Strategic Management of Organizational Knowledge (2025) 8(1): 121-145
https://doi.org/10.47176/SMOK.2025.1854

Strategic Management of Organizational Knowledge

Journal homepage: https://jkm.ihu.ac.ir/

Research Article

Designing a Conceptual Framework for Advanced Technology Transfer in the Fifth Industrial Revolution: A Thematic Analysis Approach

Arezoo Zamany [1] Abbas Khamseh [*2] Sayedjavad Iranbanfard [3]

1. Ph.D. Candidate, in Department of Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-mail: arezoo.zamany@srbiau.ac.ir
2. Associate Professor, Department of Industrial Management, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. E-mail: abbas.khamseh@kiau.ac.ir
3. Assistant professor, Department of Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: iranban@iaushiraz.ac.ir

Received: 26 December 2024; Revised: 5 February 2024; Accepted: 21 March 2025; Published: 21 March 2025

Abstract

Purpose: The emergence of Industry 5.0, characterized by enhanced human-machine collaboration and sustainability focus, has fundamentally transformed the landscape of advanced technology transfer. While Industry 4.0 primarily focused on automation and digitalization, Industry 5.0 emphasizes the synergistic integration of human capabilities with advanced technologies, creating new challenges and opportunities in technology transfer processes. Traditional technology transfer models, designed for earlier industrial paradigms, fail to address the unique requirements of Industry 5.0, particularly its emphasis on human-centricity, sustainability, and resilience. This study aims to develop a comprehensive conceptual framework for advanced technology transfer in the Industry 5.0 paradigm, addressing the critical need for understanding how emerging technologies can be effectively transferred while maintaining the human-centric and sustainable focus characteristic of this new industrial paradigm. The research specifically seeks to identify and integrate key components, stages, and success factors in the technology transfer process, considering the complex interplay between human factors, technological capabilities, and sustainability requirements that define Industry 5.0.

Design/methodology/approach: This study adopts a pragmatist philosophy with an abductive approach, combining quantitative text mining with qualitative thematic analysis to develop a comprehensive understanding of technology transfer in Industry 5.0. The research examined 84 relevant scientific articles published between 2017 and 2025, selected through purposive sampling from five major academic databases: Scopus, Web of Science, Emerald Insight, Science Direct, and Google Scholar. The selection criteria focused on relevance to Industry 5.0 technology transfer, scientific rigor, and accessibility of full texts. The analysis was conducted in two main phases: a quantitative phase employing sophisticated text mining algorithms including Latent Dirichlet Allocation for topic modeling, K-means clustering for concept grouping, and sentiment analysis for understanding technology perceptions, followed by a qualitative phase using Braun and Clarke's six-step thematic analysis methodology. The text mining phase processed over 1.2 million words of text, identifying key concept clusters and relationship patterns. The subsequent thematic analysis involved multiple iterations of coding, theme development, and refinement, starting with 462 initial codes that were refined to 386 unique codes. Validation was ensured through methodological triangulation, parallel coding by independent researchers achieving a Kappa coefficient of 0.83, and expert review by specialists in technology transfer and Industry 5.0.

Findings: The research revealed a complex landscape of technology transfer in Industry 5.0, identified through five distinct knowledge clusters and eight key transfer stages. The text mining analysis revealed five primary clusters: advanced technologies (54.4% of content), technology transfer mechanisms (8.5%), Industry 5.0 characteristics (19.2%), challenges and opportunities (11.4%), and policy and regulations (6.6%). Within these clusters, the thematic analysis identified 40 main themes and 163 sub-themes, organized into eight key stages of technology transfer: identification and selection, acquisition, adaptation, absorption and analysis, application and utilization, development and enhancement, dissemination, and learning and innovation. Each stage encompasses specific components and indicators crucial for successful technology transfer in the Industry 5.0 environment. The findings indicate that successful technology transfer in Industry 5.0 requires a holistic approach that integrates technical, organizational, human, and environmental dimensions. The research particularly highlighted the importance of human-centric design principles, sustainability integration methods, and adaptive learning systems in the transfer process.

Research limitations/implications: The study encountered several significant limitations that merit careful consideration in interpreting and applying its findings. The emerging nature of Industry 5.0 resulted in a limited availability of empirical studies, potentially affecting the comprehensiveness of the theoretical framework. The reliance on secondary data sources, while allowing for broad coverage of the field, restricted the ability to capture real-time implementation challenges and solutions in industrial settings. The focus on English-language literature may have excluded valuable insights from non-English speaking regions, particularly from countries with advanced industrial policies. Additionally, the rapid evolution of technology and industrial practices means that some findings may require regular updating to maintain relevance. These limitations suggest several important research implications. First, there is a clear need for empirical validation studies to test and refine the proposed framework in various industrial contexts. Second, longitudinal studies tracking the implementation of technology transfer projects in Industry 5.0 environments would provide valuable insights into the framework's practical applicability. Third, cross-cultural comparative analyses could help understand how different cultural and institutional contexts affect technology transfer success in Industry 5.0. The study's limitations also highlight the need for industry-specific adaptation studies and the development of more sophisticated measurement tools for assessing technology transfer effectiveness in human-centric industrial environments.

Practical implications: The research provides comprehensive practical implications for multiple stakeholder groups involved in Industry 5.0 technology transfer. For industry managers, the framework offers a structured approach to assessing and selecting appropriate technologies, emphasizing the need to consider both technical capabilities and human factors in implementation decisions. The detailed stages and indicators provide practical guidelines for managing the complex process of technology integration while maintaining focus on human-centric values and sustainability goals. Policy makers can utilize the findings to develop more effective regulatory frameworks that balance technological advancement with social and environmental considerations. The research particularly emphasizes the need for policies that support workforce development, encourage sustainable practices, and promote innovation while protecting human interests. Technology providers can better understand the specific requirements of Industry 5.0 environments and adapt their solutions to meet these needs, particularly in terms of human-machine interaction and sustainable operation. Academic institutions can use the findings to develop more relevant training programs and research initiatives that address the unique challenges of Industry 5.0 technology transfer. The study also provides valuable insights for consultants and technology transfer professionals, offering practical tools for assessing readiness, planning implementations, and measuring success in technology transfer projects. The framework's emphasis on continuous learning and adaptation makes it particularly valuable for organizations transitioning from Industry 4.0 to Industry 5.0 paradigms.

Originality/value: This research makes several significant original contributions to both the theoretical understanding and practical implementation of technology transfer in Industry 5.0. The study is the first to provide a comprehensive framework specifically designed for technology transfer in the Industry 5.0 paradigm, moving beyond traditional linear models to present an ecosystem approach that reflects the complex interplay between human, technological, and environmental factors. The innovative methodological approach, combining sophisticated text mining techniques with detailed thematic analysis, enables a more nuanced understanding of technology transfer complexities than previous studies have achieved. The research introduces novel conceptual elements, particularly in its integration of human-centric design principles with technical transfer requirements, providing a new perspective on how organizations can maintain human primacy while advancing technological capabilities. The framework's practical value lies in its detailed operationalization of abstract concepts into measurable indicators and actionable guidelines, making it immediately useful for practitioners while also advancing theoretical understanding. The study's emphasis on sustainability and human-centricity in technology transfer represents a significant advancement in how we conceptualize and manage technological change in industrial settings. By identifying and analyzing the specific components and relationships that characterize successful technology transfer in Industry 5.0, this research provides both a theoretical foundation for future studies and a practical roadmap for organizations navigating the transition to more advanced, human-centric industrial paradigms. This combination of theoretical advancement and practical applicability makes the study particularly valuable for academics, practitioners, and policy makers working to shape the future of industrial development.

Keywords: Technology Transfer, Industry 5.0, Advanced Technologies, Digital Transformation

Cite this article: Arezoo Zamany, Abbas Khamseh, Sayedjavad Iranbanfard . (2025). Designing a Conceptual Framework for Advanced Technology Transfer in the Fifth Industrial Revolution: A Thematic Analysis Approach. Strategic Management of Organizational Knowledge, 8 (1), 121-145. https://doi.org/10.47176/smok.2025.1854

Funding

None.

Author contributions

The authors declare that all authors have contributed to the various sections.

Conflicts of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest related to the present research and that the results were obtained impartially and without interference from personal or professional interests.

Acknowledgments

None.

مدیریت راهبردی دانش سازمانی (۱۴۰۴) دوره ۸، شماره ۱، صفحات ۱۲۱-۱۴۵
https://doi.org/10.47176/smok.2025.1854

مدیریت راهبردی دانش سازمانی

Journal homepage: https://jkm.ihu.ac.ir/

مقاله (اصیل)

طراحی چارچوب مفهومی انتقال فناوری‌های پیشرفته در انقلاب صنعتی پنجم: رویکرد تحلیل مضمون

آرزو زمانی [۱] عباس خمسه [۲*] سید جواد ایرانبان فرد [۳]

۱. دانشجوی دکتری، گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. E-mail: arezoo.zamany@srbiau.ac.ir

۲. دانشیار، گروه مدیریت صنعتی، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران. E-mail: abbas.khamseh@kiau.ac.ir

۳. استادیار، گروه مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. E-mail: iranban@iaushiraz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۰۶ دی ۱۴۰۳؛ تاریخ بازنگری: ۱۷ بهمن ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۰۱ فروردین ۱۴۰۴؛ تاریخ انتشار: ۰۱ فروردین ۱۴۰۴

چکیده

هدف: ظهور پارادایم صنعت ۵.۰ با تمرکز بر تعامل هوشمندانه انسان و ماشین، چالش‌های جدیدی را در فرآیند انتقال فناوری‌های پیشرفته ایجاد کرده است. هدف این پژوهش تبیین چارچوب مفهومی جامع برای انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰ است.

روش پژوهش: این پژوهش با رویکرد پراگماتیسم و استراتژی استقرایی-قیاسی انجام شده است. از میان مقالات علمی منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴ در پنج پایگاه داده معتبر، ۸۴ مقاله با نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. داده‌ها با استفاده از رویکرد ترکیبی متن‌کاوی و تحلیل مضمون تحلیل شدند. در فاز کمی از الگوریتم‌های LDA و K-means برای خوشه‌بندی مفاهیم، و در فاز کیفی از روش تحلیل مضمون براون و کلارک استفاده شد. روایی یافته‌ها با استفاده از روش مثلث‌سازی و پایایی با محاسبه ضریب توافق کاپا (۰/۸۳) تأیید گردید.

یافته‌ها: تحلیل متن‌کاوی به شناسایی پنج خوشه اصلی منجر شد که شامل فناوری‌های پیشرفته (۵۴.۴٪)، انتقال فناوری (۸.۵٪)، صنعت ۵.۰ (۱۹.۲٪)، چالش‌ها و فرصت‌ها (۱۱.۴٪) و سیاست‌گذاری و قوانین (۶.۶٪) بودند. تحلیل مضمون منجر به شناسایی ۴۰ مضمون اصلی و ۱۶۳ مضمون فرعی شد که در قالب هشت مرحله اصلی انتقال فناوری دسته‌بندی شدند. این مراحل شامل شناسایی و گزینش، اکتساب، انطباق، جذب و تحلیل، کاربرد و بهره‌برداری، توسعه و بهبود، اشاعه، و یادگیری و نوآوری است.

نتیجه‌گیری: موفقیت در انتقال فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰ مستلزم ایجاد یک اکوسیستم پویا و تعاملی است که در آن عوامل فنی، سازمانی، انسانی و محیطی به طور همزمان مدیریت می‌شوند.

اصالت/ارزش: این پژوهش برای نخستین بار با ترکیب رویکردهای متن‌کاوی و تحلیل مضمون، چارچوبی جامع برای انتقال فناوری در پارادایم صنعت ۵.۰ ارائه می‌دهد که فراتر از مدل‌های خطی موجود رفته و رویکردی اکوسیستمی ارائه می‌کند. این چارچوب می‌تواند مبنایی برای پژوهش‌های آتی در حوزه انتقال فناوری‌های پیشرفته و راهنمای عمل مدیران و سیاست‌گذاران باشد.

کلیدواژه‌ها: انتقال فناوری؛ صنعت ۵.۰؛ فناوری‌های پیشرفته؛ تحول دیجیتال

مقدمه و بیان مسئله

تحول در پارادایم‌های صنعتی از انقلاب صنعتی اول تا صنعت ۵.۰، مسیری پویا از پیشرفت فناورانه را نشان می‌دهد. صنعت ۵.۰ به عنوان آخرین تحول در این مسیر، فراتر از مفاهیم خودکارسازی و دیجیتالی‌سازی صرف رفته و بر ایجاد هم‌افزایی میان قابلیت‌های منحصر به فرد انسانی و توانمندی‌های فناوری‌های پیشرفته تمرکز دارد. این رویکرد جدید با هدف ایجاد یک اکوسیستم صنعتی هوشمند، پایدار و انسان‌محور، به دنبال بهینه‌سازی فرآیندهای تولیدی و خدماتی با محوریت ارزش‌های اجتماعی و رفاه انسانی است (Pang et al., 2025). توسعه فناوری‌های نوظهور مانند دوقلوهای دیجیتال، هوش مصنوعی شناختی و سیستم‌های یادگیری تطبیقی، امکان ایجاد محیط‌های کاری مشارکتی را فراهم آورده که در آن انسان و ماشین در یک رابطه همزیستی و هوشمند به تکمیل قابلیت‌های یکدیگر می‌پردازند (Ramírez et al., 2025). در این راستا، مدیریت دانش به عنوان یک قابلیت محوری، نقش کلیدی در تسهیل فرآیند انتقال و جذب فناوری‌های پیشرفته ایفا می‌کند (Tahanpour et al., 2024).

در این پارادایم جدید، انتقال فناوری صرفاً یک فرآیند خطی انتقال تجهیزات و دانش فنی نیست، بلکه یک فرآیند پیچیده و چندوجهی است که شامل انتقال دانش ضمنی، توسعه قابلیت‌های سازمانی و ایجاد شبکه‌های همکاری می‌شود (Alcaraz et al., 2025). تجربه شرکت‌های پیشرو نشان می‌دهد که موفقیت در انتقال فناوری‌های پیشرفته مستلزم توجه همزمان به ابعاد فنی، سازمانی و انسانی است. به عنوان مثال، توسعه زیرساخت‌های پردازش لبه‌ای و محاسبات توزیع‌شده، همراه با سیستم‌های مدیریت دانش یکپارچه، امکان بهره‌برداری مؤثر از فناوری‌های نوین را فراهم می‌آورد (Veeramachaneni, 2025).

با ظهور پارادایم صنعت ۵.۰، مفهوم انتقال فناوری نیز دستخوش تحول اساسی شده است. تحول مفهوم انتقال فناوری را می‌توان در قالب چهار نسل متوالی تبیین کرد: نسل اول (۱۹۵۰-۱۹۷۰) که بر انتقال فیزیکی تجهیزات و ماشین‌آلات تمرکز داشت؛ نسل دوم (۱۹۷۰-۱۹۹۰) که علاوه بر تجهیزات، انتقال دانش فنی و مستندات را نیز شامل می‌شد؛ نسل سوم (۱۹۹۰-۲۰۱۰) که بر انتقال توانمندی‌های فناورانه و ظرفیت‌های نوآوری تأکید داشت؛ و نسل چهارم (۲۰۱۰ تاکنون) که انتقال فناوری را به عنوان فرآیندی پویا و تعاملی در نظر می‌گیرد که از طریق شبکه‌های همکاری و پلتفرم‌های دیجیتال صورت می‌گیرد. در پارادایم صنعت ۵.۰، انتقال فناوری به سمت نسل پنجم در حال تکامل است که مشخصه اصلی آن یکپارچه‌سازی هوشمند انسان و فناوری، تمرکز بر پایداری و مسئولیت‌پذیری اجتماعی، و استفاده از هوش مصنوعی و فناوری‌های شناختی در فرآیند انتقال است (Piccarozzi et al., 2024).

در عصر صنعت ۵.۰، ماهیت انتقال فناوری دستخوش تحول اساسی شده و اکنون به یک فرآیند چندبعدی تبدیل شده که در آن پلتفرم‌های مشارکتی دیجیتال و منابع آزاد نقشی کلیدی ایفا می‌کنند. تمرکز اصلی بر توسعه قابلیت‌های نوآوری و یادگیری سازمانی است که از مرزهای سنتی سازمانی فراتر می‌رود (Samadianasari et al., 2024). این تحول نیازمند بازنگری در مدل‌ها و چارچوب‌های موجود است تا بتواند پویایی‌های پیچیده تبادل دانش و فناوری در عصر صنعت ۵.۰ را به درستی منعکس کند.

موضوع انتقال فناوری از دیرباز مورد توجه پژوهشگران و سیاست‌گذاران بوده است. با این حال، ظهور مفهوم صنعت ۵.۰ که بر تلفیق هوشمندانه انسان و ماشین در راستای اهداف پایداری و مسئولیت‌پذیری تأکید دارد، ابعاد جدیدی را به این موضوع افزوده است. در این زمینه، انتقال موفق فناوری‌های پیشرفته نقش محوری در تحقق چشم‌انداز صنعت ۵.۰ ایفا می‌کند (Botti & Baldi, 2024). موفقیت در انتقال فناوری صرفاً به معنای کسب سخت‌افزار یا نرم‌افزار نیست، بلکه شامل تبادل پیچیده دانش، مهارت‌ها و قابلیت‌هاست. فناوری‌های پیشرو به سبب ماهیت پیچیده، نوظهور و نیازمند سرمایه‌گذاری‌های قابل توجه در تحقیق و توسعه خود، اغلب دارای ویژگی‌های خاصی هستند. در نتیجه، فرآیند انتقال نیازمند درک جامعی از عوامل گوناگونی است که بر اثربخشی آن تأثیرگذار است؛ از سازگاری فنی گرفته تا آمادگی سازمانی، چارچوب‌های قانونی و توسعه سرمایه انسانی (Alkhazaleh et al., 2022).

ادبیات موجود به طور گسترده نقش محوری انتقال فناوری را در پیشبرد رشد صنعتی و ترویج نوآوری مورد بررسی قرار داده است. با این حال، مطالعات پیشین عمدتاً بر فناوری‌های سنتی و فرایندهای انتقال در بستر صنایع قدیمی‌تر متمرکز بوده‌اند. ظهور فناوری‌های نوظهور مانند شبکه‌های نسل بعد و سیستم‌های شناختی در صنعت ۵.۰، چالش‌های جدیدی را ایجاد کرده که نیازمند بازنگری در مدل‌های موجود است (Kiruthiga Devi & Padma Priya, 2025). تعامل پیچیده میان فناوری‌های پیشرفته، همکاری انسان-ماشین و اصول استراتژیک پایداری و مسئولیت اجتماعی، مستلزم درنظرگرفتن همزمان ابعاد اجتماعی، فرهنگی و زیست‌محیطی در کنار جنبه‌های فنی و اقتصادی است (Fraga-Lamas et al., 2021).

این پژوهش با هدف پر کردن شکاف نظری موجود، به تبیین چارچوب مفهومی جامعی برای انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰ می‌پردازد. اهمیت این پژوهش در پتانسیل آن برای کمک به تصمیم‌گیری‌های استراتژیک و سیاست‌گذاری است. با روشن ساختن مؤلفه‌های کلیدی درگیر، ذینفعان بخش‌های عمومی و خصوصی می‌توانند رویکردهای مؤثرتری برای انتقال فناوری‌های پیشرفته اتخاذ کنند. سؤال اصلی

پژوهش این است که چارچوب مفهومی انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰ شامل چه مؤلفه‌های کلیدی است و چگونه می‌توان این چارچوب را از طریق رویکرد تحلیل مضمون تبیین و تحلیل کرد؟

ادبیات نظری

سیر تکامل انقلاب‌های صنعتی و صنعت ۵.۰

تحولات صنعتی در طول تاریخ با پنج انقلاب مهم مشخص شده است. انقلاب صنعتی اول (۱۷۸۴-۱۸۷۰) با معرفی ماشین‌های مکانیکی و بخار آغاز شد. انقلاب صنعتی دوم (۱۸۷۰-۱۹۶۹) با توسعه تولید انبوه، خط مونتاژ و الکتریسیته شکل گرفت. انقلاب صنعتی سوم (۱۹۶۹-۲۰۱۱) با ظهور کامپیوتر، اتوماسیون و الکترونیک دیجیتال متمایز شد (Khan et al., 2023). انقلاب صنعتی چهارم یا صنعت ۴.۰ (۲۰۱۱-۲۰۲۰) با یکپارچه‌سازی فناوری‌های دیجیتال، اینترنت اشیاء، هوش مصنوعی و سیستم‌های سایبر-فیزیکی شناخته می‌شود (Ghobakhloo et al., 2022).

صنعت ۵.۰ به عنوان پنجمین انقلاب صنعتی، فراتر از خودکارسازی صرف صنعت ۴.۰ رفته و بر تعامل هوشمندانه انسان و ماشین تمرکز دارد. در این پارادایم جدید، هدف ایجاد تعادل میان پیشرفت فناوری و رفاه انسانی است (Leng et al., 2022). سه ویژگی اصلی متمایزکننده صنعت ۵.۰ عبارتند از: انسان‌محوری، پایداری و تاب‌آوری. انسان‌محوری به معنای اولویت‌دهی به نیازها و توانمندی‌های انسانی در طراحی و توسعه فناوری‌هاست. پایداری بر حفظ منابع طبیعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی تأکید دارد و تاب‌آوری به توانایی سیستم‌های صنعتی در مقابله با اختلالات و تغییرات اشاره می‌کند (Piccarozzi et al., 2024).

در صنعت ۵.۰، فناوری‌های پیشرفته مانند هوش مصنوعی شناختی، رباتیک همکار، واقعیت ترکیبی و دوقلوهای دیجیتال به گونه‌ای به کار گرفته می‌شوند که مکمل قابلیت‌های انسانی باشند، نه جایگزین آنها. این رویکرد جدید به دنبال ایجاد محیط‌های کاری همکارانه است که در آن انسان و ماشین در یک رابطه همزیستی هوشمند به تکمیل توانمندی‌های یکدیگر می‌پردازند (Zhang et al., 2023).

مفهوم و تعاریف انتقال فناوری

انتقال فناوری به عنوان یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های توسعه فناورانه، فرآیندی است که طی آن فناوری از یک فرد یا گروه به فرد یا گروه دیگر منتقل می‌شود. این فرآیند شامل انتقال دانش فنی، مهارت‌ها و روش‌های تولید از یک سازمان به سازمان دیگر است و می‌تواند در سطوح مختلف درون‌سازمانی، بین‌سازمانی و بین‌المللی رخ دهد (Alcaraz et al., 2025). موریسیو و لوپز (Mauricio & Lopez, 2018) انتقال فناوری را "جریان هدفمند دانش، تجربه و تجهیزات برای تولید محصول، اجرای فرآیند یا ارائه خدمت" تعریف می‌کنند.

در عصر صنعت ۵.۰، مفهوم انتقال فناوری از انتقال صرف تجهیزات و دانش فنی فراتر رفته و به فرآیندی پیچیده‌تر تبدیل شده است. رامیرز و همکاران (Ramírez et al., 2025) در تعریفی جامع‌تر، انتقال فناوری را "فرآیند یکپارچه‌سازی هوشمند دانش، مهارت‌ها و فناوری‌های پیشرفته در بستر همکاری انسان-ماشین" معرفی می‌کنند. این تعریف جدید بر اهمیت تعامل انسان و فناوری و نقش محوری یادگیری سازمانی در فرآیند انتقال تأکید دارد.

طحان‌پور و همکاران (Tahanpour et al., 2024) با تمرکز بر نقش مدیریت دانش در فرآیند انتقال فناوری، بر اهمیت یکپارچه‌سازی دانش ضمنی و صریح تأکید می‌کنند. از دیدگاه آنها، انتقال موفق فناوری‌های پیشرفته مستلزم توسعه همزمان قابلیت‌های سازمانی برای جذب دانش، ایجاد شبکه‌های همکاری و یکپارچه‌سازی فناوری با فرآیندهای موجود سازمانی است. این رویکرد جامع به انتقال فناوری، اهمیت مدیریت دانش را در موفقیت فرآیند انتقال برجسته می‌سازد.

مدل‌های انتقال فناوری

مدل‌های انتقال فناوری در طول زمان تکامل یافته‌اند تا پیچیدگی‌های فزاینده این فرآیند را پوشش دهند. مدل‌های اولیه عمدتاً بر جنبه‌های فیزیکی انتقال مانند تجهیزات و ماشین‌آلات متمرکز بودند. خمسه و همکاران (Khamseh et al. 2020) در بررسی جامع خود از مدل‌های انتقال فناوری، یک مدل فرآیندی هشت مرحله‌ای را معرفی می‌کنند که شامل شناسایی و گزینش، اکتساب، انطباق، جذب و تحلیل، کاربرد و بهره‌برداری، توسعه و بهبود، اشاعه، و یادگیری و نوآوری است. این مدل که مبنای نظری پژوهش حاضر را نیز تشکیل می‌دهد، به طور جامع ابعاد مختلف فرآیند انتقال فناوری را پوشش می‌دهد.

پانگ و همکاران (Pang et al., 2025) با تمرکز بر ویژگی‌های خاص صنعت ۵.۰، مدلی را ارائه می‌دهند که بر تعامل پویای انسان و فناوری تأکید دارد. در این مدل، فرآیند انتقال فناوری به عنوان یک چرخه یادگیری مستمر در نظر گرفته می‌شود که در آن دانش ضمنی و صریح به طور مداوم

بین انسان و سیستم‌های هوشمند در جریان است. همچنین، آلکاراز و همکاران (Alcaraz et al., 2025) با معرفی مفهوم "جوامع دوقلوی دیجیتال" مدلی را برای انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ پیشنهاد می‌کنند که بر اشتراک‌گذاری دانش در بستر پلتفرم‌های دیجیتال تمرکز دارد.

عوامل مؤثر بر انتقال فناوری‌های پیشرفته

موفقیت در انتقال فناوری‌های پیشرفته تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد. کاوالسکی و همکاران (Kovaleski et al., 2022) این عوامل را در چهار بعد سازمانی، فنی، انسانی و محیطی طبقه‌بندی می‌کنند. بُعد فنی شامل سازگاری فناوری با زیرساخت‌های موجود، قابلیت یکپارچه‌سازی و امنیت سایبری است. برنیدن (Bryndin, 2020) معتقد است که عوامل سازمانی مانند ساختارها، فرآیندها و سیستم‌های مدیریتی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده موفقیت در انتقال فناوری هستند.

الخزله و همکاران (Alkhazaleh et al., 2022) با مطالعه عوامل انسانی، اهمیت مهارت‌ها، نگرش‌ها و آمادگی نیروی کار برای پذیرش فناوری‌های جدید را برجسته می‌سازند. همچنین ویرامچننی (Veeramachaneni, 2025) بر نقش عوامل محیطی مانند قوانین و مقررات، استانداردها و فضای رقابتی تأکید می‌کند. از سوی دیگر، کیروتیگا دوی و پادما پریا (Kiruthiga Devi & Padma Priya, 2025) با مطالعه زیرساخت‌های ارتباطی و پردازشی، اهمیت شبکه‌های نسل بعد را در انتقال موفق فناوری‌های پیشرفته نشان می‌دهند.

فراگا-لاماس و همکاران (Fraga-Lamas et al., 2021) در پژوهش خود نقش توانمندسازهای فناورانه در انتقال فناوری‌های پیشرفته را بررسی کرده و نشان می‌دهند که پلتفرم‌های دیجیتال و فناوری‌های مبتنی بر اینترنت اشیاء سبز می‌توانند به عنوان تسهیل‌کننده عمل کنند. آدل (Adel, 2022) نیز بر اهمیت راه‌حل‌های انسان‌محور در موفقیت انتقال فناوری تأکید کرده و نشان می‌دهد که درک نیازها و محدودیت‌های انسانی در این فرآیند حیاتی است.

همچنین، مطالعات اخیر بر نقش مدیریت دانش و یادگیری سازمانی تأکید دارند. طحان‌پور و همکاران (Tahanpour et al., 2024) نشان می‌دهند که سیستم‌های مدیریت دانش و هوش مصنوعی می‌توانند به بهبود فرآیند انتقال فناوری کمک کنند. در این راستا، پیکاروزی و همکاران (Piccarozzi et al., 2024) چارچوبی برای انتقال فناوری ارائه می‌دهند که در آن بر یکپارچه‌سازی دانش ضمنی و صریح تأکید شده است.

چالش‌های انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰

انتقال فناوری‌های پیشرفته در عصر صنعت ۵.۰ با چالش‌های متعددی روبرو است. بوتی و بلدی (Botti & Baldi, 2024) چهار چالش اصلی را شناسایی کرده‌اند: پیچیدگی فزاینده فناوری‌ها، نیاز به مهارت‌های جدید، الزامات زیرساختی و مسائل حقوقی. کوالسکی و همکاران (Kovaleski et al., 2022) نیز با بررسی جنبه‌های انسانی-فناورانه، مقاومت در برابر تغییر و عدم تطابق فرهنگی را از موانع اصلی معرفی می‌کنند.

اسماعیل‌زاده قمصری و رحیمی (Esmailzadehqamsari & Rahimi, 2023) با تمرکز بر سازمان‌های دانش‌بنیان نشان می‌دهند که چالش‌های مرتبط با مدیریت دارایی‌های فکری و حفاظت از مالکیت معنوی در فرآیند انتقال فناوری بسیار پررنگ است. این در حالی است که وشکائی‌نژاد و همکاران (Veshkaei-Nejad et al., 2024) بر نقش حکمرانی دانش‌بنیان در غلبه بر این چالش‌ها تأکید می‌کنند.

حسینی بامکان و همکاران (Hosseinibamakan et al., 2024) با مطالعه موردی در صنعت برق، نشان می‌دهند که فناوری‌های نوظهور مانند فراجهان می‌توانند در غلبه بر برخی از این چالش‌ها کمک کنند، اما خود نیز چالش‌های جدیدی را در زمینه امنیت و حریم خصوصی ایجاد می‌کنند. منطقی و همکاران (Manteghi et al., 2024) نیز با بررسی شبکه‌سازی شرکت‌های دانش‌بنیان، بر اهمیت اشتراک دانش در غلبه بر چالش‌های فنی و سازمانی تأکید می‌کنند.

پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت روزافزون انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰، پژوهش‌های متعددی در این زمینه انجام شده است. در ادامه، خلاصه‌ای از مهم‌ترین پژوهش‌های انجام شده ارائه می‌شود. این پژوهش‌ها که در جدول ۱ خلاصه شده‌اند، نشان‌دهنده تنوع رویکردها و یافته‌ها در حوزه انتقال فناوری‌های پیشرفته هستند.

جدول ۱. خلاصه پژوهش‌های انجام شده در حوزه انتقال فناوری‌های پیشرفته

ردیف	نویسنده/ نویسندگان (سال پژوهش)	عنوان پژوهش	مهم‌ترین یافته‌ها و نتایج مرتبط با پژوهش
۱	Pang et al (2025)	سوی شناخت تقویت‌شده انسان‌محور در مونتاژ: دیدگاه محاسبات بصری	- شناسایی چالش‌های شناختی در فرآیندهای مونتاژ انسان‌محور در صنعت ۵.۰ - ارائه چارچوبی برای تقویت شناختی انسان با استفاده از فناوری‌های بینایی ماشین - تأکید بر اهمیت تعامل انسان-ماشین در پارادایم صنعت ۵.۰
۲	Ramírez et al (2025)	مدیریت محیط‌های صنعتی ناهمگن مبتنی بر هوش مصنوعی از طریق یادگیری تطبیقی-رباتیک فدرال	ارائه چارچوب جدید برای یکپارچه‌سازی یادگیری فدرال و همکاری انسان-ربات - تبیین نقش فناوری‌های نوظهور در بهبود همکاری انسان و ماشین - شناسایی عوامل کلیدی موفقیت در پیاده‌سازی سیستم‌های هوشمند صنعتی
۳	Alcaraz et al (2025)	جوامع دوقلوی دیجیتال: رویکردی برای اشتراک‌گذاری امن داده‌های DT	- معرفی مفهوم جدید جوامع دوقلوی دیجیتال - ارائه معماری کنترل دسترسی ترکیبی برای اشتراک امن اطلاعات - تبیین نقش پلتفرم‌های مشارکتی در انتقال فناوری
۴	Kovari (2025)	یکپارچه‌سازی فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰	- ارائه چارچوبی برای تحلیل بلادرنگ داده‌های چندبعدی - اهمیت همزیستی انسان و فناوری در فرآیندهای تولیدی - نقش دوقلوهای دیجیتال در بهینه‌سازی تصمیم‌گیری
۵	Veeramachaneni (2025)	رایانش لبه: معماری، کاربردها و چالش‌های آینده در عصر غیرمتمرکز	- تحلیل جامع معماری‌های رایانش لبه و نقش آن در صنعت ۵.۰ - شناسایی چالش‌های امنیتی و تعامل‌پذیری در محیط‌های غیرمتمرکز - ارائه راهکارهای مبتنی بر یادگیری ماشین برای تطبیق‌پذیری بلادرنگ
۶	Botti & Baldi (2024)	نوآوری در مدل کسب و کار و صنعت ۵.۰: یک ادغام ممکن در نهادهای GLAM	- شناسایی عوامل تسهیل‌کننده نوآوری در مدل کسب و کار در ترکیب با صنعت ۵.۰ - تبیین نقش مدیریت دانش و نوآوری در موفقیت انتقال فناوری - ارائه چارچوب یکپارچه برای پیاده‌سازی فناوری‌های نوین
۷	Hosseinibamakan et al (2024)	تحلیل کارکرد فناوری فراجهان در نگهداشت و جذب دانش	- شناسایی ۱۲ دستاورد کلیدی از کارکرد فناوری فراجهان - ارائه مدل مفهومی برای نگهداشت و جذب دانش در صنعت - تبیین نقش قابلیت‌های فراجهان در مدیریت دانش سازمانی
۸	Olsson et al (2024)	مدیریت به سمت صنعت ۵.۰: رویکرد همکاری در تحول دیجیتال برای تولید نوآورانه آینده	- شناسایی پیش‌نیازهای سازمانی برای تحول دیجیتال انسان‌محور - تبیین نقش رهبری، یادگیری و فرآیندهای نوآوری در موفقیت صنعت ۵.۰ - ارائه دستورالعمل‌های مدیریتی برای تولید نوآورانه آینده
۹	Simms & Frishammar (2024)	چالش‌های انتقال فناوری در اتحادهای نامتقارن بین شرکت‌های فناوری پیشرفته و پایین	- شناسایی ۹ چالش اصلی در انتقال فناوری بین شرکت‌های با سطوح مختلف فناوری - تحلیل موانع اثربخشی انتقال فناوری در سه مرحله - ارائه راهکارهای عملی برای بهبود همکاری‌های فناورانه
۱۰	Tahanpour et al (2024)	کاربست هوش مصنوعی و مدیریت دانش در بهبود حکمرانی شرکتی	شناسایی سه بعد اصلی تأثیرگذار: فردی، سازمانی و محیطی - ارائه مدل یکپارچه برای بهره‌گیری از هوش مصنوعی در مدیریت دانش - تبیین نقش مدیریت دانش در بهبود تصمیم‌گیری و شفافیت سازمانی
۱۱	Navarro et al (2023)	عوامل تعیین کننده صادرات فناوری پیشرفته: شواهد جدید از کشورهای OECD	- شناسایی متغیرهای کلیدی موثر بر صادرات فناوری پیشرفته - تحلیل نقش سرمایه انسانی و زیرساخت‌های فناوری - ارائه پیشنهادات سیاستی برای توسعه صادرات فناوری‌محور
۱۲	Khan et al (2023)	تغییرات و پیشرفت‌ها در صنعت ۵.۰: رویکردی استراتژیک برای غلبه بر چالش‌های صنعت ۴.۰	- مقایسه جامع چالش‌های صنعت ۴.۰ و راه‌حل‌های صنعت ۵.۰ - شناسایی پیشرفت‌های تکنولوژیکی کلیدی در صنعت ۵.۰ - تبیین نقش محوری انسان در پارادایم جدید صنعتی

بررسی ادبیات موجود نشان می‌دهد که مطالعات پیشین در زمینه انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ با محدودیت‌ها و شکاف‌های مهمی مواجه هستند:

اول، اگرچه پژوهش‌هایی مانند پانگ و همکاران (Pang et al., 2025) و رامیرز و همکاران (Ramírez et al., 2025) به اهمیت تعامل انسان و فناوری در محیط‌های صنعتی پرداخته‌اند، اما این مطالعات عمدتاً بر جنبه‌های فنی متمرکز بوده و به مکانیسم‌های اجتماعی-سازمانی که این تعامل را شکل می‌دهند توجه کافی نکرده‌اند. برای مثال، اولسون و همکاران (Olsson et al., 2024) صرفاً به شناسایی پیش‌نیازهای سازمانی پرداخته، بدون آنکه چگونگی تعامل این عوامل در فرآیند انتقال فناوری را تبیین کند.

دوم، مطالعات موجود مانند خان و همکاران (Khan et al., 2023) و سیمز و فریشمر (Simms & Frishammar, 2024) به صورت موردی و در حوزه‌های خاص به بررسی چالش‌های انتقال فناوری پرداخته‌اند. این در حالی است که فقدان یک چارچوب جامع و یکپارچه که بتواند تمام ابعاد انتقال فناوری‌های پیشرفته در عصر صنعت ۵.۰ را پوشش دهد، کاملاً محسوس است.

سوم، علیرغم اینکه پژوهش‌هایی مانند حسینی‌بامکان و همکاران (Hosseinibamakan et al., 2024) و بوتی و بلدی (Botti & Baldi, 2024) به نقش مدیریت دانش در موفقیت انتقال فناوری اشاره کرده‌اند، اما رابطه متقابل و پویای بین فرآیندهای مدیریت دانش و انتقال فناوری در بستر صنعت ۵.۰ به صورت نظام‌مند مورد بررسی قرار نگرفته است.

با توجه به شکاف‌های شناسایی شده در ادبیات موجود، این پژوهش تلاش می‌کند تا با ارائه رویکردی جامع و چند بعدی، درک عمیق‌تری از فرآیند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ ارائه دهد. نوآوری این پژوهش را می‌توان در سه سطح اصلی مورد توجه قرار داد که هر یک به نحوی شکاف‌های موجود در ادبیات را پوشش می‌دهند. در ادامه، مهم‌ترین وجوه نوآوری این پژوهش تشریح می‌شود:

- ارائه چارچوب مفهومی یکپارچه: این پژوهش برای نخستین بار یک چارچوب مفهومی جامع ارائه می‌دهد که همزمان ابعاد فنی، انسانی و سازمانی انتقال فناوری را در پارادایم صنعت ۵.۰ مورد توجه قرار می‌دهد.
- تبیین مکانیسم‌های تعاملی: این مطالعه با استفاده از رویکرد تحلیل مضمون، مکانیسم‌های تعاملی بین انسان و فناوری در فرآیند انتقال فناوری‌های پیشرفته را به صورت نظام‌مند شناسایی و تحلیل می‌کند.
- یکپارچه‌سازی مدیریت دانش و انتقال فناوری: این پژوهش با ارائه یک مدل تلفیقی، چگونگی تعامل فرآیندهای مدیریت دانش و انتقال فناوری در محیط صنعت ۵.۰ را تبیین می‌کند که تاکنون در ادبیات موجود به این شکل مورد توجه قرار نگرفته است.

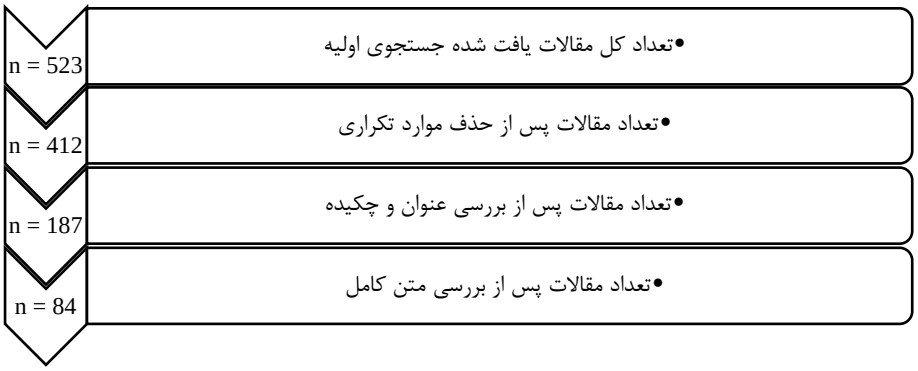
روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر براساس پیاز پژوهش ساندرز و همکاران (Saunders et al., 2019) طراحی شده است. از منظر فلسفی، این پژوهش بر پایه رویکرد پراگماتیسم استوار است که امکان بهره‌گیری از استراتژی‌های متعدد را برای پاسخ به سؤال پژوهش فراهم می‌آورد. رویکرد پژوهش استقرایی-قیاسی است که در آن از تحلیل داده‌های موجود برای شناسایی الگوها و ساخت چارچوب مفهومی استفاده می‌شود.

از نظر استراتژی، این پژوهش از دو استراتژی اصلی بهره می‌برد: تحلیل محتوای کمی و تحلیل مضمون کیفی. در تحلیل محتوای کمی، از تکنیک‌های مبتنی بر تناوب و هم‌رخدادی کلمات استفاده شده و در تحلیل مضمون کیفی، الگوهای معنایی موجود در متون مورد بررسی قرار گرفته‌اند. افق زمانی پژوهش مقطعی است. پژوهش در دو فاز اصلی اجرا شده است که در ادامه تشریح شده است.

فاز اول: تحلیل محتوای کمی

جامعه آماری این پژوهش شامل تمام مقالات علمی منتشر شده در زمینه انتقال فناوری و صنعت ۵.۰ بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴ در پایگاه‌های داده Scopus، Web of Science، Emerald Insight، Science Direct و Google Scholar است. با استفاده از نمونه‌گیری هدفمند و با درنظرگرفتن معیارهایی همچون ارتباط محتوایی با موضوع پژوهش، انتشار در نشریات معتبر علمی، زبان انگلیسی و دسترسی به متن کامل، ۸۴ مقاله انتخاب شدند. فرآیند غربالگری و انتخاب مقالات در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱. فرآیند غربالگری و انتخاب مقالات

تحلیل محتوای این متون با استفاده از تکنیک‌های متن‌کاوی و با استفاده از کتابخانه‌های تخصصی پایتون در چهار مرحله انجام شد. در مرحله اول، پیش‌پردازش متون شامل پاک‌سازی داده‌ها، حذف علائم نگارشی، حذف کلمات پرتکرار و بی‌معنی، یکسان‌سازی کلمات هم‌معنی و ریشه‌یابی کلمات انجام شد. در مرحله دوم، برای تحلیل تناوب و هم‌رخدادی کلمات، از الگوریتم LDA[1] استفاده شد که با تحلیل احتمالاتی توزیع کلمات در متون، موضوعات پنهان را شناسایی می‌کند. همچنین از تکنیک n-grams برای شناسایی عبارات و اصطلاحات کلیدی از طریق بررسی توالی‌های کلمات استفاده شد.

در مرحله سوم، تحلیل احساسی متون با استفاده از کتابخانه TextBlob در پایتون انجام شد تا نگرش‌های موجود در متون نسبت به فناوری‌های پیشرفته شناسایی شود. در مرحله چهارم، خوشه‌بندی مفاهیم با استفاده از الگوریتم K-Means صورت گرفت. این الگوریتم با محاسبه فاصله اقلیدسی بین مفاهیم، آن‌ها را در گروه‌های همگن دسته‌بندی می‌کند. تعداد بهینه خوشه‌ها با روش Elbow تعیین و کیفیت خوشه‌بندی با شاخص سیلوئت ارزیابی شد.

فاز دوم: تحلیل مضمون

در فاز دوم، خوشه‌های شناسایی شده در فاز اول به عنوان چارچوب راهنما برای تحلیل مضمون استفاده شدند. این فاز براساس روش براون و کلارک (Braun & Clarke, 2021) در شش مرحله اجرا شد. در مرحله آشنایی با داده‌ها، برخلاف فاز اول که تحلیل ماشینی متون انجام شد، متون مقالات به صورت عمیق و تفسیری مطالعه شدند و از هر مقاله یک خلاصه تحلیلی تهیه شد.

در مرحله کدگذاری اولیه، ۴۶۲ کد از متون استخراج شد که پس از پالایش و حذف موارد تکراری، ۳۸۶ کد منحصر به فرد باقی ماند. در مرحله جستجوی مضامین، کدها براساس شباهت‌های معنایی گروه‌بندی و نقشه‌های مفهومی اولیه ترسیم شدند. در مرحله بازبینی، پس از بررسی دقیق روابط بین مضامین، ۵۲ مضمون به دلیل همپوشانی معنایی ادغام و ۸ مضمون به دلیل عدم ارتباط مستقیم حذف شدند. در نهایت ۴۰ مضمون اصلی و ۱۶۳ مضمون فرعی تأیید شدند. در مرحله پنجم، برای هر مضمون تعریف دقیق و توصیف جامعی تدوین شد. در مرحله نهایی، یافته‌ها در قالب یک چارچوب مفهومی یکپارچه تنظیم و روابط بین مضامین به همراه شواهد و مستندات ارائه شد.

برای اطمینان از روایی و پایایی نتایج، از روش کدگذاری موازی استفاده شد. دو کدگذار مستقل ۲۰٪ از داده‌ها را کدگذاری کردند و ضریب توافق کاپا با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه شد که مقدار ۰.۸۳ حاصل شد. همچنین از روش مثلث‌سازی داده‌ها استفاده شد و یافته‌ها توسط دو متخصص حوزه انتقال فناوری و صنعت ۵.۰ مورد بازبینی و تأیید قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش

نتایج این پژوهش در دو بخش ارائه می‌شود: ابتدا یافته‌های حاصل از متن‌کاوی و سپس نتایج تحلیل مضمون که بر پایه خوشه‌های شناسایی شده در مرحله اول شکل گرفته است.

تحلیل متن‌کاوی و خوشه‌بندی مفاهیم

فرآیند متن‌کاوی در چهار مرحله اصلی انجام شد که در ادامه ارائه شده است:

[1] Latent Dirichlet Allocation

پیش‌پردازش داده‌ها: در این مرحله، عملیات پاک‌سازی متون، حذف نویزها و کلمات پرتکرار با استفاده از کتابخانه‌های NLTK و SpaCy در پایتون انجام شد. نتیجه این پیش‌پردازش، کاهش تعداد کلمات از ۱,۲۶۰,۰۰۰ به ۹۲۴,۰۰۰ کلمه بود.

تحلیل فراوانی و استخراج کلمات کلیدی: با استفاده از مدل LDA، ۲۵ کلمه کلیدی برتر شناسایی شدند. همچنین از الگوریتم n-grams برای شناسایی عبارات پرتکرار استفاده شد.

تحلیل احساسی: با استفاده از کتابخانه TextBlob، تحلیل احساسی بر روی متون انجام شد تا نگرش‌ها نسبت به فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰ مشخص شود.

خوشه‌بندی مفاهیم: با استفاده از الگوریتم K-Means، مفاهیم در پنج خوشه اصلی دسته‌بندی شدند. تعداد بهینه خوشه‌ها (k=5) با استفاده از روش آرنج (elbow method) و شاخص سیلوئت تعیین شد.

تحلیل خوشه‌ها نشان داد که مفاهیم مرتبط با انتقال فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰ را می‌توان در پنج گروه اصلی دسته‌بندی کرد:

۱. فناوری‌های پیشرفته (۵۴/۴٪ مفاهیم): شامل فناوری‌های کلیدی مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء و رباتیک

۲. انتقال فناوری (۸/۵٪ مفاهیم): مکانیسم‌های انتقال دانش و فناوری و همکاری‌های بین‌المللی

۳. صنعت ۵.۰ (۱۹/۲٪ مفاهیم): ویژگی‌های پارادایم جدید صنعتی و الزامات آن

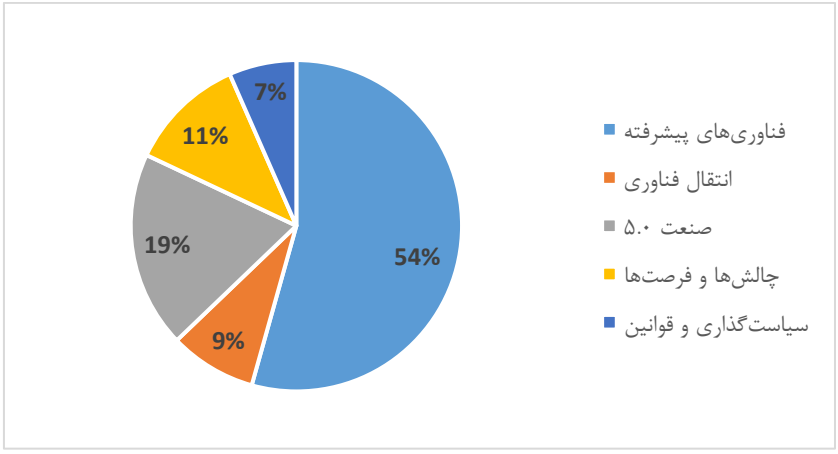
۴. چالش‌ها و فرصت‌ها (۱۱/۴٪ مفاهیم): موانع و فرصت‌های پیش روی انتقال فناوری

۵. سیاست‌گذاری و قوانین (۶/۶٪ مفاهیم): چارچوب‌های قانونی و سیاستی

کیفیت خوشه‌بندی با استفاده از شاخص سیلوئت ارزیابی شد که میانگین ضریب ۰/۸۳۸ را نشان داد و بیانگر کیفیت مطلوب خوشه‌بندی است. جدول ۲ نتایج تحلیل محتوا و فراوانی مفاهیم در هر خوشه و شکل ۲ توزیع و اهمیت نسبی این خوشه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲. نتایج تحلیل محتوا و خوشه‌بندی مفاهیم انتقال فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰

خوشه	مفاهیم مرتبط	تعداد مفاهیم
خوشه ۱: فناوری‌های پیشرفته	نانوفناوری، بیوفناوری، فناوری اطلاعات و ارتباطات، هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رباتیک، واقعیت مجازی، واقعیت افزوده	۲۳۸۱
خوشه ۲: انتقال فناوری	انتقال دانش فنی، انتقال فناوری، همکاری‌های بین‌المللی، سرمایه‌گذاری مشترک، قراردادهای انتقال فناوری، حقوق مالکیت معنوی	۳۷۱
خوشه ۳: صنعت ۵.۰	تولید پایدار، تولید سبز، اقتصاد چرخشی، کارخانه‌های هوشمند، خطوط تولید خودکار، بهره‌وری انرژی، کاهش ضایعات	۸۳۹
خوشه ۴: چالش‌ها و فرصت‌ها	موانع قانونی، موانع سیاسی، موانع فرهنگی، فرصت‌های بازار، تقاضای فناوری، همکاری‌های استراتژیک، مزیت رقابتی	۴۹۸
خوشه ۵: سیاست‌گذاری و قوانین	قوانین صادرات و واردات، سیاست‌های تجاری، توافقنامه‌های بین‌المللی، استانداردها و مقررات، حمایت از نوآوری، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه	۲۸۷



شکل ۲. پنج حوزه اصلی شناسایی شده در مرحله متن‌کاوی و اهمیت نسبی آن‌ها

این خوشه‌ها به عنوان چارچوب راهنما برای تحلیل مضمون عمیق‌تر در مرحله بعدی پژوهش مورد استفاده قرار گرفتند.

تحلیل مضامین بر اساس خوشه‌های شناسایی شده

در مرحله اول تحلیل مضمون، پژوهشگر به منظور آشنایی عمیق با محتوای داده‌ها، ۸۴ مقاله انتخاب شده را چندین بار مطالعه کرد. این مرحله شامل خواندن فعال و جستجوی معانی و الگوهای اولیه بود، با تمرکز بر پنج خوشه اصلی شناسایی شده در مرحله متن‌کاوی. در مرحله دوم، کدگذاری سیستماتیک داده‌ها انجام شد. با بررسی دقیق محتوای هر مقاله و شناسایی مفاهیم کلیدی، در مجموع ۴۶۲ کد اولیه استخراج گردید. پس از حذف موارد تکراری و مشابه، ۳۸۶ کد منحصر به فرد باقی ماند. این کدها به عنوان پایه‌ای برای شناسایی مضامین در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفتند. جدول ۳ نمونه‌ای از کدهای اولیه استخراج شده را به تفکیک خوشه‌های اصلی نشان می‌دهد.

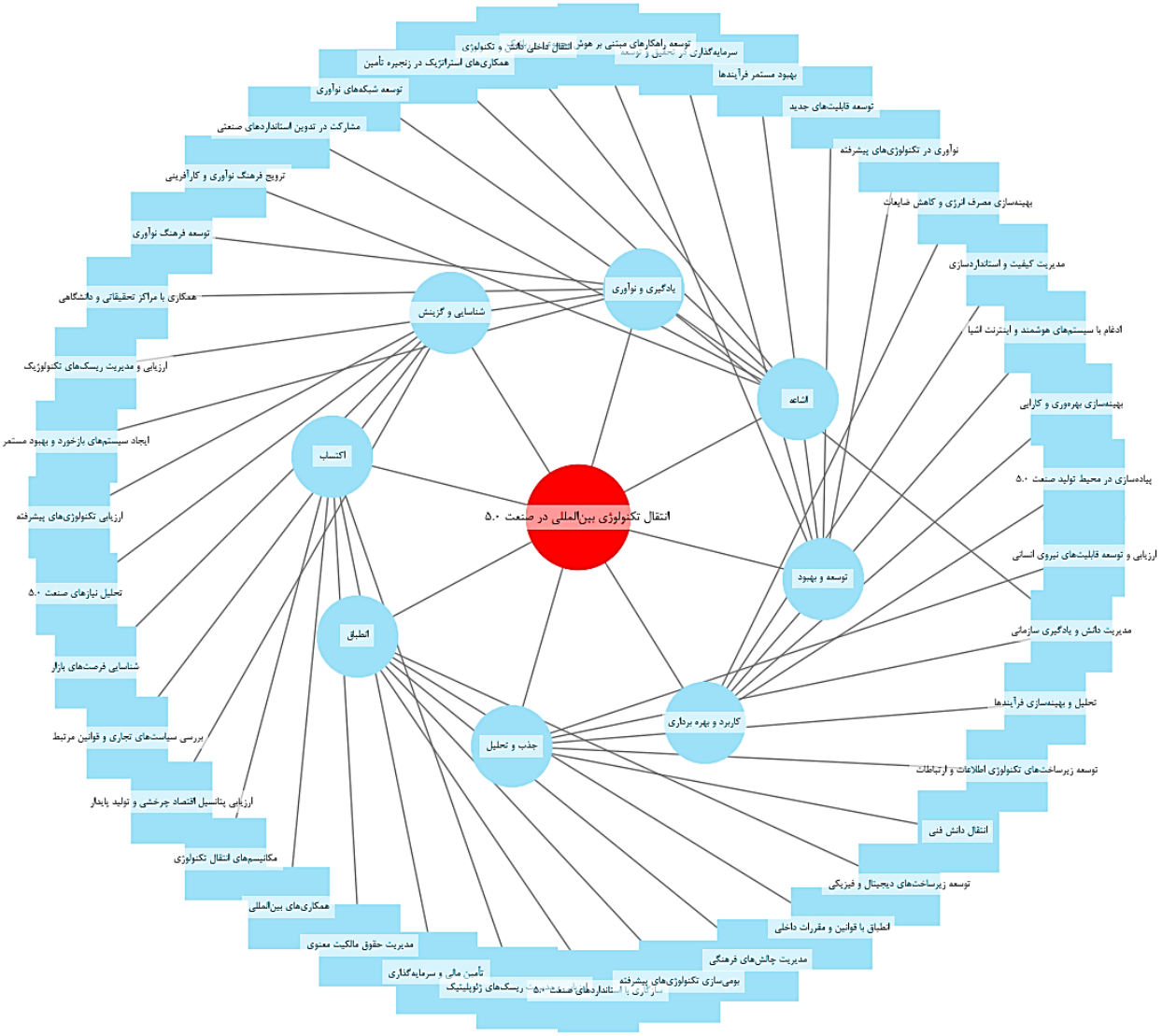
جدول ۳. نمونه‌ای از کدهای اولیه استخراج شده به تفکیک حوزه‌های اصلی

خوشه	کدهای شناسایی شده
فناوری‌های پیشرفته	اتوماسیون پیشرفته، رباتیک پیشرفته، هوش مصنوعی صنعتی، اینترنت اشیاء صنعتی، تحلیل داده‌های کلان، فناوری‌های بهره‌وری، فناوری‌های سبز، فناوری‌های بازیافت پیشرفته، فناوری‌های پایدار، پشتیبانی از 5G، تفکر نوآورانه، پوشش 5G صنعتی، مراکز عملیات امنیت (SOC)، آموزش‌های مجازی واقعیت افزوده، سیستم‌های ERP صنعتی، پروتکل‌های امن OT، سنسورهای هوشمند IIoT، RFID پیشرفته، بینایی ماشین، هوش مصنوعی در QC، سیستم‌های هوشمند، LCA هوشمند، بازیافت هوشمند
انتقال فناوری	سطح آمادگی فناوری، قابلیت تجاری‌سازی، مقررات انتقال فناوری، توافقنامه‌های تجارت فناوری، مقررات همکاری فناورانه، شکاف فناوری، ظرفیت جذب فناوری، همکاری‌های بین‌المللی استاندارد، همکاری‌های تحقیق و توسعه، تبادل دانش فنی، پروژه‌های مشترک فناورانه، انتقال حق امتیاز فناوری، انتقال دانش فنی، شرکت‌های مشترک فناوری محور، دانش بهره‌برداری از تجهیزات، انتقال دارایی‌های فکری، تعریف پروژه‌های تحقیقاتی مشترک، تبادل دانشمندان و محققان
صنعت ۵.۰	هوشمندسازی تولید، یکپارچگی سیستم‌ها، دیجیتالی‌سازی زنجیره ارزش، اقتصاد چرخشی، بهره‌وری انرژی، تولید ناب، مدیریت کیفیت جامع، تولید منعطف، سیستم‌های تولید چابک، مدولار سازی، بهره‌وری پیشرفته، مهندسی چرخه عمر، تولید بدون ضایعات، سازگاری با IEC 61131، پشتیبانی از Profinet، رعایت اصول ارگونومی، خدمات ابری بومی، شبکه برق هوشمند، شبکه‌های LPWAN صنعتی، پردازش لبه‌ای داده‌ها، آموزش‌های واقعیت مجازی، رباتیک پیشرفته، دوقلوی دیجیتال
چالش‌ها و فرصت‌ها	پیش‌بینی تقاضای فناوری، رقابت‌پذیری بین‌المللی، زنجیره ارزش جهانی، نوآوری در مدل کسب‌وکار، اقتصاد اشتراکی، ارزیابی عملکرد لایسنس گیرنده، تسهیم ریسک در پروژه‌های فناورانه، یکپارچه‌سازی فرهنگ سازمانی، مدیریت تغییر در فرآیند، کیفیت در شبکه فرانچایز، مدیریت برند، مدیریت ریسک در پروژه‌های کلید در دست، تخصیص منابع، اشتراک‌گذاری تجربیات، اثربخشی انتقال دانش، تأمین مالی مشترک، ارزش‌گذاری دارایی‌های فکری، صندوق‌های سرمایه‌گذاری مشترک
سیاست‌گذاری و قوانین	استانداردهای صنعت ۵.۰، سیاست‌های تجاری، سیاست‌های تحول دیجیتال، استانداردهای اتوماسیون صنعتی، مقررات تجاری‌سازی فناوری، سیاست‌های توسعه بازار، سیاست‌های نوآوری باز، استانداردهای تولید چابک، استانداردهای زیست‌محیطی، سیاست‌های توسعه پایدار، سیاست‌های حمایتی دولت، سیاست‌های رقابتی، سیاست‌های توسعه صادرات، استانداردهای جهانی محصول، حمایت از تحقیق و توسعه، مشوق‌های مالیاتی نوآوری، استانداردهای کیفیت بین‌المللی، قوانین مالکیت معنوی

در مرحله سوم، با بررسی و تحلیل ۳۸۶ کد باقی مانده، مضامین فرعی (شاخص‌ها) شناسایی شدند. سپس با بررسی ارتباطات و شباهت‌های میان مضامین فرعی، مضامین اصلی (مؤلفه‌ها) استخراج شدند. در مرحله چهارم، مضامین شناسایی شده مورد بازبینی و ارزیابی قرار گرفتند. این بازبینی شامل بررسی انطباق مضامین با داده‌های اولیه، ارزیابی روابط بین مضامین، و اصلاح، ادغام، تقسیم یا حذف مضامین در صورت لزوم بود. در نتیجه این بازبینی، برخی از مضامین ادغام شدند و در نهایت ۴۰ مضمون اصلی و ۱۶۳ مضمون فرعی باقی ماندند.

در مرحله پنجم، برای هر یک از مضامین اصلی و فرعی شناسایی شده، تعاریف دقیق و نام‌های مناسب انتخاب شد. این تعاریف و نام‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که معنا و مفهوم هر مضمون را به بهترین شکل بازتاب دهند. در طی این فرآیند، مشخص شد که مضامین شناسایی شده، ارتباط نزدیکی با مراحل مختلف فرآیند انتقال فناوری دارند. با توجه به این یافته و به منظور ارائه یک چارچوب کاربردی، تصمیم گرفته شد تا مضامین در قالب یک ساختار سه لایه‌ای سازماندهی شوند: ۱. لایه اول: مراحل اصلی انتقال فناوری ۲. لایه دوم: مضامین اصلی (مؤلفه‌ها) ۳. لایه سوم: مضامین فرعی (شاخص‌ها). برای تعیین مراحل اصلی انتقال فناوری، از مدل ۸ مرحله‌ای انتقال فناوری به عنوان چارچوب اصلی استفاده شد. این انتخاب بر

اساس جامعیت مدل و تناسب آن با مضامین شناسایی شده در این پژوهش صورت گرفت. شکل ۳ که با استفاده از کتابخانه NetworkX در پایتون ترسیم شده است، ساختار سه لایه‌ای چارچوب انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰ را نشان می‌دهد. در مرحله نهایی، یافته‌های تحلیل مضمون در قالب یک چارچوب مفهومی ارائه شد. این چارچوب که در جدول ۴ نشان داده شده است، چارچوب انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰ را ارائه می‌دهد.



شکل ۳. ساختار چارچوب انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰

جدول ۴. چارچوب انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰

مراحل انتقال فناوری	مضامین اصلی (مولفه‌ها)	مضامین فرعی (شاخص‌ها)	منابع
شناسایی و گزینش فناوری	ارزیابی فناوری‌های پیشرفته	میزان تطابق فناوری با نیازهای صنعت ۵.۰	Hein-Pensel et al. (2023); Khan et al. (2023); Lu et al. (2022)
		پتانسیل ایجاد ارزش افزوده در زنجیره تولید	Zhang et al. (2023); Ghobakhloo et al. (2022); Reddy Maddikunta et al (2022)
		سطح بلوغ و آمادگی فناوری برای انتقال	Alkhazaleh et al. (2022); Ren et al. (2023); Zamany & Khamseh (2022)
		قابلیت ادغام با سیستم‌های موجود	Kovari (2025); Ramírez et al. (2025)
	تحلیل نیازهای صنعت ۵.۰	میزان نیاز به اتوماسیون و هوشمندسازی فرآیندها	Zhang et al. (2023); Borchardt et al. (2022); Giuliano et al. (2023)
		ضرورت بهبود بهره‌وری و کارایی در تولید	Huang et al. (2022); Baig & Yadegari (2024);

مراحل انتقال فناوری	مضامین اصلی (مولفه‌ها)	مضامین فرعی (شاخص‌ها)	منابع
			Zizic et al. (2022)
		الزامات زیست‌محیطی و پایداری در صنعت	Espina-Romero et al. (2023); Ghobakhloo et al. (2022); El Far et al. (2021)
		نیاز به انعطاف‌پذیری و چابکی در تولید	Brunzini et al. (2023); Roza et al. (2023); Leng et al. (2022)
	شناسایی فرصت‌های بازار	پتانسیل رشد بازار برای محصولات مبتنی بر فناوری جدید	Navarro Zapata et al. (2024); Sojoodi & Baghbanpour (2024); Kumari et al. (2024)
		میزان تقاضای صنایع داخلی برای فناوری‌های پیشرفته	Baig & Yadegari (2024); Sojodi & Baghbanpour (2024); Navarro et al. (2023)
		فرصت‌های صادراتی ناشی از اکتساب فناوری	Navarro Zapata et al. (2024); Kalygina (2022); Mancini & Calvo González (2021)
		امکان ایجاد مزیت رقابتی در سطح بین‌المللی	Ren et al. (2023); Kalygina (2022); Shahzad et al. (2022)
	بررسی سیاست‌های تجاری و قوانین مرتبط	میزان حمایت قوانین داخلی از انتقال فناوری	Amin et al. (2024); Kalygina (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		سازگاری فناوری با استانداردهای بین‌المللی	Abdel-Basset et al. (2024); Borchardt et al. (2022); Huang et al. (2022)
		وجود توافقنامه‌های همکاری فناوری با کشورهای پیشرو	Hein-Pensel et al. (2023); Zamany & Khamseh (2022); Kavalski et al.. (2022)
		محدودیت‌های قانونی در انتقال فناوری‌های دوگانه	Alkhazaleh et al. (2022); Kalygina (2022); Kovalski et al. (2022)
	ارزیابی پتانسیل اقتصاد چرخشی و تولید پایدار	قابلیت فناوری در کاهش مصرف انرژی و منابع	El Far et al. (2021); Ghobakhloo et al. (2022); Zizic et al. (2022)
		پتانسیل بهبود چرخه عمر محصول و قابلیت بازیافت	Espina-Romero et al. (2023); Ren et al. (2023); El Far et al. (2021)
		امکان کاهش ضایعات و آلودگی‌های زیست‌محیطی	Baig & Yadegari (2024); El Far et al. (2021); Ghobakhloo et al. (2022)
		قابلیت ایجاد مدل‌های کسب و کار پایدار	Botti & Baldi (2024); Aquilani et al. (2020); Carayannis et al. (2022)
اکتساب فناوری	مکانیسم‌های انتقال فناوری	میزان اثربخشی قراردادهای لیسانس در انتقال دانش فنی	Alkhazaleh et al. (2022); Ren et al. (2023); Zamany & Khamseh. (2022)
		کارآمدی سرمایه‌گذاری مشترک در اکتساب فناوری	Simms & Frishammar (2024); Ren et al. (2023); Kalygina (2022)
		اثربخشی خرید مستقیم تجهیزات و دانش فنی	Alkhazaleh et al. (2022); Kovalski et al. (2022); Ren et al. (2023)
		میزان موفقیت در انتقال فناوری از طریق ادغام و تملیک	Simms & Frishammar (2024); Zamany & Khamseh (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		اثربخشی همکاری‌های تحقیق و توسعه مشترک در انتقال فناوری	Carayannis et al. (2022); Leng et al. (2024); Hein-Pensel et al. (2023)
		میزان موفقیت در انتقال فناوری از طریق فرانچایز	Alkhazaleh et al. (2022); Ren et al. (2023); Zamany & Khamseh (2022)
		کارآمدی انتقال فناوری از طریق قراردادهای کلید در دست	Kovalski et al. (2022); Ren et al. (2023); Alkhazaleh et al. (2022)
	همکاری‌های بین‌المللی	تعداد و کیفیت پروژه‌های تحقیق و توسعه مشترک	Carayannis et al. (2022); Hein-Pensel et al. (2023); Leng et al. (2024)
		میزان تبادل دانش و تجربه با شرکای بین‌المللی	Alkhazaleh et al. (2022); Zamany & Khamseh (2022); Borchardt et al. (2022)
		اثربخشی برنامه‌های تبادل متخصصان و دانشمندان	Brunzini et al. (2023); Carayannis & Morawska (2022); Hein-Pensel et al. (2023)
		سطح مشارکت در کنسرسیوم‌های بین‌المللی تحقیق و توسعه	Leng et al. (2024); Carayannis et al. (2022); Navarro Zapata et al. (2024)
	مدیریت حقوق مالکیت معنوی	میزان موفقیت در مذاکرات حقوق مالکیت معنوی	Alkhazaleh et al. (2022); Ren et al. (2023); Kalygina (2022)
		تعداد پتنت‌های مشترک ثبت شده با شرکای خارجی	Navarro Zapata et al. (2024); Sojoodi & Baghbanpour (2024); Ren et al. (2023)
		اثربخشی استراتژی‌های حفاظت از دانش فنی اکتساب شده	Kovalski et al. (2022); Zamany & Khamseh (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		میزان توانایی در بهره‌برداری تجاری از حقوق مالکیت معنوی	Ren et al. (2023); Borchardt et al. (2022); Carayannis et al. (2022)
	تأمین مالی و سرمایه‌گذاری	میزان جذب سرمایه‌گذاری خارجی در پروژه‌های انتقال فناوری	Kalygina (2022); Navarro Zapata et al. (2024); Ren et al. (2023)
		اثربخشی مدل‌های تأمین مالی در پروژه‌های اکتساب فناوری	Ren et al. (2023); Zamany & Khamseh (2022); Sojoodi & Baghbanpour (2024)
		میزان بازگشت سرمایه در پروژه‌های انتقال فناوری	Ren et al. (2023); Alkhazaleh et al. (2022); Kalygina (2022)
		سطح مشارکت بخش خصوصی در تأمین مالی پروژه‌های	Leng et al. (2024); Navarro Zapata et al. (2024);

مراحل انتقال فناوری	مضامین اصلی (مولفه‌ها)	مضامین فرعی (شاخص‌ها)	منابع
		فناورانه	Borchardt et al. (2022)
	ارزیابی و مدیریت ریسک‌های ژئوپلیتیک	میزان تأثیر تحریم‌های بین‌المللی بر فرآیند انتقال فناوری	Kalygina (2022); Zamany & Khamseh (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		سطح پایداری روابط سیاسی با کشورهای صاحب فناوری	Kalygina (2022); Carayannis et al. (2022); Kovalski et al. (2022)
		میزان تنوع در منابع اکتساب فناوری	Alkhazaleh et al. (2022); Ren et al. (2023); Hein-Pensel et al (2023)
		اثربخشی استراتژی‌های مقابله با ریسک‌های ژئوپلیتیک	Abrash (2021), Alvarez-Aros & Bernal-Torres (2021), Aslam et al. (2020)
انطباق فناوری	سازگاری با استانداردهای صنعت ۵.۰	میزان انطباق فناوری با استانداردهای اتوماسیون صنعتی	Leng et al. (2024); Zhang et al. (2023); Roza et al. (2023)
		سطح سازگاری با پروتکل‌های ارتباطی صنعت ۵.۰	Hein-Pensel et al. (2023); Borchardt et al. (2022); Lu et al. (2022), Aziz (2021)
		میزان انطباق با استانداردهای امنیت سایبری	Abdel-Basset et al. (2024); Ayub Khan et al. (2022)
		درجه سازگاری با معماری مرجع صنعت ۵.۰	Roza et al. (2023); Huang et al. (2022), Aziz (2021), Mourtzis et al. (2022)
	بومی‌سازی فناوری‌های پیشرفته	میزان موفقیت در تطبیق فناوری با شرایط محلی	|Ren et al. (2023); Amin et al. (2024)
		سطح توانمندی در اصلاح و بهینه‌سازی فناوری وارداتی	Zhang et al. (2023); Borchardt et al. (2022)
		درجه استقلال از منبع اصلی فناوری پس از بومی‌سازی	Ren et al. (2023); Zamany & Khamseh (2022)
		میزان صرفه‌جویی ارزی ناشی از بومی‌سازی فناوری	Navarro Zapata et al. (2024); Kalygina (2022)
	مدیریت چالش‌های فرهنگی	میزان پذیرش فناوری جدید توسط نیروی کار	Brunzini et al. (2023); Cillo et al. (2022); Bockisch & Huchler. (2023)
		اثربخشی برنامه‌های آموزشی در کاهش مقاومت فرهنگی	Giuliano et al. (2023); Cunha et al. (2022)
		سطح تطابق فرهنگ سازمانی با الزامات فناوری جدید	Cillo et al. (2022); Borchardt et al. (2022); Zizic et al. (2022)
		میزان موفقیت در ایجاد فرهنگ نوآوری و یادگیری مستمر	Carayannis et al. (2022); Berreta et al. (2023); Cillo et al. (2022)
	انطباق با قوانین و مقررات داخلی	میزان سازگاری فناوری با قوانین کار و اشتغال	Amin et al. (2024); Kolade & Owoseni (2022)
		سطح انطباق با مقررات زیست‌محیطی داخلی	Baig & Yadegari (2024); El Far et al. (2021); Ghobakhloo et al. (2022)
		درجه سازگاری با قوانین مالکیت معنوی کشور	Kalygina (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		میزان انطباق با استانداردهای ایمنی و بهداشت شغلی	Cunha et al. (2022); Zizic et al. (2022)
	توسعه زیرساخت‌های دیجیتال و فیزیکی	میزان آمادگی زیرساخت‌های شبکه و ارتباطات	Abd el-Basset et al. (2024); Alsamhi et al. (2022)
		سطح توسعه مراکز داده و پردازش ابری	Bissadu et al. (2024); Ayub Khan et al. (2022); Yao et al. (2022)
		درجه آمادگی زیرساخت‌های فیزیکی (برق، آب، حمل و نقل)	Kumari et al. (2024); Zhang et al. (2023)
		میزان توسعه زیرساخت‌های امنیت سایبری	Ayub Khan et al. (2022); Alsamhi et al. (2022)
جذب و تحلیل فناوری	انتقال دانش فنی	میزان موفقیت در مستندسازی دانش ضمنی	Cillo et al. (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		سطح اثربخشی برنامه‌های آموزش تخصصی	Brunzini et al. (2023); Giuliano et al. (2023)
		درجه تسلط بر فناوری‌های کلیدی اکتساب شده	Leng et al. (2024); Zhang et al. (2023)
		میزان توانایی در حل مسائل فنی مرتبط با فناوری جدید	Ren et al. (2023); Borchardt et al. (2022), Wang et al. (2021)
	توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات	سطح یکپارچگی سیستم‌های اطلاعاتی با فرآیندهای تولیدی	Lu et al. (2022); Zhang et al. (2023); Reddy Maddikunta et al. (2022)
		میزان امنیت و پایداری شبکه‌های ارتباطی صنعتی	Ayub Khan et al. (2022); Alsamhi et al. (2022)
		درجه پوشش اینترنت اشیای صنعتی در خطوط تولید	Yao et al. (2022); Alsamhi et al. (2022)
		سطح توسعه پلتفرم‌های تحلیل داده‌های کلان صنعتی	Leng et al. (2024); Reddy Maddikunta et al. (2022)
	تحلیل و بهینه‌سازی فرآیندها	میزان کاهش زمان چرخه تولید پس از بهینه‌سازی	Lu et al. (2022); Borchardt et al. (2022)
		درصد افزایش انعطاف‌پذیری خطوط تولید	Roza et al. (2023); Zhang et al. (2023)
		سطح بهبود در کیفیت محصولات نهایی	Ghobakhloo et al. (2022); Barata & Kayser (2023)
		میزان کاهش هزینه‌های عملیاتی پس از بهینه‌سازی	Ren et al. (2023); Borchardt et al. (2022)
	مدیریت دانش و یادگیری	سطح اثربخشی سیستم مدیریت دانش سازمانی	Cillo et al. (2022); Carayannis et al. (2022); Hein-Pensel et al. (2023)
		میزان مشارکت کارکنان در فرآیندهای تبادل دانش	Brunzini et al. (2023); Cillo et al. (2022)

مراحل انتقال فناوری	مضامین اصلی (مولفه‌ها)	مضامین فرعی (شاخص‌ها)	منابع
	سازمانی	درجه استفاده از تجارب و درس‌آموخته‌های پروژه‌های قبلی	Alkhazaleh et al. (2022); Kovalski et al. (2022)
		سطح توسعه فرهنگ یادگیری مستمر در سازمان	Carayannis et al. (2022); Cillo et al. (2022)
	ارزیابی و توسعه قابلیت‌های نیروی انسانی	میزان ارتقاء مهارت‌های دیجیتال نیروی کار	Brunzini et al. (2023); Cunha et al. (2022); Seyednagavi et al. (2022)
		سطح آمادگی کارکنان برای کار با فناوری‌های پیشرفته	Bockisch & Huchler (2023); Cunha et al. (2022), Wang et al. (2021)
		درصد افزایش بهره‌وری نیروی انسانی پس از آموزش	Seyednagavi et al. (2022); Zizic et al. (2022)
		میزان موفقیت در جذب و نگهداشت استعدادهای کلیدی	Carayannis & Morawska (2022); Kolade & Owoseni (2022)
کاربرد و بهره برداری فناوری	پیاده‌سازی در محیط تولید صنعت ۵.۰	میزان یکپارچگی فناوری جدید با سیستم‌های موجود	Zhang et al. (2023); Lu et al. (2022)
		سطح اتوماسیون و هوشمندسازی خطوط تولید	Leng et al. (2024); Roza et al. (2023)
		درجه انعطاف‌پذیری در تغییر محصولات و فرآیندها	Lu et al. (2022); Borchardt et al. (2022)
		میزان بهبود در زمان آماده‌سازی و راه‌اندازی خطوط تولید	Zhang et al. (2023); Borchardt et al. (2022)
	بهینه‌سازی بهره‌وری و کارایی	درصد افزایش در نرخ تولید محصولات	Lu et al. (2022); Zizic et al. (2022); Reddy Maddikunta et al. (2022)
		میزان کاهش در زمان توقف و خرابی ماشین‌آلات	Zhang et al. (2023); Borchardt et al. (2022)
		سطح بهبود در نسبت خروجی به ورودی منابع	Ghobakhloo et al. (2022); Zizic et al. (2022); El Far et al. (2021)
		درجه افزایش در شاخص اثربخشی کلی تجهیزات (OEE)	Lu et al. (2022); Reddy Maddikunta et al. (2022)
	ادغام با سیستم‌های هوشمند و اینترنت اشیا	سطح پوشش سنسورها و تجهیزات متصل در خط تولید	Yao et al. (2022); Alsamhi et al. (2022)
		میزان بهره‌گیری از تحلیل داده‌های بلادرنگ در تصمیم‌گیری	Leng et al. (2024); Yao et al. (2022)
		درجه خودکارسازی فرآیندهای نگهداری و تعمیرات پیشگویانه	Zhang et al. (2023); Lu et al. (2022)
		سطح یکپارچگی سیستم‌های مدیریت تولید با IoT صنعتی	Alsamhi et al. (2022); Yao et al. (2022)
	مدیریت کیفیت و استانداردسازی	میزان کاهش در نرخ محصولات معیوب و ضایعات	Lu et al. (2022); Ghobakhloo et al. (2022)
		سطح انطباق با استانداردهای بین‌المللی کیفیت در صنعت ۵.۰	Hein-Pensel et al. (2023); Borchardt et al. (2022), Mourtzis et al. (2022)
		درجه بهبود در قابلیت ردیابی محصولات و مواد اولیه	Zhang et al. (2023); Reddy Maddikunta et al. (2022)
		میزان اثربخشی سیستم‌های کنترل کیفیت خودکار	Lu et al. (2022); Zhang et al. (2023)
	بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش ضایعات	درصد کاهش در مصرف انرژی به ازای هر واحد تولید	El Far et al. (2021); Ghobakhloo et al. (2022)
		میزان بازیافت و استفاده مجدد از ضایعات تولیدی	Ghobakhloo et al. (2022); El Far et al. (2021); Espina-Romero et al. (2023)
		سطح کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای	Espina-Romero et al. (2023); El Far et al. (2021)
		درجه بهبود در شاخص‌های زیست‌محیطی تولید	Baig & Yadegari (2024); El Far et al. (2021)
توسعه و بهبود فناوری	نوآوری در فناوری‌های پیشرفته	تعداد پتنت‌های ثبت شده در حوزه‌های فناوری پیشرفته	Navarro Zapata et al. (2024); Ren et al. (2023)
		میزان سرمایه‌گذاری در توسعه فناوری‌های نوظهور	Leng et al. (2024); Carayannis et al. (2022); Sigov et al. (2022)
		درصد محصولات جدید مبتنی بر فناوری‌های پیشرفته	Lu et al. (2022); Ghobakhloo et al. (2022)
		سطح مشارکت در پروژه‌های تحقیقاتی بین‌المللی	Carayannis et al. (2022); Hein-Pensel et al. (2023)
	توسعه قابلیت‌های جدید	میزان افزایش تنوع محصولات و خدمات قابل ارائه	Zhang et al. (2023); Lu et al. (2022)
		سطح ارتقاء در فرآیندهای طراحی و مهندسی محصول	Brunzini et al. (2023); Zhang et al. (2023)
		درجه بهبود در انعطاف‌پذیری خطوط تولید	Roza et al. (2023); Zhang et al. (2023); Borchardt et al. (2022)
		میزان توسعه قابلیت‌های تحلیل داده‌های پیشرفته	Leng et al. (2024); Yao et al. (2022), Chen et al. (2021)
	بهبود مستمر فرآیندها	درصد کاهش در زمان چرخه تولید	Zhang et al. (2023); Lu et al. (2022)
		میزان افزایش در کیفیت محصولات نهایی	Lu et al. (2022); Ghobakhloo et al. (2022)
		سطح بهبود در شاخص‌های زیست‌محیطی فرآیندها	Espina-Romero et al. (2023); El Far et al. (2021)
		درجه کاهش در هزینه‌های عملیاتی	Ren et al. (2023); Zizic et al. (2022), Chen et al. (2021)
	سرمایه‌گذاری	نسبت هزینه‌های تحقیق و توسعه به درآمد کل	Carayannis et al. (2022); Ren et al. (2023); Navarro Zapata et al. (2024)

مراحل انتقال فناوری	مضامین اصلی (مولفه‌ها)	مضامین فرعی (شاخص‌ها)	منابع
	در تحقیق و توسعه	تعداد پروژه‌های تحقیقاتی در حال اجرا	Hein-Pensel et al. (2023); Carayannis et al. (2022)
		میزان همکاری با مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی	Carayannis & Morawska (2022); Brunzini et al. (2023); Carayannis et al. (2022)
		درصد محصولات جدید ناشی از فعالیت‌های تحقیق و توسعه	Lu et al. (2022); Ren et al. (2023)
	توسعه راهکارهای مبتنی بر هوش مصنوعی و رباتیک	میزان استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین در فرآیندها	Leng et al. (2024); Yao et al. (2022)
		تعداد ربات‌های هوشمند به کار گرفته شده در خط تولید	Zhang et al. (2023); Lu et al. (2022)
		سطح بهره‌گیری از سیستم‌های تصمیم‌گیری خودکار	Leng et al. (2024); Reddy Maddikunta et al. (2022)
		درجه پیشرفت در توسعه سیستم‌های بینایی ماشین	Zhang et al. (2023); Lu et al. (2022), Chen et al. (2021)
اشاعه فناوری	انتقال داخلی دانش و فناوری	میزان موفقیت در انتقال دانش بین واحدهای سازمانی	Cillo et al. (2022); Alkhazaleh et al. (2022)
		تعداد کارگاه‌های آموزشی داخلی برگزار شده	Brunzini et al. (2023); Giuliano et al. (2023)
		سطح اثربخشی سیستم مدیریت دانش سازمانی	Cillo et al. (2022); Carayannis et al. (2022)
		درصد کارکنان آموزش دیده در فناوری‌های جدید	Brunzini et al. (2023); Cunha et al. (2022)
	همکاری‌های استراتژیک در زنجیره تأمین	تعداد پروژه‌های مشترک با تأمین‌کنندگان و مشتریان	Ren et al. (2023); Borchardt et al. (2022)
		میزان بهبود در عملکرد زنجیره تأمین	Lu et al. (2022); Borchardt et al. (2022)
		سطح یکپارچگی سیستم‌های اطلاعاتی در زنجیره تأمین	Reddy Maddikunta et al. (2022); Yao et al. (2022)
		درجه اشتراک‌گذاری دانش و فناوری با شرکای تجاری	Alkhazaleh et al. (2022); Ren et al. (2023)
	توسعه شبکه‌های نوآوری	تعداد مشارکت‌های فعال در شبکه‌های نوآوری صنعتی	Carayannis et al. (2022); Borchardt et al. (2022)
		میزان تبادل دانش و تجربه در شبکه‌های تخصصی	Cillo et al. (2022); Hein-Pensel et al. (2023)
		سطح مشارکت در رویدادهای نوآوری و استارتاپی	Carayannis et al. (2022); Botti & Baldi (2024)
		درجه موفقیت در جذب ایده‌های نوآورانه از خارج سازمان	Cillo et al. (2022); Borchardt et al. (2022), Iyengar et al. (2022)
	مشارکت در تدوین استانداردهای صنعتی	تعداد استانداردهای صنعتی که سازمان در تدوین آن‌ها مشارکت داشته	Hein-Pensel et al. (2023); Borchardt et al. (2022), Ellitan (2020)
		میزان تأثیرگذاری بر استانداردهای نوظهور در صنعت ۵.۰	Huang et al. (2022); Roza et al. (2023), Iyengar et al. (2022), Mourtzis et al. (2022)
		سطح همکاری با نهادهای استانداردسازی بین‌المللی	Hein-Pensel et al. (2023); Kalygina (2022)
		درجه انطباق محصولات و فرآیندها با استانداردهای جدید	Lu et al. (2022); Borchardt et al. (2022)
	ترویج فرهنگ نوآوری و کارآفرینی	تعداد ایده‌های نوآورانه ارائه شده توسط کارکنان	Cillo et al. (2022); Giuliano et al. (2023)
		میزان حمایت از پروژه‌های کارآفرینی درون سازمانی	Carayannis et al. (2022); Botti & Baldi (2024)
		سطح مشارکت کارکنان در برنامه‌های نوآوری	Brunzini et al. (2023); Cillo et al. (2022), Ellitan (2020), Coelho et al. (2023)
		درجه موفقیت در ایجاد فضای کاری خلاق و نوآور	Bockisch & Huchler (2023); Cillo et al. (2022)
یادگیری و نوآوری	مدیریت دانش و یادگیری سازمانی	میزان استفاده از سیستم‌های مدیریت دانش	Cillo et al. (2022); Yao et al. (2022), Coelho et al. (2023)
		تعداد جلسات به اشتراک‌گذاری تجربیات و درس‌آموخته‌ها	Brunzini et al. (2023); Cillo et al. (2022)
		سطح مشارکت کارکنان در فرآیندهای یادگیری سازمانی	Cillo et al. (2022); Giuliano et al. (2023)
		درجه بهبود در عملکرد سازمانی ناشی از یادگیری جمعی	|Carayannis et al. (2022); Cillo et al. (2022)
	توسعه فرهنگ نوآوری	میزان پذیرش ایده‌های جدید در سطوح مختلف سازمان	Cillo et al. (2022); Borchardt et al. (2022), Coelho et al. (2023)
		تعداد رویدادهای نوآوری درون سازمانی	Konno & Schillaci (2021); Fukuda (2020); Calp & Bütüner (2022); Madhavan et al. (2022)
		سطح مشارکت کارکنان در فعالیت‌های نوآورانه	Seyednaghavi et al. (2022); Ciccarelli et al. (2023); Giugliano et al. (2023); Humpert et al. (2023)
		درجه تشویق و پاداش‌دهی به نوآوری و خلاقیت	Konno & Schillaci (2021); Fukuda (2020); Bocklisch & Huchler (2023); Berretta et al. (2023)
	همکاری با مراکز تحقیقاتی و دانشگاهی	تعداد پروژه‌های تحقیقاتی مشترک با دانشگاه‌ها	Fukuda (2020); Wang et al. (2021); Skare & Soriano (2021); Hao et al. (2021)
		میزان سرمایه‌گذاری در تحقیقات دانشگاهی	Ferreira et al. (2020); Fukuda (2020); Konno & Schillaci (2021); Wang et al. (2021)
		سطح تبادل دانش و تجربه با محققان دانشگاهی	Konno & Schillaci (2021); Fukuda (2020); Skare & Soriano (2021); Berretta et al. (2023)
		درجه موفقیت در تجاری‌سازی نتایج تحقیقات مشترک	Ferreira et al. (2020); Fukuda (2020); Hao et al. (2021); Wang et al. (2021)
	ارزیابی و	تعداد ریسک‌های فناورانه شناسایی و مدیریت شده	Roblek et al. (2020); Foresti et al. (2020); Choi et al. (2022); Rajesh. (2023)

مراحل انتقال فناوری	مضامین اصلی (مولفه‌ها)	مضامین فرعی (شاخص‌ها)	منابع
	مدیریت ریسک‌های فناورانه	میزان کاهش در خسارات ناشی از ریسک‌های فناورانه	Saniuk et al. (2022); Paschek et al. (2019); Pereira et al. (2020); Madhavan et al (2022)
		سطح آمادگی سازمان در مواجهه با تغییرات سریع فناوری	Rožanec et al. (2023); Nahavandi (2019); Martynov et al. (2019); Jefroy et al (2022)
		درجه اثربخشی استراتژی‌های مدیریت ریسک فناورانه	Santhi & Muthuswamy (2023); Paschek et al. (2019); Madhavan et al. (2022); Saniuk et al. (2022)
	ایجاد سیستم‌های بازخورد و بهبود مستمر	تعداد پیشنهادهای بهبود ارائه شده توسط کارکنان	Al-qaness et al. (2023); Humpert et al. (2023); (2019) Rožanec et al. (2023); Nahavandi
		میزان اجرای موفق پروژه‌های بهبود مستمر	Paschek et al. (2019); Pereira et al. (2020); Narvaez Rojas et al. (2021); Santhi & Muthuswamy (2023)
		سطح رضایت مشتریان و ذینفعان از بهبودهای ایجاد شده	Saniuk et al. (2022); Narvaez Rojas et al. (2021); Jefroy et al. (2022); Madhavan et al. (2022)
		درجه انعطاف‌پذیری سازمان در پاسخ به بازخوردها	Rožanec et al. (2023); Humpert et al. (2023); Nahavandi (2019); Martynov et al. (2019)

نتیجه‌گیری

در راستای پاسخ به سؤال اصلی پژوهش مبنی بر شناسایی مؤلفه‌های کلیدی چارچوب مفهومی انتقال فناوری‌های پیشرفته در پارادایم صنعت ۵.۰، یافته‌های پژوهش نشان داد که این چارچوب از هشت مرحله اصلی تشکیل شده است. این مراحل که به صورت یک فرآیند پیوسته و تعاملی عمل می‌کنند، عبارتند از: شناسایی و گزینش، اکتساب، انطباق، جذب و تحلیل، کاربرد و بهره‌برداری، توسعه و بهبود، اشاعه، و یادگیری و نوآوری. تحلیل‌های انجام شده نشان داد که موفقیت در هر مرحله مستلزم توجه همزمان به مجموعه‌ای از مؤلفه‌ها و شاخص‌هاست که در مجموع ۴۰ مضمون اصلی و ۱۶۳ مضمون فرعی را شامل می‌شوند. این یافته‌ها نشان می‌دهد که انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ فرآیندی چندبعدی است که نیازمند رویکردی سیستمی و یکپارچه است.

مقایسه یافته‌های این پژوهش با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که چارچوب مفهومی ارائه شده، ضمن تأیید برخی ابعاد شناخته شده در انتقال فناوری، ابعاد جدیدی را نیز در بستر صنعت ۵.۰ شناسایی کرده است. به عنوان مثال، درحالی که مطالعات پیشین مانند الخزاله و همکاران (Alkhazaleh et al., 2022) و کوالسکی و همکاران (Kovaleski et al., 2022) عمدتاً بر جنبه‌های فنی و سازمانی انتقال فناوری تمرکز داشتند، چارچوب حاضر، ابعاد انسانی-اجتماعی و زیست‌محیطی را نیز به طور جامع پوشش داده است.

شباهت اصلی این پژوهش با مطالعات پیشین در تأکید بر اهمیت زیرساخت‌های فنی و سازمانی است. برای مثال، همسو با یافته‌های ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2023) و رامیرز و همکاران (Ramírez et al., 2025)، این پژوهش نیز بر نقش کلیدی یکپارچه‌سازی سیستم‌ها و توسعه زیرساخت‌های دیجیتال تأکید دارد. اما تفاوت اصلی در نگاه جامع‌تر این پژوهش است که علاوه بر ابعاد فنی، به نقش محوری انسان و تعامل انسان-ماشین در صنعت ۵.۰ توجه ویژه دارد. این رویکرد با مطالعات اخیر مانند پانگ و همکاران (Pang et al., 2025) همخوانی دارد، اما با شناسایی مکانیسم‌های دقیق این تعامل، گامی فراتر برداشته است.

علت اصلی دستیابی به این نتایج جامع را می‌توان در رویکرد روش‌شناختی پژوهش جستجو کرد. ترکیب روش‌های متن‌کاوی و تحلیل مضمون امکان شناسایی لایه‌های عمیق‌تر و ابعاد پنهان انتقال فناوری را فراهم آورده است. همچنین، تحلیل ۸۴ مقاله علمی معتبر با رویکرد نظام‌مند، امکان دستیابی به تصویری جامع از وضعیت موجود و روندهای آینده را میسر ساخته است.

به طور خلاصه، مهم‌ترین نتایج این پژوهش عبارتند از: ۱) شناسایی هشت مرحله کلیدی در فرآیند انتقال فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰، ۲) تبیین ۴۰ مضمون اصلی و ۱۶۳ مضمون فرعی به عنوان عوامل موثر در موفقیت انتقال فناوری، ۳) ارائه شاخص‌های عملیاتی برای ارزیابی و مدیریت هر مرحله از فرآیند انتقال فناوری. از منظر نظری، این پژوهش با ارائه یک چارچوب جامع و یکپارچه، درک عمیق‌تری از پیچیدگی‌های انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ ارائه می‌دهد. همچنین با تلفیق دیدگاه‌های انسان‌محور و فناورانه، مبنای نظری مناسبی برای مطالعات آتی در این حوزه فراهم می‌آورد. از منظر عملی، شناسایی شاخص‌های کلیدی در هر مرحله، ابزاری کاربردی برای برنامه‌ریزی و مدیریت این فرآیند در اختیار مدیران و سیاست‌گذاران قرار می‌دهد که می‌تواند به بهبود نرخ موفقیت پروژه‌های انتقال فناوری کمک کند.

پیشنهادات کاربردی

بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهادهایی برای چهار گروه اصلی از ذینفعان شامل مدیران صنایع، سیاست‌گذاران حوزه فناوری، پژوهشگران دانشگاهی و متخصصان انتقال فناوری ارائه می‌شود. این پیشنهادات مبتنی بر چارچوب مفهومی استخراج شده و مضامین شناسایی شده در هشت مرحله انتقال فناوری است.

بر اساس یافته‌های مرتبط با مرحله شناسایی و گزینش فناوری که نشان داد ارزیابی دقیق نیازها و قابلیت‌های فناورانه از اهمیت بالایی برخوردار است، پیشنهاد می‌شود سازمان‌های متولی انتقال فناوری، یک نظام جامع ارزیابی آمادگی فناورانه ایجاد کنند. این نظام باید با توجه به شاخص‌های شناسایی شده در پژوهش، علاوه بر جنبه‌های فنی، ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی را نیز در نظر بگیرد و به طور خاص با نیازهای صنعت ۵.۰ منطبق باشد.

با توجه به یافته‌های مرتبط با مراحل جذب و تحلیل فناوری که بر اهمیت توسعه قابلیت‌های انسانی تأکید دارند، پیشنهاد می‌شود دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی، برنامه‌های آموزشی ویژه‌ای را برای تربیت متخصصان صنعت ۵.۰ طراحی کنند. این برنامه‌ها باید به طور خاص بر مهارت‌های مورد نیاز برای کار در محیط‌های هوشمند و تعاملی تمرکز داشته باشند و شامل آموزش‌های عملی در زمینه فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیاء صنعتی و رباتیک پیشرفته باشند.

براساس یافته‌های مرتبط با مرحله انطباق فناوری که نشان داد بومی‌سازی و سازگاری با شرایط محلی از چالش‌های اصلی است، پیشنهاد می‌شود شرکت‌های دانش‌بنیان و مراکز تحقیق و توسعه، واحدهای تخصصی بومی‌سازی فناوری ایجاد کنند. این واحدها باید با تمرکز بر شاخص‌های شناسایی شده در پژوهش، به توسعه نسخه‌های بومی فناوری‌های پیشرفته متناسب با نیازها و محدودیت‌های صنایع داخلی بپردازند.

با توجه به یافته‌های مرتبط با مراحل توسعه و بهبود فناوری که بر اهمیت نوآوری مستمر تأکید دارند، پیشنهاد می‌شود سیاست‌گذاران حوزه علم و فناوری، مشوق‌های ویژه‌ای برای توسعه فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰ در نظر بگیرند. این مشوق‌ها می‌توانند شامل معافیت‌های مالیاتی، تسهیلات ویژه برای تحقیق و توسعه، و حمایت از ثبت پتنت‌های بین‌المللی باشند.

بر مبنای یافته‌های مرتبط با مرحله یادگیری و نوآوری که نشان داد همکاری‌های بین‌سازمانی نقش کلیدی در موفقیت انتقال فناوری دارد، پیشنهاد می‌شود شبکه‌های نوآوری تخصصی در حوزه صنعت ۵.۰ ایجاد شود. این شبکه‌ها باید با مشارکت دانشگاه‌ها، صنایع و شرکت‌های دانش‌بنیان شکل گرفته و به تسهیل تبادل دانش و تجربیات در حوزه فناوری‌های پیشرفته بپردازند.

پیشنهادات پژوهشی

با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، پیشنهادهای زیر برای پژوهش‌های آتی ارائه می‌شود. این پیشنهادها با هدف تکمیل شکاف‌های دانشی موجود و توسعه بیشتر چارچوب مفهومی ارائه شده تدوین شده‌اند.

براساس یافته‌های مرتبط با مرحله جذب و تحلیل فناوری، پیشنهاد می‌شود پژوهشگران آتی به مطالعه موردی عمیق در صنایع مختلف بپردازند تا درک دقیق‌تری از چگونگی تعامل انسان و فناوری در محیط‌های صنعت ۵.۰ به دست آید. این مطالعات می‌توانند با تمرکز بر صنایع پیشرو در کشور مانند صنایع خودروسازی، پتروشیمی و صنایع دفاعی انجام شوند.

با توجه به شناسایی اهمیت مدیریت دانش در فرآیند انتقال فناوری، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به طراحی و اعتبارسنجی مدل‌های کمّی برای سنجش اثربخشی مؤلفه‌های شناسایی شده در این پژوهش بپردازند. این مدل‌ها می‌توانند به توسعه شاخص‌های پیش‌بینی‌کننده موفقیت انتقال فناوری کمک کنند.

همچنین با توجه به یافته‌های مرتبط با مرحله انطباق فناوری، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی به بررسی تأثیرات متقابل صنعت ۵.۰ و سایر روندهای نوظهور مانند اقتصاد چرخشی، انرژی‌های تجدیدپذیر و هوش مصنوعی بر فرآیند انتقال فناوری بپردازند.

محدودیت‌ها

این پژوهش با محدودیت‌هایی مواجه بوده که می‌تواند بر تعمیم‌پذیری و کاربرد یافته‌ها تأثیرگذار باشد. نخست، به دلیل نوظهور بودن مفهوم صنعت ۵.۰، تعداد مطالعات تجربی در این زمینه محدود بوده و بیشتر منابع مورد استفاده ماهیت مفهومی و نظری داشته‌اند. این محدودیت می‌تواند بر جامعیت یافته‌های پژوهش تأثیرگذار باشد.

دوم، استفاده صرف از منابع ثانویه و عدم امکان جمع‌آوری داده‌های میدانی به دلیل محدودیت‌های زمانی و دسترسی، از دیگر محدودیت‌های این پژوهش بوده است. این امر می‌تواند بر عمق درک چالش‌های عملی انتقال فناوری در محیط واقعی تأثیرگذار باشد.

سوم، تمرکز این پژوهش بر ادبیات انگلیسی زبان، ممکن است منجر به نادیده گرفتن برخی دیدگاه‌ها و تجربیات ارزشمند منتشر شده به سایر زبان‌ها شده باشد. این محدودیت می‌تواند بر جامعیت دیدگاه‌های بررسی شده تأثیرگذار باشد.

چهارم، عدم امکان بررسی و تأیید عملی چارچوب پیشنهادی در محیط واقعی صنعت، به دلیل محدودیت‌های زمانی و اجرایی، از دیگر محدودیت‌های این پژوهش بوده است. این امر می‌تواند بر اطمینان از کاربردپذیری کامل چارچوب در محیط عملی تأثیرگذار باشد.

مشارکت‌های نویسندگان

نویسنده اول مسئول طراحی و اجرای پژوهش، جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها بود. نویسنده دوم در هدایت روش‌شناسی پژوهش و نویسنده سوم در اعتبارسنجی یافته‌ها نقش داشتند. نگارش و ویرایش نهایی مقاله با مشارکت همه نویسندگان انجام شد.

قدردانی

این پژوهش بدون حمایت مالی یا مشارکت سازمانی خاصی انجام شده است.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌کنند که هیچ‌گونه تضاد منافع مرتبط با تحقیق حاضر ندارند و نتایج به صورت بی‌طرفانه و بدون دخالت منافع شخصی یا حرفه‌ای به دست آمده است.

References

Abdel-Basset, M., Mohamed, R., Abouhawwash, M., Chakrabortty, R. K., & Ryan, M. J. (2024). Multi-Criteria Decision-Making Framework to Evaluate the Impact of Industry 5.0 Technologies: Case Study, Lessons Learned, Challenges and Future Directions. Information Systems Frontiers. https://doi.org/10.1007/s10796-024-10472-3

Abrash, M. (2021). Creating the future: Augmented reality, the next human-machine interface. IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM). http://dx.doi.org/10.1109/IEDM19574.2021.9720526

Adel, A. (2022). Future of industry 5.0 in society: human-centric solutions, challenges and prospective research areas. Journal of Cloud Computing, 11(1), 40. https://doi.org/10.1186/s13677-022-00314-5

Alcaraz, C., Meskini, I. H., & Lopez, J. (2025). Digital twin communities: an approach for secure DT data sharing. International Journal of Information Security, 24(1), 1-19. https://doi.org/10.1007/s10207-024-00912-1

Alkhazaleh, R., Mykoniatis, K., & Alahmer, A. (2022). The success of technology transfer in the Industry 4.0 era: A systematic literature review. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 8(4), 202. https://doi.org/10.3390/joitmc8040202

Amin, A., Bhuiyan, M.R.I., Hossain, R., Molla, C., Poli, T., & Milon, Md.N. (2024). The adoption of Industry 4.0 technologies by using the technology organizational environment framework: The mediating role to manufacturing performance in a developing country. Business Strategy & Development, 7(2), e363. https://doi.org/10.1002/bsd2.363

Al-qaness, M. A. A., Abd Elaziz, M., Kim, S., Xiong, S., Kwon, H. Y., Ewees, A. A., Cui, X., & Abd El-Wahed, W. F. (2023). Multi-ResAtt: Multilevel Residual Network With Attention for Human Activity Recognition Using Wearable Sensors. IEEE Transactions on Industrial Informatics. https://doi.org/10.1109/TII.2022.3165875

Alsamhi, S. H., Brian, O., Adebisi, B., Ali, F. H., & Lee, B. (2022). Computing in the Sky: A Survey on Intelligent Ubiquitous Computing for UAV-Assisted 6G Networks and Industry 4.0/5.0. Drones. https://doi.org/10.3390/drones6070177

Alvarez-Aros, E., & Bernal-Torres, C. A. (2021). Technological competitiveness and emerging technologies in industry 4.0 and industry 5.0. Technological competitiveness and emerging technologies. https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191290

Aquilani, B., Piccarozzi, M., Abbate, T., & Codini, A. (2020). The Role of Open Innovation and Value Co-creation in the Challenging Transition from Industry 4.0 to Society 5.0: Toward a Theoretical Framework. Sustainability, 12(21), 8943. https://doi.org/10.3390/su12218943

Aslam, F., Aimin, W., Li, M., & Rehman, K. U. (2020). Innovation in the Era of IoT and Industry 5.0: Absolute Innovation Management (AIM) Framework. Information, 11(2), 124. https://doi.org/10.3390/info11020124

Ayub Khan, M., Qureshi, M. A., & Khowaja, S. A. (2022). Internet of Things (IoT) Security With Blockchain Technology: A State-of-the-Art Review. IEEE Access. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3223370

Aziz, R. A. (2021). Promising Business Opportunities in the Industrial Age 4.0 and the Society Era 5.0 in the New-Normal Period of the Covid-19 Pandemic. Scholarly Journal of Psychology and Behavioral Sciences. https://doi.org/10.32474/SJPBS.2021.05.000216

Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2024). Industry 5.0 applications for sustainability: A systematic review and future research directions. Sustainable Development. https://doi.org/10.1002/sd.2699

Barata, J., & Kayser, D. (2023). Industry 5.0 - Past, Present, and Near Future. Procedia Computer Science. https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.01.351

Berretta, R., Winter, J. S., & Chakraborty, S. (2023). Defining human-AI teaming the human-centered way: A scoping review and network analysis. Frontiers in Artificial Intelligence. https://doi.org/10.3389/frai.2023.1250725

Bissadu, K., Reddy, Y. V., & Rao, M. B. (2024). Society 5.0 enabled agriculture: Drivers, enabling technologies, architectures, opportunities, and challenges. Information Processing in Agriculture. https://doi.org/10.1016/j.inpa.2024.04.003

Bocklisch, F., & Huchler, N. (2023). Humans and cyber-physical systems as teammates? Characteristics and applicability of the human-machine-teaming concept in intelligent manufacturing. Frontiers in Artificial Intelligence. https://doi.org/10.3389/frai.2023.1247755

Borchardt, M., Pereira, G. M., Milan, G. S., Scavarda, A. R., Nogueira, E. O., & Poltosi, L. C. (2022). Industry 5.0 beyond technology: an analysis through the lens of business and operations management literature. Organizacija, 55(4), 305-321. https://doi.org/10.2478/orga-2022-0020

Botti, A., & Baldi, G. (2024). Business model innovation and Industry 5.0: a possible integration in GLAM institutions. European Journal of Innovation Management. https://doi.org/ 10.1108 /EJIM-09-2023-0825

Braun, V., Clarke, V., & Terry, G. (2021). Thematic Analysis: A Practical Guide. SAGE Publications Ltd.

Brunzini, A., Papetti, A., Prist, M., Germani, M., & Bevilacqua, M. (2023). Human-centred data-driven redesign of simulation-based training: a qualitative study applied on two use cases of the healthcare and industrial domains. Journal of Industrial Information Integration. https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100505

Bryndin, E. (2020). Formation and management of Industry 5.0 by systems with artificial intelligence and technological singularity. American Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 5(2), 24-30. . https://doi.org/10.11648/j.ajmie.20200502.12

Calp, M. H., & Bütüner, R. (2022). Society 5.0: Effective technology for a smart society. In: Artificial Intelligence and Industry 4.0. Academic Press. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-88468-6.00006-1

Carayannis, E. G., Christodoulou, K., & Christodoulou, A. (2022). Known Unknowns in an Era of Technological and Viral Disruptions–Implications for Theory, Policy, and Practice. Journal of the Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-020-00719-0

Carayannis, E. G., Morawska-Jancelewicz, J., & Grigoroudis, E. (2022). Smart Environments and Techno-centric and Human-Centric Innovations for Industry and Society 5.0: A Quintuple Helix Innovation System View Towards Smart, Sustainable, and Inclusive Solutions. Journal of the Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-021-00763-4

Carayannis, E. G., & Morawska-Jancelewicz, J. (2022). The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities. Journal of the Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-021-00854-2

Carayannis, E. G., Draper, J., & Iftimie, I. A. (2021). Towards Fusion Energy in the Industry 5.0 and Society 5.0 Context: Call for a Global Commission for Urgent Action on Fusion Energy. Journal of the Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-020-00695-5

Carayannis, E. G., & Morawska, L. (2023). University and education 5.0 for emerging trends, policies and practices in the concept of industry 5.0 and society 5.0. In: Industry 5.0: Creative and Innovative Organizations. Cham: Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-26232-6_1

Carayannis, E. G., Morawska-Jancelewicz, J., & Christodoulou, A. (2023). From the dark side of industry 4.0 to society 5.0: Looking "beyond the box" to developing human-centric innovation ecosystems. IEEE Transactions on Engineering Management. https://doi.org/10.1109/tem.2023.3239552

Chen, Y., Zhang, G., Chen, T., & Wang, Y. (2021). A Human-Cyber-Physical System toward Intelligent Wind Turbine Operation and Maintenance. Sustainability, 13(2), 561. https://doi.org/10.3390/su13020561

Choi, T. M., Guo, S., & Luo, S. (2022). Disruptive Technologies and Operations Management in the Industry 4.0 Era and Beyond. Production and Operations Management. https://doi.org/10.1111/poms.13622

Ciccarelli, C., Lambiase, A., & Maffei, A. (2023). Exploring how new industrial paradigms affect the workforce: A literature review of Operator 4.0. Journal of Manufacturing Systems. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.08.016

Cillo, V., Cerchione, R., Spremic, M., & Garcia-Perez, A. (2022). Rethinking companies' culture through knowledge management lens during Industry 5.0 transition. Journal of Knowledge Management. https://doi.org/10.1108/JKM-09-2021-0718

Coelho, F., Ferro, R., Costa, N., & Silva, F. J. G. (2023). Industry 5.0: The Arising of a Concept. Procedia Computer Science. https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.312

Cunha, L., Andrade, J. M., & Zizic, D. (2022). Exploring the status of the human operator in Industry 4.0: A systematic review. Frontiers in Psychology. https://doi.org/10.3389%2Ffpsyg.2022.889129

ElFar, O. A., Hamdy, A., Soliman, N. K., & Hussein, H. S. (2021). Prospects of Industry 5.0 in algae: Customization of production and new advance technology for clean bioenergy generation. Energy Conversion and Management: X. https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100048

Ellitan, L. (2020). Competing in the Era of Industrial Revolution 4.0 and Society 5.0. Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship. http://dx.doi.org/10.30588/jmp.v10i1.657

Esmailzadehqamsari, Z., & Rahimi, H. (2023). The effect of perceive quantum management skills on reducing organizational inertia: the mediating role of intellectual capital and organizational learning. Strategic Management of Organizational Knowledge, 6(3), 123-148. https://doi.org/10.47176/smok.2023.1625 [In Persian]

Espina-Romero, A., Ruiz-Alba, J. L., Martín-Rojas, R., & Vallejo-Martos, M. C. (2023). Industry 5.0: Tracking Scientific Activity on the Most Influential Industries, Associated Topics, and Future Research Agenda. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su15065554

Ferreira, J. J., Fernandes, C. I., & Ratten, V. (2020). Technology transfer, climate change mitigation, and environmental patent impact on sustainability and economic growth: A comparison of European countries. Technological Forecasting and Social Change. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119770

Foresti, R., Rossi, S., Magnani, M., Lo Bianco, C. G., & Delmonte, N. (2020). Smart Society and Artificial Intelligence: Big Data Scheduling and the Global Standard Method Applied to Smart Maintenance. Engineering. https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.11.014

Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I., & Fernández-Caramés, T. M. (2021). Green IoT and edge AI as key technological enablers for a sustainable digital transition towards a smart circular economy: An industry 5.0 use case. Sensors, 21(17), 5745. https://doi.org/10.3390/s21175745

Fukuda, K. (2020). Science, technology and innovation ecosystem transformation toward society 5.0. International Journal of Production Economics. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.07.033

Ghobakhloo, M., Iranmanesh, M., Mubarak, M. F., Mubarik, M., Rejeb, A., & Nilashi, M. (2022). Identifying industry 5.0 contributions to sustainable development: A strategy roadmap for delivering sustainability values. Sustainable Production and Consumption, 33, 716-737. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.003

Giugliano, D., Laudante, E., & Caputo, F. (2023). Approaches and Technologies for the Human-Centered Industry 5.0. Proyecta, an Industrial Design Journal. https://doi.org/10.25267/P56-IDJ.2023.i3.05

Hao, L. N., Umar, M., Khan, Z., & Ali, W. (2021). How does international technology spillover affect China's carbon emissions? A new perspective through intellectual property protection. Sustainable Production and Consumption. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.008

Hein-Pensel, F., Eichelberger, M., & Fottner, J. (2023). Maturity assessment for Industry 5.0: A review of existing maturity models. Journal of Manufacturing Systems. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.12.009

Hosseinibamakan, S. M., Soleymanizadeh, H., & Ziaeian, M. (2024). Analyzing the function of metaverse technology in the retention and absorption of knowledge using the integrated approach of interpretive structural modeling and structural equations. Strategic Management of Organizational Knowledge, 7(2), 133-164. https://doi.org/10.47176/smok.2024.1723 [In Persian]

Huang, S., Kjellberg, T., & Wang, L. (2022). Industry 5.0 and Society 5.0−Comparison, complementation and co-evolution. Journal of Manufacturing Systems. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.010

Humpert, F., Wiens, M., & Schultmann, F. (2023). Investigating the potential of artificial intelligence for the employee from the perspective of AI-experts. Technology Management, Operations and Decisions. http://dx.doi.org/10.1007/s44282-024-00051-x

Iyengar, K. P., Vaishya, R., Jain, V. K., & Ish, P. (2022). Industry 5.0 technology capabilities in Trauma and Orthopaedics. Journal of Orthopaedics. https://doi.org/10.1016/j.jor.2022.06.001

Jefroy, M., El Mawla, N. K. A., & Trentesaux, D. (2022). Moving from Industry 4.0 to Industry 5.0: What Are the Implications for Smart Logistics? Logistics. https://doi.org/10.3390/logistics6020026

Kalygina, V. V. (2022). International technology transfer as an effective tool of export-oriented import substitution in Russia. RUDN Journal of Economics. https://doi.org/10.22363/2313-2329-2022-30-2-231-241

Khamseh, A., Farahanifar, F., & Forouzanmehr, M. (2020). Management of Technology Transfer Process. Sarafraz Publications, Karaj. [In Persian]

Khan, M., Haleem, A. & Javaid, M. (2023). Changes and improvements in Industry 5.0: A strategic approach to overcome the challenges of Industry 4.0. Green Technologies and Sustainability, 1(2), 100020. https://doi.org/10.1016/j.grets .2023.100020

Khan, S., Huang, M., Hua, Q.-S., Masud, M., & Rahman, A. U. (2023). Secure IoMT for Disease Prediction Empowered With Transfer Learning in Healthcare 5.0, the Concept and Case Study. IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3266156

Kiruthiga Devi, M., & Padma Priya, M. (2025). Evolution of next generation networks and its contribution towards industry 5.0. Resource Management in Advanced Wireless Networks, 45-80. https://doi.org/10.1002/9781119827603.ch3

Kolade, O., & Owoseni, A. (2022). Employment 5.0: The work of the future and the future of work. Technology in Society. https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102086

Konno, N., & Schillaci, C. E. (2021). Intellectual capital in Society 5.0 by the lens of the knowledge creation theory. Journal of Intellectual Capital. https://doi.org/10.1108/JIC-02-2020-0060

Kovaleski, F., Picinin, C. T., & Kovaleski, J. L. (2022). The challenges of technology transfer in the Industry 4.0 era regarding anthropotechnological aspects: A systematic review. SAGE Open, 12(3), 21582440221111104. https://doi.org/10.1177/21582440221111104

Kovari, A. (2025). A Framework for Integrating Vision Transformers with Digital Twins in Industry 5.0 Context. Machines, 13(1), 36. https://doi.org/10.3390/machines13010036

Kumari, A., Kumar, A., & Tayal, S. (2024). Infrastructure Potential and Human-Centric Strategies in the Context of Industry 5.0. Infrastructure Possibilities and Human-Centered Approaches With Industry 5.0. https://doi.org/10.1002/sd.2699

Leng, J., Wang, D., Shen, W., Li, X., Liu, Q., & Chen, X. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. Journal of Manufacturing Systems. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017

Leng, J., Liu, Q., Ye, S., Jing, J., Wang, Y., & Zhang, C. (2024). Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and challenges. Journal of Manufacturing Systems. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.02.010

Lu, Y., Zhao, C., Xu, X., & Xu, L. (2022). Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0. Journal of Manufacturing Systems. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.001

Madhavan, K., Venkatesh, V. G., Mani, V., & Dandage, R. (2022). The Precipitative Effects of Pandemic on Open Innovation of SMEs: A Scientometrics and Systematic Review of Industry 4.0 and Industry 5.0. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. https://doi.org/10.3390/joitmc8030152

Mancini, C., & Calvo González, G. (2021). Role of Technology Transfer, Innovation Strategy and Network: A Conceptual Model of Innovation Network to Facilitate the Internationalization Process of SMEs. Technology and Investment. https://doi.org/10.4236/ti.2021.122006

Manteghi, M., Ahmadi, M., & Boushehri, A. R. (2024). Presenting a conceptual model of knowledge sharing and networking of knowledge-based companies in the lithium battery value chain. Strategic Management of Organizational Knowledge, 7(3), 87-109. https://doi.org/10.47176/smok.2024.1769 [In Persian]

Martynov, V. V., Shavaleeva, D. N., & Zaytseva, A. A. (2019). Information Technology as the Basis for Transformation into a Digital Society and Industry 5.0. Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies. https://doi.org/10.1109/ITQMIS.2019.8928305

Mauricio, D., & Lopez, X. (2018). A systematic literature review on technology transfer from university to industry. International Journal of Business and Systems Research, 12(2), 197-225. https://doi.org/10.1504/IJBSR.2018.10010090

Mourtzis, D., Samothrakis, V., Zogopoulos, V., & Palaios, E. (2022). A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. Energies. https://doi.org/10.3390/en15176276

Nahavandi, S. (2019). Industry 5.0−A Human-Centric Solution. Sustainability. https://doi.org/10.3390/su11164371

Narvaez Rojas, C., Alomia Peñafiel, G. A., Loaiza Buitrago, D. F., & Tavera Romero, C. A. (2021). Society 5.0: A Japanese Concept for a Superintelligent Society. Sustainability, 13(12), 6567. https://doi.org/10.3390/su13126567

Navarro Zapata, J. D., Camacho-Ballesta, J. A., & Nieto-Aleman, P. A. (2024). Determinants of High-tech Exports: New Evidence from OECD Countries. Journal of the Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-023-01116-z

Navarro Zapata, A., Arrazola, M. & de Hevia, J. (2023). Determinants of High-tech Exports: New Evidence from OECD Countries. Journal of the Knowledge Economy. https://doi.org/10.1007/s13132-023-01116-z

Olsson, A. K., Eriksson, K. M., & Carlsson, L. (2024). Management toward Industry 5.0: a co-workership approach on digital transformation for future innovative manufacturing. European Journal of Innovation Management. http://dx.doi.org/10.1108/EJIM-09-2023-0833

Pang, J., Zheng, P., Fan, J., & Liu, T. (2025). Towards cognition-augmented human-centric assembly: A visual computation perspective. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 91, 102852. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2024.102852

Paschek, D., Mocan, A., & Draghici, A. (2019). Industry 5.0 – The Expected Impact of Next Industrial Revolution. Management, Knowledge and Learning.

Pereira, A. G., Lima, T. M., & Charrua-Santos, F. (2020). Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats. International Journal of Recent Technology and Engineering. https://doi.org/10.35940/ijrte.D8764.018520

Piccarozzi, M., Silvestri, L., Silvestri, C., & Ruggieri, A. (2024). Roadmap to Industry 5.0: Enabling technologies, challenges, and opportunities towards a holistic definition in management studies. Technological Forecasting and Social Change, 205, 123467. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123467

Rajesh, R. (2023). Industry 5.0: analyzing the challenges in implementation using grey influence analysis. Journal of Enterprise Information Management. https://doi.org/10.1108/JEIM-03-2023-0121

Ramírez, T., Mora, H., Pujol, F. A., Maciá-Lillo, A., & Jimeno-Morenilla, A. (2025). Management of heterogeneous AI-based industrial environments by means of federated adaptive-robot learning. European Journal of Innovation Management, 28(1), 50-64. https://doi.org/10.1108/EJIM-09-2023-0831

Reddy Maddikunta, P. K., Pham, Q. V., Prabadevi, B., Deepa, N., Dev, K., Gadekallu, T. R., Ruby, R., & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. Journal of Industrial Information Integration. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257

Ren, S., Chan, H. K., Zhou, H., & Wang, Z. (2023). Technology transfer adoption to achieve a circular economy model under resource-based view: A high-tech firm. International Journal of Production Economics. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108983

Roblek, V., Meško, M., Bach, M. P., Thorpe, O., & Šprajc, P. (2020). The Interaction between Internet, Sustainable Development, and Emergence of Society 5.0. Data, 5(3), 80. https://doi.org/10.3390/data5030080

Rožanec, J. M., Trajkova, E., Kenda, K., Škrjanc, M., Jordan, M., & Mladenić, D. (2023). Human-centric artificial intelligence architecture for industry 5.0 applications. International Journal of Production Research. https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2138611

Samadiansari, H., Razavi, M., & Jafari, P. (2024). Developing A Model For Improving The Business Performance Of Nanotechnology Knowledge-Based Companies Based On Technological Learning Modes. Strategic Management of Organizational Knowledge, 7(1), 191-226. https://doi.org/10.47176/smok.2024.1678. [In Persian]

Saniuk, S., Grabowska, S., & Gajdzik, B. (2022). Identification of Social and Economic Expectations: Contextual Reasons for the Transformation Process of Industry 4.0 into the Industry 5.0 Concept. Sustainability. http://dx.doi.org/10.3390/su14031391

Santhi, K. R., & Muthuswamy, P. (2023). Industry 5.0 or industry 4.0S? Introduction to industry 4.0 and a peek into the prospective industry 5.0 technologies. International Journal on Interactive Design and Manufacturing. https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8

Saunders, M.N.K., Lewis, P. and Thornhill, A. (2019) Research Methods for Business Students. 8th Edition, Pearson, New York.

Seyednaghavi, M., Abdollahpour, S., & Ghoreishi, S. M. (2022). Human Resource Management Intelligence Pattern Based on Data Science and Machine Learning. Journal of Business Intelligence Management Studies. https://doi.org/10.22054/IMS.2022.66412.2169

Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., & Shahzad, K. (2022). Investigating the spill overs and connectedness between financial globalization, high-tech industries and environmental footprints: Fresh evidence in context of China. Technological Forecasting and Social Change. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121205

Sigov, A., Andrianova, E., Zhukov, D., & Zykov, S. (2022). Emerging Enabling Technologies for Industry 4.0 and Beyond. Information Systems Frontiers. https://doi.org/10.1007/s10796-021-10213-w

Simms, C., & Frishammar, J. (2024). Technology transfer challenges in asymmetric alliances between high-technology and low-technology firms. Research Policy, 53(3), and 104937. https://doi.org/10.1016/j.respol.2023.104937

Skare, M., & Soriano, D. R. (2021). How globalization is changing digital technology adoption: An international perspective. Journal of Innovation & Knowledge. https://doi.org/10.1016/j.jik.2021.04.001

Sojoodi, S., & Baghbanpour, F. (2024). The relationship between high-tech industries exports and GDP growth in the selected developing and developed countries. Journal of the Knowledge Economy. http://dx.doi.org/10.1007/s13132-023-01174-3

Tahanpour, S., Araei, V., Azimzadeh Irani, M., & Pourezat, A. (2024). The use of artificial intelligence and knowledge management in improving corporate governance a case study of mapna company. Strategic Management of Organizational Knowledge, 7(4), 154-175. https://doi.org/10.47176/smok.2024.1813. [In Persian]

Veeramachaneni, V. (2025). Edge Computing: Architecture, Applications, and Future Challenges in a Decentralized Era. Recent Trends in Computer Graphics and Multimedia Technology, 7(1), 8-23. https://doi.org/10.5281/zenodo.14166793

Veshkaei-Nejad, S. S., Doustar, M., Malekakhlagh, E., & Yakideh, K. (2024). Design a knowledge-based governance model in executive organizations. Strategic Management of Organizational Knowledge, 7(2), 11-42. https://doi.org/10.47176/smok.2024.1709 [In Persian]

Wang, M., Wang, C. C., Sepasgozar, S., & Zlatanova, S. (2021). BIM Information Integration Based VR Modeling in Digital Twins in Industry 5.0. Journal of Industrial Information Integration. https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100351

Yao, X., Zhou, J., Zhang, C., & Liu, M. (2022). Enhancing wisdom manufacturing as industrial metaverse for industry and society 5.0. Journal of Intelligent Manufacturing. http://dx.doi.org/10.1007/s10845-022-02027-7

Zamany, P., & Khamseh, A. (2022). Identification of Influential Dimensions and Components of Technology Transfer with a focus on digital transformation. Journal of Technology Development Management. https://doi.org/10.22104/JTDM.2023.5698.3032 [In Persian]

Zhang, Y., Liu, Y., & Zhang, G. (2023). Towards new-generation human-centric smart manufacturing in Industry 5.0: A systematic review. Advanced Engineering Informatics. http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2023.102121

Zizic, A., Gajic, V., Jeli, Z., & Pjerotic, L. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People, Organization and Technology. Energies. https://doi.org/10.3390/en15145221