

Paper Type: Original Article



Evaluating the Simultaneous Impacts of Industrial Revolutions on the Future of Supply Chains

Sedigheh Kaveh^{1,*} , Fatemeh Ebrahimzadeh¹ 

¹ Department of Computer, Ayandegan University, Tonekabon, Iran; s.kaveh@aihe.ac.ir; f.ebrahimzadeh@aihe.ac.ir.

Citation:



Kaveh, S., & Ebrahimzadeh, F. (2026). Evaluating the simultaneous impacts of industrial revolutions on the future of supply chains. *Management: Modeling, Analysis and Applications*, 3(2), 131-138.

Received: 26/10/2025

Reviewed: 15/12/2025

Revised: 23/02/2026

Accepted: 14/04/2026

Abstract

Purpose: This study aims to evaluate the simultaneous impacts of the Fourth and Fifth Industrial Revolutions on the future of supply chains in the construction industry. Given the rapid technological advancements, the integration of Industry 4.0 and Industry 5.0 technologies has significantly transformed the structure, performance, and managerial approaches of modern supply chains. This research seeks to identify key technologies, trends, opportunities, and challenges that shape the future of supply chain systems.

Methodology: The research is descriptive–applied and is conducted through a systematic literature review and bibliometric analysis. Scientific data were collected from Scopus, Web of Science, Google Scholar, and IEEE Xplore using keywords related to Industry 4.0, Industry 5.0, construction business, and emerging technologies. The data were categorized and analyzed to extract conceptual indicators influencing supply chain transformation.

Findings: The results indicate that technologies such as the Internet of Things, big data analytics, artificial intelligence, advanced robotics, cyber–physical systems, and human–machine collective intelligence have the greatest impact on supply chain evolution. These technologies improve intelligent connectivity, energy management, safety, predictive maintenance, project management, supply chain integration, and customer experience. The combined adoption of Industry 4.0 and 5.0 technologies enhances agility, transparency, and resilience against disruptions. However, challenges remain, including high implementation costs, skill shortages, infrastructural complexity, and data security concerns.

Originality/Value: The originality of this study lies in integrating futures studies with systematic and bibliometric analysis to simultaneously examine the dual impacts of Industry 4.0 and Industry 5.0. The findings provide a comprehensive framework for understanding emerging technological impacts on supply chains and offer strategic insights for developing intelligent and future-oriented supply chain systems in the construction industry.

Keywords: Industry 4.0, Industry 5.0, Supply chain, Construction industry, Internet of things, Futures studies.



Corresponding Author: s.kaveh@aihe.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/mmaa.vi.109>



Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

ارزیابی تاثیر همزمان انقلاب های صنعتی بر آینده زنجیره تامین

صدیقه کاوه^۱، فاطمه ابراهیم زاده^۱

^۱ گروه کامپیوتر، دانشگاه آیندگان، تنکابن، ایران.

چکیده

هدف: هدف این پژوهش ارزیابی تاثیر همزمان انقلاب صنعتی چهارم و پنجم بر آینده زنجیره تامین در صنعت ساخت است. با توجه به سرعت بالای تحول دیجیتال، ترکیب فناوری های نسل چهارم و پنجم موجب دگرگونی عمیق در ساختار، عملکرد و رویکردهای مدیریتی زنجیره های تامین شده است. این مطالعه با رویکرد آینده پژوهی تلاش دارد مهم ترین فناوری ها، روندها، فرصت ها و چالش های اثرگذار بر آینده زنجیره تامین را شناسایی و تبیین کند.

روش شناسی پژوهش: تحقیق حاضر از نوع توصیفی-کاربردی و مبتنی بر مرور نظام مند ادبیات و تحلیل کتاب سنجی است. داده ها از پایگاه های *Web of Science*، *Scopus*، *Google Scholar* و *IEEE Xplore* استخراج شده و بر اساس کلیدواژه های مرتبط با صنعت نسل چهارم و پنجم، کسب و کارهای صنعت ساخت و فناوری های نوین تحلیل شده اند. سپس با استفاده از طبقه بندی موضوعی و استخراج مفاهیم کلیدی، شاخص های اثرگذار بر زنجیره تامین شناسایی و بررسی شده اند.

یافته ها: نتایج نشان می دهد فناوری هایی چون اینترنت اشیا، تحلیل داده های بزرگ، هوش مصنوعی، رباتیک پیشرفته، سیستم های سایبری-فیزیکی و هوش جمعی انسان-ماشین بیشترین نقش را در تحول زنجیره تامین دارند. این فناوری ها موجب بهبود عملکردهایی مانند اتصال و ارتباطات هوشمند، مدیریت انرژی، ایمنی، نگهداری پیشگیرانه، مدیریت پروژه، یکپارچگی زنجیره تامین و تجربه مشتری می شوند. همچنین مشخص شد ادغام همزمان فناوری های نسل چهارم و پنجم علاوه بر افزایش چابکی و شفافیت زنجیره تامین، تاب آوری آن را در برابر اختلالات افزایش می دهد. با این حال چالش هایی نظیر هزینه های بالای پیاده سازی، نیاز به مهارت های تخصصی، پیچیدگی زیرساخت ها و مسایل امنیت داده نیز وجود دارد.

اصالت / ارزش افزوده علم: نوآوری این پژوهش در ترکیب تحلیل آینده پژوهی با مرور نظام مند و کتاب سنجی برای ارزیابی همزمان دو انقلاب صنعتی است. پژوهش حاضر چارچوبی جامع برای درک اثرات فناوری های نوظهور بر زنجیره تامین ارائه می کند و می تواند مبنایی معتبر برای طراحی استراتژی های آینده محور در صنعت ساخت و توسعه زنجیره تامین هوشمند باشد.

کلیدواژه ها: انقلاب صنعتی چهارم، انقلاب صنعتی پنجم، زنجیره تامین، صنعت ساخت، اینترنت اشیا، آینده پژوهی.

۱- مقدمه

تحولات پیاپی فناوری در دهه های اخیر، چهره زنجیره های تامین را بیش از هر زمان دیگری دستخوش تغییر کرده است. انقلاب صنعتی چهارم با محوریت دیجیتالی سازی، هوشمندسازی و اتصال فراگیر سامانه ها، آغازگر موجی از تغییرات ساختاری در مدیریت جریان مواد، اطلاعات و ارزش بود. به دنبال آن، انقلاب صنعتی پنجم با تاکید بر هم افزایی انسان و ماشین، شخصی سازی تولید، پایداری و رویکردهای انسان محور، لایه جدیدی از پیچیدگی و فرصت را به محیط کسب و کار افزود. همزمانی و هم پوشانی این دو انقلاب صنعتی سبب شده است که سازمان ها نه تنها با تغییرات سریع فناوری مواجه شوند، بلکه ناگزیر باشند الگوهای مدیریتی و راهبردهای زنجیره تامین خود را بازتعریف کنند. در چنین فضایی، زنجیره های

تامین دیگر صرفاً شبکه‌هایی برای تامین و توزیع کالا محسوب نمی‌شوند؛ بلکه به زیرساخت‌های هوشمند، پویا و آینده‌محوری تبدیل شده‌اند که توانایی پیش‌بینی، تصمیم‌گیری خودکار، واکنش سریع به اختلالات و خلق ارزش پایدار را دارند. فناوری‌هایی مانند اینترنت اشیا^۱، یادگیری ماشین، رباتیک پیشرفته، بلاک‌چین، سیستم‌های سایبری-فیزیکی و هوش جمعی انسان-ماشین، نقش اساسی در بازآفرینی ساختار زنجیره‌تامین و شکل‌گیری نسل جدیدی از مدل‌های کسب‌وکار دارند. از سوی دیگر، دغدغه‌های جهانی درباره پایداری، تاب‌آوری، ریسک‌های ژئوپولیتیکی و امنیت داده، ضرورت بازاندیشی در رویکردهای کلاسیک مدیریت زنجیره‌تامین را برجسته‌تر کرده است [1].

در جهان معاصر، صنعت ساخت به‌عنوان یکی از ارکان مهم اقتصاد جهانی، با موجی از تحولات گسترده و عمیق روبه‌رو شده است. انقلاب‌های صنعتی چهارم و پنجم با ورود فناوری‌های نوآورانه و ایجاد دگرگونی‌های اساسی در فرایندهای تولید و مدیریت زنجیره‌تامین، چشم‌اندازی تازه برای فعالیت‌های کسب‌وکار در این حوزه ترسیم کرده‌اند. این تحولات نه تنها موجب افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌ها شده‌اند، بلکه شیوه تعامل سازمان‌ها با تامین‌کنندگان و مشتریان را نیز متحول کرده‌اند. در چنین شرایطی، آینده‌پژوهی به‌عنوان ابزاری اساسی برای تشخیص فرصت‌ها و چالش‌های پیش‌رو در صنعت ساخت اهمیت فزاینده‌ای یافته است. تحلیل اثرات این انقلاب‌ها بر زنجیره‌تامین و بررسی روندهای آینده، می‌تواند زمینه درک عمیق‌تری از تغییرات پیش‌بینی شده را فراهم کرده و پایه‌ای برای تدوین استراتژی‌های سازگار با این تحولات ایجاد کند [2]. صنعت ساخت که همواره تحت تاثیر تغییرات فناوری و تحولات اقتصادی جهانی قرار داشته، با ورود به عصر انقلاب‌های صنعتی چهارم و پنجم با وضعیتی پیچیده‌تر مواجه شده است. ظهور فناوری‌های دیجیتال، هوش مصنوعی^۲، *IoT* و سامانه‌های خودکار، چالش‌ها و فرصت‌های جدیدی را برای زنجیره‌تامین ایجاد کرده‌اند. این دگرگونی‌ها نه تنها شیوه تولید و توزیع را بازطراحی کرده‌اند، بلکه منجر به شکل‌گیری مدل‌های کسب‌وکار نوین و تغییر در نیازها و انتظارات مشتریان نیز شده‌اند [3]. با وجود این تحولات، بسیاری از کسب‌وکارهای فعال در صنعت ساخت هنوز نتوانسته‌اند بهره‌برداری کامل و موثری از این فرصت‌ها داشته باشند و در مواجهه با پیامدهای ناشی از این انقلاب‌ها با سردرگمی و عدم قطعیت مواجه‌اند [4]. از این‌رو، تحلیل آینده این صنعت و ارزیابی تاثیرات انقلاب‌های صنعتی چهارم و پنجم بر زنجیره‌تامین، به یکی از ضرورت‌های بنیادین تبدیل شده است.

این پژوهش تلاش دارد روندهای کلیدی، چالش‌ها و فرصت‌های موجود را شناسایی کرده و راهکارهایی برای آینده‌پژوهی کارآمد در این زمینه ارائه دهد [5]. اهمیت تحلیل آینده کسب‌وکارها در صنعت ساخت و بررسی تاثیر انقلاب‌های صنعتی بر زنجیره‌تامین از چند جنبه قابل توجه است. نخست آن‌که ورود فناوری‌های نوینی همچون هوش مصنوعی، رباتیک و *IoT* سبب ایجاد تحولاتی بنیادی در فرایندهای تولید و مدیریت زنجیره‌تامین شده است. درک عمیق از این تغییرات می‌تواند امکان بهره‌گیری از مزیت‌های رقابتی را برای سازمان‌ها فراهم سازد. افزون بر این، به‌کارگیری فناوری‌های نو موجب بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها و ارتقای کیفیت محصولات شده و بررسی آینده این فناوری‌ها می‌تواند بهترین شیوه‌ها را برای بهینه‌سازی عملیات زنجیره‌تامین مشخص کند [6]، [7]. از سوی دیگر، همگام با پیشرفت‌های فناورانه، الگوهای رفتاری و انتظارات مشتریان نیز متحول شده است. سازمان‌ها باید توانایی پاسخ‌گویی سریع به این تغییرات را داشته و محصولات و خدمات خود را مطابق با نیازهای نوظهور ارائه کنند. آینده‌پژوهی در این راستا می‌تواند ابزار موثری برای پیش‌بینی روندهای آتی و آمادگی در برابر آن‌ها باشد. علاوه بر این، انقلاب‌های صنعتی جدید موجب ظهور مدل‌های کسب‌وکار نوینی شده‌اند که نیازمند بازنگری در رویکردهای مدیریت زنجیره‌تامین هستند. تحلیل این مدل‌ها و اثرات آن‌ها بر صنعت ساخت به شرکت‌ها کمک می‌کند تا جایگاه رقابتی خود را حفظ کنند [8]. در سال‌های اخیر، اهمیت توجه به مسایل زیست‌محیطی و پایداری در زنجیره‌تامین بیش‌ازپیش موردتوجه قرار گرفته است. تحلیل آینده در این حوزه می‌تواند مسیری برای کاهش پیامدهای منفی زیست‌محیطی و ارتقای مسئولیت‌پذیری اجتماعی سازمان‌ها ارائه کند. در نهایت، ارزیابی آینده کسب‌وکارها در صنعت ساخت نه تنها امکان مدیریت موثر چالش‌ها را فراهم می‌سازد، بلکه می‌تواند راه را برای دستیابی به آینده‌ای پایدار، هوشمند و موفق هموار کند [9]. باتوجه به مباحث مطرح‌شده، بررسی اثرات انقلاب‌های صنعتی چهارم و پنجم بر زنجیره‌تامین و آینده‌پژوهی در صنعت ساخت و ساز ایران نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چنین تحلیلی می‌تواند به تحول ساختاری و کارآمدسازی این صنعت کمک قابل‌توجهی کند و مسیر ارتقای رقابت‌پذیری آن را هموار سازد [10].

با استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و اتوماسیون، کسب‌وکارها در صنعت ساخت و ساز ایران می‌توانند فرایندهای تولید و زنجیره‌تامین خود را بهینه‌سازی کنند. این بهبود در کارایی می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و زمان‌های تولید منجر شود و در نتیجه، رقابت‌پذیری شرکت‌ها را افزایش دهد. همچنین انقلاب‌های صنعتی چهارم و پنجم باعث تغییرات اساسی در زنجیره‌تامین شده‌اند. با استفاده از *IoT* و فناوری‌های دیجیتال، شرکت‌ها

¹ Internet of Things (IoT)² Artificial Intelligence (AI)

می‌توانند به‌صورت بهینه‌تری با تامین‌کنندگان و مشتریان خود ارتباط برقرار کنند. این امر به کاهش زمان تامین و افزایش شفافیت در زنجیره‌تامین کمک می‌کند. تحلیل آینده کسب‌وکارها به شرکت‌ها این امکان را می‌دهد که به تغییرات در نیازها و انتظارات مشتریان پاسخ دهند. با توجه به تحولات فناوری، مشتریان انتظار دارند که محصولات و خدمات به‌روز و متناسب با نیازهای آن‌ها ارائه شود. این تحلیل می‌تواند به شناسایی روندهای جدید و پیش‌بینی نیازهای آینده کمک کند. انقلاب‌های صنعتی جدید، مدل‌های کسب‌وکار نوینی را به‌وجود آورده‌اند که می‌توانند به صنعت ساخت‌وساز ایران کمک کنند تا به سمت نوآوری و توسعه پایدار حرکت کند. این مدل‌ها می‌توانند شامل استفاده از فناوری‌های سبز و پایدار، خدمات مبتنی بر داده و راهکارهای دیجیتال باشند. با توجه به اهمیت مسایل زیست‌محیطی و اجتماعی، تحلیل آینده کسب‌وکارها می‌تواند به شناسایی راهکارهایی برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی و ارتقای مسئولیت اجتماعی در صنعت ساخت‌وساز کمک کند. این امر نه تنها به بهبود تصویر عمومی شرکت‌ها کمک می‌کند، بلکه می‌تواند منجر به جذب سرمایه‌گذاران و مشتریان جدید شود [11].

تحلیل آینده‌پژوهی به کسب‌وکارها کمک می‌کند تا روندهای نوظهور و چالش‌های احتمالی صنعت ساخت را شناسایی کرده و برای مواجهه با آن‌ها استراتژی‌های مناسب تدوین کنند [12]. در چارچوب انقلاب‌های صنعتی چهارم و پنجم، این تحلیل می‌تواند زمینه‌ساز تحول و توسعه پایدار صنعت ساخت‌وساز ایران باشد. ژانگ و یائو [13] اهداف تحلیل آینده کسب‌وکارها را در ۹ بعد معرفی کرده‌اند که شامل شناسایی روندهای نوین، بهینه‌سازی زنجیره‌تامین، پاسخ‌گویی به نیازهای متغیر مشتریان، توسعه مدل‌های کسب‌وکار نوآورانه، تقویت پایداری و مسئولیت اجتماعی، آمادگی برای چالش‌های آینده، ایجاد بستر نوآوری، توسعه همکاری‌های بین‌المللی و افزایش رقابت‌پذیری است. دستیابی به این اهداف می‌تواند شرکت‌ها را در بهره‌گیری موثر از فرصت‌ها و مدیریت مخاطرات ناشی از انقلاب‌های صنعتی یاری دهد. یکی از نوآوری‌های مهم در این حوزه، استفاده از *IoT* است که امکان اتصال تجهیزات، گردآوری داده‌های لحظه‌ای و کنترل دقیق فرایندهای تولید و زنجیره‌تامین را فراهم می‌سازد. این فناوری موجب بهبود کارایی، کاهش مصرف انرژی، کاهش ضایعات، پیش‌بینی دقیق‌تر تقاضا و افزایش انعطاف‌پذیری زنجیره‌تامین می‌شود. در نهایت، بهره‌گیری از *IoT* و سایر فناوری‌های نوین می‌تواند به شکل‌گیری زنجیره‌تامین هوشمند و رقابت‌پذیر کمک کند.

باقی‌مانده مقاله به‌صورتی که مشخص شده است سازمان‌دهی شده است. در بخش دوم یک مرور ادبیات از مطالعات گذشته برای شناسایی شکاف تحقیق ارائه شده است. در بخش سوم، روش‌شناسی پیشنهادی تحقیق برای شناسایی و اولویت‌بندی استراتژی‌های تجزیه و تحلیل شغل ارائه شده است. در بخش چهارم، یافته‌های تحقیق ارائه شده است. سرانجام، در بخش پنجم، یک جمع‌بندی به همراه پیشنهاداتی برای تحقیقات آتی ارائه شده است.

۲- مرور ادبیات

در این بخش به مباحث پیرامون ادبیات تحقیق جاری می‌پردازیم. برای این منظور این بخش در سه بخش مبانی نظری، پیشینه تحقیق و شکاف تحقیق طبقه‌بندی شده است.

۲-۱- مبانی نظری

۲-۱-۱- مفهوم کسب‌وکار

کسب‌وکار، به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و فرایندهایی اطلاق می‌شود که به منظور تولید، توزیع و فروش کالاها یا خدمات به مشتریان انجام می‌شود. این فعالیت‌ها می‌توانند در قالب شرکت‌ها، سازمان‌ها یا حتی فعالیت‌های فردی شکل بگیرند و هدف اصلی آن‌ها ایجاد ارزش اقتصادی و سودآوری است. کسب‌وکارها می‌توانند در صنایع مختلف فعالیت کنند و با توجه به نیازهای بازار و مشتریان، استراتژی‌ها و مدل‌های مختلفی را برای جذب و نگهداری مشتریان به کار ببرند. همچنین، کسب‌وکارها نقش مهمی در ایجاد اشتغال، توسعه اقتصادی و بهبود کیفیت زندگی در جوامع ایفا می‌کنند [9].

۲-۱-۲- آینده‌پژوهی

آینده‌پژوهی فرایندی نظام‌مند، خلاقانه و علمی است که باهدف شناسایی آینده‌های ممکن، محتمل و مطلوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رویکرد نه به دنبال پیش‌بینی قطعی آینده، بلکه در پی درک عمیق‌تر از تحولات و عدم قطعیت‌های پیش‌رو است تا تصمیم‌گیران بتوانند با آمادگی بیشتری در برابر تغییرات واکنش نشان دهند. آینده‌پژوهی با بهره‌گیری از تحلیل روندها، پیش‌ران‌های تغییر، فناوری‌های نوظهور و سناریوهای گوناگون، فهمی جامع از مسیرهای احتمالی آینده ارایه می‌دهد. از آن‌جا که آینده تحت‌تأثیر عوامل متعدد اقتصادی، اجتماعی، فناورانه، محیط‌زیستی و سیاسی قرار دارد، آینده‌پژوهی ماهیتی چندبعدی و میان‌رشته‌ای دارد و به مشارکت فعال ذی‌نفعان و متخصصان نیازمند است. یکی از ویژگی‌های مهم آینده‌پژوهی، سناریومحوری آن است؛ به این معنا که آینده‌های مختلف بر اساس ترکیب‌های متفاوتی از روندها و رویدادها ترسیم می‌شود تا برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیرتری امکان‌پذیر گردد. همچنین آینده‌پژوهی با تکیه بر خلاقیت و نوآوری، فراتر از ادامه خطی گذشته حرکت کرده و امکان تصور آینده‌هایی را فراهم می‌کند که ممکن است در چارچوب الگوهای رایج قابل مشاهده نباشند. این فرایند در نهایت رویکردی عمل‌محور دارد و هدف آن حمایت از تصمیم‌گیری راهبردی، افزایش آمادگی برای چالش‌های احتمالی و بهره‌برداری از فرصت‌های نوظهور در افق‌های میان‌مدت و بلندمدت است.

۲-۱-۳- انقلاب صنعتی چهارم

انقلاب صنعتی چهارم که به‌عنوان انقلاب دیجیتال نیز شناخته می‌شود، به تحولات عمیق و گسترده‌ای در زمینه فناوری، تولید و ارتباطات اشاره دارد. این انقلاب به‌ویژه با ظهور فناوری‌های نوین مانند *IoT*، هوش مصنوعی، رباتیک، و داده‌های کلان^۱ مشخص می‌شود [13]. خلاقیت و نوآوری انسان‌ها در این دوران باید توانایی‌های خلاقانه خود را برای حل مسایل پیچیده و ایجاد راه‌حل‌های نوآورانه به کار ببرند.

۱. توانایی یادگیری مداوم: با تغییرات سریع فناوری، یادگیری مداوم و به‌روزر بودن در مهارت‌ها و دانش‌های جدید از اهمیت بالایی برخوردار است.
۲. همکاری و ارتباطات: انسان‌ها باید توانایی کار گروهی و همکاری با دیگران را تقویت کنند، به‌ویژه در محیط‌های چندفرهنگی و بین‌المللی.
۳. تفکر تحلیلی و انتقادی: در مواجهه با داده‌های کلان و اطلاعات پیچیده، توانایی تحلیل و ارزیابی اطلاعات برای تصمیم‌گیری‌های موثر ضروری است.
۴. انعطاف‌پذیری: انسان‌ها باید قادر به سازگاری با تغییرات سریع و شرایط جدید باشند و به‌راحتی خود را با فناوری‌های نوین وفق دهند.
۵. مسئولیت‌پذیری اجتماعی: در دنیای متصل و دیجیتال، انسان‌ها باید به تأثیرات اجتماعی و محیطی فعالیت‌های خود توجه کنند و به دنبال راه‌حل‌های پایدار باشند. این ویژگی‌ها به انسان‌ها کمک می‌کند تا در دنیای پیچیده و در حال تغییر انقلاب صنعتی چهارم موفق باشند و به پیشرفت‌های بیشتری دست یابند [13].

۲-۱-۴- انقلاب صنعتی پنجم

این انقلاب به‌عنوان انقلاب انسانی نیز شناخته می‌شود، به تحولات جدیدی اشاره دارد که در آن فناوری و انسان به‌طور هم‌زمان و هماهنگ با یکدیگر کار می‌کنند. این انقلاب بر پایه فناوری‌های پیشرفته‌ای مانند هوش مصنوعی، رباتیک، *IoT* و فناوری‌های زیستی بنا شده است و هدف آن بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها و ایجاد یک جامعه پایدارتر است. در این انقلاب، انسان در مرکز توجه قرار دارد و فناوری‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که به بهبود کیفیت زندگی و رفاه انسان‌ها کمک کنند. توسعه پایدار در انقلاب صنعتی پنجم بر ایجاد راه‌حل‌های پایدار و دوستدار محیط زیست تأکید دارد و به دنبال کاهش اثرات منفی بر محیط زیست است. همکاری انسان و ربات در این دوران، انسان‌ها و ربات‌ها به‌طور هم‌زمان و در همکاری نزدیک با یکدیگر کار می‌کنند تا بهره‌وری و کارایی را افزایش دهند. استفاده از فناوری‌های هوشمند و یادگیری ماشین برای بهینه‌سازی فرایندها و تصمیم‌گیری‌ها به‌طور گسترده‌ای در این انقلاب رایج است و شخصی‌سازی محصولات و خدمات به‌طور فزاینده‌ای به نیازها و ترجیحات فردی مشتریان شخصی‌سازی می‌شوند که این امر به افزایش رضایت مشتریان کمک می‌کند با تغییرات سریع در فناوری، نیاز به مهارت‌های جدید و توانایی‌های چندگانه در نیروی کار افزایش می‌یابد. توجه به سلامت و رفاه در انقلاب صنعتی پنجم، به بهبود سلامت و رفاه جسمی و روحی افراد توجه بیشتری می‌شود و فناوری‌ها به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که به این اهداف کمک کنند. این ویژگی‌ها نشان‌دهنده تغییرات عمیق در نحوه تعامل انسان با فناوری و تأثیر آن بر جامعه و محیط زیست است.

^۱ Big Data

۲-۲- پیشینه تحقیق

عندلیب اردکانی و کیانی [11] مشخص کردند فناوری های *IoT*، بلاک چین و کلان داده بیشترین نقش را در ابعاد اقتصاد مدور زنجیره تامین دارند. شهابی و همکاران [10] نشان دادند اتصال بازیگران جدید، همکاری بین سازمانی و توسعه زیرساخت دیجیتال بیشترین تاثیر را بر زنجیره تامین بانکی در چارچوب صنعت نسل چهار دارند. میرحسینی و صالحی [12] نشان دادند صنعت نسل چهار موجب افزایش کارایی و پاسخگویی زنجیره تامین می شود. داس و همکاران [3] مدل بلوغ شرکت ساختمانی هوشمند را بر اساس ویژگی های صنعت نسل چهار و اعتبارسنجی تخصصی انجام دادند. ژانگ و همکاران [13] سرمایه فکری و تحول دیجیتال عملکرد شرکت های ساخت و ساز چین را بهبود می دهند. ویراپروما و همکاران [7] ارایه چارچوب پذیرش قراردادهای هوشمند بلاک چینی در صنعت ساخت و ساز با تحلیل کیفی را انجام داده اند. جان هاگر و همکاران [5] چالش های بهره‌وری پروژه های ساختمانی و ارایه مدل تحلیل بهره‌وری را شناسایی کرده اند. آدا و همکاران [2] مرور کتاب سنجی برای یکپارچه سازی دانش تعادل کار-زندگی در صنعت را انجام داده اند.

بر اساس موارد اشاره شده در بالا، باوجود پیشرفت های سریع در فناوری *IoT* و تاثیرات آن بر فرایندهای تولید و مدیریت در صنعت ساخت، هنوز درک کاملی از چالش ها و فرصت های ناشی از انقلاب های صنعتی چهارم و پنجم بر این فناوری وجود ندارد. به ویژه، نیاز به بررسی چگونگی ادغام *IoT* با دیگر فناوری های نوین، مانند هوش مصنوعی و رباتیک و تاثیرات این ادغام بر عملکرد و بهره‌وری کسب و کارها احساس می شود.

۳- روش تحقیق

این پژوهش با هدف بررسی و تحلیل ادبیات علمی مرتبط با تاثیر انقلاب های صنعتی چهارم و پنجم بر کسب و کارها در صنعت ساخت انجام می شود. روش تحقیق به صورت تحلیل کتاب سنجی^۱ و مرور نظام مند ادبیات طراحی شده است تا روندها، الگوها، مفاهیم کلیدی و شکاف های موجود در پژوهش های پیشین شناسایی شود. فرایند اجرای تحقیق در چند مرحله زیر انجام می گیرد:

مرحله ۱ (انتخاب پایگاه های داده)- به منظور گردآوری منابع معتبر، پایگاه های داده علمی بین المللی شامل *Scopus*، *Web of Science*، *Google Scholar* و *IEEE Xplore* انتخاب می شوند. این پایگاه ها به دلیل پوشش گسترده مقالات علمی و قابلیت تحلیل کتاب سنجی مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

مرحله ۲ (تعین کل ی دواژه ها)- برای دستیابی به جامع ترین مجموعه داده، کلیدواژه های مرتبط با موضوع شامل انقلاب صنعتی چهارم، انقلاب صنعتی پنجم، کسب و کارهای صنعت ساخت، فناوری های نوین، تاثیرات اقتصادی، تعریف و در جست و جوهای ترکیبی به کار گرفته می شوند.

مرحله ۳ (جست و جو و گردآوری منابع)- جست و جو سیستماتیک مقالات، کتاب ها، گزارش های علمی و اسناد پژوهشی با استفاده از کلیدواژه های تعیین شده انجام می شود. پس از پالایش اولیه، منابع مرتبط انتخاب و داده های مورد نیاز برای تحلیل کتاب سنجی استخراج می گردد.

مرحله ۴ (استخراج و تحلیل داده ها)- در این مرحله داده های کتاب سنجی شامل اطلاعات انتشارات، سال انتشار، نویسندگان، کلیدواژه ها، مجلات علمی و حوزه های تحقیقاتی جمع آوری می شود. سپس شاخص های مرتبط باهدف تحقیق مانند روند انتشارات، فراوانی موضوعات و شبکه همکاری پژوهشگران تحلیل می شود.

مرحله ۵ (شناسایی شکاف ها و ارزیابی ادبیات)- پس از تحلیل داده ها، شکاف های موجود در ادبیات شناسایی می شوند. این بخش شامل ارزیابی نقاط قوت و ضعف مطالعات پیشین، کمبودهای پژوهشی و حوزه هایی است که نیازمند توجه بیشتر پژوهشگران است.

¹ Bibliometric analysis

مرحله ۶ (تحلیل و تفسیر نتایج) - در این مرحله نتایج به دست آمده شامل تعداد مقالات منتشر شده، پژوهشگران و موسسات برجسته، نشریات پیش رو و موضوعات پرتکرار مورد تحلیل و تفسیر قرار می گیرد. این تحلیل تصویری روشن از وضعیت فعلی دانش موجود و جهت گیری های آینده ارائه خواهد داد.

۴- یافته های تحقیق

بر اساس مطالعات گذشته شاخص های مرتبط با *IoT* در کسب و کار ساخت و ساز طبق انقلاب صنعتی چهارم و پنجم در جدول ۱ طبقه بندی شده است.

جدول ۱- شاخص های مرتبط با *IoT* در کسب و کار ساخت و ساز طبق انقلاب صنعتی.

Table 1- Indicators related to *IoT* in the construction business according to the Industrial Revolution.

نام شاخص	منبع
اتصال و ارتباطات	[2]
تحلیل داده های بزرگ	[2]، [8]
مدیریت زنجیره تامین	[2]، [8]
پیش بینی و نگهداری پیشگیرانه	[9]
مدیریت انرژی	[9]
ایمنی و نظارت	[2]، [8]، [9]
مدیریت پروژه	[2]، [8]، [9]
مدلسازی اطلاعات ساختمان	[2]، [8]، [9]
تجربه مشتری	[13]
پایداری و محیط زیست	[2]، [8]، [9]

شاخص های ارائه شده در جدول ۱، چهارچوبی کاربردی برای بهره گیری موثر از فناوری *IoT* در صنعت ساخت و ساز فراهم می کنند. این شاخص ها نشان می دهند که چگونه کسب و کارها می توانند با اتکا بر فناوری های انقلاب های صنعتی چهارم و پنجم، عملکرد خود را ارتقا داده و به سطح جدیدی از کارایی، پایداری و رقابت پذیری دست یابند. بر این اساس، مهم ترین ابعاد تاثیر *IoT* در این صنعت عبارت اند از:

۱. اتصال و ارتباطات هوشمند: در بستر انقلاب های صنعتی چهارم و پنجم، ایجاد شبکه ارتباطی یکپارچه میان ماشین آلات، تجهیزات، سنسورها و سامانه های مدیریتی یک اصل بنیادی محسوب می شود. اتصال بی سیم و تبادل لحظه ای داده ها امکان نظارت پیوسته بر وضعیت عملیات، تجهیزات و کارگران را فراهم کرده و تصمیم گیری مدیران پروژه را دقیق تر و سریع تر می سازد.
۲. تحلیل داده های بزرگ: داده های گسترده جمع آوری شده از حسگرها و دستگاه ها، پایه تحلیل های پیشرفته را فراهم می کند. بررسی الگوها، شناسایی ریسک ها، پیش بینی اختلالات و بهینه سازی فرایندها از مهم ترین دستاوردهای تحلیل داده ها است. در صنعت ساخت، این داده ها شامل هزینه ها، زمان بندی، مصرف منابع و عملکرد تجهیزات بوده و نقش مهمی در افزایش بهره وری دارند.
۳. بهینه سازی مدیریت زنجیره تامین: *IoT* موجب ایجاد زنجیره تامین هوشمند و واکنش گرا می شود. دسترسی به اطلاعات زمان واقعی اجازه می دهد موجودی ها دقیق تر مدیریت شده، زمان انتظار کاهش یابد و اتلاف منابع به حداقل برسد. این امر منجر به کاهش هزینه ها و افزایش سرعت و دقت عملیات تامین و توزیع می شود.
۴. پیش بینی خرابی ها و نگهداری پیشگیرانه: نظارت لحظه ای بر وضعیت تجهیزات امکان پیش بینی خرابی ها را فراهم می سازد. نگهداری پیشگیرانه باعث کاهش توقف های ناخواسته، جلوگیری از هزینه های سنگین تعمیرات و افزایش عمر مفید ماشین آلات می شود. این رویکرد یک تحول اساسی در مدیریت دارایی های فیزیکی محسوب می شود.
۵. مدیریت بهینه انرژی: حسگرهای هوشمند مصرف انرژی را به طور دقیق اندازه گیری کرده و زمینه کاهش اتلاف، کاهش هزینه ها و کاهش اثرات زیست محیطی را فراهم می کنند. داده های انرژی می تواند در تدوین راهبردهای پایداری و بهره وری انرژی نقش کلیدی داشته باشد.

۶. ارتقای ایمنی و نظارت میدانی: *IoT* با نظارت دایم بر شرایط محیطی و ایمنی کارگاه، خطرات احتمالی را شناسایی و هشدارهای فوری صادر می کند. این موضوع نقش مهمی در کاهش حوادث، بهبود سلامت کارگران و ارتقای فرهنگ ایمنی دارد.
۷. بهبود مدیریت پروژه: دسترسی به داده های زمان واقعی از پیشرفت عملیات، امکان برنامه ریزی دقیق تر، تخصیص بهینه منابع و مدیریت بهتر زمان پروژه را فراهم می کند. این موضوع باعث کاهش تاخیرات و افزایش احتمال تکمیل موفق پروژه می شود.
۸. تلفیق *IoT* با مدل سازی اطلاعات ساختمان^۱: ادغام *IoT* با *BIM* امکان ایجاد مدل های هوشمند و پویا از پروژه را فراهم می کند. این ترکیب، اطلاعات جامع تری از چرخه حیات پروژه ارائه می دهد و تصمیم گیری مبتنی بر داده را تقویت می کند.
۹. بهبود تجربه مشتری: تحلیل داده های رفتاری و نیازهای مشتریان، ارائه خدمات شخصی سازی شده و طراحی محصولات و پروژه ها بر اساس ترجیحات واقعی مشتری را ممکن می سازد. این موضوع به افزایش رضایت و ایجاد مزیت رقابتی پایدار کمک می کند.
۱۰. پایداری و حفاظت محیط زیست: *IoT* به پایش مداوم اثرات زیست محیطی پروژه ها کمک می کند و با بهینه سازی مصرف منابع، مدیریت پسماند و کاهش آلودگی، کسب و کارها را در دستیابی به اهداف توسعه پایدار یاری می دهد.

۵- نتیجه گیری

این مقاله به بررسی آثار انقلاب های صنعتی چهارم و پنجم بر کسب و کارهای صنعت ساخت و ساز پرداخته و نشان می دهد که فناوری های نوین مانند *IoT*، تحلیل داده های بزرگ و هوش مصنوعی موجب تحول اساسی در کارایی، مدیریت منابع، ایمنی و تجربه مشتری شده اند. این فناوری ها امکان پیش بینی خرابی ها، نگهداری پیشگیرانه، بهینه سازی زنجیره تامین و کاهش اثرات زیست محیطی را فراهم کرده و زمینه ساز رشد و توسعه کسب و کارها شده اند. در بخش بینش های مدیریتی، تاکید می شود که مدیران باید در فناوری های نوین سرمایه گذاری کرده، فرهنگ نوآوری ایجاد نمایند، از داده ها برای تصمیم گیری بهره بگیرند، به پایداری و ایمنی توجه ویژه داشته باشند، زنجیره تامین را هوشمند کنند، تجربه مشتری را ارتقا دهند، مهارت های نیروی انسانی را توسعه دهند و استراتژی های خود را با تغییرات سریع بازار تطبیق دهند. همچنین همکاری با دانشگاه ها و کسب و کارهای دیگر می تواند به نوآوری و بهبود عملکرد کمک کند. در نهایت، پیشنهاد می شود در تحقیقات آتی اهمیت هر یک از عوامل شناسایی شده با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره مانند آنترابی شانون ارزیابی گردد.

منابع

- [1] Rahman, M. H., Hasan, M. R., Chowdhury, N. I., Syed, M. A. Bin, & Farah, M. U. (2024). Predictive health analysis in industry 5.0: A scientometric and systematic review of Motion Capture in construction. *Digital engineering*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.dte.2024.100002>
- [2] Adah, C. A., Aghimien, D. O., & Oshodi, O. (2023). Work-life balance in the construction industry: A bibliometric and narrative review. *Engineering, construction and architectural management*, 32(1), 38–58. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2023-0150>
- [3] Das, P., Perera, S., Senaratne, S., & Osei-Kyei, R. (2023). A smart modern construction enterprise maturity model for business scenarios leading to Industry 4.0. *Smart and sustainable built environment*, 14(1), 23–49. <https://doi.org/10.1108/SASBE-09-2022-0205>
- [4] Rymarczyk, J. (2020). Technologies, opportunities and challenges of the industrial revolution 4.0: Theoretical considerations. *Entrepreneurial business and economics review*, 8(1), 185–198. <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=976200>
- [5] Jahanger, Q. K., Trejo, D., & Louis, J. (2023). Evaluation of field labor and management productivity in the USA construction industry. *Engineering, construction and architectural management*, 32(1), 259–281. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2022-0918>
- [6] Waqar, A., Houda, M., Khan, A. M., Qureshi, A. H., & Elmazi, G. (2024). Sustainable leadership practices in construction: Building a resilient society. *Environmental challenges*, 14, 100841. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100841>
- [7] Weerapperuma, U. S., Rathnasinghe, A. P., Jayasena, H. S., Wijewickrama, C. S., & Thurairajah, N. (2023). A knowledge framework for blockchain-enabled smart contract adoption in the construction industry. *Engineering, construction and architectural management*, 32(1), 374–408. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2023-0012>
- [8] Johari, M. S., Mahmud, S. H., Mohamed, S. F., Misnan, M. S., Kamarudin, T., Dzahir, M. A. M., & Utama, W. P. (2025). Digitalization: Potentials of digital technology capabilities in the construction industry. *Journal of advanced research in applied sciences and engineering technology*, 50(1), 136–150. <https://doi.org/10.37934/araset.50.1.136150>
- [9] Naji, K. K., Gunduz, M., Alhenzab, F. H., Al-Hababi, H., & Al-Qahtani, A. H. (2024). A systematic review of the digital transformation of the building construction industry. *IEEE access*, 12, 31461–31487. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3365934>

¹ Building information modeling

- [10] Shahabi, V., Azar, A., faezy razi, F., & fallah shams, M. (2021). Modeling the impact of the industry 4.0 on the banking supply chain using fuzzy dimatel technique. *Journal of international business administration*, 4(1), 67-89. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jiba.2021.43213.1589>
- [11] Andalib Ardakani, D., & Kiani, M. (2024). The role of fourth industrial revolution technologies in the dimensions of the circular supply chain. *The first national conference on management in the era of transformation with an emphasis on technology, science, and practice*. Ardebil, Iran. Civilica. (In Persian). <https://civilica.com/doc/2114658>
- [12] Mirhosseini, T. S., & Salehi, A. (2019). Investigating the impact of the fourth industrial revolution on the supply chain. *16th international management conference*. Tehran, Iran. Civilica. (In Persian). <https://civilica.com/doc/996831>
- [13] Zhang, Y., Li, H., & Yao, Z. (2023). Intellectual capital, digital transformation and firm performance: Evidence based on listed companies in the Chinese construction industry. *Engineering, construction and architectural management*, 32(4), 2128–2159. <https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2023-0623>