Innovation Management Journal
Vol 12, No 4 (46), Winter 2024
https://www.nowavari.ir

Technology Transfer in the Industry 5.0 Era: An Integrated Model of Artificial Intelligence and Human Factors

Arezoo Zamani[1], Abbas Khamseh*[2], Sayed Javad Iranbanfard [3]

Received: 19/07/2023 **PP: 111-140** **Accepted:** 18/10/2023

Abstract

In the era of Industry 5.0, successful technology transfer has become a strategic necessity for organizations. The integration of advanced artificial intelligence with human expertise and creativity offers new opportunities for innovation and value creation, while also presenting new challenges. This research aims to examine how artificial intelligence and human factors influence the technology transfer process in the Industry 5.0 era. Using a combined approach of meta-synthesis and qualitative content analysis, 32 relevant articles were reviewed. The validity of the research was confirmed using the Sandelowski and Barroso (2007) method, and its reliability was determined through the Critical Appraisal Skills Program (2018). The research findings led to the identification of 4 main dimensions, 12 components, and 36 indicators, which include: improvement of technology transfer processes, enhancement of human capabilities, improvement of human-machine interaction, and knowledge and innovation management. Based on these findings, it is recommended that organizations focus on investing in the development of advanced AI systems, training and empowering human resources, improving human-machine interaction, and creating integrated knowledge management systems. This research provides a comprehensive framework for understanding and managing technology transfer in the Industry 5.0 era and emphasizes the importance of an integrated and balanced approach in combining AI capabilities with human competencies.

Keywords: Technology transfer, Artificial intelligence, Human-centric, Industry 5.0.

Reference: Zamani, A., Khamseh, A., Iranbanfard, S.J. (2024). Technology Transfer in the Industry 5.0 Era: An Integrated Model of Artificial Intelligence and Human Factors. ***Innovation Management Journal***, 12(4), 111-140.

Doi: 10.22034/imj.2024.450323.2803

1 - Ph.D. Candidate, in Department of Technology Management, Faculty of Management and Economics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2 - Corresponding author: Department of Industrial Management, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. abbas.khamseh@kiau.ac.ir

3 - Department of Management, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲
https://www.nowavari.ir

نوع مقاله: پژوهشی

انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰: الگوی یکپارچه هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی[۱]

آرزو زمانی[۲]، عباس خمسه*[۳]، سید جواد ایرانبان فرد[۴]

دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۸ صص: ۱۱۱-۱۴۰ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۲۶

چکیده

در عصر صنعت ۵.۰، انتقال موفق فناوری به یک ضرورت راهبردی برای سازمان‌ها تبدیل شده است. ادغام هوش مصنوعی پیشرفته با تخصص و خلاقیت انسانی، فرصت‌های جدیدی را برای نوآوری و خلق ارزش فراهم می‌آورد، اما همزمان چالش‌های جدیدی را نیز ایجاد می‌کند. این پژوهش با هدف بررسی چگونگی تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ انجام شده است. با استفاده از رویکرد ترکیبی شامل فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی، ۳۲ مقاله مرتبط، بررسی شد. روایی پژوهش با استفاده از روش سندلوسکی و بارسو (۲۰۰۷) تأیید شد و پایایی آن از طریق برنامه مهارت‌های ارزیابی انتقادی (۲۰۱۸) مشخص شد. یافته‌های پژوهش به شناسایی ۴ بُعد اصلی، ۱۲ مؤلفه و ۳۶ شاخص منجر شد که عبارت‌اند از: بهبود فرایندهای انتقال فناوری، ارتقای توانمندی‌های انسانی، بهبود تعامل انسان- ماشین و مدیریت دانش و نوآوری. براساس این یافته‌ها، پیشنهاد می‌شود سازمان‌ها بر سرمایه‌گذاری در توسعه سیستم‌های هوش مصنوعی پیشرفته، آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی، بهبود تعامل انسان- ماشین و ایجاد نظام‌های مدیریت دانش یکپارچه تمرکز کنند. این پژوهش چارچوبی برای درک و مدیریت انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ ارائه می‌دهد و بر اهمیت رویکرد یکپارچه و متوازن در ترکیب قابلیت‌های هوش مصنوعی و توانمندی‌های انسانی تأکید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: انتقال فناوری، هوش مصنوعی، انسان‌محوری، صنعت ۵.۰.

استناددهی(APA): زمانی، آرزو، خمسه، عباس، و ایرانبان فرد، سید جواد (۱۴۰۲). انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰: الگوی یکپارچه هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی، ***نشریه علمی مدیریت نوآوری***، ۱۲(۴)، ۱۱۱-۱۴۰.

Doi: 10.22034/imj.2024.450323.2803

۱- مقاله کنونی برگرفته از رساله دکتری رشته مدیریت تکنولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات است.

۲- دانشجوی دکتری، گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت و اقتصاد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

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

۴- گروه مدیریت، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲

مقدمه

در عصر کنونی که با تحولات سریع فناورانه و رقابت فزاینده در بازارهای جهانی مشخص می‌شود، انتقال موفق فناوری به یک ضرورت راهبردی برای سازمان‌ها و کشورها تبدیل شده است (فریرا و همکاران[1]، ۲۰۲۰). این اهمیت با ظهور مفهوم صنعت ۵.۰، که ادغام هوش مصنوعی پیشرفته با خلاقیت و تخصص انسانی را مطرح می‌کند، دوچندان شده است (کارایانیس و موراسکا[2]، ۲۰۲۳). صنعت ۵.۰ نه‌تنها بر بهره‌وری و کارایی تمرکز دارد، بلکه به دنبال ایجاد تعادل بین پیشرفت فناورانه و نیازهای انسانی است که این امر چشم‌اندازهای جدیدی را برای نوآوری و خلق ارزش گشوده است (ادل[3]، ۲۰۲۲).

مطالعات اخیر نشان داده‌اند که صادرات محصولات با محتوای فناورانه بالا، نقشی حیاتی در رشد اقتصادی پایدار و بلندمدت کشورها ایفا می‌کند (سجودی و باغبان‌پور، ۲۰۲۴). این نوع صادرات نه‌تنها به افزایش درآمدهای ارزی می‌انجامد، بلکه به ارتقای سطح دانش و مهارت نیروی کار، بهبود زیرساخت‌های تحقیق و توسعه و تقویت جایگاه رقابتی کشورها در اقتصاد جهانی منجر می‌شود (لیانگ و تان[4]، ۲۰۲۴). افزون‌بر این، تحقیقات نشان می‌دهد که صادرات محصولات با فناوری پیشرفته، تأثیر مثبت و معناداری بر بهره‌وری کل عوامل تولید دارد (هریرو و همکاران[5]، ۲۰۲۴).

با وجود این، انتقال فناوری، به‌ویژه در سطح بین‌المللی، با چالش‌های متعددی روبه‌روست. این چالش‌ها شامل تفاوت‌های فرهنگی، تنوع در قوانین و مقررات کشورها، پیچیدگی‌های فنی و سازمانی و مسائل مربوط به حقوق مالکیت فکری می‌شود (یو و همکاران[6]، ۲۰۲۲). در عصر صنعت ۵.۰، این چالش‌ها با مسائل جدیدی مانند اخلاق در هوش مصنوعی، امنیت سایبری و

1- Ferreira et al
2- Carayannis & Morawska
3- Adel
4- Liang & Tan
5- Herrero et al
6- Yu et al

نیاز به مهارت‌های جدید نیروی کار پیچیده‌تر شده است (مورتزیس و همکاران[1]، ۲۰۲۲).

الگوهای سنتی انتقال فناوری اغلب بر جنبه‌های فنی و اقتصادی تمرکز داشته‌اند (تائوف و همکاران[2]، ۲۰۲۱). این الگوها در عصر صنعت ۴.۰ و پیش از آن، عمدتاً بر فرایندهای خطی انتقال دانش و فناوری از منبع به گیرنده تأکید داشتند (کارایانیس و همکاران، ۲۰۲۳). اما با ظهور صنعت ۵.۰ و اهمیت یافتن عوامل انسانی و اجتماعی، این الگوها دیگر پاسخگوی نیازهای پیچیده و چندبُعدی فرایند انتقال فناوری نیستند (کالپ و بوتونر[3]، ۲۰۲۲). برای نمونه، گیاگلیانو و همکاران (۲۰۲۳) اظهار می‌دارند: الگوهای سنتی با درنظرگرفتن تعاملات پیچیده بین هوش مصنوعی و عوامل انسانی در فرایند انتقال فناوری، ناتوان هستند (گیاگلیانو و همکاران[4]، ۲۰۲۳).

در زمینه ارتباط هوش مصنوعی و انتقال فناوری، پژوهش‌های اخیر نشان می‌دهند که هوش مصنوعی می‌تواند نقشی تحول‌آفرین در بهبود فرایندهای انتقال فناوری ایفا کند (مارتینز-پلامد و همکاران[5]، ۲۰۲۱). برای نمونه، مطالعات نشان دادند که استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین می‌تواند به پیش‌بینی دقیق‌تر موفقیت پروژه‌های انتقال فناوری کمک کند (کیم و همکاران[6]، ۲۰۲۲). همچنین، مطالعات نشان دادند که نظام‌های خبره مبتنی‌بر هوش مصنوعی می‌توانند فرایند تصمیم‌گیری را در انتخاب فناوری‌های مناسب برای انتقال بهبود بخشند (رفیعی همکاران، ۲۰۲۲).

با وجود این پیشرفت‌ها، تحقیقات در زمینه نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ همچنان محدود است. اگرچه مطالعات متعددی درباره انتقال فناوری، اهمیت هوش مصنوعی (برتا و

1- Mourtzis et al
2- Taouaf et al
3- Calp & Bütüner
4- Giugliano et al
5- Martínez-Plumed et al
6- Kim et al

همکاران[1]، ۲۰۲۳) و نیز نقش عامل انسانی در فرایندهای تولیدی (سیسارلی و همکاران[2]، ۲۰۲۳) انجام شده است، اما تحقیقاتی که به‌طور خاص به تلفیق این سه حوزه در بستر صنعت ۵.۰ بپردازند، بسیار اندک هستند.

این شکاف تحقیقاتی، ضرورت انجام پژوهش کنونی را آشکار می‌سازد. با توجه به ماهیت نوظهور این موضوع و محدودیت تحقیقات موجود، این مطالعه با هدف ارائه یک چارچوب مفهومی اولیه برای درک بهتر نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ انجام شده است. این چارچوب مفهومی می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای تحقیقات آتی و توسعه الگوهای جامع‌تر در این حوزه عمل کند.

پژوهش کنونی با تمرکز بر صنایع تولیدی و خدماتی پیشرفته، شامل حوزه‌هایی مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا، رباتیک پیشرفته، واقعیت افزوده و مجازی و محاسبات کوانتومی می‌شود. این رویکرد، امکان بررسی جامع‌تر دینامیک انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ را فراهم می‌آورد.

این پژوهش با استفاده از یک رویکرد ترکیبی شامل فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی انجام شده است. درحالی‌که فراترکیب امکان ترکیب یافته‌های مطالعات موجود در زمینه‌های مرتبط را فراهم می‌آورد، تحلیل محتوای کیفی اجازه می‌دهد تا بینش‌های عمیق‌تری از منابع محدود موجود در زمینه خاص نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ استخراج کنیم. این رویکرد ترکیبی با توجه به ماهیت نوظهور موضوع و محدودیت مطالعات مستقیم در این زمینه خاص انتخاب شده است.

پرسش اصلی این پژوهش عبارت است از: «چگونه هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ تأثیر می‌گذارند؟». هدف از این پرسش، شناسایی و تبیین عوامل کلیدی و ارائه یک چارچوب مفهومی اولیه برای درک بهتر این تعاملات پیچیده است.

1- Berretta et al
2- Ciccarelli et al

این پژوهش از چند جنبه دارای اهمیت و نوآوری است. ۱. این مطالعه یکی از اولین تلاش‌ها برای بررسی جامع نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در بستر صنعت ۵.۰ است. ۲. چارچوب مفهومی ارائه‌شده می‌تواند به‌عنوان پایه‌ای برای توسعه الگوهای جامع‌تر در آینده عمل کند. ۳. نتایج این پژوهش می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران در درک بهتر پیچیدگی‌های انتقال فناوری در عصر جدید کمک کند.

در زمینه جایگاه این پژوهش در ایران، باید گفت که این مطالعه یکی از نخستین تلاش‌ها برای بررسی جامع نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در بستر صنعت ۵.۰ در کشور است. اگرچه مطالعاتی در زمینه انتقال فناوری (زمانی و خمسه، ۱۴۰۱) و کاربردهای هوش مصنوعی (ناروئی، ۱۴۰۲) در ایران انجام شده است، اما تحقیقی که به‌طور خاص به تلفیق این دو حوزه در چارچوب صنعت ۵.۰ بپردازد، تاکنون انجام نشده است. این پژوهش با توجه به نیازهای فعلی کشور در زمینه ارتقای توان فناورانه و حرکت به سمت اقتصاد دانش‌بنیان، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران و مدیران صنایع ایران در درک بهتر چالش‌ها و فرصت‌های انتقال فناوری در عصر جدید کمک کند و زمینه را برای توسعه راهبردهای مؤثرتر در این حوزه فراهم آورد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

تحول مفهوم صنعت و ظهور صنعت ۵.۰

انقلاب‌های صنعتی در طول تاریخ، تحولات عمیقی در نحوه تولید، کار و زندگی انسان‌ها ایجاد کرده‌اند. صنعت ۱.۰ با مکانیزاسیون و استفاده از نیروی بخار آغاز شد. صنعت ۲.۰ با تولید انبوه و استفاده از الکتریسیته مشخص می‌شود. صنعت ۳.۰ با ورود رایانه‌ها و سامانه خودکارسازی به عرصه تولید همراه بود. صنعت ۴.۰ که از اوایل دهه ۲۰۱۰ مطرح شد، بر پایه فناوری‌هایی

چون اینترنت اشیا، هوش مصنوعی، رباتیک و فناوری‌های زیستی استوار است (لنگ و همکاران[1]، ۲۰۲۴).

اگرچه صنعت ۴.۰ افزایش چشم‌گیر بهره‌وری را به همراه داشت، اما نگرانی‌هایی درباره نادیده گرفتن نقش انسان و پیامدهای منفی آن بر محیط زیست و ارزش‌های اجتماعی و اخلاقی را نیز ایجاد کرد. در پاسخ به این چالش‌ها، مفهوم صنعت ۵.۰ در سال ۲۰۱۷ در نمایشگاه بین‌المللی فناوری اطلاعات (سبیت)[2] در هانوفر آلمان از سوی ژاپن مطرح شد (ادل، ۲۰۲۲).

صنعت ۵.۰ در تلاش است تا با تمرکز بر «انسان‌محوری» و هم‌افزایی فناوری‌های جدید و توانمندی‌های انسانی، چالش‌های صنعت ۴.۰ را مرتفع سازد. اصول اصلی صنعت ۵.۰ عبارت‌اند از: توجه به نیازها و خواسته‌های واقعی انسان‌ها، یکپارچه‌سازی انسان و ماشین، ایجاد یک محیط کاری انعطاف‌پذیر و پویا، تأکید بر نوآوری، خلاقیت و آموزش مستمر (سانتی و موتوسوامی[3]، ۲۰۲۳).

تحول مفهوم انتقال فناوری

انتقال فناوری به فرایند انتقال، جابه‌جایی یا به‌اشتراک‌گذاشتن دانش فنی، فناوری، تجهیزات، ماشین‌آلات و مهارت‌ها از یک کشور به کشور دیگر یا بین سازمان‌های مختلف در سراسر جهان اشاره دارد. این مفهوم در طول زمان تکامل یافته است. در دهه ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰، انتقال فناوری عمدتاً به صورت یک فرایند خطی و یک‌طرفه از کشورهای توسعه‌یافته به کشورهای درحال‌توسعه دیده می‌شد. در این دوره، تمرکز اصلی بر انتقال تجهیزات و ماشین‌آلات بود (فریرا و همکاران، ۲۰۲۰). در دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰، مفهوم انتقال فناوری گسترش یافت و شامل انتقال دانش و مهارت‌ها نیز شد. در این دوره، اهمیت ظرفیت جذب کشور یا سازمان گیرنده فناوری مورد توجه قرار گرفت (یو و همکاران، ۲۰۲۲). از اوایل قرن ۲۱، با ظهور اقتصاد دانش‌بنیان، مفهوم انتقال

1- Leng et al
2- Centrum für Büroautomation, Informationstechnologie und Telekommunikation
3- Santhi & Muthuswamy

فناوری پیچیده‌تر شد. در این دوره، انتقال فناوری به‌عنوان یک فرایند تعاملی و دوطرفه دیده می‌شود که در آن هم انتقال‌دهنده و هم گیرنده فناوری نقش فعال دارند. همچنین، اهمیت عوامل فرهنگی، اجتماعی و سازمانی در موفقیت انتقال فناوری مورد تأکید قرار گرفته است (تائوف و همکاران، ۲۰۲۱).

الگوهای انتقال فناوری

در طول زمان، الگوهای مختلفی برای انتقال فناوری ارائه شده است. نظریه پذیرش فناوری[۱] دیویس، چارچوبی برای پیش‌بینی و تبیین عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های جدید توسط کاربران ارائه می‌کند. براساس این نظریه، ادراک سودمندی و ادراک سهولت استفاده، ازجمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده میزان پذیرش فناوری توسط افراد هستند (دیویس و دیویس[۲]، ۱۹۸۹). نظریه نشر نوآوری اثر راجرز نیز به بررسی فرایند گسترش یک نوآوری در میان گروه‌های مختلف جامعه می‌پردازد. براساس این نظریه، عواملی چون مزیت نسبی، سازگاری، پیچیدگی، امکان آزمایش و قابلیت مشاهده بر نرخ پذیرش نوآوری اثرگذارند (راجرز و همکاران[۳]، ۲۰۱۴).

الگوی پذیرش و استفاده از فناوری نیز توسط ونکاتش و همکاران[۴] در سال ۲۰۰۳ ارائه شده و چهار عامل کلیدی را برای پذیرش فناوری شناسایی می‌کند: عملکرد موردانتظار، تلاش موردانتظار، تأثیرات اجتماعی و شرایط تسهیل‌کننده. این الگو می‌تواند به تحلیل و پیش‌بینی رفتار کاربران در مواجهه با فناوری‌های جدید کمک کند و به نهادها در برنامه‌ریزی و اجرای راهبردهای مؤثر برای انتقال فناوری‌های پیشرفته یاری رساند. همچنین، الگوی پذیرش و استفاده از فناوری نیز توسط ونکاتش و همکاران در سال ۲۰۱۲ توسعه یافت که نسخه بهبودیافته‌ای از الگوی اولیه است. این الگو شامل سه سازه جدید است: لذت

۱- روش سندلوسکی و بارسو (۲۰۰۷)، یک رویکرد نظام‌مند برای ترکیب یافته‌های مطالعات کیفی است. این روش به پژوهشگران امکان می‌دهد تا با بررسی دقیق و ترکیب نتایج مطالعات مختلف، به درک عمیق‌تری از پدیده مورد مطالعه دست یابند.

2- Davis & Davis
3- Rogers et al
4- Venkatesh et al

استفاده، انگیزه‌های قیمت‌گذاری و شرایط تسهیل‌کننده. این الگو به‌طور خاص برای مصرف‌کنندگان طراحی شده است و می‌تواند برای تحلیل پذیرش فناوری‌های پیشرفته در محیط‌های صنعتی ۵.۰ مورد استفاده قرار گیرد (ونکاتش و همکاران، ۲۰۱۲).

الگوی فناوری- سازمان- محیط توسط دپیترو و همکاران در دهه ۹۰ معرفی شد، اما در سال ۲۰۱۲ توسط بیکر[1] بازنگری شد. این الگو بر سه بُعد اصلی تأکید دارد: فناوری، سازمان و محیط. این چارچوب می‌تواند به درک بهتر عوامل مؤثر بر پذیرش و پیاده‌سازی فناوری‌های پیشرفته در سازمان‌ها کمک کند و برای تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های موجود در صنعت ۵.۰ مفید باشد (بیکر، ۲۰۱۲).

مطالعه امین و همکاران (۲۰۲۴) نیز با استفاده از چارچوب فناوری- سازمان- محیط، به بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش انقلاب صنعتی چهارم و فناوری‌های صنعت ۴.۰ در صنایع تولیدی پرداخته است. این پژوهش، چارچوب توسعه‌یافته‌ای از الگوی فناوری- سازمان- محیط را برای ارتباط متغیرهای تعیین‌کننده با پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ در یک کشور درحال‌توسعه مورد استفاده قرار داده است. این مطالعه به بررسی زمینه‌های فناورانه (دسترسی به منابع فناوری اطلاعات، آمادگی فناورانه و مزیت نسبی)، زمینه‌های سازمانی (راهبرد و رهبری، قابلیت‌های سازمانی و زیرساخت‌های فناورانه) و زمینه‌های محیطی (فشار بازار، حمایت دولت و تصمیم‌گیری درباره نوآوری فناورانه) در پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ پرداخته است. نتایج این پژوهش با اطمینان ۹۵ درصد، تأثیر میانجی‌گری عملکرد تولیدی را در رابطه بین پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ و عملکرد صنعتی نشان داده است. این مطالعه با کاربرد چارچوب فناوری- سازمان- محیط، تأثیر پذیرش فناوری‌های صنعت ۴.۰ بر عملکرد تولیدی را بررسی کرده است (امین و همکاران، ۲۰۲۴).

1- Baker

یکی دیگر از نظریه‌های مهم در زمینه انتقال فناوری، نظریه شبکه‌های اجتماعی است که به بررسی روابط و تعاملات میان نهادها و افراد در فرایند انتقال فناوری می‌پردازد. این نظریه نشان می‌دهد که شبکه‌های اجتماعی و ارتباطات بین افراد و سازمان‌ها می‌توانند به‌عنوان مسیرهای مؤثری برای انتقال دانش و فناوری عمل کنند. برای نمونه، ارتباطات قوی و اعتماد بین نهادهای مختلف می‌تواند فرایند انتقال فناوری را تسهیل کند و موانع احتمالی را کاهش دهد (ژیائو و همکاران[1]، ۲۰۱۸). در صنعت ۵.۰، استفاده از شبکه‌های اجتماعی می‌تواند به تسریع در تبادل دانش و تجربیات، ایجاد همکاری‌های جدید و بهبود فرایندهای نوآوری کمک کند.

الگوی مدیریت نوآوری باز که توسط چسبرگ و بوگِرز[2] (۲۰۱۴) توسعه یافته است، بر مفاهیم نوآوری باز تمرکز دارد. این الگو بر اهمیت استفاده از منابع خارجی و همکاری با سایر نهادها برای توسعه و پذیرش فناوری‌های جدید تأکید دارد. در صنعت ۵.۰، نوآوری باز می‌تواند به تسریع فرایند انتقال فناوری و افزایش انعطاف‌پذیری سازمان‌ها کمک کند (چسبرگ و بوگِرز، ۲۰۱۴).

نظریه اکوسیستم نوآوری توسط آدِنر و کاپور[3] (۲۰۱۵) معرفی شده است و بر اهمیت اکوسیستم‌های نوآوری در پذیرش و گسترش فناوری‌های پیشرفته تأکید دارد. این نظریه نشان می‌دهد که چگونه تعاملات میان شرکت‌ها، دانشگاه‌ها، دولت و سایر نهادها می‌تواند به توسعه و انتشار نوآوری‌ها کمک کند (آدِنر و کاپور، ۲۰۱۵). در صنعت ۵.۰، اکوسیستم‌های نوآوری، نقش مهمی در تسهیل انتقال فناوری و بهبود همکاری‌های بین نهادها ایفا می‌کنند.

نظریه قابلیت جذب نوآوری نیز بر قابلیت سازمان‌ها در جذب، درک و بهره‌برداری از نوآوری‌ها و فناوری‌های جدید تأکید دارد. این نظریه می‌تواند به تحلیل عمیق‌تری از چگونگی پذیرش فناوری‌های پیشرفته در صنعت ۵.۰

1- Xiao et al
2- Chesbrough & Bogers
3- Adner & Kapoor

کمک کند (لیچتنتالر و لیچتنتالر[1]، ۲۰۱۰). الگوی همگرایی فناوری‌های نوظهور بر چگونگی همگرایی و تعامل فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و بلاک‌چین تمرکز دارد. این الگو به بررسی تأثیرات این همگرایی بر فرایندهای صنعتی و چالش‌ها و فرصت‌های مربوط به آن می‌پردازد (جیانگ و همکاران[2]، ۲۰۱۵).

الگوی پذیرش فناوری‌های مبتنی‌بر هوش مصنوعی به‌طور خاص به بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری‌های مبتنی‌بر هوش مصنوعی می‌پردازد. این الگو عواملی مانند اعتماد به هوش مصنوعی، درک شفافیت و قابلیت توضیح را درنظرمی‌گیرد (نا و همکاران[3]، ۲۰۲۲). الگوی پایداری دیجیتال به بررسی چگونگی پیاده‌سازی و بهره‌برداری از فناوری‌های دیجیتال با درنظرگرفتن جنبه‌های پایداری زیست‌محیطی و اجتماعی می‌پردازد (وات و همکاران[4]، ۲۰۲۱). این الگو می‌تواند به تحلیل چالش‌ها و فرصت‌های انتقال فناوری در صنعت ۵.۰ با رویکرد پایداری کمک کند.

نظریه اکوسیستم نوآوری دیجیتال بر اهمیت اکوسیستم‌های نوآوری دیجیتال در پذیرش و گسترش فناوری‌های جدید تأکید دارد. این نظریه، تعاملات بین شرکت‌ها، دانشگاه‌ها، دولت و سایر نهادها را بررسی می‌کند (وانگ[5]، ۲۰۲۱). الگوی ادغام فناوری‌های نوظهور نیز به بررسی چگونگی ادغام و همگرایی فناوری‌های نوظهور مانند هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و بلاک‌چین در محیط‌های صنعتی می‌پردازد. این الگو به شناسایی موانع و تسهیل‌کننده‌های این ادغام کمک می‌کند (الم و همکاران[6]، ۲۰۲۳).

انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰

با ظهور صنعت ۵.۰، مفهوم انتقال فناوری نیز دستخوش تحول شده است.

1- Lichtenthaler & Lichtenthaler
2- Jeong et al
3- Na et al
4- Wut et al
5- Wang
6- Alam et al

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲

در این عصر جدید، انتقال فناوری باید با اصول صنعت ۵.۰، به‌ویژه انسان‌محوری و هم‌افزایی انسان و خودرو، همسو باشد. کالپ و بوتونر (۲۰۲۲) بر اهمیت یادگیری مستمر و توسعه مهارت‌های نیروی انسانی در فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ تأکید کرده‌اند. آنها استدلال می‌کنند که موفقیت در انتقال فناوری در این عصر، نیازمند ایجاد یک فرهنگ یادگیری مادام‌العمر در سازمان‌هاست (کالپ و بوتونر، ۲۰۲۲).

با وجود اهمیت روزافزون هوش مصنوعی و عوامل انسانی در فرایندهای صنعتی و تجاری، تحقیقات موجود به‌طور جامع به بررسی تأثیر همزمان این دو عامل بر فرایند انتقال فناوری در بستر صنعت ۵.۰ نپرداخته‌اند. بیشتر مطالعات پیشین، یا بر جنبه‌های فنی انتقال فناوری تمرکز داشته‌اند (مارتینز-پلامد و همکاران، ۲۰۲۱ ؛ کیم و همکاران، ۲۰۲۲) یا به بررسی نقش عوامل انسانی پرداخته‌اند (کالپ و بوتونر، ۲۰۲۲). اما شُمار محدودی از مطالعات به بررسی تعامل این دو عامل و تأثیر آنها بر فرایند انتقال فناوری پرداخته‌اند.

افزون‌بر این، مطالعات موجود عمدتاً در چارچوب صنعت ۴.۰ انجام شده‌اند و ویژگی‌های خاص صنعت ۵.۰، مانند تمرکز بر انسان‌محوری و هم‌افزایی انسان و خودرو، را به‌طور کامل در نظر نگرفته‌اند. برای نمونه، اگرچه وانگ و همکاران (۲۰۲۲) الگویی را برای سیستم‌های تولیدی انسان- سایبر- فیزیکی ارائه کرده‌اند، اما این الگو به‌طور خاص به فرایند انتقال فناوری نپرداخته است. همچنین، با وجود این‌که کارایانیس و همکاران (۲۰۲۳) بر اهمیت توجه به جنبه‌های انسانی و اجتماعی در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ تأکید کرده‌اند، اما الگوی جامعی که نشان دهد چگونه هوش مصنوعی و عوامل انسانی به‌طور همزمان بر فرایند انتقال فناوری تأثیر می‌گذارند، ارائه نشده است. این شکاف پژوهشی نشان می‌دهد که نیاز به الگویی که بتواند تأثیر همزمان هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی را بر فرایند انتقال فناوری در بستر صنعت ۵.۰ تبیین کند، وجود دارد. چنین الگویی می‌تواند به درک بهتر پیچیدگی‌های انتقال فناوری در این عصر جدید کمک کند و راهنمایی برای سازمان‌ها در پیاده‌سازی موفق انتقال فناوری باشد.

پژوهش کنونی با هدف پُر کردن این شکاف، به دنبال ارائه الگویی است که نه‌تنها به بهبود فرایندهای انتقال فناوری و ارتقای توانمندی‌های انسانی می‌پردازد، بلکه بر بهبود تعامل انسان- ماشین و مدیریت دانش و نوآوری نیز تمرکز دارد. این الگو با درنظرگرفتن ویژگی‌های خاص صنعت ۵.۰، می‌تواند دیدگاه جدیدی درباره چگونگی تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری ارائه دهد. درنهایت، این پژوهش می‌تواند مبنایی برای تحقیقات آینده در زمینه انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ باشد و به سیاست‌گذاران و مدیران در درک بهتر پیچیدگی‌های انتقال فناوری در این عصر جدید کمک کند.

روش پژوهش

این مطالعه از لحاظ هدف، کاربردی است و از رویکرد ترکیبی کیفی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌های پژوهش بهره گرفته است. با توجه به ماهیت نوظهور موضوع پژوهش و محدودیت مطالعات مستقیم در زمینه نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰، از ترکیب دو روش فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی استفاده شده است.

برای انجام فراترکیب، از روش هفت مرحله‌ای سندلوسکی و بارسو[1] (۲۰۰۷) استفاده شده است که شامل: ۱. تنظیم پرسش‌ها و اهداف پژوهش، ۲. بررسی نظام‌مند متون، ۳. جست‌وجو و انتخاب مقالات مرتبط، ۴. استخراج اطلاعات و نتایج مقالات، ۵. تحلیل و ترکیب یافته‌های کیفی، ۶. کنترل کیفیت و ۷. ارائه یافته‌ها می‌باشد[2].

در این پژوهش از جست‌وجوی نظام‌مند در عناوین، چکیده و کلمات کلیدی مقالات منتشرشده با کلمات فناوری، انتقال فناوری، هوش مصنوعی، انسان‌محوری، انسان‌گرا، انسان- ماشین و صنعت ۵.۰ بهره گرفته شده است.

1- Sandelowski & Barroso

۲- روش سندلوسکی و بارسو (۲۰۰۷) یک رویکرد نظام‌مند برای ترکیب یافته‌های مطالعات کیفی است. این روش به پژوهشگران امکان می‌دهد تا با بررسی دقیق و ترکیب نتایج مطالعات مختلف، به درک عمیق‌تری از پدیده مورد مطالعه دست یابند.

انتخاب مقالات مرتبط و تعیین بازه زمانی آنها براساس اهداف و مسائل اصلی پژوهش انجام شده است. معیارهای ورود به پژوهش شامل مقالات کیفی غیرفارسی و مرتبط با پرسش پژوهش بوده‌اند که در پایگاه‌های داده معتبر شامل الزویر، ویلی، اشپرینگر، تیلور و فرانسیس و امرالد در طول دهه اخیر بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۴ منتشر شده و حتماً دارای نمایه در پایگاه وب علوم مؤسسه اطلاعات علمی[1] یا فهرست شده در مؤسسه اطلاعات علمی[2] یا نمایه شده در پایگاه اسکوپوس بوده‌اند. انتخاب این بازه زمانی به این دلیل بوده است که نخستین بار اصطلاح صنعت ۵.۰ در سال ۲۰۱۷ در نمایشگاه تجاری سبیت در هانوفر آلمان از سوی ژاپن مطرح شد، زمانی که چشم‌انداز خود را برای آینده اتوماسیون صنعتی، روباتیک و تولید هوشمند اعلام کرد و آن را صنعت ۵.۰ نامید. افزون‌بر این، مقالات کیفی فارسی مرتبط با پرسش پژوهش که توسط نشریات دارای اعتبار علمی- پژوهشی بین سال‌های یادشده منتشر شده، دارای دسترسی آزاد بوده‌اند و توسط پایگاه‌های داده شامل سیویلیکا، سید و مگیران نمایه شده‌اند، نیز مورد بررسی قرار گرفتند. فراوانی مقالات در پایگاه‌های فارسی و غیرفارسی در جدول ۱. ارائه شده است.

جدول ۱. فراوانی مقالات در پایگاه‌های داده

پایگاه داده	فراوانی	فراوانی نهایی
امرالد	۶۷	۸
الزویر	۴۳	۵
ویلی	۲۷	۴
اشپرینگر	۳۴	۱۱
تیلور اند فرانسیس	۲۶	۴
سید	۲	۰
مگیران	۳	۰
سیویلیکا	۱	۰
مجموع	۲۰۳	۳۲

1- ISI-WOS
2- ISI-Listed

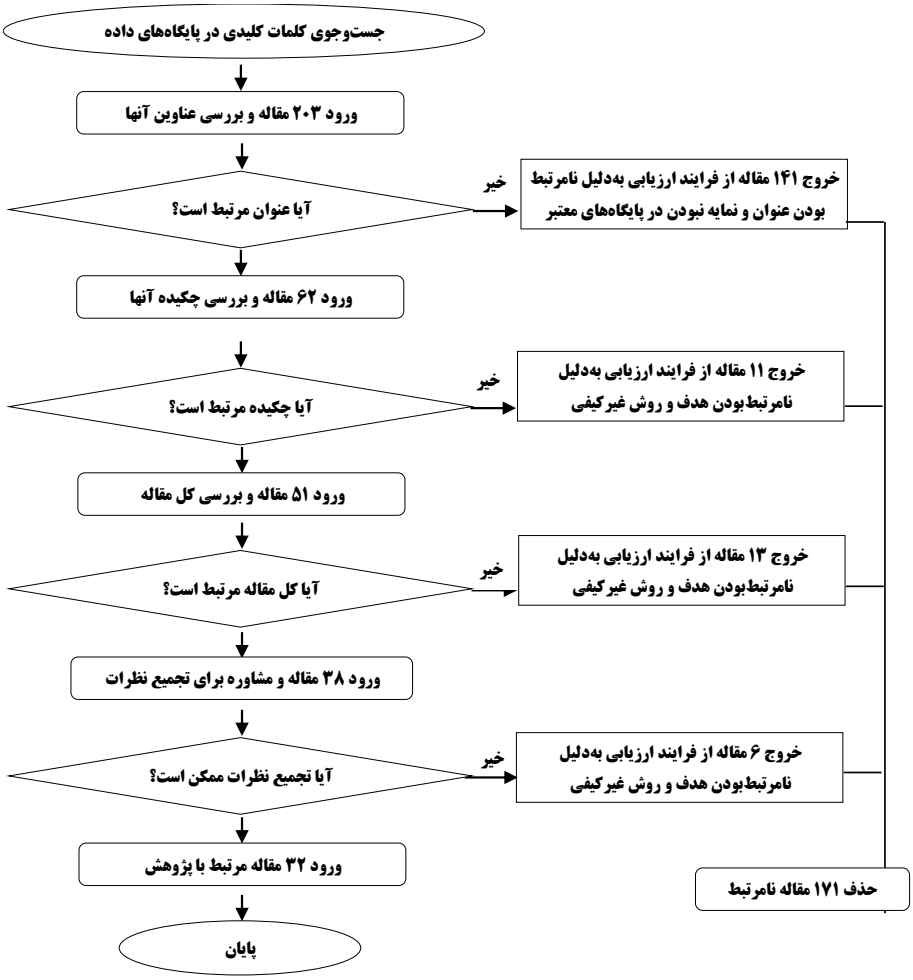
با توجه به جدول ۱.، ۲۰۳ مقاله براساس جست‌وجوی نظام‌مند یافت شد که ۱۷۱ مقاله با توجه به معیارهای درنظرگرفته‌شده برای ورود به بررسی حذف شدند و ۳۲ مقاله مرتبط، تحلیل شدند. مراحل انتخاب مقالات نهایی در شکل ۱ نشان داده شده است.

برای تکمیل فرایند فراترکیب و افزایش عمق تحلیل، از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شد. در این مرحله، متن کامل ۳۲ مقاله منتخب به‌دقت مطالعه و شناسه‌گذاری شد. شناسه‌گذاری در سه مرحله باز، محوری و انتخابی انجام شد (استروس و کوربین[1]، ۱۹۹۸). در شناسه‌گذاری باز، مفاهیم کلیدی مرتبط با نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری استخراج شدند. در شناسه‌گذاری محوری، این مفاهیم در قالب مقوله‌های اصلی و فرعی دسته‌بندی شدند. درنهایت، در شناسه‌گذاری انتخابی، ارتباط بین مقوله‌ها مشخص و الگوی نهایی ارائه شد. این فرایند به ما امکان داد تا ضمن شناسایی مفاهیم کلیدی، روابط بین آنها را نیز بررسی کنیم و به درک عمیق‌تری از موضوع دست یابیم.

اعتبار این پژوهش با استفاده از روش سندلوسکی و بارسو (۲۰۰۷) به صورت دقیق تأیید شده است[2]. برای افزایش روایی توصیفی، از معیارهای ورود به بررسی استفاده شده است که شامل برگزاری جلسات هفتگی برای گزارش جست‌وجوی مقالات، استفاده از نرم‌افزار اندنوت به‌منظور ذخیره و بررسی مقالات، برگزاری جلسات هفتگی و ارزیابی گزارش‌های اعضای گروه به‌منظور افزایش روایی تفسیری و همچنین استفاده از یک متخصص در زمینه پژوهش برای افزایش روایی عملی بوده است (سندلوسکی و بارسو، ۲۰۰۷).

1- Strauss & Corbin

۲- تأیید اعتبار پژوهش با استفاده از روش سندلوسکی و بارسو شامل ارزیابی دقیق هر مرحله از فرایند فراترکیب، ازجمله انتخاب مقالات، استخراج داده‌ها و تحلیل یافته‌هاست. این روش اطمینان می‌دهد که نتایج پژوهش قابل‌اعتماد و معتبر هستند.



شکل ۱. الگوریتم انتخاب مقالات نهایی (سندلوسکی و بارسو، ۲۰۰۷)

پایایی پژوهش نیز با استفاده از برنامه مهارت‌های ارزیابی انتقادی[1] (۲۰۱۸) توسط اعضای گروه و خبرگان انجام شده است. این ارزیابی شامل ۱۰ پرسش که به جوانب مختلف مقالات (شامل وضوح اهداف پژوهش، منطق روش‌شناسی، سازگاری طرح برای دستیابی به اهداف، سازگاری روش نمونه‌گیری، سازگاری روش جمع‌آوری داده‌ها، کیفیت رابطه پژوهشگر و شرکت‌کنندگان، کیفیت ملاحظات اخلاقی، دقت تحلیل داده‌ها، تبیین شفاف

1- Critical Appraisal Skills Program

یافته‌ها و ارزش پژوهش) می‌پردازد، با هدف ارزیابی کیفیت، دقت، اعتبار و اهمیت مقالات نهایی، انجام شده است.

براساس ارزیابی مقایسه‌ای[1] (سندلوسکی و بارسو، ۲۰۰۷)، مقالات نهایی براساس مؤلفه‌های متعددی نظیر مشخصات نویسندگان، سال انتشار، عنوان، هدف، روش تحلیل و یافته‌ها ارزیابی شده‌اند. افزون‌بر این، با استفاده از برنامه مهارت‌های ارزیابی انتقادی (۲۰۱۸)، کیفیت مقالات، ارزیابی و امتیازدهی شده است. نتایج حاصل از فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی در قالب الگوی یکپارچه نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ ارائه شده است.

یافته‌ها

برای پاسخ به پرسش اصلی پژوهش مبنی‌بر «چگونه هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ تأثیر می‌گذارند؟»، از ترکیب دو روش فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی استفاده شد.

در مرحله اول، با استفاده از روش فراترکیب، ۳۲ مقاله نهایی انتخاب‌شده، به صورت دقیق بررسی شدند. شناسه‌های اولیه از این مقالات استخراج شدند و سپس از طریق شناسه‌گذاری باز و محوری، مفاهیم و مقوله‌های اصلی شناسایی و طبقه‌بندی شدند.

در مرحله دوم، برای تکمیل و تعمیق یافته‌ها، از روش تحلیل محتوای کیفی استفاده شد. در این مرحله، متن کامل ۳۲ مقاله منتخب به‌دقت مطالعه و شناسه‌گذاری شد. شناسه‌گذاری در سه مرحله باز، محوری و انتخابی انجام شد (استروس و کوربین، ۱۹۹۸). در شناسه‌گذاری باز، مفاهیم کلیدی مرتبط با نقش هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی در انتقال فناوری استخراج شدند. در شناسه‌گذاری محوری، این مفاهیم در قالب مقوله‌های اصلی و فرعی دسته‌بندی

۱- ارزیابی مقایسه‌ای روشی است که در آن مقالات منتخب براساس معیارهای مشخص با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا اطمینان حاصل شود که داده‌های استخراج‌شده از کیفیت و اعتبار لازم برخوردار هستند.

شـدند. درنهایـت، در شناسـه‌گـذاری انتخـابی، ارتبـاط بـین مقولـه‌هـا مشـخص و الگوی نهـایی ارائـه شـد. نتـایج حاصـل از ترکیـب ایـن دو روش، بـه شناسـایی ۴ بُعـد اصلی، ۱۲ مؤلفه و ۳۶ شاخص منجر شد که در جدول ۲. ارائه شده است.

جدول ۲. ابعاد، مؤلفه‌ها و شاخص‌های تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰

ابعاد	مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	منابع
بهبود فرایندهای انتقال فناوری	افزایش سرعت و دقت	کاهش زمان ارزیابی فناوری‌ها	لنگ و همکاران (۲۰۲۴)؛ وانگ و همکاران (۲۰۲۲)؛ رن و همکاران[1] (۲۰۲۳)
		افزایش دقت در انتخاب فناوری مناسب	
		تسریع فرایند انطباق فناوری	
	کاهش هزینه‌ها	بهینه‌سازی هزینه‌های انتقال فناوری	کارایانیس و همکاران (۲۰۲۳)؛ هومپرت و همکاران[2] (۲۰۲۳)؛ ابرش[3] (۲۰۲۱)
		کاهش هزینه‌های ناشی از خطاهای انسانی	
		افزایش بازده سرمایه‌گذاری در انتقال فناوری	
	مدیریت خطر	شناسایی دقیق‌تر خطرهای انتقال فناوری	اوزمن گریبای و همکاران[4] (۲۰۲۳)؛ ژانگ و همکاران[5] (۲۰۲۳)؛ مورفی و همکاران[6] (۲۰۲۳)
		ارائه راه‌کارهای هوشمند برای کاهش خطر	
		پیش‌بینی چالش‌های احتمالی در فرایند انتقال	
ارتقای توانمندی‌های انسانی	توسعه مهارت‌های تخصصی	ارتقای دانش فنی کارکنان در زمینه فناوری‌های جدید	سانیوک و گرابوسکا[7] (۲۰۲۳)؛ کانها و همکاران[8] (۲۰۲۲)؛ پیزون و گولا[9] (۲۰۲۳)
		بهبود توانایی تحلیل و ارزیابی فناوری‌ها	
		افزایش قابلیت انطباق با	

1- Ren et al
2- Humpert et al
3- Abrash
4- Ozmen Garibay et al
5- Zhang et al
6- Murphy et al
7- Saniuk & Grabowska
8- Cunha et al
9- Pizoń & Gola

ابعاد	مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	منابع
		تغییرات فناورانه	
	تقویت مهارت‌های نرم	بهبود مهارت‌های ارتباطی در فرایند انتقال فناوری	کارایانیس و موراسکا (۲۰۲۳)؛ برتا و همکاران (۲۰۲۳)؛ لی و همکاران (۲۰۲۲)
		افزایش توانایی حل مسئله در شرایط پیچیده	
		تقویت خلاقیت و نوآوری در کاربرد فناوری‌های جدید	
	یادگیری مستمر	ایجاد فرهنگ یادگیری مادام‌العمر در سازمان	مورتزیس و همکاران (۲۰۲۲)؛ کالپ و بوتونر (۲۰۲۲)؛ سیسارلی و همکاران (۲۰۲۳)
		تسهیل دسترسی به منابع آموزشی پیشرفته	
		ارتقای توانایی یادگیری از تجربیات گذشته در انتقال فناوری	
بهبود تعامل انسان-ماشین	طراحی رابط‌های کاربری هوشمند	ایجاد رابط‌های کاربری سازگار با نیازهای انسانی	وانگ و همکاران (۲۰۲۴)؛ هومپرت و همکاران (۲۰۲۳)؛ برانزینی و همکاران[1] (۲۰۲۳)
		افزایش قابلیت درک و استفاده از سیستم‌های هوشمند	
		بهبود تجربه کاربری در فرایند انتقال فناوری	
	همکاری مؤثر انسان-هوش مصنوعی	تقسیم وظایف بهینه بین انسان و هوش مصنوعی	لنگ و همکاران (۲۰۲۴)؛ رن و همکاران (۲۰۲۳)؛ باکلیش و هاچلر[2] (۲۰۲۳)
		افزایش اعتماد به توصیه‌های سیستم‌های هوشمند	
		بهبود فرایند تصمیم‌گیری مشترک در انتقال فناوری	
	شفافیت و قابلیت توضیح	ارائه توضیحات شفاف برای تصمیمات هوش مصنوعی	برتا و همکاران (۲۰۲۳)؛ اوزمن گریبای و همکاران (۲۰۲۳)؛ استرن و فریتاگ[3] (۲۰۲۲)
		افزایش قابلیت درک فرایندهای پیچیده انتقال	

1- Brunzini et al
2- Bocklisch & Huchler
3- Stern & Freitag

ابعاد	مؤلفه‌ها	شاخص‌ها	منابع
		فناوری	
		بهبود اعتماد به سیستم‌های هوشمند در فرایند انتقال	
مدیریت دانش و نوآوری	تسهیل انتقال دانش	بهبود فرایند مستندسازی و اشتراک‌گذاری دانش	کارایانیس و همکاران (۲۰۲۳)؛ وانگ و همکاران (۲۰۲۲)؛ انصاری چهارسوقی (۲۰۲۰)
		تسهیل دسترسی به منابع دانشی مرتبط با فناوری‌های جدید	
		افزایش سرعت انتشار دانش در سازمان	
	تقویت نوآوری	تسهیل فرایند خلق ایده‌های جدید در کاربرد فناوری	مورتزیس و همکاران (۲۰۲۲)؛ گیاگلیانو و همکاران (۲۰۲۳)؛ سیسارلی و همکاران (۲۰۲۳)
		افزایش توانایی ترکیب فناوری‌های مختلف	
		بهبود فرایند تجاری‌سازی نوآوری‌ها	
	مدیریت مالکیت فکری	بهبود فرایند ثبت و حفاظت از دارایی‌های فکری	کارایانیس و موراسکا (۲۰۲۳)؛ هومپرت و همکاران (۲۰۲۳)؛ ابرش (۲۰۲۱)
		تسهیل شناسایی فرصت‌های لایسنس‌دهی فناوری	
		افزایش توانایی ارزش‌گذاری دارایی‌های فکری	

پس از تحلیل و ترکیب داده‌های حاصل از فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی، چهار بُعد اصلی شناسایی شد که نشان‌دهنده تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ هستند:

بُعد بهبود فرایندهای انتقال فناوری نشان می‌دهد که چگونه ترکیب هوش مصنوعی و توانمندی‌های انسانی می‌تواند به افزایش سرعت و دقت فرایندهای انتقال فناوری، کاهش هزینه‌ها و مدیریت بهتر خطرها منجر شود. برای نمونه، استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی برای ارزیابی سریع‌تر و دقیق‌تر فناوری‌های جدید، در کنار تخصص انسانی برای تصمیم‌گیری نهایی، می‌تواند فرایند انتقال فناوری را بهینه کند.

بُعد ارتقای توانمندی‌های انسانی بر اهمیت توسعه مستمر مهارت‌ها و دانش نیروی انسانی در عصر صنعت ۵.۰ تأکید دارد. توسعه مهارت‌های تخصصی، تقویت مهارت‌های نرم و ایجاد فرهنگ یادگیری مستمر، توانایی نیروی انسانی را برای مدیریت و بهره‌برداری از فناوری‌های پیشرفته افزایش می‌دهد.

بُعد بهبود تعامل انسان- ماشین بر اهمیت ایجاد یک رابطه مؤثر و کارآمد بین انسان و سیستم‌های هوش مصنوعی در فرایند انتقال فناوری تأکید دارد. طراحی رابط‌های کاربری هوشمند، ایجاد همکاری مؤثر بین انسان و هوش مصنوعی و افزایش شفافیت و قابلیت توضیح سیستم‌های هوشمند، می‌تواند به استفاده بهینه از قابلیت‌های هر دو طرف منجر شود.

درنهایت، بُعد مدیریت دانش و نوآوری نشان می‌دهد که چگونه ترکیب هوش مصنوعی و توانمندی‌های انسانی می‌تواند به مدیریت بهتر دانش، تقویت نوآوری و حفاظت از دارایی‌های فکری در فرایند انتقال فناوری کمک کند. تسهیل انتقال دانش، تقویت فرایندهای نوآوری و مدیریت مؤثر مالکیت فکری، ازجمله مواردی هستند که می‌توانند به موفقیت بیشتر در انتقال فناوری منجر شوند.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پژوهش کنونی با هدف درک عمیق‌تر تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ انجام شد. ظهور صنعت ۵.۰ و ادغام هوش مصنوعی پیشرفته با خلاقیت و تخصص انسانی، چشم‌اندازهای جدیدی را برای نوآوری و خلق ارزش گشوده است. با وجود این، تحول عمیق یادشده، چالش‌های جدیدی را نیز در مسیر انتقال فناوری ایجاد کرده است. درک چگونگی تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری در این عصر جدید، برای موفقیت سازمان‌ها حیاتی است. این پژوهش با هدف پاسخگویی به این نیاز و با تمرکز بر پرسش «چگونه هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ تأثیر می‌گذارند؟» انجام شد.

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲

با استفاده از رویکرد ترکیبی فراترکیب و تحلیل محتوای کیفی، ۳۲ مقاله مرتبط، بررسی شد و نتایج در قالب ۴ بُعد اصلی، ۱۲ مؤلفه و ۳۶ شاخص ارائه شد. این ابعاد شامل «بهبود فرایندهای انتقال فناوری»، «ارتقای توانمندی‌های انسانی»، «بهبود تعامل انسان- ماشین» و «مدیریت دانش و نوآوری» هستند. چهار بُعد شناسایی‌شده در این پژوهش، نشان‌دهنده پیچیدگی و چندوجهی بودن این فرایند است.

در بُعد «بهبود فرایندهای انتقال فناوری»، ترکیب هوش مصنوعی و تخصص انسانی می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های دقیق‌تر و سریع‌تر منجر شود. هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های پیچیده، الگوهای پنهان را کشف کند، درحالی‌که متخصصان انسانی این یافته‌ها را در بستر واقعیت‌های سازمانی و محیطی تفسیر می‌کنند. این یافته با نتایج مطالعات وانگ و همکاران (۲۰۲۲)، لنگ و همکاران (۲۰۲۴) و رن و همکاران (۲۰۲۳) همخوانی دارد. تحلیل عمیق‌تر این بُعد نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند با پردازش حجم عظیمی از داده‌ها در زمان کوتاه، الگوهایی را شناسایی کند که ممکن است از دید انسان پنهان بماند. این قابلیت می‌تواند در ارزیابی فناوری‌های جدید، پیش‌بینی روندهای آینده و شناسایی بهترین گزینه‌های انتقال فناوری بسیار مؤثر باشد. از سوی دیگر، تخصص و تجربه انسانی در تفسیر این الگوها، درک زمینه‌های فرهنگی و اجتماعی و تصمیم‌گیری نهایی، نقش حیاتی دارد.

«ارتقای توانمندی‌های انسانی» در عصر صنعت ۵.۰ به‌معنای آماده‌سازی نیروی کار برای همکاری مؤثر با سیستم‌های هوشمند است. این امر نیازمند توسعه مهارت‌های جدید، ازجمله سواد دیجیتال پیشرفته، تفکر سیستمی و توانایی کار در محیط‌های پویا و نامطمئن است. این یافته با نتایج پژوهش‌های سانیوک و گرابوسکا (۲۰۲۳)، کانها و همکاران (۲۰۲۲) و پیزون و گولا (۲۰۲۳) همسو است. تحلیل عمیق‌تر این بُعد نشان می‌دهد که در عصر صنعت ۵.۰، ماهیت مشاغل و مهارت‌های موردنیاز به‌سرعت در حال تغییر است. توانایی کار با سیستم‌های هوش مصنوعی، درک عمیق از فرایندهای فناورانه و مهارت‌های نرم مانند تفکر انتقادی، خلاقیت و هوش هیجانی، ازجمله

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲

توانمندی‌های کلیدی هستند که باید در نیروی انسانی توسعه یابند. این امر نیازمند ایجاد یک فرهنگ یادگیری مستمر در سازمان‌ها و سرمایه‌گذاری در برنامه‌های آموزشی پیشرفته است.

«بهبود تعامل انسان- ماشین» فراتر از طراحی رابط‌های کاربری است و شامل ایجاد سیستم‌های هوشمندی می‌شود که به یادگیری از تعاملات با انسان و سازگاری با نیازهای متغیر کاربران، توانا هستند. این بُعد همچنین بر اهمیت شفافیت و قابلیت توضیح در تصمیم‌گیری‌های هوش مصنوعی تأکید دارد. این نتیجه با یافته‌های برانزینی و همکاران (۲۰۲۳)، وانگ و همکاران (۲۰۲۴) و هومپرت و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد. تحلیل عمیق‌تر این بُعد نشان می‌دهد که موفقیت در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ نیازمند ایجاد یک همزیستی هوشمند بین انسان و ماشین است. این امر فراتر از صرفاً ایجاد رابط‌های کاربری کارآمد است و شامل طراحی سیستم‌هایی می‌شود که در یادگیری از تعاملات با انسان، سازگاری با ترجیحات کاربر و ارائه توضیحات شفاف برای تصمیمات خود، فعال هستند. از سوی دیگر، انسان‌ها نیز باید مهارت‌های لازم را برای کار مؤثر با این سیستم‌ها کسب کنند و نسبت به قابلیت‌ها و محدودیت‌های آنها آگاهی کامل داشته باشند.

درنهایت، «مدیریت دانش و نوآوری» در عصر صنعت ۵.۰ نیازمند رویکردی پویا و مبتنی‌بر داده است. هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل حجم عظیمی از اطلاعات، فرصت‌های نوآوری را شناسایی کند، درحالی‌که خلاقیت انسانی برای تبدیل این بینش‌ها به نوآوری‌های عملی، ضروری است. این یافته با نتایج مطالعات انصاری چهارسوقی (۲۰۲۰)، کارایانیس و همکاران (۲۰۲۳) و وانگ و همکاران (۲۰۲۲) همخوانی دارد. تحلیل عمیق‌تر این بُعد نشان می‌دهد که هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل حجم عظیمی از داده‌ها، الگوهای پنهان در دانش سازمانی را کشف کند، ارتباطات غیرمنتظره بین حوزه‌های مختلف دانش را شناسایی کند و فرصت‌های نوآوری را پیشنهاد دهد. از سوی دیگر، خلاقیت انسانی در تفسیر این یافته‌ها، ایجاد ایده‌های نوآورانه و تصمیم‌گیری در مورد چگونگی حفاظت و بهره‌برداری از دارایی‌های فکری، نقش حیاتی دارد. این ابعاد و مؤلفه‌های مرتبط با آنها نشان

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲

می‌دهند که چگونه ترکیب هوشمندانه قابلیت‌های هوش مصنوعی با توانمندی‌های انسانی می‌تواند فرایند انتقال فناوری را در عصر صنعت ۵.۰ بهبود بخشد و به سازمان‌ها در دستیابی به مزیت رقابتی کمک کند.

براساس یافته‌های این پژوهش، برای بهبود فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰، سازمان‌ها باید در توسعه و پیاده‌سازی سیستم‌های هوش مصنوعی پیشرفته سرمایه‌گذاری کنند. این سیستم‌ها باید قابلیت‌هایی چون خودکارسازی، پردازش داده‌های حجیم و یادگیری ماشینی داشته باشند. همزمان، توجه ویژه به آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی ضروری است. سازمان‌ها باید برنامه‌های آموزشی مستمر برای ارتقای مهارت‌های فنی، ارتباطی و حل مسئله کارکنان خود طراحی و اجرا کنند. طراحی و پیاده‌سازی رابط‌های کاربری هوشمند که تعامل مؤثر بین انسان و هوش مصنوعی را تسهیل می‌کنند، از دیگر اقدامات ضروری است. همچنین، ایجاد سیستم‌های مدیریت دانش یکپارچه که امکان ثبت، اشتراک‌گذاری و بهره‌برداری از دانش را در تمام مراحل انتقال فناوری فراهم می‌کند، بسیار حائز اهمیت است. با توجه به پیچیدگی‌های انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰، تشکیل گروههای متنوع و چندتخصصی متشکل از متخصصان حوزه‌های مختلف (فنی، مدیریتی، حقوقی و فرهنگی) ضروری است. ایجاد فرهنگی که در آن نوآوری، خلاقیت و یادگیری مستمر، ارزشمند تلقی شود، می‌تواند به افزایش انعطاف‌پذیری سازمان در مواجهه با چالش‌های انتقال فناوری کمک کند. توجه به ملاحظات اخلاقی و حقوقی مرتبط با استفاده از هوش مصنوعی در فرایند انتقال فناوری نیز بسیار مهم است. سازمان‌ها باید چارچوب‌های اخلاقی و حقوقی مشخصی برای استفاده از این فناوری، تدوین و اجرا کنند. درنهایت، ایجاد سیستم‌هایی برای ارزیابی و پایش مستمر فرایند انتقال فناوری ضروری است تا بتوان به‌سرعت نقاط ضعف را شناسایی و اصلاح کرد.

این پژوهش، با وجود تلاش برای ارائه یک دیدگاه جامع، با برخی محدودیت‌ها مواجه بوده است. ماهیت کیفی پژوهش و تکیه بر مرور ادبیات، اگرچه امکان بررسی عمیق موضوع را فراهم کرده، اما ممکن است برخی جنبه‌های کمّی را نادیده گرفته باشد. افزون‌بر این، محدود بودن منابع به

نشریه علمی مدیریت نوآوری
سال ۱۲/ شماره ۴ (۴۶) / زمستان ۱۴۰۲

مقالات علمی، ممکن است به کم‌توجهی به تجارب عملی و دانش ضمنی موجود در صنعت منجر شده باشد. همچنین، با توجه به نوظهور بودن مفهوم صنعت ۵.۰، تعداد مطالعات تجربی در این زمینه محدود بوده است. این امر می‌تواند بر جامعیت یافته‌ها تأثیر گذاشته باشد. افزون‌بر این، تنوع صنایع و تفاوت‌های فرهنگی بین کشورها ممکن است تعمیم‌پذیری نتایج را با چالش مواجه کند. بنابراین، در تفسیر و کاربرد یافته‌های این پژوهش باید جانب احتیاط را رعایت کرد و به زمینه‌های خاص هر صنعت و کشور توجه داشت.

برای غلبه بر این محدودیت‌ها و گسترش دانش در این حوزه، پیشنهادهایی برای تحقیقات آتی ارائه می‌شود. انجام مطالعات موردی در صنایع مختلف برای بررسی عملی تأثیر هوش مصنوعی و مؤلفه‌های انسانی بر انتقال فناوری می‌تواند بینش‌های ارزشمندی ارائه دهد. بررسی تأثیر فرهنگ‌های مختلف بر فرایند انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ نیز می‌تواند موضوع مهمی برای تحقیقات آینده باشد. مطالعه چالش‌های اخلاقی و حقوقی استفاده از هوش مصنوعی در انتقال فناوری و ارائه راه‌کارهای مناسب، از دیگر زمینه‌های مهم برای تحقیقات آتی است. همچنین، بررسی تأثیر انتقال فناوری مبتنی‌بر هوش مصنوعی بر عملکرد سازمانی و رقابت‌پذیری شرکت‌ها می‌تواند به درک بهتر ارزش این رویکرد کمک کند.

درنهایت، این پژوهش نشان می‌دهد که موفقیت در انتقال فناوری در عصر صنعت ۵.۰ نیازمند یک رویکرد یکپارچه است که در آن قابلیت‌های هوش مصنوعی و توانمندی‌های انسانی به‌طور هم‌افزا با یکدیگر ترکیب می‌شوند. سازمان‌هایی که بتوانند این تعادل ظریف را برقرار کنند، در موقعیت بهتری برای بهره‌برداری از فرصت‌های این عصر جدید و مواجهه با چالش‌های آن قرار خواهند گرفت. این امر نه‌تنها نیازمند سرمایه‌گذاری در فناوری‌های پیشرفته است، بلکه نیازمند توجه ویژه به توسعه مهارت‌های انسانی، ایجاد فرهنگ سازمانی مناسب و طراحی فرایندهایی است که امکان همکاری مؤثر انسان و ماشین را فراهم می‌کند.

منابع

Abrash, M(2021). Creating the future: Augmented reality, the next human-machine interface. In: 2021 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM). IEEE, pp.1-2. 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(40), pp.2-15.

Adner, R. and Kapoor, R(2015). Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re- examining technology S- curves. Strategic Management Journal, 37(4), pp.625-648. http://dx.doi.org/10.1002/smj.2363

Alam, M.F.B., Tushar, S.R., Zaman, S.M., Gonzalez, E.D.S., Bari, A.M. and Karmaker, C.L(2023). Analysis of the drivers of Agriculture 4.0 implementation in the emerging economies: Implications towards sustainability and food security. Green Technologies and Sustainability, 1(2), p.100021. http://dx.doi.org/10.1016/j.grets.2023.100021

Amin, A., Bhuiyan, M.R.I., Hossain, R., Molla, C., Poli, T. and 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), p.e363. http://dx.doi.org/10.1002/bsd2.363

Ansari Chaharsoughi, F(2020). Management of Knowledge Intelligence in Human-centered Cyber Physical Production Systems. Doctoral dissertation. Wien. http://dx.doi.org/10.34726/hss.2020.16234717

Baker, J(2012). The technology–organization–environment framework. In: Y. Dwivedi, M. Wade and S. Schneberger, eds. Information Systems Theory. Integrated Series in Information Systems, 28. New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2_12

Berretta, S., Tausch, A., Ontrup, G., Gilles, B., Peifer, C. and Kluge, A(2023). Defining human-AI teaming the human-centered way: A scoping review and network analysis. Frontiers in Artificial Intelligence, 6. https://doi.org/10.3389/frai.2023.1250725

Bocklisch, F. and 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, 6. https://doi.org/10.3389/frai.2023.1247755

Brunzini, A., Peruzzini, M. and Barbadoro, P(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, 35, p.100505. https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100505

Calp, M.H. and Bütüner, R(2022). Society 5.0: Effective technology for a smart society. In: Artificial Intelligence and Industry 4.0. Academic Press, pp.175-194. http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-88468-6.00006-1

Carayannis, E.G., Canestrino, R. and Magliocca, P(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

Carayannis, E.G. and Morawska, J(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, pp.1-25. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-031-26232-6_1

Chesbrough, H. and Bogers, M(2014). Explicating open innovation: Clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. In: H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke and J. West, eds. New Frontiers in Open Innovation. Oxford: Oxford University Press, pp.3-28. https://ssrn.com/abstract=2427233

Ciccarelli, M., Papetti, A. and Germani, M(2023). Exploring how new industrial paradigms affect the workforce: A literature review of Operator 4.0. Journal of Manufacturing Systems, 70, pp.464-483. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.08.016

Cunha, L., Silva, D. and Maggioli, S(2022). Exploring the status of the human operator in Industry 4.0: A systematic review. Frontiers in Psychology, 13, p.889129. https://doi.org/10.3389%2Ffpsyg.2022.889129

Davis, F. and Davis, F(1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. MIS Quarterly, 13, pp.319-340. http://dx.doi.org/10.2307/249008

Ferreira, J., Fernandes, C. and Ferreira, F(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, 150, p.119770. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119770

Giugliano, G., Laudante, E., Formati, F. and Buono, M(2023). Approaches and Technologies for the Human-Centered Industry 5.0. Proyecta, an Industrial Design Journal, 3, pp.78-90. https://doi.org/10.25267/P56-IDJ.2023.i3.05

Herrero, D., Meloni, W.P. and Rial, A(2024). How did Mediterranean economies transit to export-led growth? An analysis of the determinants of international competitiveness. In: The Political Economy of Mediterranean Europe. Routledge, pp.167-196.

Humpert, L., Tihlarik, A., Wäschle, M., Anacker, H., Dumitrescu, R., Albers, A. and Pfeiffer, S(2023). Investigating the potential of artificial intelligence for the employee from the perspective of AI-experts. In: 2023 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD). IEEE, pp.1-8. http://dx.doi.org/10.1007/s44282-024-00051-x

Jeong, S., Kim, J.C. and Choi, J.Y(2015). Technology convergence: What developmental stage are we in? Scientometrics, 104, pp.841-871. https://doi.org/10.1007/s11192-015-1606-6

Kim, J., Lee, G., Lee, S. and Lee, C(2022). Towards expert–machine collaborations for technology valuation: An interpretable machine learning approach. Technological Forecasting and Social Change, 183, p.121940. http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121940

Lee, J.S., Ham, Y., Park, H. and Kim, J(2022). Challenges, tasks, and opportunities in teleoperation of excavator toward human-in-the-loop construction automation.

Automation in Construction, 135, p.104119. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104119

Leng, J., Zhu, X., Huang, Z., Li, X., Zheng, P., Zhou, X. and Liu, Q(2024). Unlocking the power of industrial artificial intelligence towards Industry 5.0: Insights, pathways, and challenges. Journal of Manufacturing Systems, 73, pp.349-363. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmsy.2024.02.010

Liang, S. and Tan, Q(2024). Can the digital economy accelerates China's export technology upgrading? Based on the perspective of export technology complexity. Technological Forecasting and Social Change, 199, p.123052. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123052

Lichtenthaler, U. and Lichtenthaler, E(2010). Technology transfer across organizational boundaries: absorptive capacity and desorptive capacity. California Management Review, 53(1), pp.154-170. http://dx.doi.org/10.1525/cmr.2010.53.1.154

Martínez-Plumed, F., Gómez, E. and Hernández-Orallo, J(2021). Futures of artificial intelligence through technology readiness levels. Telematics and Informatics, 58, p.101525. https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101525

Mourtzis, D., Angelopoulos, J. and Panopoulos, N(2022). A Literature Review of the Challenges and Opportunities of the Transition from Industry 4.0 to Society 5.0. Energies, 15(17), p.6276. http://dx.doi.org/10.3390/en15176276

Murphy, C., Carew, P.J. and Stapleton, L(2023). A human-centred systems manifesto for smart digital immersion in Industry 5.0: A case study of cultural heritage. AI & Society, pp.1-16. http://dx.doi.org/10.1007/s00146-023-01693-2

Na, S., Heo, S., Han, S., Shin, Y. and Roh, Y(2022). Acceptance model of artificial intelligence (AI)-based technologies in construction firms: Applying the Technology Acceptance Model (TAM) in combination with the Technology–Organisation–Environment (TOE) framework. Buildings, 12(2), p.90. https://doi.org/10.3390/buildings12020090

Narouei, K(2023). Applications of artificial intelligence in industry and industrial automation. In: Sixth National Conference on New Technologies in Electrical, Computer and Mechanical Engineering of Iran. Tehran, Iran. (In Persian)

Ozmen Garibay, O., Winslow, B., Andolina, S., Antona, M., Bodenschatz, A., Coursaris, C. and Xu, W(2023). Six human-centered artificial intelligence grand challenges. International Journal of Human–Computer Interaction, 39(3), pp.391-437. https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2153320

Pizoń, J. and Gola, A(2023). Human–machine relationship—Perspective and future roadmap for Industry 5.0 solutions. Machines, 11(2), p.203. http://dx.doi.org/10.3390/machines11020203

Rafiei, H., Akbarzadeh-T, M.R., Pariz, N. and Akbarzadeh, A(2022). Expert systems and the prospects of artificial intelligence for the automatic supervisory control of salinity gradient solar ponds. Solar Energy, 246, pp.281-293. https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.09.033

Ren, M., Chen, N. and Qiu, H(2023). Human-machine collaborative decision-making: An evolutionary roadmap based on cognitive intelligence. International Journal of Social Robotics, 15(7), pp.1101-1114. http://dx.doi.org/10.1007/s12369-023-01020-1

Rogers, E.M., Singhal, A. and Quinlan, M.M(2014). Diffusion of Innovations. In: An integrated approach to communication theory and research. Routledge, pp.432-448. http://dx.doi.org/10.4324/9780203710753-35

Sandelowski, M. and Barroso, J(2007). Handbook for Synthesizing Qualitative Research. New York: Springer Publishing Company. https://doi.org/10.4236/ajibm.2019.92020

Saniuk, S. and Grabowska, S(2023). Skills and Competencies of Industrial Employees in the Industry 5.0 Environment. In: International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance. Cham: Springer Nature Switzerland, pp.251-264.

Santhi, A.R. and 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 (IJIDeM), 17, pp.947-979. http://dx.doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8

Sojoodi, S. and Baghbanpour, J(2024). The relationship between high-tech industries exports and GDP growth in the selected developing and developed countries. Journal of the Knowledge Economy, 15(1), pp.2073-2095. http://dx.doi.org/10.1007/s13132-023-01174-3

Stern, H. and Freitag, M(2022). Human-centered design of hybrid cyber-physical production systems. Digitization of the Work Environment for Sustainable Production, 97. http://dx.doi.org/10.30844/WGAB_2022_6

Strauss, A. and Corbin, J(1998). Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc. https://doi.org/10.4135/9781452230153

Taouaf, I., Attou, O.E., El Ganich, S. and Arouch, M(2021). The technology transfer office (TTO): Toward a viable model for universities in Morocco. Cuadernos de Gestión, 21(2), pp.97-107. https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.6.46

Venkatesh, V., Thong, J.Y.L. and Xu, X(2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. MIS Quarterly, 36(1), pp.157-178. http://dx.doi.org/10.2307/41410412

Wang, B., Zhou, H., Li, X., Yang, G., Zheng, P., Song, C. and Wang, L(2024). Human digital twin in the context of Industry 5.0. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 85, p.102626. https://doi.org/10.1016/j.rcim.2023.102626

Wang, B., Zheng, P., Yin, Y., Shih, A. and Wang, L(2022). Toward human-centric smart manufacturing: A human-cyber-physical systems (HCPS) perspective. Journal of Manufacturing Systems, 63, pp.471-490. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.05.005

Wang, P(2021). Connecting the parts with the whole: Toward an information ecology theory of digital innovation ecosystems. MIS Quarterly, 45(1). https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/15864

Wut, T.M., Lee, D., Ip, W.M. and Lee, S.W(2021). Digital sustainability in the organization: Scale development and validation. Sustainability, 13(6), p.3530. https://doi.org/10.3390/su13063530

Xiao, L., Xu, S. and Zeng, X(2018). Design and analysis of knowledge transfer in the process of university-industry collaborative innovation based on social network

theory. Journal of Internet Technology, 19(4), pp.1155-1167. http://dx.doi.org/10.3966/160792642018081904018

Yu, H., Zhang, J., Zhang, M. and Fan, F(2022). Cross-national knowledge transfer, absorptive capacity, and total factor productivity: The intermediary effect test of international technology spillover. Technology Analysis & Strategic Management, 34(6), pp.625-640. http://dx.doi.org/10.1080/09537325.2021.1915476

Zamany, A. and Khamseh, A(2022). Identification of Influential Dimensions and Components of Technology Transfer with a focus on digital transformation. Journal of Technology Development Management, 10(3), pp.57-90. (In Persian) https://doi.org/10.22104/jtdm.2023.5698.3032

Zhang, C., Wang, Z., Zhou, G., Chang, F., Ma, D., Jing, Y. and Zhao, D(2023). Towards new-generation human-centric smart manufacturing in Industry 5.0: A systematic review. Advanced Engineering Informatics, 57, p.102121. http://dx.doi.org/10.1016/j.aei.2023.102121