرهای وابسته به خوبی توسط متغیرهای مسائل پژوهش تبیین شده است.

جدول ۷. معیارهای مرتبط با برازش مدل ساختاری

| ردیف | مسیر        | $R^2$ | $Q^2$ |
|------|-------------|-------|-------|
| ۱    | رشد پایدار  | ۰/۷۵۵ | ۰/۵۸۰ |
| ۲    | مزیت رقابتی | ۰/۷۸۸ | ۰/۵۶۷ |
| ۳    | پاسخگویی    | ۰/۹۴۲ | ۰/۷۶۵ |
| ۴    | کارایی      | ۰/۸۳۲ | ۰/۵۴۶ |

برای محاسبه اندازه اثر از میزان ضریب تعیین استفاده می‌شود. براساس نظر کوهن (۱۹۸۸)، سه مقدار ۰/۰۲، ۰/۱۵ و ۰/۳۵ به ترتیب نشان‌دهنده اندازه تأثیر کوچک، متوسط و بزرگ است. مطابق جدول ۸، اندازه اثر متغیرهای مستقل بر متغیرهای وابسته قابل قبول است.

جدول ۸. اندازه اثر  $F^2$

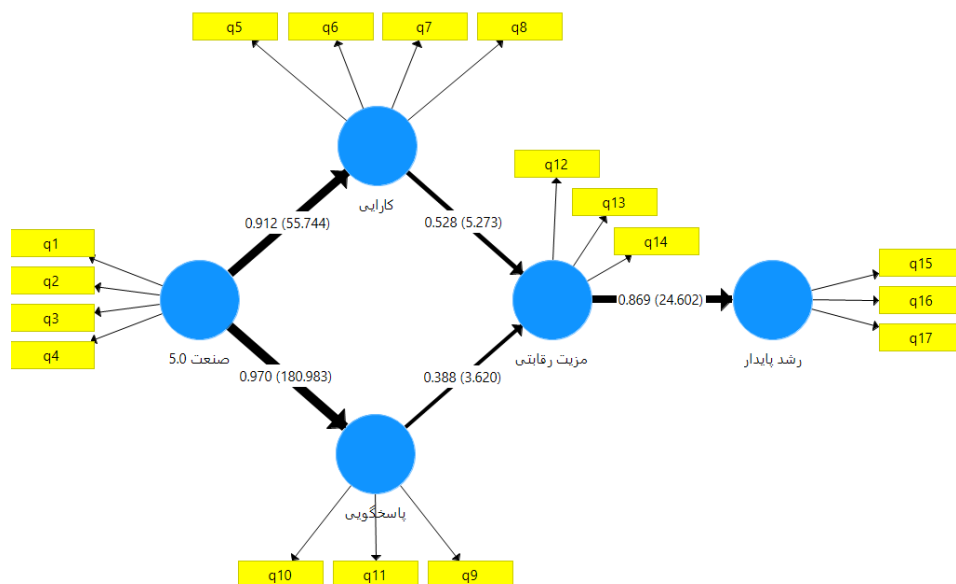
| کارایی | پاسخگویی | مزیت رقابتی | صنعت ۵،۰ | رشد پایدار |                      |
|--------|----------|-------------|----------|------------|----------------------|
|        |          |             |          |            | رشد پایدار           |
| ۴/۹۳۹  | ۱۶/۱۰۵   |             |          |            | آمادگی برای صنعت ۵،۰ |
|        |          |             |          | ۳/۰۸۸      | مزیت رقابتی          |
|        |          | ۰/۱۷۱       |          |            | پاسخگویی             |
|        |          | ۰/۳۱۶       |          |            | کارایی               |

برازش کلی مدل با شاخص ریشه میانگین مربعات باقیمانده استاندارد (SRMR) سنجیده شد. شاخص SRMR بین صفر تا یک است و هر قدر که کوچکتر باشد بیانگر برازش بیشتر کل مدل است. چنانچه SRMR ۰/۸ یا کمتر باشد بیانگر برازش کلی بالای مدل است (Hair JR et al., 2021). در تحلیل برازش مدل، مقدار SRMR برابر با ۰/۰۶۷ به دست آمده است،

که نشان از برازش مناسب کلی مدل پژوهش دارد. در جدول ۹ و شکل ۳ مقادیر ضرایب مسیر و آماره تی نشان داده شده است. طبق نتایج، مقادیر آماره تی برای تمامی مسیرها در سطح معناداری ۰/۹۵ بالاتر از قدر مطلق ۱/۹۶ است که نشان از تأیید تمامی فرضیه‌ها دارد.

جدول ۹. نتایج آزمون فرضیه‌ها

| مسیر                                                                           | آماره تی | ضریب مسیر | نتیجه |
|--------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------|
| آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر کارایی فولاد مبارکه اصفهان                             | ۵۵/۷۴۴   | ۰/۹۱۲     | تأیید |
| آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر پاسخگویی فولاد مبارکه اصفهان                           | ۱۸۰/۹۸۳  | ۰/۹۷۰     | تأیید |
| کارایی بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان                                      | ۰/۲۷۳    | ۰/۵۲۸     | تأیید |
| پاسخگویی بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان                                    | ۳/۶۲۰    | ۰/۳۸۸     | تأیید |
| مزیت رقابتی بر رشد پایدار فولاد مبارکه اصفهان                                  | ۲۴/۶۰۲   | ۰/۸۶۹     | تأیید |
| نقش میانجی کارایی در آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان   | ۵/۰۲۲    | ۰/۴۸۲     | تأیید |
| نقش میانجی پاسخگویی در آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه اصفهان | ۳/۶۱۲    | ۰/۳۷۷     | تأیید |



شکل ۳. مدل ساختاری پژوهش

## بحث و نتیجه‌گیری

مطابق با نتایج پژوهش، آمادگی برای صنعت ۵,۰ در شرکت فولاد مبارکه اصفهان به طور مستقیم کارایی و پاسخگویی را بهبود می‌بخشد و از طریق این متغیرها، مزیت رقابتی و رشد پایدار سازمان را تقویت کرده است. بر اساس نتایج فرضیه‌های پژوهش، آمادگی برای صنعت ۵,۰ تأثیر معناداری بر ارتقای کارایی در شرکت فولاد مبارکه دارد. این یافته با نتایج پژوهش Nazarian and Khan (۲۰۲۴) هم‌راستا است که در آن بر اثرات مستقیم آمادگی صنعت ۵,۰ بر کارایی و شفافیت زنجیره تأمین تأکید شده است. همچنین مطالعه بیات‌زاده و طلایی (۱۴۰۳) ضمن بررسی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده، به نقش فناوری‌های صنعت ۵,۰ در بهبود کارایی زنجیره تأمین صنعت فولاد اشاره داشته است. منطبق بر این نتیجه، مدیران فولاد مبارکه می‌توانند از بازطراحی فرایندهای تولید با رویکرد انسان‌محور بهره بگیرند تا مسیر حرکت به سوی کارا شدن سازمان هموارتر شود. همچنین، سرمایه‌گذاری در مهارت‌افزایی کارکنان برای کار با سیستم‌های دیجیتال توصیه می‌شود. مدیران می‌توانند سیستم‌های طراحی خطوط تولید را به گونه‌ای تغییر دهند که خلاقیت انسانی و تصمیم‌گیری انسانی محوریت داشته باشند. از سوی دیگر، یافته‌ها بیانگر آن است که آمادگی برای صنعت ۵,۰ نقش مؤثری در بهبود پاسخگویی فولاد مبارکه ایفا کرده است. کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ با فراهم‌سازی زیرساخت‌هایی چون تولید انعطاف‌پذیر، پردازش بلادرنگ داده‌ها، و برقراری ارتباط دوسویه میان انسان و ماشین، بستری را فراهم می‌آورد که در آن سازمان‌ها بتوانند چابک‌تر و دقیق‌تر پاسخ دهند. یافته حاضر با مطالعات Nazarian and Khan (۲۰۲۴) و Madhavan et al. (۲۰۲۴) هم‌خوانی دارد. همچنین Masoomi et al. (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای درباره زنجیره انرژی‌های تجدیدپذیر، پاسخگویی را یکی از مزیت‌های کلیدی صنعت ۵,۰ معرفی کرده‌اند. بر اساس این یافته، استفاده از سیستم‌های هشدار سریع برای مدیریت ریسک، به کارگیری فناوری دیجیتال در ردیابی سفارشات و پیاده‌سازی خطوط تولید قابل تنظیم بر اساس تغییرات تقاضا برای ارتقای پاسخگویی سازمانی در مسیر گذار به صنعت ۵,۰ توصیه می‌شود. همچنین، پیشنهاد می‌شود دوقلوهای دیجیتال برای شبیه‌سازی عملیات و پیش‌بینی اختلالات پیاده‌سازی شوند. علاوه بر این، استفاده از اینترنت اشیا و حسگرهای هوشمند برای پایش لحظه‌ای شرایط زنجیره تأمین و واکنش سریع‌تر به

تغییرات بازار ضروری است. لازم به ذکر است در تمامی این اقدامات آموزش نیروی انسانی برای تعامل با سیستم‌های هوشمند و دیجیتال ضروری است.

نتایج تحلیل مدل نشان داد که کارایی و پاسخگویی هر دو به‌عنوان پیش‌ران‌هایی مؤثر بر مزیت رقابتی فولاد مبارکه عمل کرده‌اند. در شرکت فولاد مبارکه، این موضوع به شکل ارتقای کیفیت، کاهش هزینه‌ها، تسریع در تحویل سفارشات، و بهبود تعامل با مشتریان متجلی شده است. یافته‌ها با نتایج پژوهش Madhavan et al. (۲۰۲۴) سازگاری دارد که ارتقای رقابت‌پذیری را پیامد ارتقای فرآیندهای داخلی در SMEs معرفی می‌کند. همچنین Alabi (۲۰۲۵) در مرور انتقادی خود تأکید دارند که مزیت رقابتی در بستر صنعت ۵,۰ تنها زمانی حاصل می‌شود که سازمان‌ها به‌صورت هم‌زمان کارایی و پاسخگویی خود را توسعه دهند. فولاد مبارکه برای تقویت مزیت رقابتی و رشد پایدار باید به جای تمرکز صرف بر کاهش هزینه، به ایجاد تجربه مثبت مشتری از راه‌های دیجیتال، به‌کارگیری نوآوری‌های مشترک با تأمین‌کنندگان در حوزه صنعت ۵,۰ و انعطاف‌پذیری در خدمات دیجیتال بپردازند. همچنین، بهره‌گیری از هوش مصنوعی و همراه کردن نیروی انسانی با استفاده از آن، برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش اثرات زیست‌محیطی توصیه می‌گردد.

از سوی دیگر، نتایج نشان داد که مزیت رقابتی نقش کلیدی در تقویت رشد پایدار کسب‌وکار ایفا می‌کند. این یافته با نتایج مطالعات Kant و Majiwala (۲۰۲۵) که بر پیوند میان صنعت ۵,۰ و اهداف توسعه پایدار در صنایع تولیدی تأکید داشتند، هم‌راستا است. توسعه اقدامات زیست‌محیطی در کنار افزایش راندمان تولید پایدار، پیاده‌سازی سامانه‌های مدیریت انرژی هوشمند، و ترویج برنامه‌های مشارکت کارکنان در حوزه فناوری‌های نوین می‌تواند مسیر رشد پایدار را برای فولاد مبارکه تسهیل نماید. همچنین، توسعه و استمرار شبکه‌های مشارکت با دانشگاه‌ها و استارت‌آپ‌های هوشمند برای توسعه فناوری‌های پیشرفته صنعت فولاد در بستر صنعت ۵,۰ می‌تواند مفید باشد.

نتایج پژوهش نشان داد که کارایی و پاسخگویی به‌عنوان متغیرهای میانجی، ارتباط میان آمادگی برای صنعت ۵,۰ و مزیت رقابتی را تسهیل می‌کنند. به‌عبارت دیگر، صرف آمادگی فناورانه نمی‌تواند مزیت رقابتی ایجاد کند، مگر آنکه به بهبود عملکرد منجر شود. این نکته با رویکرد Ghobakhloo et al. (۲۰۲۳) که بر طراحی مسیرهای استراتژیک تحول صنعتی تأکید دارند، همخوانی دارد. در پژوهش آن‌ها نیز تأکید شده که بینش فناورانه باید به بهبود

فرآیندهای عملیاتی و انسانی ختم شود. طراحی مسیرهای تحول فناورانه در سازمان‌ها باید با نقشه راهی همراه باشد که شامل پروژه‌های مشخص در حوزه ارتقای پاسخگویی و کارایی و نه صرفاً خرید فناوری یا پیاده‌سازی ابزارهای پیشرفته باشد. یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که آمادگی برای صنعت ۵,۰ به‌تنهایی کافی نیست، بلکه باید با بازآرایی درونی فرآیندها، ارتقای سطح پاسخگویی و افزایش انعطاف‌پذیری همراه شود تا بتواند به مزیت رقابتی و در نهایت رشد پایدار منجر شود. این نتایج با ادبیات موجود هم‌راستا بوده و از منظر بومی‌سازی، گام مؤثری در تحلیل نقش کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰ در صنایع بزرگ کشور محسوب می‌شود. به منظور دستیابی به مزیت رقابتی و رشد پایدار، فولاد مبارکه باید از قابلیت‌های صنعت ۵,۰ برای ایجاد تمایز و نوآوری بهره‌برد. توسعه سیستم‌های هوشمند مبتنی بر بلاکچین برای خدمات پس از فروش، با ارائه پشتیبانی سریع و شفاف، می‌تواند رضایت مشتریان را افزایش می‌دهد. همچنین، تدوین نقشه‌راه بومی صنعت ۵,۰ که شامل مراحل دیجیتال‌سازی، انسان‌محوری، و پایداری است، توصیه می‌شود. این نقشه راه دربرگیرنده مسیر گذار از صنعت ۵,۰ و پیاده‌سازی آن در ایجاد مزیت رقابتی و رشد پایدار است. علاوه بر این، پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی برای پیش‌بینی ریسک‌های زنجیره تأمین، مانند کمبود مواد اولیه یا مشکلات لجستیکی و آمادگی پرسنل برای مقابله به‌هنگام نیز توصیه می‌گردد. شبیه‌سازی هوشمند زنجیره تولید برای رصد لحظه‌ای عملکرد و اتخاذ تصمیمات سریع مدیران نیز می‌تواند مفید باشد. این اقدامات، با محوریت کسب آمادگی برای صنعت ۵,۰، نه تنها مزیت رقابتی فولاد مبارکه را از طریق کیفیت، نوآوری و پایداری تقویت می‌کنند، بلکه رشد پایدار را تضمین می‌کنند.

پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی مواجه است که در تعمیم نتایج آن باید احتیاط شود. این مطالعه در بازه زمانی مشخصی انجام شده و داده‌های جمع‌آوری شده ممکن است تحت تأثیر متغیرهای خارجی ناخواسته یا تغییرات زمانی قرار گیرند، بنابراین تحلیل مجدد در دوره‌های زمانی دیگر ضروری است. تمرکز پژوهش بر شرکت فولاد مبارکه اصفهان، تعمیم‌پذیری نتایج به سایر سازمان‌ها یا صنایع را محدود می‌کند. این پژوهش اثرات بلندمدت آمادگی برای صنعت ۵,۰ را به‌طور کامل بررسی نکرده و استفاده صرف از روش‌های کمی ممکن است جنبه‌های کیفی، مانند ادراکات کارکنان و مدیران، را نادیده گرفته باشد. علاوه بر این، نمونه‌گیری محدود به گروه خاصی از پاسخ‌دهندگان و عدم توجه کافی به عوامل

فرهنگی و سازمانی، مانند مقاومت در برابر فناوری‌های جدید، می‌تواند بر نتایج اثر گذاشته و تعمیم‌پذیری را کاهش دهد. جهت توسعه پژوهش‌های آینده، پیشنهاد می‌شود تأثیر آمادگی برای صنعت ۵,۰ بر تاب‌آوری زنجیره تأمین در صنایع استراتژیک مانند پتروشیمی، خودروسازی و سیمان بررسی شود. همچنین، تحلیل نقش متغیرهای تعدیل‌گر مانند فرهنگ سازمانی، زیرساخت‌های دیجیتال و استراتژی‌های رقابتی در رابطه بین آمادگی برای صنعت ۵,۰ و عملکرد پایدار می‌تواند به غنای ادبیات مدیریت کمک کند. مطالعات تطبیقی بین صنایع ایرانی و بین‌المللی برای شناسایی تفاوت‌های صنعت ۵,۰ توصیه می‌شود. علاوه بر این، استفاده از روش‌های ترکیبی (کمی و کیفی) و تحلیل داده‌های کلان با هوش مصنوعی می‌تواند بینش‌های عمیق‌تری ارائه دهد. بررسی چالش‌های بومی مانند تحریم‌ها، محدودیت‌های زیرساختی و کمبود مهارت‌های دیجیتال، همراه با مطالعات طولی برای تحلیل اثرات بلندمدت آمادگی برای صنعت ۵,۰، از دیگر پیشنهادات است.

### تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی ندارند.

### سپاسگزاری

از پرسنل و مدیریت شرکت فولاد مبارکه اصفهان به دلیل همکاری صمیمانه و ارائه اطلاعات ارزشمند در انجام این پژوهش کمال تشکر را داریم. حمایت‌های بی‌وقفه ایشان نقش کلیدی در موفقیت این مطالعه ایفا کرد.

### ORCID

Maghsoud Amiri

 <https://orcid.org/0000-0002-0650-2584>

Hamidreza Talaie

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

Shahab Bayatzadeh

 <https://orcid.org/0009-0001-3611-2106>

۱. بیات زاده، شهاب و طلایی، حمیدرضا. (۱۴۰۳). شناسایی و ارزیابی معیارهای انتخاب تامین کننده پایدار و تاب آور با توجه به مفاهیم صنعت ۵,۰ (مورد مطالعه: صنعت فولاد). *تصمیم گیری و تحقیق در عملیات*, ۹(۴), ۱۰۴۵-۱۰۶۳.  
<https://doi.org/10.22105/dmor.2025.498734.1904>

## References

2. 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* (pp. 85-114). IGI Global Scientific Publishing. <http://doi.org/10.4018/979-8-3693-7362-0.ch004>
3. Bhima, B., Zahra, A. R. A., Nurtino, T., & Firli, M. Z. (2023). Enhancing organizational efficiency through the integration of artificial intelligence in management information systems. *APTISI Transactions on Management*, 7(3), 282-289. <https://doi.org/10.33050/atm.v7i3.2146>
4. Blinova, E., Ponomarenko, T., & Knysh, V. (2022). Analyzing the concept of corporate sustainability in the context of sustainable business development in the mining sector with elements of circular economy. *Sustainability*, 14(13), 8163. <https://doi.org/10.3390/su14138163>
5. Brückner, A., Wölke, M., Hein-Pensel, F., Schero, E., Winkler, H., & Jabs, I. (2025). Assessing industry 5.0 readiness—Prototype of a holistic digital index to evaluate sustainability, resilience and human-centered factors. *International Journal of Information Management Data Insights*, 5(1), 100329. <https://doi.org/10.1016/j.ijime.2025.100329>
6. Chib, S., Raj, S., Reddy, Y. M., Lakhanpal, S., & Kulkarni, A. D. (2024). Using Big Data Analytics to Supply Chain Management to Unlock Organizational Efficiency. In *2024 International Conference on Communication, Computer Sciences and Engineering (IC3SE)* (pp. 1542-1546). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IC3SE62002.2024.10593470>
7. Dai, N. H. P., Giang, P. P., & Kiet, T. H. V. T. (2024). Readiness of enterprises to implement Industry 5.0: Challenges and security concerns. In *Modern Technologies and Tools Supporting the Development of Industry 5.0* (pp. 408-443). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003489269>

8. Dewantara, H., Hafish, M., & Pranata, M. A. (2024). The Impact of Innovation Strategies on Competitive Advantage: The Role of Students in the Digital Creative Industry during Industry 5.0. *Journal of Economics, Entrepreneurship, Management Business and Accounting*, 2(2), 77-83.<https://doi.org/10.61255/jeemba.v2i2.358>
9. Duah, E., Pakmoni, L., & Appiah-Kubi, E. (2025). Green human resource management and organizational efficiency among local assemblies: role of process innovation and knowledge sharing. *Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance*, 12(1), 168-190.<https://doi.org/10.1108/JOEPP-11-2023-0511>
10. 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>
11. 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>
12. Hair, J. F., Henseler, J., Dijkstra, T. K., & Sarstedt, M. (2014). Common beliefs and reality about partial least squares: comments on Rönkkö and Evermann.<https://doi.org/10.1177/1094428114526928>
13. 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\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-80519-7_1)
14. Huang, S., Wang, B., Li, X., Zheng, P., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. *Journal of manufacturing systems*, 64, 424-428.<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.010>
15. Huy, P. Q., & Phuc, M. V. K. (2024). Structural dimensions and measurement of readiness for Industry 5.0 implementation: A fresher insight from SMEs in developing country. In *Modern Technologies and Tools Supporting the Development of Industry 5.0* (pp. 75-106). CRC Press.<https://doi.org/10.1201/9781003489269>
16. Islam, A., & Abd Wahab, S. (2021). The intervention of strategic innovation practices in between regulations and sustainable business growth: a holistic perspective for Malaysian SMEs. *World Journal of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 17(3), 396-421.<https://doi.org/10.1108/WJEMSD-04-2020-0035>
17. Jaafar, M., Khan, K. N., & Salman, A. (2025). A systematic review and framework for organizational agility antecedents towards industry 4.0. *Management Review Quarterly*, 1-26.<https://doi.org/10.1007/s11301-025-00489-6>
18. Jassem, S. (2024). Artificial Intelligence in Accounting Practices in the Industry 5.0 Era from a Dynamic Capabilities Perspective: Role of Strategic Foresight, Agility, and Flexibility. In *Opportunities and Risks in AI for Business Development: Volume 1* (pp. 149-160). Cham: Springer Nature Switzerland.[https://doi.org/10.1007/978-3-031-65203-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-65203-5_14)
19. Kahveci, E. (2025). Digital transformation in SMEs: enablers, interconnections, and a framework for sustainable competitive

- advantage. *Administrative Sciences*, 15(3), 107. <https://doi.org/10.3390/admsci15030107>
20. Kasinathan, P., Pugazhendhi, R., Elavarasan, R. M., Ramachandaramurthy, V. K., Ramanathan, V., Subramanian, S., ... & Alsharif, M. H. (2022). Realization of sustainable development goals with disruptive technologies by integrating industry 5.0, society 5.0, smart cities and villages. *Sustainability*, 14(22), 15258. <https://doi.org/10.3390/su142215258>
  21. Keskar, A. (2024). Driving operational excellence in manufacturing through generative AI: Transformative approaches for efficiency, innovation, and scalability. *International Journal of Research and Analytical Reviews*, 11, 245-261. <https://doi.org/10.6084/m9.doi.one.IJRAR24A3611>
  22. 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>
  23. Lachvajderová, L., & Kádárová, J. (2022). Industry 4.0 implementation and Industry 5.0 readiness in industrial enterprises. *Management and Production Engineering Review*, 13. <http://dx.doi.org/10.24425/mper.2022.142387>
  24. Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., ... & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 279-295. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
  25. 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>
  26. Madhavan, M., Sharafuddin, M. A., & Wangtueai, S. (2024). Measuring the Industry 5.0-readiness level of SMEs using Industry 1.0–5.0 practices: The case of the seafood processing industry. *Sustainability*, 16(5), 2205. <https://doi.org/10.3390/su16052205>
  27. 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>
  28. 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>
  29. Motwani, J., & Katatria, A. (2024). Organization agility: a literature review and research agenda. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 73(9), 2709-2754. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-07-2023-0383>
  30. Ashutosh Muduli, Anuva Choudhury; Exploring the role of workforce agility on digital transformation: a systematic literature review. *Benchmarking: An International Journal* 19 February 2025; 32 (2): 492–512. <https://doi.org/10.1108/BIJ-02-2023-0108>
  31. Murugesan, B. (2025). Strategic Integration of IoT and AI: Optimizing Techno Management for Enhanced Organizational Efficiency. In *2025 First International Conference on Advances in Computer Science, Electrical, Electronics, and Communication Technologies (CE2CT)* (pp. 966-969). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CE2CT64011.2025.10940007>
  32. Naveed, R. T., Alhaidan, H., Al Halbusi, H., & Al-Swidi, A. K. (2022). Do organizations really evolve? The critical link between organizational culture and organizational innovation toward organizational effectiveness: Pivotal

- role of organizational resistance. *Journal of Innovation & Knowledge*, 7(2), 100178. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2022.100178>
33. Nazarian, H., & Khan, S. A. (2024). The impact of industry 5.0 on supply chain performance. *International Journal of Engineering Business Management*, 16, 18479790241297022. <https://doi.org/10.1177/18479790241297022>
  34. Romanova, O. A., & Sirotin, D. V. (2024). From Industry 4.0 to Industry 5.0: Problems and Opportunities for the Metal Industry Development in Russia. *Steel in Translation*, 54(2), 120-126. <https://doi.org/10.3103/S0967091224700438>
  35. Saini, A., & Garg, V. (Eds.). (2023). *Transformation for sustainable business and management practices: exploring the spectrum of industry 5.0*. Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-80262-277-520231023>
  36. Shafique, M. N., Adeel, U., & Rashid, A. (2024). The Synergy Between Industry 5.0 and Circular Economy for Sustainable Performance in the Chinese Manufacturing Industry. *Sustainability*, 16(22), 9952. <https://doi.org/10.3390/su16229952>
  37. 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>
  38. Siddiqui, A. F., Paul, A. J., Mishra, S., & Balamurugan, S. (2025). Cobots for Industry 5.0 Transformation. *Intelligent Robots and Cobots: Industry 5.0 Applications*, 1-17. <https://doi.org/10.1002/9781394198252.ch1>
  39. Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of manufacturing systems*, 61, 530-535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>
  40. Zhang, M., Wang, Y., & Wang, W. (2025). Big data analytics managerial skills and organizational agility: a moderated mediation model. *Industrial Management & Data Systems*, 125(1), 168-191. <https://doi.org/10.1108/IMDS-01-2024-0053>

## References in Persian

1. Bayatzadeh, S. and 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. <https://doi.org/10.22105/dmor.2025.498734.1904>