Journal of Entrepreneurship and Innovation Research

Homepage: https://journal.iransaei.ir

The Role of Artificial Intelligence in Factories and Its Impact on Innovative Management: A Structural Analysis

Salman Motevaseli
Department of Technology Management, Faculty of Management, Islamic Azad University Science and Research Branch, Tehran, Iran. Email: s.motevaseli@gmail.com

Behroz Tahmasebkazemi*
Department of Entrepreneurship Department, Faculty of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran.
Email: b.tahmasebkazemi@iauctb.ac.ir

Mahdi Rajabiun
Department of Commerce, Customs, and Entrepreneurship, Faculty of Management, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. Email: Mahdi.rajabiun@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history :
Received 28 September 2024
Received in revised form 21 December 2024
Accepted 15 February 2025
Published online 17 February 2025

Keywords:
Artificial Intelligence (AI), Innovative Management, Interpretive Structural Modeling (ISM), Production Process Optimization.

ABSTRACT

Objective: This study aims to examine the impact of artificial intelligence (AI) on innovative management in factories. Given the rapid growth of AI-based technologies and the challenges in innovative management, it is essential to precisely analyze the role of AI in improving production and management processes. This research seeks to identify key AI components and analyze their interrelationships to provide a framework for effectively utilizing AI in innovative management.

Method: This study, conducted to explain the role of AI in factories and its impact on innovative management, employs a combination of thematic analysis to identify key indicators and components. Additionally, Interpretive Structural Modeling (ISM) was used to categorize and analyze the relationships among variables. After identifying key indicators and components, interviews were conducted with 15 experts to assess the extent of AI's impact on innovative management.

Findings: The results of this study indicate that among the ten key AI-related components (including industrial AI tools, cognitive supply chain, customer service provision, production process automation, data management, quality management, productivity optimization, production sustainability improvement, flexibility enhancement, and workforce development), components such as industrial AI tools and data management have had the most significant influence, while productivity and production sustainability have shown the highest dependency. Additionally, cognitive supply chain and quality management were identified as linking variables. The MICMAC analysis also classified independent variables as key influencing factors and linking variables as essential intermediaries within the system.

Conclusion: The intelligent use of AI-based technologies can lead to improved quality, productivity, cost reduction, supply chain optimization, and increased flexibility in factory production processes. The model presented in this study can serve as a foundation for manufacturing industry managers to make informed decisions regarding the effective implementation of AI-related technologies.

Cite this article: Motevaseli, S., Tahmasebkazemi, B., & Rajabiun. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Factories and Its Impact on Innovative Management: A Structural Analysis. *Journal of Entrepreneurship and Innovation Research*, 3(4), 111-128. https://doi.org/10.22034/eir.2025.495125.1142

© The Author(s).
Publisher: Scientific Association of Entrepreneurship & Innovation in IRAN.

پژوهش های کارآفرینی و نوآوری

نقش هوش مصنوعی در کارخانه‌ها و تأثیر آن بر مدیریت نوآورانه: تحلیلی ساختاری

سلمان متوسلی

گروه مدیریت تکنولوژی، دانشکده مدیریت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: s.motevaseli@gmail.com

بهروز طهماسب کاظمی*

گروه مدیریت صنعتی، عضو مدعو واحد تهران مرکز، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. رایانامه: b.tahmasebkazemi@iauctb.ac.ir

مهدی رجیبون

گروه بازرگانی، گمرک و کارآفرینی، دانشکده مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران. رایانامه: Mahdi.rajabiun@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۷/۷
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۱۵
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۲۹

کلیدواژه‌ها:
هوش مصنوعی (AI)، مدیریت نوآورانه، مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM)، بهینه‌سازی فرآیند تولید

چکیده

هدف: این پژوهش باهدف بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر مدیریت نوآورانه در کارخانه‌ها انجام‌شده است. با توجه به رشد روزافزون فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی و چالش‌های موجود در مدیریت نوآورانه، نیاز است تا نقش این فناوری در بهبود فرآیندهای تولیدی و مدیریتی به‌طور دقیق موردمطالعه قرار گیرد. این پژوهش تلاش دارد تا با شناسایی مؤلفه‌های کلیدی هوش مصنوعی و تحلیل روابط میان آن‌ها، چارچوبی جهت بهره‌گیری مؤثر از این فناوری در راستای مدیریت نوآورانه ارائه دهد.

روش: این پژوهش ازلحاظ جهت‌گیری از نوع کاربردی بوده که با رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) انجام‌شده است. در بخش کیفی پژوهش در گام نخست و به‌منظور شناسایی شاخص‌ها و مؤلفه‌های اصلی هوش مصنوعی از روش تحلیل مضمون استفاده‌شده گردید و در گام دوم به‌منظور سنجش میزان اعتبار یافته‌ها و میزان اثرگذاری هریک از موارد احصاء شده مصاحبه عمیق نیمه ساختاریافته با ۱۵ خبره مرتبط به انجام رسید. در بخش کمی و به‌منظور سطح‌بندی و تحلیل روابط میان متغیرها از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) استفاده‌شده است. هدف اصلی این مرحله، تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها و ساختاردهی روابط آن‌ها برای تحلیل عمیق‌تر تأثیرات آن‌ها بر مدیریت نوآورانه در کارخانه‌ها بوده است.

یافته‌ها: یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است که مؤلفه‌هایی نظیر ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی ، زنجیره تأمین شناختی ، ارائه خدمات به مشتریان ، رباتی سازی فرآیند تولید ، مدیریت داده ، مدیریت کیفیت ، بهینه‌سازی بهره‌وری ، بهبود پایداری تولید ، افزایش انعطاف‌پذیری و توسعه نیروی کار به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌های مرتبط باهوش مصنوعی شناخته‌شده‌اند و از میان آن‌ها دو مؤلفه ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی و مدیریت داده دارای بیشترین میزان اثرگذاری را بر بهره‌وری و بهبود پایداری تولید داشته‌اند. همچنین دو مؤلفه زنجیره تأمین شناختی و مدیریت کیفیت به‌عنوان متغیرهای پیوندی شناسایی شدند. در این میان با تحلیل صورت گرفته توسط نرم‌افزار میک مک، متغیرهای مستقل به‌عنوان عوامل کلیدی و متغیرهای پیوندی به‌عنوان رابطهای اساسی معرفی گردید.

نتایج: نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده هوشمندانه از فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی می‌تواند منجر به بهبود کیفیت، بهره‌وری، کاهش هزینه‌ها، بهینه‌سازی زنجیره تأمین و افزایش انعطاف‌پذیری در فرآیندهای تولیدی کارخانه‌ها شود. لذا استفاده مفید و مؤثر از این ابزار و شناسایی نحوه اثرگذاری هریک از مؤلفه‌های مرتبط می‌تواند منجر به بهره‌وری بالاتر کارخانه‌ها از طریق مدیریتی نوآورانه گردد. لذا نتایج یافت شده در این مقاله می‌تواند مبنای مناسبی جهت تصمیم‌گیری مدیران صنایع تولیدی برای پیاده‌سازی مؤثر فناوری‌های مرتبط باشد.

استناد: متوسلی، سلمان، طهماسبی کاظمی، بهروز، و رجبیون، مهدی (۱۴۰۳). شناسایی عوامل موفقیت استارتاپ‌های فناورمحور در حل چالش‌های صنعت فین تک ایران، *پژوهش های کارآفرینی و نوآوری*. ۳(۴)،۱۱۱-۱۲۸.

https://doi.org/10.22034/eir.2025.495125.1142

ناشر: انجمن علمی کارآفرینی و نوآوری ایران.

© نویسندگان.

مقدمه

در دنیای امروز با توجه به پیشرفت‌های سریع در حوزه فناوری‌های دیجیتال و به‌ویژه توسعه هوش مصنوعی[1]، صنایع تولیدی با فرصت‌های بی‌نظیری برای نوآوری و بهره‌وری روبه‌رو شده‌اند (Dagnaw, 2020). در این میان هوش مصنوعی، به‌عنوان یک فناوری نوظهور، تأثیر قابل‌توجهی بر فرآیندهای مدیریتی و عملیاتی کارخانه‌ها داشته و توانسته است الگوهای جدیدی از تولید و نوآوری را ایجاد کند. این فناوری با توانایی تحلیل داده‌های حجیم، پیش‌بینی روندها، بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش خطاها، یک تحول اساسی در صنایع مختلف ازجمله مدیریت تولید، زنجیره تأمین، و خدمات مشتری ایجاد کرده است (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Fernandes et al., 2022). همچنین مدیریت نوآورانه در صنایع تولیدی به‌دلیل پیچیدگی‌های ناشی از رقابت جهانی، تغییرات سریع در تقاضای بازار و نیاز به انعطاف‌پذیری بیشتر، با چالش‌های بی‌سابقه‌ای مواجه شده است که به همین دلیل استفاده از هوش مصنوعی به‌عنوان ابزاری کلیدی برای حل این چالش‌ها، دارای اهمیت ویژه‌ای است. مطالعات بسیاری نشان داده است که استفاده از ابزارهای هوش مصنوعی همچون یادگیری ماشین، یادگیری تقویتی و سیستم‌های پاسخ‌دهی هوشمند، امکان بهینه‌سازی فرآیندهای تولید، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت محصولات را فراهم آورده است (Davenport et al., 2019; Russell & Norvig, 2016). از سویی دیگر در بسیاری از پژوهش‌های صورت گرفته یافته نشان داده است که استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی به بهبود زنجیره تأمین شناختی، مدیریت لجستیک، مدیریت داده‌ها، و حتی مدیریت رابطه انسان و ربات‌ها یاری‌رسان است (Davenport & Ronanki, 2018; Kusiak, 2018). اما بااین‌حال، همچنان شکاف‌های تحقیقاتی در زمینه شناخت دقیق تأثیرات متقابل این فناوری‌ها و نحوه ادغام آن‌ها در فرآیندهای تولیدی به چشم می‌خورد. چراکه بسیاری از پژوهش‌های صورت پذیرفته همان‌طور که ماریانی و همکاران[2] (۲۰۲۳) نیز اشاره داشته‌اند متمرکز بر کاربردهای خاصی از هوش مصنوعی بوده‌اند و رویکردی جامع برای بررسی اثرات آن بر مدیریت نوآورانه ارائه نکرده‌اند، لذا انجام این پژوهش از این منظر حائز اهمیت است و بدین منظور در این پژوهش، ابتدا به شناسایی و تحلیل مؤلفه‌های کلیدی هوش مصنوعی مؤثر بر مدیریت نوآورانه پرداخته شد و مدلی جامع برای استفاده از این فناوری در بهبود فرآیندهای تولیدی معرفی گردید که در این مدل جایگاه متغیرهای مستقل، وابسته، پیوندی و خودمختار در سیستم مدیریتی کارخانه ارائه‌شده است. لذا پرسش‌های اصلی که در این پژوهش و در ادامه به آن‌ها پاسخ داده خواهد شد عبارت‌اند از: ۱) چه مؤلفه‌هایی از هوش مصنوعی در مدیریت نوآورانه تأثیرگذار هستند؟ ۲) ارتباط میان مؤلفه‌های شناسایی‌شده و جنبه‌های مختلف مدیریت نوآورانه چگونه است؟ و ۳) چگونه می‌توان با استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری(ISM) روابط این مؤلفه‌ها را تحلیل و مدلی سلسله‌مراتبی ارائه کرد.

استفاده از مدل‌سازی ساختاری تفسیری(ISM) به‌منظور بررسی روابط میان مؤلفه‌های هوش مصنوعی و تأثیرات آن‌ها بر جنبه‌های مختلف مدیریت نوآورانه که برای پاسخ به پرسش سوم مورداستفاده قرارگرفته است از داده‌های حاصل از مصاحبه‌های عمیق با خبرگان صنعت استفاده کرده است. همچنین در تحلیل انجام‌شده توسط نرم‌افزار میک مک، به بررسی نقش متغیرهای مستقل نظیر ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی و مدیریت داده بر متغیرهای وابسته نظیر بهینه‌سازی بهره‌وری و بهبود پایداری تولید پرداخته‌شده است.

مروری بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش

ازآنجاکه فهم مفاهیم کلیدی مرتبط با هر پژوهش، نقطه آغاز فعالیت علمی است، ابتدا و در ادامه به ارائه تعاریف معتبر از این مفاهیم پرداخته‌شده است و سپس به‌اجمال به پژوهش‌هایی پرداخته‌شده که به بررسی پیوند میان این مفاهیم پرداخته‌اند و درنتیجه این فرآیند، مهم‌ترین مضامین مرتبط استخراج و پروتکل مصاحبه جهت تحقیق یافته‌های برآمده از ادبیات تنظیم گردید.

1 Artificial Intelligence
2 Mariani

تعریف مفاهیم مرتبط

- **هوش مصنوعی در صنعت:** هوش مصنوعی (AI) به سیستم‌ها یا ماشین‌هایی اطلاق می‌شود که قادر به انجام وظایفی مشابه هوش انسانی، ازجمله یادگیری، تصمیم‌گیری و حل مسئله هستند (Korteling et al., 2021; Russell & Norvig, 2016) . هوش مصنوعی در صنایع تولیدی، شامل فناوری‌هایی مانند یادگیری ماشین، یادگیری عمیق، پردازش زبان طبیعی و بینایی کامپیوتری است که به بهینه‌سازی فرآیندها، کاهش هزینه‌ها و افزایش کیفیت تولید کمک می‌کند (Kelleher, 2019).
- **کارخانه هوشمند:** کارخانه هوشمند به محیطی اطلاق می‌شود که در آن فناوری‌های هوش مصنوعی و اینترنت اشیا [1] به‌منظور جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها، اتخاذ تصمیم‌های بلادرنگ و مدیریت خودکار فرآیندها به کار گرفته می‌شوند(Kusiak, 2018; Osterrieder et al., 2020).
- **مدیریت نوآورانه:** بر اساس تعریف مصطلح از این واژه، مدیریت نوآورانه به معنای بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و رویکردهای خلاقانه برای بهبود فرآیندها، محصولات و خدمات است .(Drucker & Maciariello, 2014; Sudirjo, 2023) مطالعات بسیاری بر این نکته تأکید داشته‌اند که استفاده از فناوری هوش مصنوعی برای مدیران این امکان را فراهم می‌آورد که نظارت بهتری بر فرآیندهای تولید داشته و بتوانند تضمین‌کننده کیفیت محصولات باشند و بدین ترتیب تصمیمات استراتژیک دقیق‌تری را اتخاذ نمایند (Javaid et al., 2022).

پژوهش‌ها در پیوند میان مفاهیم

ازجمله پژوهش‌های انجام‌شده در پیوند میان هوش مصنوعی و مدیریت نوآورانه، پژوهشی است که توسط جاوید (۲۰۲۲) انجام‌شده است. یافته‌ها در این پژوهش نشان می‌دهد که هوش مصنوعی ۱) در خودکارسازی فرآیندها به‌منظور کاهش زمان و هزینه‌های مرتبط با عملیات تولید؛ ۲) در توسعه بینش‌ها از طریق تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ برای پیش‌بینی روندها و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری، نقش داشته است و ۳) در بهینه‌سازی تصمیم‌گیری از طریق کمک به مدیران در اتخاذ تصمیمات سریع‌تر و دقیق‌تر با استفاده از الگوریتم‌های تحلیلی نقش داشته است.

دومین پژوهش انجام‌شده در پیوند میان این دو مفهوم، توسط دونپورت و همکاران [2] (۲۰۱۹) و نیز کوسیاک (۲۰۱۸)، به انجام رسیده است و نشان می‌دهد که استفاده از هوش مصنوعی بر بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری و افزایش قابلیت‌های نوآورانه در کارخانه‌ها اثرگذار بوده است.

دسته دیگر از پژوهش‌ها به بررسی ابزارها و فناوری‌های مرتبط با هوش مصنوعی در صنایع تولیدی پرداخته‌اند که غالب نتایج برآمده از این پژوهش‌ها نشان داده است که کاربست ابزارهای مختلف هوش مصنوعی بر بهبود عملکرد صنعتی مؤثر بوده‌اند.

برای مثال در مطالعه فیگن‌بام [3] (۱۹۷۷) نشان داده‌شده است که استفاده از "سیستم‌های مبتنی بر قوانین" یعنی استفاده از سیستم‌های خبره‌ای که با استفاده از مجموعه قوانین از پیش تعیین‌شده، تصمیم‌گیری را تسهیل می‌کنند، در پیش‌بینی خرابی ماشین‌آلات و مدیریت کیفیت نقش داشته است و نیز مطالعه ساتون و بارتو [4] (۱۹۹۸) بر استفاده از یادگیری ماشین و یادگیری تقویتی به‌عنوان الگوریتم‌هایی که از داده‌ها برای یادگیری و بهینه‌سازی استفاده می‌کنند، تأکید شده است. همچنین پردازش زبان طبیعی و سیستم‌های پاسخ‌دهی هوشمند در بهبود تعامل میان انسان و ماشین و افزایش بهره‌وری در محیط‌های کاری نقش داشته است.(Hirschberg & Manning, 2015; Shah et al., 2023)

[1] IOT
[2] Davenport
[3] Feigenbaum
[4] Sutton & Barto

دسته دیگر از مطالعات به بررسی تأثیر هوش مصنوعی بر مدیریت کیفیت و بهینه‌سازی فرآیندها پرداخته‌اند. ازجمله این پژوهش‌ها مربوط به روبان و همکاران[1] (۲۰۱۶) است که نشان داده‌اند هوش مصنوعی از طریق داده‌کاوی، شناسایی الگوهای خرابی و ارائه پیش‌بینی‌های دقیق، می‌تواند به کاهش خطاهای انسانی و افزایش کیفیت محصولات کمک کند. به‌عنوان‌مثال، بازرسی خودکار مبتنی بر بینایی کامپیوتری و استفاده از الگوریتم‌های تحلیلی، امکان شناسایی دقیق نقص‌ها را فراهم می‌آورد.

برخی از پژوهش‌ها نیز به سنجش ارتباط میان هوش مصنوعی و پایداری محیط‌زیست پرداخته‌اند و یافته‌های آنان نشان می‌دهد که الگوریتم‌های هوشمند قادرند مصرف انرژی و منابع را بهینه کرده و میزان انتشار آلاینده‌ها را کاهش دهند (Brynjolfsson & McAfee, 2017). این رویکردها به صنایع امکان می‌دهند تا ضمن افزایش کارایی، تأثیرات منفی زیست‌محیطی خود را کاهش دهند. در خصوص بررسی نحوه تعامل انسان و ربات در محیط‌های صنعتی نیز پژوهش‌هایی به انجام رسیده است که نشان می‌دهد توسعه مهارت‌های نیروی کار و ایجاد همکاری مؤثر بین انسان و ربات، می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کاهش مقاومت کارکنان در برابر فناوری‌های نوین کمک کند (Simões et al., 2022).

درمجموع می‌توان گفت که بررسی ادبیات پژوهش اگرچه مؤلفه‌هایی مؤثر از هوش مصنوعی را که در حوزه‌های مختلف از صنایع مؤثر بوده‌اند نشان می‌دهد اما همچنان شکاف‌هایی پژوهشی در شناخت دقیق روابط متقابل میان این فناوری و مدیریت نوآورانه وجود دارد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش ازلحاظ جهت‌گیری از نوع کاربردی بوده که با رویکرد آمیخته (کیفی-کمی) انجام‌شده است تا بتوان وجه جامع و نظام‌مند روابط میان متغیرها و شاخص‌ها شناسایی و مورد تحلیل قرار گیرد. در بخش کیفی این پژوهش ابتدا با مرور ادبیات موجود در این حوزه به تحلیل مضامین مرتبط به‌منظور شناسایی شاخص‌ها و مؤلفه‌های کلیدی پرداخته شد. به مضامین مربوطه در این بخش حاصل جستجو در منابع علمی و پژوهش‌های پیشین است که نتیجه آن تدوین پروتکل انجام مصاحبات است. جامعه آماری شامل حوزه مدیریت صنعتی و فناوری اطلاعات بوده است. در این مطالعه خبره فردی است که اولاً حداقل دارای ۱۰ سال تجربه کاری در حوزه‌های مرتبط با مدیریت تولید و فناوری داشته و نیز آشنا با مفاهیم و ابزارهای هوش مصنوعی در فرآیندهای تولید باشد، همچنین در پژوهش‌های نوآورانه صنعتی مشارکت داشته یا مدیریت آن‌ها را عهده‌دار بوده باشند نمونه‌گیری به روش هدفمند غیر تصادفی با تکنیک گلوله برفی انجام شد. نمونه‌گیری تا رسیدن به سطح اشباع نظری و کفایت داده‌ها ادامه یافت. بدین ترتیب نمونه‌ای متشکل از ۱۵ نفر خبره برای مصاحبه دعوت شدند. ابزار اصلی گردآوری داده‌ها در بخش کیفی، مصاحبه عمیق نیمه ساختاریافته است که از این ابزار به‌منظور شناسایی شاخص‌ها و مؤلفه‌های تأثیرگذار بر استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت نوآورانه استفاده گردید. جهت تعیین روایی و پایایی مصاحبه‌ها از دو روش باز آزمون و توافق دو کدگذار استفاده‌شده است. همچنین، برای کدگذاری از روش کدگذاری اترید استرلینگ (۲۰۰۱) استفاده شد. روش پیشنهادی اترید-استرلینگ یکی از روش‌های مرسوم کدگذاری در تحلیل مضمون است. این روش مبتنی بر تشکیل شبکه مضامین است و در پژوهش‌های مختلف مورداستفاده قرار می‌گیرد. شبکه مضامین شامل سه دسته از کدها و مفاهیم شامل مضامین پایه[2]، مضامین سازمان‌دهنده[3]، مضامین فراگیر[4] است. در بخش کمی از مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) برای تحلیل روابط میان شاخص‌ها و سطح‌بندی آن‌ها استفاده گردید. مدل‌سازی ساختاری تفسیری، یکی از ابزارهای قدرتمند برای تحلیل پیچیدگی‌های سیستم‌های مدیریتی و فناوری است که به کمک آن می‌توان روابط میان شاخص‌های مختلف را به‌صورت سلسله‌مراتبی ساختاردهی کرد و تأثیرات متقابل آن‌ها را شناسایی نمود. این مدل به‌ویژه در تحلیل‌های پیچیده، همچون ارزیابی اثرات هوش مصنوعی بر مدیریت نوآورانه، به‌کار می‌رود (Warfield,

[1] Rüßmann et al., 2016
2. Basic Themes
3. Organizing Themes
4. Global Themes

1974). در این بخش، با استفاده از داده‌های استخراج‌شده از بخش کیفی، روابط میان ۳۹ کد اولیه شناسایی‌شده و ۱۰ مضمون سازمان دهنده به‌طور ساختاری در قالب مدل ISM طراحی شدند. هدف اصلی این مرحله، تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها و ساختاردهی روابط آن‌ها برای تحلیل عمیق‌تر تأثیرات آن‌ها بر مدیریت نوآورانه در کارخانه‌ها بود.

یافته‌ها

این مطالعه بر اساس دیدگاه ۱۵ نفر از خبرگان حوزه موردمطالعه انجام‌شده است. خبرگان به تعداد ۱۰ نفر مرد و ۵ نفر نیز زن می‌باشند که ۷۵٪ آن‌ها بیش از ۱۵ سال تجربه کاری داشتند.

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک خبرگان

ویژگی‌های جمعیت شناختی		فراوانی	درصد
جنسیت	مرد	۱۰	۶۹٪
	زن	۵	۳۱٪
سابقه کاری	۱۰ تا ۱۵ سال	۴	۲۵٪
	بالای ۱۵ سال	۱۱	۷۵٪
	کل	۱۵	۱۰۰٪

در این پژوهش سه مصاحبه به‌عنوان نمونه انتخاب‌شده‌اند و با فاصله زمانی دو هفته مجدداً کدگذاری شده‌اند. با توجه به این‌که میزان پایایی باز آزمون ۸۳٪ است و این مقدار بیشتر از ۶۰٪ است، قابلیت اعتماد کدگذاری موردقبول است. برای محاسبه پایایی با روش توافق درون موضوعی دو کدگذار، از یکی از دانشجویان درخواست شد تا در این آزمون به‌عنوان همکار پژوهشی مشارکت کند. با توجه به این‌که میزان پایایی دو کدگذار ۷۸ ٪ است و این مقدار بیشتر از ۶۰٪ است قابلیت اعتماد کدگذاری موردقبول است. در نخستین مرحله از تحلیل (کدگذاری باز)، داده‌ها در سطح جمله و عبارت برای هر یک از مصاحبه‌ها موردبررسی قرار گرفت. از میان ۱۷۰ کدباز شناسایی‌شده، ۳۹ کد اولیه از رونوشت‌ها استخراج شد (جدول شماره ۲) و درنهایت کدهای پایه مورد شناسایی به ۱۰ مضمون سازمان‌دهنده دسته‌بندی و درنهایت به یک مضمون فراگیر با عنوان " هوش مصنوعی در کارخانه و اثر آن بر مدیریت نوآورانه منجر شد (جدول۳). گزارش تمامی مراحل انجام‌شده در جداول زیر قابل‌مشاهده است.

جدول ۲: کدهای استخراجی از مصاحبه

مصاحبه	کدهای باز
ابزارهای مبتنی بر قوانین یا سیستم‌های خبره به کارخانه‌ها امکان می‌دهند تا تصمیم‌گیری‌های تکراری و مبتنی بر قوانین مشخص را به‌صورت خودکار انجام دهند. این ابزارها از مجموعه‌ای از قوانین از پیش تعیین‌شده استفاده می‌کنند که توسط کارشناسان دامنه یا متخصصین صنعت تعریف‌شده‌اند.این ابزارها به کارخانه‌ها کمک می‌کنند تا فرآیندهای روتین و تکراری را خودکار کنند. مثلاً در خط تولید، تعیین کیفیت محصول بر اساس معیارهای ثابت می‌تواند به این وسیله انجام شود.با استفاده از این دستگاه‌ها، خطای انسانی به حداقل می‌رسد زیرا تصمیمات بر اساس مجموعه‌ای از قوانین ثابت و بدون تغییر گرفته می‌شوند.ابزارهای مبتنی بر قوانین قادر به گرفتن تصمیم‌های سریع و دقیق هستند که می‌تواند به افزایش سرعت و کارایی عملیات کارخانه منجر شود.	**ابزارهای مبتنی بر قوانین**
ابزارهای یادگیری ماشین می‌توانند با تجزیه‌وتحلیل داده‌های بزرگ و پیچیده، الگوهای پنهان را شناسایی کرده و پیش‌بینی‌های دقیقی ارائه دهند. این ابزارها می‌توانند در بخش‌های مختلف کارخانه ازجمله تولید، نگهداری و مدیریت کیفیت استفاده شوند.این ابزارها می‌توانند الگوهای خرابی و نیاز به نگهداری را پیش‌بینی کرده و از بروز خرابی‌های ناگهانی جلوگیری کنند.با تحلیل داده‌های تولیدی، می‌توان نقاط بهینه و بهبود را شناسایی کرده و فرآیندهای تولید را بهینه کرد.ابزارهای یادگیری ماشین می‌توانند داده‌های کیفی محصول را تجزیه‌وتحلیل کرده و انحرافات از استاندارد را شناسایی کنند، که به بهبود کیفیت محصول منجر می‌شود.	**ابزارهای یادگیری ماشین**

کدهای باز	مصاحبه
یادگیری تقویتی	یادگیری تقویتی نوعی از یادگیری ماشین است که در آن سیستم‌ها از طریق آزمایش و خطا و دریافت پاداش یا تنبیه یاد می‌گیرند. این روش می‌تواند در بهینه‌سازی فرآیندهای پیچیده تولید و تصمیم‌گیری‌های پویا در کارخانه‌ها استفاده شود.یادگیری تقویتی می‌تواند برای بهینه‌سازی فرآیندهای دینامیک و تغییرپذیر استفاده شود، مانند تنظیمات لحظه‌ای دستگاه‌ها بر اساس شرایط فعلی.این تکنیک می‌تواند در توسعه ربات‌ها و سیستم‌های خودمختار که قادر به انجام وظایف پیچیده و تصمیم‌گیری در محیط‌های ناشناخته هستند، مورداستفاده قرار گیرد.
بهبود مدیریت زنجیره تأمین	مدل هوش مصنوعی می‌تواند در بهبود مدیریت زنجیره تأمین کمک کند. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تحلیل داده‌ها، می‌توان الگوها و روندهای زمانی را در زنجیره تأمین شناسایی کرده و پیش‌بینی‌های دقیقی ارائه داد. این اطلاعات به مدیران کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری درباره برنامه‌ریزی تولید، مدیریت موجودی، توزیع و هماهنگی با تأمین‌کنندگان بگیرند. همچنین، با استفاده از بهره‌گیری از روش‌های هوشمند تردید زدایی و تصمیم‌گیری خودکار، خطاها و تأخیرها در زنجیره تأمین کاهش می‌یابد و بهره‌وری افزایش می‌یابد.
مدیریت لجستیک	مدل هوش مصنوعی می‌تواند در بهبود مدیریت لجستیک نقش مهمی ایفا کند. با تحلیل داده‌های تاریخی و استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، می‌توان بهینه‌سازی مسیرهای حمل‌ونقل، نحوه تخصیص منابع و برنامه‌ریزی زمان‌بندی را بهبود بخشید. همچنین، مدیریت هوشمند اطلاعات مربوط به موجودی، سفارش‌ها، خدمات پس از فروش و سایر عوامل مرتبط با لجستیک، به شرکت‌ها کمک می‌کند تا بهره‌وری بالا، هزینه کمتر و سرویس بهتری را ارائه دهند.
مدیریت حمل‌ونقل	استفاده از مدل هوش مصنوعی در مدیریت حمل‌ونقل نیز می‌تواند تأثیر قابل‌توجهی داشته باشد. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و شبکه‌های عصبی، می‌توان بهبودی در برنامه‌ریزی حمل‌ونقل، تخصیص منابع، مدیریت ترافیک و پیش‌بینی زمان تحویل بار ایجاد کرد. مدل هوش مصنوعی می‌تواند با تجزیه‌وتحلیل داده‌های حمل‌ونقل، شناسایی الگوها و روندهای مرتبط با تأخیرها، تغییرات مسیرها و مشکلات مربوط به حمل‌ونقل را درک کند و راهکارهای بهبود را ارائه دهد. این اطلاعات به مدیران حمل‌ونقل کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری درباره بهینه‌سازی مسیرها، استفاده از وسایل حمل‌ونقل و برنامه‌ریزی منابع بگیرند.
مدیریت انبار	استفاده از مدل هوش مصنوعی در مدیریت انبار نیز می‌تواند بهبود قابل‌توجهی را به همراه داشته باشد. با تحلیل داده‌های انبار و استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، می‌توان بهینه‌سازی سطح موجودی، تخصیص فضای انبار، برنامه‌ریزی سفارش‌ها و پیش‌بینی نیازهای آینده را بهبود بخشید. این اطلاعات به مدیران انبار کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری درباره مدیریت موجودی، توزیع کالاها و بهره‌برداری بهینه از فضای انبار بگیرند.
مدیریت خدمات به مشتری الکترونیکی	مدل هوش مصنوعی می‌تواند در بهبود مدیریت خدمات به مشتری الکترونیکی کمک کند. با استفاده از الگوریتم‌های هوشمند و تحلیل داده‌ها، می‌توان الگوهای رفتاری مشتریان را شناسایی کرده و پیش‌بینی‌های دقیقی درباره نیازها و ترجیحات آن‌ها ارائه داد. این اطلاعات به مدیران کمک می‌کند تا استراتژی‌های بهبود خدمات، تجربه مشتری و ارتباط با مشتریان را بهبود بخشند. همچنین، با استفاده از سیستم‌های هوشمند پشتیبانی از مشتری، می‌توان به‌صورت خودکار و سریع درخواست‌ها و سؤالات مشتریان را پاسخ داد و خدمات بهتری را فراهم کرد.
مدیریت مشتری بر اساس کلان داده	استفاده از مدل هوش مصنوعی در مدیریت مشتری بر اساس کلان داده می‌تواند بهبود قابل‌توجهی را به همراه داشته باشد. با تحلیل داده‌های بزرگ مشتریان و استفاده از الگوریتم‌های هوشمند، می‌توان الگوها و روندهای مرتبط با رفتار مشتریان را شناسایی کرده و دانش عمیقی درباره آن‌ها به دست آورد. این اطلاعات به مدیران کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری درباره تعامل با مشتریان، بهبود استراتژی‌های بازاریابی و توسعه محصولات بگیرند. همچنین، با استفاده از پیش‌بینی هوشمند مشتریان، مدیران قادر خواهند بود به‌صورت دقیق نیازها و ترجیحات آن‌ها را پیش‌بینی کرده و خدمات خود را مطابق با آن‌ها شخصی‌سازی کنند.
سیستم پاسخ‌دهی هوشمند	مدل هوش مصنوعی می‌تواند در سیستم‌های پاسخ‌دهی هوشمند استفاده شود. با استفاده از الگوریتم‌ها و مدل‌های هوشمند، می‌توان سیستم‌هایی را طراحی کرد که به‌صورت خودکار و هوشمند به پرسش‌ها و درخواست‌های مشتریان پاسخ دهند. این سیستم‌ها می‌توانند از پردازش زبان طبیعی و تکنیک‌های یادگیری ماشین استفاده کنند تا متوجه مفهوم و قصد مشتری شوند و به‌طور خودکار پاسخ مناسبی را ارائه دهند. این منجر به بهبود تجربه مشتری، کاهش زمان انتظار و افزایش کیفیت خدمات می‌شود.
سخت‌افزار هوشمند تولید	استفاده از مدل هوش مصنوعی در سخت‌افزار هوشمند تولید می‌تواند به بهبود فرآیندهای تولید و مدیریت نوآوری کمک کند. با استفاده از الگوریتم‌ها و شبکه‌های عصبی، می‌توان فناوری‌های هوشمند را بر روی دستگاه‌ها و خطوط

کدهای باز	مصاحبه
	تولید پیاده کرده و فرآیندهای تولید را به‌صورت خودکار و بهینه مدیریت کرد. این شامل بهبود کارایی و کیفیت تولید، کاهش هدر رفت و خطاها، و افزایش قدرت تنظیم و انعطاف‌پذیری سیستم‌ها می‌شود. همچنین، مدل هوش مصنوعی می‌تواند در فرآیند طراحی و توسعه محصولات نوآورانه نیز به کار گرفته شود برای شناسایی الگوها و روندهای بازار، پیش‌بینی نیازهای مشتریان و بهبود فرآیند طراحی.
پلتفرم‌های خودکار	استفاده از مدل هوش مصنوعی در کارخانه‌ها می‌تواند به ایجاد پلتفرم‌های خودکار کمک کند. با استفاده از الگوریتم‌ها و شبکه‌های عصبی، می‌توان سیستم‌هایی را طراحی کرد که به‌صورت خودکار فرآیندهای تولید، جابه‌جایی و کنترل را انجام دهند. این پلتفرم‌ها می‌توانند بهبود قابل‌توجهی در بهره‌وری، سرعت، دقت و انعطاف‌پذیری فرآیندهای تولید ایجاد کنند. همچنین، با استفاده از مدل هوش مصنوعی می‌توان الگوریتم‌های بهینه‌سازی و جستجوی هوشمند را برای بهبود عملکرد پلتفرم‌ها و تعیین راهبردهای بهبود و بهینه‌سازی آن‌ها استفاده کرد.
جایگزینی ربات با انسان	استفاده از مدل هوش مصنوعی می‌تواند در جایگزینی برخی از وظایف انسانی با ربات‌های هوشمند در کارخانه‌ها مؤثر باشد. با استفاده از ربات‌های هوشمند، می‌توان وظایف تکراری، خطرناک، یا حتی پیچیده را به‌صورت خودکار و با دقت بالا انجام داد. این منجر به کاهش خطاها، افزایش سرعت و دقت تولید، و افزایش امنیت کارخانه می‌شود. همچنین، با استفاده از الگوریتم‌ها و یادگیری ماشین در ربات‌ها، می‌توان آن‌ها را قادر به تطبیق و یادگیری محیط و وظایف جدید کرد و از جنبه نوآورانه در بهبود کارایی و عملکرد آن‌ها استفاده کرد.
نرم‌افزار هوشمند تولید	نرم‌افزارهای هوشمند تولید نیز می‌توانند با استفاده از مدل هوش مصنوعی توسعه یابند. این نرم‌افزارها می‌توانند فرآیندهای تولید را بهبود داده و عملکرد کارخانه را بهبود بخشند. با استفاده از الگوریتم‌ها و شبکه‌های عصبی، می‌توان الگوریتم‌های بهینه‌سازی و جستجوی هوشمند را برای بهبود عملکرد نرم‌افزارها استفاده کرد. همچنین، مدل هوش مصنوعی می‌تواند در تطبیق و یادگیری نرم‌افزار با محیط و وظایف جدید نیز مؤثر باشد.
شناسایی الگوریتم‌های پیچیده داده محور	با استفاده از الگوریتم‌ها و شبکه‌های عصبی، می‌توان الگوریتم‌های پیچیده‌تری را برای تجزیه‌وتحلیل داده‌های کارخانه طراحی و پیاده‌سازی کرد. این الگوریتم‌ها می‌توانند با استفاده از فن‌های مانند یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی عمیق و الگوریتم‌های موجود در حوزه هوش مصنوعی، الگوها و روابط پیچیده در داده‌ها را شناسایی و تحلیل کنند. این شناسایی الگوریتم‌های پیچیده داده محور می‌تواند به مدیران کارخانه کمک کند تا از داده‌های خام به داده‌های قابل‌استفاده، الگوها و روابط مفید استخراج کنند و تصمیم‌گیری‌های بهتری را بر اساس این داده‌ها انجام دهند.
داده‌کاوی هوشمند	با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشین، شبکه‌های عصبی و الگوریتم‌های بهینه‌سازی، می‌توان داده‌های کارخانه را تحلیل و مدل‌های پیش‌بینی و تشخیصی برای بهبود فرآیندها و کاهش خطاها ایجاد کرد. با استفاده از داده‌کاوی هوشمند، مدیران کارخانه می‌توانند الگوها و روابط پنهان در داده‌ها را کشف کنند و بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری‌های بهتری را انجام دهند. همچنین، این تحلیل داده‌ها می‌تواند اطلاعات بیشتری در مورد عملکرد ماشین‌آلات، پیش‌بینی نیازمندی‌ها، بهینه‌سازی فرآیندها و بهبود عملکرد کلی کارخانه فراهم کند.
مدیریت داده در لحظه	با استفاده از سیستم‌های هوشمند و الگوریتم‌های مبتنی بر هوش مصنوعی، می‌توان داده‌های حس‌گرها، دستگاه‌ها و سیستم‌های کارخانه را در زمان واقعی جمع‌آوری، تحلیل و مدیریت کرد. این تجمیع داده‌ها در لحظه می‌تواند به کاهش زمان پاسخگویی به مشکلات، تشخیص سریع خطاها و بهبود عملکرد کلی سیستم‌های کارخانه کمک کند.
پایگاه داده هوشمند	می‌توان پایگاه داده‌هایی را طراحی و پیاده‌سازی کرد که از طریق تحلیل و استنتاج از داده‌ها، بهبودهایی را در عملکرد کارخانه ایجاد کند. این پایگاه داده هوشمند می‌تواند به مدیران کارخانه کمک کند تا دسترسی سریع‌تری به اطلاعات مربوط به عملکرد فرآیندها، تجهیزات و کیفیت محصولات داشته باشند و بر اساس آن‌ها تصمیم‌گیری کنند.
کاهش تلفات تولید	می‌توان الگوها و عوامل مرتبط با تلفات تولید را شناسایی کرده و بهبودهای لازم را در فرآیندها و سیستم‌ها ایجاد کرد. مدل هوش مصنوعی می‌تواند با تحلیل داده‌های کارخانه، عوامل مؤثر بر تلفات را شناسایی کرده و بهبودهایی را پیشنهاد دهد. به‌عنوان‌مثال، با تشخیص الگوهای نامطلوب در خط تولید، می‌توان تلفات را کاهش داده و بهره‌وری را افزایش داد.

کدهای باز	مصاحبه
کاهش هزینه	. با استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی و تکنیک‌های بهینه‌سازی، می‌توان بهبودهایی را در عملکرد فرآیندها، بهینه‌سازی منابع و کاهش هدررفته‌ها ایجاد کرد. این بهبودها می‌توانند منجر به کاهش هزینه‌های تولید، نگهداری و انرژی شود. علاوه بر این، با استفاده از مدل هوش مصنوعی در برنامه‌ریزی تولید و مدیریت زنجیره تأمین، هزینه‌های لجستیک و توزیع نیز کاهش می‌یابد.
کاهش زمان	با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی و یادگیری ماشین، می‌توان زمان‌های تنظیم و تغییر سریع ماشین‌آلات را به حداقل رساند و بهبودهای مرتبط داشته را در فرآیندها ایجاد کرد تا زمان تولید کاهش یابد.
شناسایی علت اصلی نقص‌ها	. با تحلیل داده‌ها و استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان الگوها و روابط بین عوامل مختلف را شناسایی کرده و علل اصلی نقص‌ها را مشخص کرد. این اطلاعات می‌توانند به مدیران کارخانه کمک کنند تا تصمیم‌گیری‌های بهتری در خصوص اصلاح و بهبود فرآیندها انجام دهند. به‌عنوان‌مثال، با تحلیل داده‌های حسگرها و دستگاه‌های مختلف در کارخانه، می‌توان عواملی که به نقص‌ها و خرابی‌ها منجر می‌شوند را شناسایی و راهکارهایی برای جلوگیری از آن‌ها ارائه داد.
بهینه‌سازی تولید و حذف تلفات	با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی و یادگیری ماشین، می‌توان بهبودهایی را در توزیع منابع، برنامه‌ریزی تولید، مدیریت موجودی و بهره‌وری دستگاه‌ها ایجاد کرد. این بهبودها درنهایت منجر به کاهش تلفات تولید، افزایش کار آیی و حذف هدررفت‌های مواد و انرژی می‌شوند.
کسب دید کاملی از خط تولید	استفاده از مدل هوش مصنوعی در کارخانه می‌تواند به مدیران کارخانه کمک کند تا دید کاملی از خط تولید خود به دست آورند. با استفاده از تحلیل داده‌های سنجش‌گرها، حسگرها و سیستم‌های مختلف، می‌توان الگوها و روابط مرتبط با عملکرد خط تولید را شناسایی کرده و درک بهتری از عملکرد، ضعف‌ها و مزایای خط تولید به دست آورد. این اطلاعات می‌تواند به مدیران کمک کند تا تصمیم‌گیری‌های بهتری در خصوص بهبود و بهینه‌سازی خط تولید انجام دهند.
بهینه‌سازی ماشین‌ها	با استفاده از الگوریتم‌های بهینه‌سازی، یادگیری تقویتی و شبکه‌های عصبی، می‌توان بهبودهایی را در عملکرد ماشین‌آلات، تنظیمات و تغییرات سریع، بهره‌گیری از ظرفیت بیشتر و کاهش خرابی‌ها و تعطیلی‌ها ایجاد کرد. این بهبودها درنهایت منجر به بهبود عملکرد کلی خط تولید و کاهش هزینه‌ها و زمان‌های توقف ماشین‌آلات می‌شوند.
تعیین پارامترهای فرآیند	استفاده از مدل هوش مصنوعی می‌تواند در تعیین پارامترهای فرآیند مؤثر باشد. با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و بهینه‌سازی، می‌توان به‌دقت بیشتری در تعیین پارامترهای مربوط به فرآیندها و فعالیت‌های کارخانه دست‌یافت. این پارامترها می‌توانند شامل فشار، دما، سرعت، زمان‌بندی و دیگر عوامل مرتبط با فرآیند تولید باشند. با تنظیم بهینه این پارامترها، می‌توان بهبودهای قابل‌توجهی در کیفیت محصولات، بهره‌وری فرآیندها و حداکثر استفاده از منابع و انرژی‌ها را داشت.
بازرسی خودکار	می‌توان عملکرد ماشین‌ها و محصولات را به‌طور خودکار مانیتور کرده و هرگونه نقص و عیب را تشخیص داد. این بهبودها درنهایت به کاهش خطاها و عیب‌های تولید، افزایش کیفیت محصولات و بهبود رضایت مشتریان منجر می‌شوند.
مدیریت زیست‌محیطی هوشمندانه	. با استفاده از تحلیل داده‌ها و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان مصرف انرژی، مصرف منابع آب، مدیریت پسماندها و کاهش آلودگی‌ها را بهبود بخشید. به‌طور مثال، با بهینه‌سازی انرژی مصرفی در سیستم‌ها و ماشین‌آلات، می‌توان مصرف انرژی را کاهش داد و به حفظ محیط‌زیست کمک کرد.
کاهش آسیب‌های جانی به کارگران	می‌توان به شناسایی خطرات و رفتارهای خطرناک در محیط کار پرداخت. این اطلاعات می‌تواند به مدیران کمک کند تا تدابیر پیشگیرانه برای جلوگیری از تصادفات و آسیب‌های جانی اتخاذ کنند و محیط کار را بهبود بخشند.
بهبود ایمنی تولید	با استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی و الگوریتم‌های یادگیری ماشین، می‌توان رفتارهای خطرناک و شرایط غیر مطلوب را تشخیص داد و هشدارهای مناسب را به کارکنان و مدیران ارائه داد. این اطلاعات می‌تواند بهبود ایمنی کارگران و کاهش حوادث و آسیب‌های ناشی از فرآیندهای تولید را تسهیل کند.

کدهای باز	مصاحبه
ارزیابی آلاینده‌ها به‌صورت هوشمند	استفاده از مدل هوش مصنوعی در ارزیابی آلاینده‌ها به‌صورت هوشمند می‌تواند کمک کند تا فرآیندهای مانیتورینگ و کنترل آلاینده‌ها بهبود یابد. با استفاده از سامانه‌های هوشمند و الگوریتم‌های تحلیل داده، می‌توان داده‌های محیطی را به‌طور خودکار جمع‌آوری، تحلیل و ارزیابی کرد. این اطلاعات می‌تواند به مدیران کمک کند تا آلاینده‌ها را شناسایی و تحلیل کنند و تدابیر مناسبی برای کاهش و کنترل آن‌ها اتخاذ کنند.
چابکی عملیاتی در برابر شوک‌های بیرونی	با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و پردازش تصویر، می‌توان عملکرد ماشین‌ها و محصولات را به‌طور خودکار مانیتور کرده و هرگونه نقص و عیب را تشخیص داد. این بهبودها درنهایت به کاهش خطاها و عیب‌های تولید، افزایش کیفیت محصولات و بهبود رضایت مشتریان منجر می‌شوند. در مدیریت تولید هوشمند ، دقت و سرعت دو عامل کلیدی و اساسی هستند که با بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی بهبود می‌یابند . دقت با کاهش خطاها ، ارتقای کیفیت محصولات و استفاده بهینه از منابع به کارآمدی فرآیندهای تولید کمک می‌کند و از سوی دیگر سرعت با افزایش بهره‌وری ، کاهش زمان تولید و فراهم کردن امکان پاسخگویی سریع به تغییرات و نیازهای بازار ، نقش مهمی در رقابت‌پذیری ایفا می‌کند . ترکیب این دو عامل کارخانه‌های هوشمند را به‌سوی تولیدی مؤثرتر ، اقتصادی‌تر و انعطاف‌پذیرتر سوق می‌دهد و زمینه‌ساز تحولی بنیادین در صنعت می‌شود .
دقت و سرعت در مدیریت تولید هوشمند	در مدیریت تولید هوشمند ، دقت و سرعت دو عامل کلیدی و اساسی هستند که با بهره‌گیری از فناوری‌های هوش مصنوعی بهبود می‌یابند . دقت با کاهش خطاها ، ارتقای کیفیت محصولات و استفاده بهینه از منابع به کارآمدی فرآیندهای تولید کمک می‌کند و از سوی دیگر سرعت با افزایش بهره‌وری ، کاهش زمان تولید و فراهم کردن امکان پاسخگویی سریع به تغییرات و نیازهای بازار ، نقش مهمی در رقابت‌پذیری ایفا می‌کند . ترکیب این دو عامل کارخانه‌های هوشمند را به‌سوی تولیدی مؤثرتر ، اقتصادی‌تر و انعطاف‌پذیرتر سوق می‌دهد و زمینه‌ساز تحولی بنیادین در صنعت می‌شود .
مدیریت تقاضا در شرایط بحرانی	مدیریت تقاضا در شرایط بحرانی یکی از چالش‌های اساسی برای کارخانه‌ها است که هوش مصنوعی می‌تواند در حل آن نقش کلیدی داشته باشد . با استفاده از الگوریتم‌های یادگیری ماشین و تحلیل داده‌های بزرگ، کارخانه‌ها می‌توانند روندها و الگوهای تقاضا را در شرایط مختلف پیش‌بینی کنند و برای پاسخگویی بهتر آماده شوند .در شرایط بحرانی مانند باندمی ها، نوسانات اقتصادی و اختلالات زنجیره تأمین، این توانایی برای مدیریت بهینه تولید و منابع ضروری است. هوش مصنوعی با پردازش سریع داده‌ها و ارائه تحلیل‌های دقیق به کارخانه‌ها کمک می‌کند تا تصمیمات بهتری در مورد تولید و توزیع بگیرند و از ایجاد تنگناها یا مازاد تولید جلوگیری کنند.
برنامه‌ریزی عملیات تولیدی پیشرفته	برنامه‌ریزی عملیات تولیدی پیشرفته با استفاده از هوش مصنوعی، یکی از راهکارهای مؤثر برای افزایش کارایی و بهره‌وری در کارخانه است. با استفاده از الگوریتم‌های پیچیده و ابزارهای پیش‌بینی، کارخانه‌ها می‌توانند زمان‌بندی تولید را بهینه کنند، استفاده از منابع را مدیریت کرده و به کاهش هزینه‌ها و زمان‌های توقف تولید کمک کنند. این نوع برنامه‌ریزی شامل بهینه‌سازی مسیرهای تولید، تخصیص منابع و هماهنگی بین بخش‌های مختلف کارخانه است . باهوش مصنوعی کارخانه‌ها می‌توانند سناریوهای مختلف را شبیه‌سازی کرده و بهترین راهبردها را برای بهبود کارایی انتخاب کنند. نتیجه این تلاش‌ها، کاهش زمان تولید، افزایش کیفیت محصولات و انعطاف‌پذیری بیشتر در مواجه با تغییرات است بازار است.
تخصصی سازی نیروی کار	تخصصی سازی نیروی کار در حوزه هوش مصنوعی در کارخانه‌ها یکی از مهم‌ترین عوامل برای بهبود کارایی و بهره‌وری است. با افزایش استفاده از فناوری‌های پیشرفته و سیستم‌های هوشمند،نیروی کار نیز نیازمند مهارت‌های خاصی است تا بتواند به‌طور مؤثر با این فناوری‌ها کار کند. تخصصی سازی نیروی کار به معنای آموزش کارکنان برای استفاده از ابزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، توسعه و پیاده‌سازی الگوریتم‌های تحلیل داده و بهینه‌سازی فرآیندِ تولید است تا فرآیندهای خود را سریع‌تر، دقیق‌تر و با کمترین میزان خطا مدیریت کنند. نتیجه این تخصصی سازی، افزایش کارایی،کاهش هزینه‌ها و بهبود عملکرد کلی زنجیره تأمین است.
کاهش روتین کاری	این شامل فعالیت‌هایی مانند جابه‌جایی مواد، بسته‌بندی، برچسب‌گذاری و ترتیب بندی محصولات است. با اتمام این کارها توسط ربات‌ها، کارکنان می‌توانند به وظایفی با ارزش‌افزوده بیشتر اختصاص دهند، مانند برنامه‌ریزی استراتژیک، طراحی محصولات جدید و بهبود فرآیندها.
کاهش ریسک‌های کاری	با استفاده از ربات‌های هوشمند و سیستم‌های هوشمند ایمنی، می‌توان حوادث و تصادفات در محیط کار را کاهش داد. ربات‌ها می‌توانند وظایف خطرناک و پرخطر را به‌جای انسان‌ها انجام دهند و در مواجهه با موقعیت‌های خطرناک

مصاحبه	کدهای باز
عملکرد ایمنی را بهبود بخشند. این اقدامات منجر به کاهش حوادث، آسیب‌های جسمانی و خسارات مالی مرتبط با ریسک‌های کاری می‌شود.	
با استفاده از ربات‌های هوشمند و همکاری بین انسان و ربات، می‌توان به تقویت همکاری و تعامل مثبت بین این دو پرداخت. ربات‌ها می‌توانند به‌عنوان همکاران هوشمند در فرآیندهای تولید و سایر و فعالیت‌های کارخانه عمل کنند و توانایی برقراری ارتباط و هماهنگی با انسان‌ها را داشته باشند. این موضوع می‌تواند بهبود کیفیت ارتباط بین انسان و ربات، کاهش تنش‌ها و افزایش هماهنگی در فعالیت‌های مشترک را به همراه داشته باشد. همچنین، توانایی ربات‌ها در تشخیص و پاسخ به نیازهای انسان‌ها و هماهنگی مناسب با آن‌ها می‌تواند بهبودی در تعاملات بین انسان و ربات‌ها را به ارمغان بیاورد.	**مدیریت رابطه انسان-رباتیک**

جدول ۳: مضامین سازنده و فراگیر

مضمون فراگیر	مضمون سازنده	مضمون اولیه
هوش مصنوعی در کارخانه و اثر آن بر مدیریت نوآورانه	**ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی**	ابزارهای مبتنی بر قوانین
		ابزارهای یادگیری ماشین
		یادگیری تقویتی
	زنجیره تأمین شناختی	بهبود مدیریت زنجیره تأمین
		مدیریت لجستیک
		مدیریت حمل‌ونقل
		مدیریت انبار
	ارائه خدمات به مشتریان	مدیریت خدمات به مشتری الکترونیکی
		مدیریت مشتری بر اساس کلان داده
		سیستم پاسخ‌دهی هوشمند
	رباتی سازی فرایند تولید	سخت‌افزار هوشمند تولید
		پلتفرم‌های خودکار
		جایگزینی ربات با انسان
		نرم‌افزار هوشمند تولید
	مدیریت داده	شناسایی الگوریتم‌های پیچیده داده محور
		داده‌کاوی هوشمند
		مدیریت داده در لحظه
		پایگاه داده هوشمند
	مدیریت کیفیت	کاهش تلفات تولید
		کاهش هزینه
		کاهش زمان

مضمون فراگیر	مضمون سازنده	مضمون اولیه
		شناسایی علت اصلی نقص‌ها
		بهینه‌سازی تولید و حذف تلفات
		کسب دید کاملی از خط تولید
	بهینه‌سازی بهره‌وری	بهینه‌سازی ماشین‌ها
		تعیین پارامترهای فرآیند
		بازرسی خودکار
	بهبود پایداری تولید	مدیریت زیست‌محیطی هوشمندانه
		کاهش آسیب‌های جانی به کارگران
		بهبود ایمنی تولید
		ارزیابی آلاینده‌ها به‌صورت هوشمند
	افزایش انعطاف‌پذیری	چابکی عملیاتی در برابر شوک‌های بیرونی
		دقت و سرعت در مدیریت تولید هوشمند
		مدیریت تقاضا در شرایط بحرانی
		برنامه‌ریزی عملیات تولیدی پیشرفته
	توسعه نیروی کار	تخصصی سازی نیروی کار
		کاهش روتین کاری
		کاهش ریسک‌های کاری
		مدیریت رابطه انسان-رباتیک

در مرحله دوم به تحلیل یافته‌ها از طریق مدل سازی ساختاری تفسیری (ISM) پرداخته شد.از این روش به‌منظور ساختاردهی و سلسله‌مراتبی کردن روابط میان شاخص‌های شناسایی‌شده از تحلیل کیفی استفاده‌شده است و هدف از انجام آن، تعیین اهمیت نسبی شاخص‌ها و تحلیل ارتباط میان آن‌ها بوده است. کدگذاری این شاخص‌ها که در جدول ۴ نشان داده شده است، نمایانگر داده‌های ورودی مورداستفاده در مرحله تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) است.

جدول۴: کدگذاری مؤلفه‌ها

عوامل شناسایی‌شده	نماد
ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی	C1
زنجیره تأمین شناختی	C2
ارائه خدمات به مشتریان	C3
رباتی سازی فرایند تولید	C4
مدیریت داده	C5
مدیریت کیفیت	C6

عوامل شناسایی‌شده	نماد
بهینه‌سازی بهره‌وری	C7
بهبود پایداری تولید	C8
افزایش انعطاف‌پذیری	C9
توسعه نیروی کار	C10

استفاده از این شاخص‌ها و تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM) اولین گام در تحلیل کمی است که در جدول ۵ نشان داده شده است. در این ماتریس، روابط میان شاخص‌ها بر اساس نظرات خبرگان و تحلیل داده‌ها بر اساس چهار نوع رابطه زیر نشان داده‌شده است

V: شاخص i بر شاخص j تأثیر دارد.

A: شاخص j بر شاخص i تأثیر دارد.

X: رابطه دوطرفه بین شاخص‌ها وجود دارد.

O: رابطه‌ای بین شاخص‌ها وجود ندارد.

جدول ۵ : ماتریس خودتعاملی ساختاری SSIM

متغیر	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1		V	V	X	X	V	V	V	V	V
C2			V	A	A	V	V	V	V	X
C3				A	A	X	V	V	V	A
C4					X	V	V	V	V	V
C5						V	V	V	V	V
C6							V	V	V	A
C7								A	A	A
C8									X	A
C9										A
C10										

دومین گام تشکیل ماتریس دریافتی است. در این مرحله ماتریس خودتعاملی ساختاری به یک ماتریس دریافتی دودویی تبدیل‌شده است خروجی این ماتریس که در جدول ۶ قابل‌مشاهده است نشان می‌دهد که آیا یک شاخص بر شاخص دیگر تأثیر مستقیم دارد یا خیر.

جدول ۶ : ماتریس دریافتی شاخص‌های شناسایی‌شده

متغیر	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C2	۰		۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
C3	۰	۰		۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰

C4	۱	۱	۱		۱	۱	۱	۱	۱	۱
C5	۱	۱	۱	۱		۱	۱	۱	۱	۱
C6	۰	۰	۱	۰	۰		۱	۱	۱	۰
C7	۰	۰	۰	۰	۰	۰		۰	۰	۰
C8	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱		۱	۰
C9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱		۰
C10	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	

سومین گام ایجاد ماتریس دسترسی نهایی است. در این مرحله، ماتریس دسترسی نهایی از طریق اعمال قواعد بولین بر ماتریس دریافتی تشکیل‌شده است. این ماتریس شامل تمام روابط مستقیم و غیرمستقیم میان شاخص‌ها بوده و به‌عنوان مبنای سطح‌بندی شاخص‌ها مورداستفاده قرار گرفت.(جدول۷)

جدول ۷ : ماتریس دسترسی نهایی شاخص‌های شناسایی‌شده

متغیر	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C2	۰	۱	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱
C3	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
C4	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C5	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C6	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۰
C7	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰
C8	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰
C9	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۰
C10	۰	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۱	۱	۱

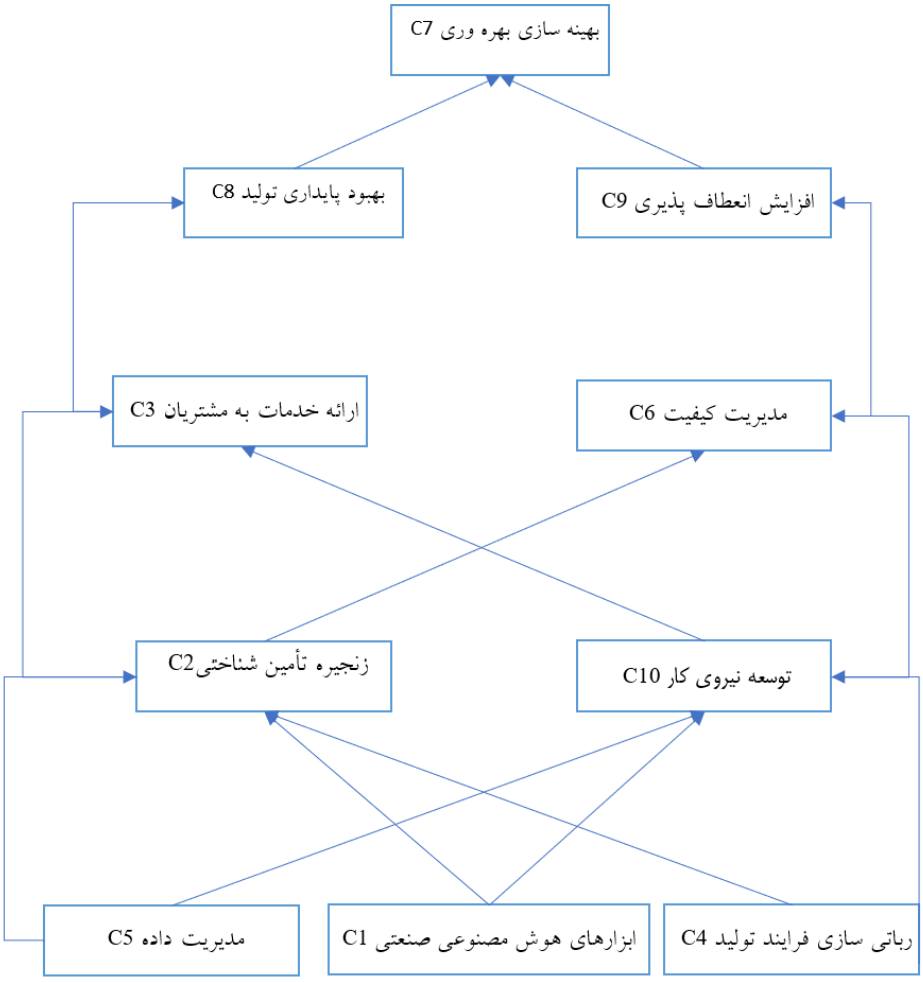
چهارمین گام مربوط به سطح‌بندی شاخص‌ها است که با استفاده از ماتریس دسترسی نهایی، شاخص‌ها به پنج سطح سلسله‌مراتبی تقسیم شدند که در جدول ۸ قابل‌مشاهده است. این سطح‌بندی نشان می‌دهد که برخی شاخص‌ها (مانند ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی) نقش کلیدی در سیستم دارند، درحالی‌که برخی دیگر بیشتر به‌عنوان خروجی تأثیر می‌پذیرند.

جدول ۸ : تعیین سطح نخست در سلسله‌مراتب ISM

نماد	ورودی	خروجی	اشتراک	سطح
C1	C1-C4-C5	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10	C1-C4-C5	٥
C2	C1-C2-C4-C5-C10	-C2-C3--C6-C7-C8-C9-C10	C2-C10	٤
C3	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C10	-C3--C6-C7-C8-C9-	C3-C6	٣
C4	C1-C4-C5	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10	C1-C4-C5	٥
C5	C1-C4-C5	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10	C1-C4-C5	٥
C6	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C10	-C3--C6-C7-C8-C9-	C3-C6	٣
C7	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C7-C8-C9-C10	C7	C7	١

نماد	ورودی	خروجی	اشتراک	سطح
C8	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C8-C9-C10	C7-C8-C9-	C8-C9	۲
C9	C1-C2-C3-C4-C5-C6-C8-C9-C10	C7-C8-C9-	C8-C9	۲
C10	C1-C2-C4-C5-C10	-C2-C3--C6-C7-C8-C9-C10	C2-C10	٤

پنجمین گام طراحی الگوی نهائی سطوح متغیرهای شناسایی‌شده است که در شکل ۱ قابل‌مشاهده است. در این شکل فقط روابط معنادار عناصر هر سطح بر عناصر سطح زیرین و همچنین روابط درونی معنادار عناصر هر سطر در نظر گرفته‌شده است.

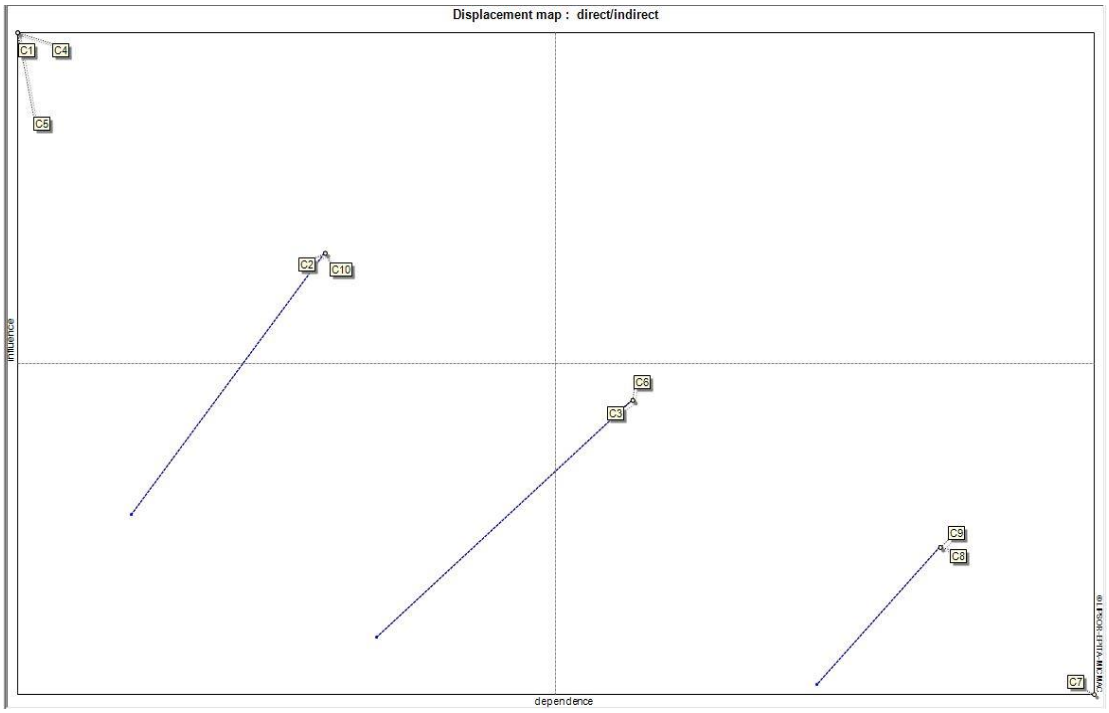


شکل ۱: مدل پایه ای توسعه داده شده با روش ISM

گام ششم تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی است که برای ارزیابی تأثیر متقابل شاخص‌ها از نرم‌افزار میک مک استفاده شده است (شکل ۲) در این نمودار شاخص‌ها به چهار گروه تقسیم‌شده‌اند:

a. خودمختار: قدرت نفوذ و وابستگی پایین.
b. وابسته: وابستگی بالا و نفوذ کم.
c. مستقل: نفوذ بالا و وابستگی کم.

d. پیوندی: نفوذ و وابستگی بالا.



شکل۲: نمودار قدرت نفوذ و میزان وابستگی (خروجی میک-مک)

تحلیل داده‌ها نشان داد که هوش مصنوعی در کارخانه‌ها می‌تواند به بهبود مدیریت نوآورانه در چندین حوزه ازجمله بهره‌وری، مدیریت کیفیت، و توسعه نیروی کار کمک کند. یافته‌های مدل‌سازی ساختاری تفسیری نشان داد که شاخص‌های "مدیریت کیفیت" و "ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی" بیشترین تأثیر را بر سایر شاخص‌ها دارند و به‌عنوان عوامل مستقل و کلیدی سیستم شناخته می‌شوند. این نتایج درنهایت به ساخت مدل مفهومی جامع پژوهش منجر شد.

ازجمله دیگر یافته‌های کلیدی در این پژوهش، اهمیت ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی مانند یادگیری ماشین و یادگیری تقویتی در بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و کاهش خطاها بوده است. مطابق با تحقیقات پیشین، استفاده از این ابزارها به کارخانه‌ها امکان می‌دهد که از تحلیل داده‌های پیچیده برای پیش‌بینی‌های دقیق و تصمیم‌گیری‌های سریع بهره ببرند (Kelleher, 2019; Rai et al., 2021). یافته‌های ما نشان داده‌اند که مؤلفه‌های مرتبط با ابزارهای هوش مصنوعی، در سطح اول مدل ساختاری تفسیری (ISM)قرار گرفتند و نفوذ زیادی بر سایر مؤلفه‌ها داشتند. این امر تأکید می‌کند که بهره‌گیری از فناوری‌های پیشرفته باید در اولویت کارخانه‌ها باشد تا به بهره‌وری حداکثری دست یابند.

مؤلفه‌های مربوط به رباتی سازی فرایند تولید ازجمله سخت‌افزارها و پلتفرم‌های هوشمند نیز نشان دادند که چگونه فناوری‌های خودکار می‌توانند به کاهش خطاهای انسانی و افزایش سرعت تولید کمک کنند. یافته‌ها با نتایج تحقیقات کوشیاک (۲۰۱۸) همخوانی دارد که نشان دادند استفاده از ربات‌ها و سیستم‌های خودکار در محیط‌های صنعتی، علاوه بر بهبود دقت، ایمنی کارکنان را نیز افزایش می‌دهد (Kusiak, 2018). ارتقای مدیریت کیفیت و کاهش تلفات تولید از یافته‌های برجسته پژوهش، در خصوص تأثیر هوش مصنوعی بر بهبود مدیریت کیفیت و کاهش تلفات است. مؤلفه‌های شناسایی علت اصلی نقص‌ها، بازرسی خودکار و مدیریت داده در لحظه در بهینه‌سازی فرآیندهای تولید نقش بسزایی دارند که در سطوح میانی مدل ISM قرار گرفتند و هم‌زمان تحت تأثیر قرار می‌گیرند و بر شاخص‌های دیگر تأثیرگذار هستند. در بسیاری از کارخانه‌ها، چالش‌های مدیریت کیفیت معمولاً ناشی از نقص در فرآیندهای بازرسی و تحلیل داده‌ها است (Wang, 1998). استفاده از الگوریتم‌های داده‌کاوی و یادگیری ماشین در این زمینه همان‌طور که در یافته‌های ما تأیید شد می‌تواند به شناسایی سریع نقص‌ها و بهبود کیفیت

محصولات منجر شود (Rüßmann et al., 2016). این یافته‌ها اهمیت استفاده از ابزارهای داده‌کاوی و تحلیل پیشرفته را در ارتقای دستگاه‌های مدیریت کیفیت نشان می‌دهد.

یکی دیگر از محورهای کلیدی تحقیق اخیر درجهات توسعهٔ نیروی کار بوده است. مهم‌ترین مؤلفه‌ها شامل متخصص سازی نیروی کار و مدیریت رابطه بین انسان و ربات عنوان شدند که در مدل شناسایی شدند. این دو مؤلفه به همراه استفاده از فنون روزافزون آموزش مهارت کارمندان و تعامل صحیح انسانی با ربات‌ها به دست می‌آیند.

بر اساس تحقیقات قبلی، ادغام هوش مصنوعی در کارخانه‌ها ممکن است با مقاومت کارکنان روبه‌رو شود (Brynjolfsson & McAfee, 2014; Ito et al., 2021). یافته‌های ما نشان داد که آموزش و تخصصی سازی نیروی کار می‌تواند این چالش را کاهش دهد و تعامل مؤثر بین انسان و ربات‌ها را تسهیل کند. به‌این‌ترتیب، کارخانه‌ها نه‌تنها از مزایای فناوری بهره‌مند می‌شوند، بلکه از سرمایه انسانی خود نیز به بهترین شکل ممکن استفاده می‌کنند.

همچنین بنا به آنچه در مرور ادبیات مورداشاره قرار گرفت، هوش مصنوعی نقش مهمی در بهبود پایداری تولید و کاهش اثرات زیست‌محیطی کارخانه‌ها ایفا می‌کند. یافته‌های این پژوهش نیز نشان داده است که مؤلفه‌هایی مانند مدیریت زیست‌محیطی هوشمندانه و ارزیابی آلاینده‌ها، نقش کلیدی در این زمینه‌دارند. استفاده از سیستم‌های هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش آلودگی‌های ناشی از فرآیندهای تولید می‌تواند به توسعه پایدار کارخانه‌ها کمک کند (Rane et al., 2024). این نتایج با تحقیقات داگرتی۱ و ویلسون۲ (۲۰۱۸) همخوانی دارد که نشان دادند هوش مصنوعی نه‌تنها بهره‌وری اقتصادی را افزایش می‌دهد، بلکه به شرکت‌ها کمک می‌کند تا به اهداف زیست‌محیطی خود نیز نزدیک شوند (Daugherty & Wilson, 2018; Davenport et al., 2019).

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر از هوش مصنوعی به‌عنوان یک ابزار کلیدی در مدیریت نوآورانه کارخانه‌ها یاد می‌کند . تجزیه‌وتحلیل داده‌های کیفی و کمی نشان داد که در همه جهات تولید، کنترل کیفیت، زنجیره تأمین و توسعه نیروی کار بایستی به‌صورت یکپارچه از هوش مصنوعی استفاده شود.

مدل ارائه‌شده که روابط پیچیده میان این شاخص‌ها را نشان می‌دهد به کارخانه کمک می‌کند تا با استفاده از آن در دستیابی به هدفش اولویت‌دهی مؤثرتری داشته باشد. این پژوهش با ارائه مدل ساختاری تفسیری و تحلیل قدرت نفوذ و وابستگی شاخص‌ها، ابزار عملیاتی قدرتمندی را برای مدیران کارخانه‌ها فراهم می‌کند. نتایج به مدیران پیشنهاد می‌شود تا با تمرکز بر شاخص‌های مستقل و کلیدی مانند "ابزارهای هوش مصنوعی صنعتی" و "مدیریت کیفیت"،نوآوری و بهره‌وری را در سازمان خود ارتقا دهند. علاوه بر این، یافته‌ها بر ضرورت توجه به "ابعاد انسانی فناوری" تأکید دارند و نشان می‌دهند که بدون توسعه نیروی کار و ارتقای تعامل انسان–ربات، پیاده‌سازی موفق هوش مصنوعی امکان‌پذیر نخواهد بود.

منابع

Braun, V., & Clarke, V. (2022). Conceptual and design thinking for thematic analysis. *Qualitative psychology*, *9*(1), 3 .

Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2014). *The second machine age: Work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & company .

Brynjolfsson, E., & Mcafee, A. (2017). Artificial intelligence, for real. *Harvard business review*, *1*, 1-31 .

Dagnaw, G. (2020). Artificial intelligence towards future industrial opportunities and challenges .

Daugherty, P. R., & Wilson ,H. J. (2018). *Human+ machine: Reimagining work in the age of AI*. Harvard Business Press .

1 Daugherty

2 Wilson

Davenport, T. H., Brynjolfsson, E., McAfee, A., & Wilson, H. J. (2019). *Artificial intelligence: The insights you need from Harvard Business Review*. Harvard Business Press .

Davenport, T. H., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world. *Harvard business review*, *96*(1), 108-116 .

deMarrais, K. B., & Lapan, S. D. (2003). Qualitative interview studies: Learning through experience. In *Foundations for research* (pp. 67-84). Routledge .

Drucker, P., & Maciariello, J. (2014). *Innovation and entrepreneurship*. Routledge .

Feigenbaum, E. A. (1977). The art of artificial intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering .

Fernandes, M., Corchado ,J. M., & Marreiros, G. (2022). Machine learning techniques applied to mechanical fault diagnosis and fault prognosis in the context of real industrial manufacturing use-cases: a systematic literature review. *Applied Intelligence*, *52*(12), 14246-14280 .

Hirschberg, J., & Manning, C. D. (2015). Advances in natural language processing. *Science*, *349*(6245), 261-266 .

Ito, A., Ylipää, T., Gullander, P., Bokrantz, J., Centerholt, V., & Skoogh, A. (2021). Dealing with resistance to the use of Industry 4.0 technologies in production disturbance management. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *32*(9), 285-303 .

Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Artificial intelligence applications for industry 4.0: A literature-based study. *Journal of Industrial Integration and Management*, *7*(01), 83-111 .

Kelleher, J. D. (2019). *Deep learning*. MIT press .

Korteling, J., van de Boer-Visschedijk, G. C., Blankendaal, R. A., Boonekamp, R. C., & Eikelboom, A. R. (2021). Human-versus artificial intelligence. *Frontiers in artificial intelligence*, *4*, 622364 .

Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International journal of production Research*, *56*(1-2), 508-517 .

Mariani, M. M., Machado, I., & Nambisan, S. (2023). Types of innovation and artificial intelligence: A systematic quantitative literature review and research agenda. *Journal of Business Research*, *155*, 113364 .

Osterrieder, P., Budde, L., & Friedli, T. (2020). The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, *221*, 107476 .

Rai, R., Tiwari, M. K., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. In (Vol. 59, pp. 4773-4778): Taylor & Francis.

Rane, N. L., Paramesha, M., Choudhary, S. P., & Rane, J. (2024). Artificial intelligence, machine learning, and deep learning for advanced business strategies: a review. *Partners Universal International Innovation Journal*, *2*(3), 147-171 .

Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: a modern approach*. Pearson .

Rüßmann, M., Lorenz, M., Waldner, M., Engel, P., Harnisch, M., & Justus, J. (2016). The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. In: Obtenido de Semantic Scholar: https://www. bcg. com/publications/2015.…

Shah, S., Ghomeshi, H., Vakaj, E., Cooper, E., & Fouad, S. (2023). A review of natural language processing in contact centre automation. *Pattern Analysis and Applications*, *26*(3), 823-846 .

Simões, A. C., Pinto, A., Santos, J., Pinheiro ,S., & Romero, D. (2022). Designing human-robot collaboration (HRC) workspaces in industrial settings: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, *62*, 28-43 .

Sudirjo, F. (2023). Marketing Strategy in Improving Product Competitiveness in the Global Market. *Journal of Contemporary Administration and Management (ADMAN)*, *1*(2), 63-69 .

Sutton, R. S., & Barto, A. G. (1998). Reinforcement learning: an introduction MIT Press. *Cambridge, MA*, *22447*, 10 .

Wang, R. Y. (1998). A product perspective on total data quality management. *Communications of the ACM*, *41*(2), 58-65 .

Warfield, J. N. (1974). Developing interconnection matrices in structural modeling. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*(1), 81-87 .