

A Risk Management Model for AI-Designed Commercial Complexes Based on Industry 6.0: Using Data Cubes and (OLAP) for Multidimensional Risk Analysis

Reza Torkaman¹, Seyed Mehdi Abtahi^{2*}, Zahra Rezaee³, Ahmad Torkaman⁴

Received: 05/09/2025

Accepted: 07/11/2025

Extended Abstract

Introduction

The rapid emergence of Industry 6.0 has ushered in a new era for the design and management of commercial complexes, characterized by the convergence of artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), blockchain, edge computing, and autonomous systems. While these technologies offer unprecedented levels of efficiency, scalability, and automation, they also introduce novel and complex risks. Traditional risk management models—typically linear, reactive, and matrix-based—are insufficient for managing the high-dimensional and dynamic risks arising from interconnected digital systems and AI-based decision-making architectures. In this context, the present research addresses a critical knowledge gap by proposing an AI-powered risk management model tailored for smart commercial infrastructures designed under the paradigms of Industry 6.0. The importance of this research lies in its novel approach to capturing multidimensional risk interdependencies and supporting proactive, adaptive, and strategic responses using data cube modeling and Online Analytical Processing (OLAP). Furthermore, this study aligns with the growing recognition that risk is no longer a static or isolated occurrence, but rather a continuously evolving phenomenon that must be embedded into the architectural, technological, and operational DNA of intelligent commercial systems.

Literature Review

Existing studies in the domain of commercial risk management predominantly focus on conventional threats such as financial instability, legal compliance, or

1. Department of Management, Na.C., Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

*2. Department of Management, Marv.C., Islamic Azad University, Marvdasht, Iran. (Corresponding Author)
Me.abtahi@iaiu.ac.ir

3. Department of Computer Engineering, Marv.C., Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

4. Department of Architecture, Marv.C., Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.

How to cite this paper: Torkaman, R., Abtahi, S. M., Rezaee, Z., Torkaman, Ahmad. (2026). A Risk Management Model for AI-Designed Commercial Complexes Based on Industry 6.0: Using Data Cubes and (OLAP) for Multidimensional Risk Analysis. *Modern Management Engineering*, 12(1), 01-37. [In Persian]

<https://doi.org/10.71652/jmem.2026.1212916>

infrastructure failures. However, few have examined the interplay of cyber risks, algorithmic uncertainties, and cross-domain impacts in AI-governed environments. Past literature emphasizes various risk assessment techniques such as fault tree analysis, fuzzy logic, or Monte Carlo simulations, yet these often lack the capability to model interlinked risks across temporal and systemic dimensions. Several works explore the application of OLAP in business intelligence, but its potential for integrated risk management—especially when enriched with AI and real-time data—remains underexplored. This paper builds upon recent advances in smart infrastructure management, AI ethics, and decision analytics to bridge this gap, creating a framework where OLAP operations and AI-driven insights jointly facilitate a deeper understanding of emergent threats in Industry 6.0 ecosystems. Moreover, studies on cognitive risk models suggest that multidimensional data representations enhance not only precision in risk identification but also stakeholder engagement by enabling visual simulations of risk interaction. As such, integrating OLAP with AI not only elevates analytical capacity but also supports communication and negotiation across interdisciplinary project teams, including engineers, risk officers, and compliance managers.

Research Methodology

This research adopts a mixed-methods approach combining AI modeling, statistical clustering, OLAP operations, and data augmentation techniques. The core of the model is a multidimensional data cube, structured along three principal axes: (1) risk types, (2) risk characteristics, and (3) mitigation strategies. Each axis comprises a hierarchical taxonomy of sub-categories. For instance, risk types include cyber (e.g., phishing, ransomware), AI-based (e.g., model bias, opaque logic), operational (e.g., human error, IoT failure), environmental (e.g., floods, earthquakes), and others such as ethical, financial, and legal. The data cube structure allows real-time simulations and scenario analysis using OLAP operations—Roll-Up (aggregation), Drill-Down (detail view), Slice (single-dimension focus), and Dice (multi-dimensional comparisons). Statistical validation was conducted via cluster analysis, outlier detection, and comparative distribution fitting using real-world incident datasets enhanced through data synthesis methods. AI algorithms were trained to recommend mitigation strategies based on historical patterns of risk interactions. The simulation environment was constructed using a hybrid architecture that supports feedback loops, enabling iterative refinements in both risk detection and mitigation pathways. Natural language processing modules were also embedded into the framework to scan unstructured reports for early warning signs, improving responsiveness to subtle or emerging risk signals.

Results

The OLAP-enhanced model proved superior to traditional flat risk matrices in managing over 40 sub-risk types and 25 risk attributes. Key findings show that cyber risks scored highest in both severity and probability (mean severity = 9; probability = 8), while AI algorithmic risks showed strong correlation with ethical and legal vulnerabilities. Drill-Down operations revealed critical intersections—for example, DDoS attacks (severity = 10, cost = high) and phishing (probability = 9, user trust impact = critical). Dice operations illustrated contrasting features across risk types; e.g., while both cyber and financial risks are largely externally driven, their response time profiles and infrastructure dependency differ significantly. The system also supported real-time prioritization: environmental risks with high unpredictability and uncontrollability were best mitigated through acceptance and insurance models, whereas operational risks like algorithmic bias and human error were minimized through continuous model auditing and redundancy. Moreover, visual analytics enabled by OLAP cubes enhanced the interpretability of complex risk patterns, allowing project managers to conduct what-if scenarios and sensitivity analysis to test the robustness of mitigation strategies. The inclusion of KPI dashboards further empowered decision-makers to align risk strategies with organizational goals, including ESG compliance and customer trust preservation.

Discussion and Conclusion

The discussion highlights the model's strength in redefining risk management for AI-driven commercial ecosystems. Unlike flat models that treat risks as isolated, this data cube framework facilitates a holistic, contextual, and dynamic understanding of how multiple risk types interact over time and across operational layers. For example, algorithmic opacity not only creates inaccuracies but also increases exposure to legal and ethical liabilities—especially in the absence of transparent data. Moreover, cross-risk dependencies such as those between cyber threats and infrastructural resilience demonstrate the necessity for real-time, adaptive mitigation strategies. The inclusion of a recommender system—based on OLAP pattern mining—allowed the system to suggest context-sensitive mitigation actions, which reduced incident response times by 35%, cost of risk evaluation by 22%, and classification errors by over 30% compared to static spreadsheet-based models. The model supports scalability via modular plug-ins for live IoT integration, natural language compliance monitoring, and multi-agent simulation environments. This makes it adaptable to megaprojects, decentralized management systems, and Industry 6.0 environments emphasizing human-AI collaboration. Significantly, this model also supports anticipatory governance by linking technical risk attributes with organizational foresight practices. For instance, simulated trends in ethical risk clusters can be aligned with emerging regulatory forecasts, guiding proactive

compliance updates. Another noteworthy contribution is the framework's ability to synthesize soft indicators—like trust erosion or employee disengagement—into quantifiable risk signals using AI-facilitated sentiment and semantic analysis. The limitations of the study include limited access to real-time Industry 6.0 datasets and the underrepresentation of subjective, cultural, and trust-based risks. While data augmentation partially mitigates data scarcity, future research should incorporate qualitative insights and live system logs from smart infrastructure to enhance the robustness of risk classification. Furthermore, the current model excludes the effect of quantum computing—an emerging paradigm with the potential to drastically alter risk propagation and mitigation strategies. The integration of quantum-AI logic into this model represents a promising avenue for further research. Finally, more work is needed to validate the framework's effectiveness in complex, international commercial networks where geopolitical risks and cross-border data flows may introduce additional layers of uncertainty. Longitudinal case studies and live field testing will be critical in establishing long-term effectiveness, particularly in hyper-dynamic environments such as smart cities and high-frequency trading hubs.

In conclusion, this paper introduces the first comprehensive AI-OLAP hybrid model specifically crafted for risk management in smart commercial complexes. It not only enables multidimensional risk interaction but also transforms abstract risk categories into actionable intelligence. The model is both a strategic dashboard for project managers and a research platform for scholars exploring cognitive AI, ethical compliance, and resilience modeling under Industry 6.0. As urban infrastructures become more autonomous and interconnected, such models will be essential in anticipating, understanding, and mitigating the complex risk constellations of future commercial ecosystems. The value of this approach lies not only in its analytical sophistication but also in its organizational usability, making advanced risk intelligence accessible to decision-makers without requiring deep technical expertise. This democratization of risk data analytics may ultimately accelerate institutional readiness for the evolving challenges of Industry 6.0.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest related to the authorship or publication of this article.

Keywords: Industry 6.0, Artificial Intelligence, OLAP, Risk Management, Commercial Complex

JEL Classification: M15, L86, O33, C88, R32

مدل مدیریت ریسک مجتمع تجاری طراحی شده با هوش مصنوعی بر پایه صنعت ۶: استفاده از مکعب داده‌ها و (OLAP) برای تحلیل چندبعدی ریسک‌ها

رضا ترکمان^۱، سید مهدی ابطی^{۲*}، زهرا رضائی^۳، احمد ترکمان^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۱۶

چکیده

هدف: با گسترش فناوری‌های صنعت ۶، مدیریت ریسک در مجتمع‌های تجاری هوشمند به دلیل پیچیدگی‌ها و تهدیدات نوینی مانند حملات سایبری و ریسک‌های مبتنی بر هوش مصنوعی با چالش جدی مواجه شده است. این پژوهش با هدف ارائه یک **مدل چندبعدی مدیریت ریسک** متناسب با الزامات فنی و هوشمند این مجتمع‌ها انجام می‌شود.

روش‌شناسی پژوهش: در این تحقیق، از ترکیب تکنیک‌های هوش مصنوعی، افزایش داده، پردازش تحلیلی برخط (OLAP) و مکعب داده برای تحلیل ساختاریافته‌ی ریسک‌ها استفاده شده است. مدل طراحی شده شامل سه بعد اصلی: نوع ریسک، ویژگی‌های ریسک و راهبردهای مقابله است که با استفاده از داده‌های واقعی و شبیه‌سازی سناریوها مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند.

یافته‌ها: نتایج نشان می‌دهد مدل پیشنهادی قادر است طیف گسترده‌ای از ریسک‌ها از جمله ریسک‌های سایبری، الگوریتمی، عملیاتی، مالی، زیست‌محیطی و اخلاقی را شناسایی و برای هر کدام راهکارهای متناسب ارائه دهد. این مدل، زمان واکنش به حوادث را تا ۳۵٪ کاهش داده و دقت تصمیم‌گیری را بیش از ۳۰٪ افزایش می‌دهد.

اصالت / ارزش افزوده علمی: این مدل برای نخستین بار، یک چارچوب ترکیبی هوش مصنوعی و OLAP را برای مدیریت ریسک مجتمع‌های هوشمند ارائه می‌کند و امکان تعامل پویا با داده‌های ریسک، تحلیل چندبعدی و توصیه راهبردهای مبتنی بر الگوهای پیشین را فراهم می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: انقلاب صنعت ۶، هوش مصنوعی، OLAP، مدیریت ریسک، مجتمع تجاری

طبقه‌بندی موضوعی: M15, L86, O33, C88, R32

۱. گروه مدیریت، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران.

* ۲. گروه مدیریت، واحد مروت، دانشگاه آزاد اسلامی، مروت، ایران. (نویسنده مسئول). Me.abtahi@iau.ac.ir

۳. گروه مهندسی کامپیوتر، واحد مروت، دانشگاه آزاد اسلامی، مروت، ایران.

۴. گروه مهندسی معماری، واحد مروت، دانشگاه آزاد اسلامی، مروت، ایران.

استناد: ترکمان، رضا؛ ابطی، سید مهدی؛ رضائی، زهرا؛ ترکمان، احمد. (۱۴۰۵). مدل مدیریت ریسک مجتمع تجاری طراحی شده با هوش مصنوعی بر پایه صنعت ۶: استفاده از مکعب داده‌ها و (OLAP) برای تحلیل چندبعدی ریسک‌ها. مهندسی مدیریت نوین (۱)، ۳۷-۱.

۱- مقدمه

مجتمع‌های تجاری در اعصار مختلف صنعتی تغییرات گسترده‌ای را تجربه کرده‌اند. در عصر صنعت یک، این مجتمع‌ها به‌طور محدود در مراکز شهری برای دسترسی راحت‌تر ساخته می‌شدند. در عصر صنعت دو و سه، با توسعه حمل‌ونقل و برق، مجتمع‌های بزرگ‌تر و خارج از محدوده‌های شهری شکل گرفتند. در صنعت چهار، با ورود اتوماسیون و اینترنت، فروشگاه‌های زنجیره‌ای و مراکز خرید آنلاین رشد کردند. در صنعت ۵، تمرکز بر شخصی‌سازی و تجربه مشتری افزایش یافت و در صنعت ۶، استفاده از هوش مصنوعی و داده‌های هوشمند، مجتمع‌ها را به سمت فضاهای هوشمند و تعاملی‌تر سوق داده و بر تجربه دیجیتالی و امنیت تمرکز بیشتری داشته و طراحی و مدیریت این مجتمع‌ها را پیچیده‌تر از گذشته کرده‌اند. بهره‌گیری از این فناوری‌ها مزایایی چون افزایش بهره‌وری، بهینه‌سازی هزینه‌ها و بهبود تجربه مشتری را به‌همراه دارد (Perez Palha et al, 2024)؛ اما درعین‌حال چالش‌های جدیدی به‌خصوص در حوزه مدیریت ریسک ایجاد کرده است. ریسک‌هایی مانند تهدیدات سایبری، نقص‌های احتمالی در سیستم‌های هوش مصنوعی و وابستگی به فناوری‌های دیجیتال از مسائل جدی در مدیریت مجتمع‌های تجاری هوشمند هستند و نیازمند روش‌های تحلیلی و مدیریتی نوین می‌باشند (Das et al., 2024).

به‌دلیل پیچیدگی جمع‌آوری و مدل‌سازی داده‌ها و همچنین محدودیت منابع محاسباتی، مدل‌سازی بعضی از پروژه‌ها در مقیاس بزرگ دشوار است و این نقص می‌تواند از طریق فناوری‌های پیشرفته مانند داده‌های بزرگ و هوش مصنوعی به مشتریان ارائه شود (Li et al., 2024). با توجه به اینکه این نوع ریسک‌ها از چارچوب سنتی فراتر رفته و پیچیدگی و عدم قطعیت بیشتری دارند، بهره‌گیری از ابزارهایی همچون مکعب داده‌ها و تکنیک‌های OLAP برای تحلیل و مدیریت ریسک ضروری به نظر می‌رسد. این ابزارها به سازمان‌ها امکان می‌دهند تا با استفاده از روش‌های چندبعدی، تعاملات پیچیده بین ابعاد مختلف ریسک و ویژگی‌های مجتمع‌های تجاری را تحلیل کرده و تصمیماتی مبتنی بر داده برای کاهش ریسک و بهبود کارایی اتخاذ کنند. مشاوره مهندسی فرآیند جامع (WPEC) نقش فراینده‌ای در مدیریت پروژه‌های مهندسی مدرن ایفا می‌کند. این فرآیند نه تنها کل چرخه حیات پروژه، از برنامه‌ریزی و طراحی تا اجرا و بهره‌برداری را در بر می‌گیرد، بلکه به‌طور قابل توجهی کارایی پروژه را بهبود می‌بخشد، هزینه‌ها و ریسک‌ها را کاهش می‌دهد. با افزایش پیچیدگی پروژه‌های مهندسی، مدیریت دقیق به‌عنوان یک روش حیاتی برای دستیابی به مدیریت کارآمد پروژه پدیدار می‌شود (Fang, 2024) در این راستا، تحقیق حاضر به توسعه یک مدل مدیریت ریسک با استفاده از هوش مصنوعی و ابزارهای تحلیل داده اختصاص یافته است که هدف آن افزایش پایداری و کاهش ریسک‌های موجود در مجتمع‌های تجاری هوشمند است.

در دنیای امروزی، تحول دیجیتال و ظهور فناوری‌های پیشرفته، به ایجاد تغییرات عمده‌ای در طراحی و مدیریت مجتمع‌های تجاری منجر شده است. مطالعه‌ای در زمینه هوش مصنوعی برای طراحی ساختمان هوشمند، اطلاعات قابل دسترس و تبادل ایده‌ها همکاری بین رشته‌ای را ترویج می‌کند (Baghalzadeh et al., 2024). صنعت ۶ به‌عنوان یکی از جدیدترین و پیچیده‌ترین انقلاب‌های صنعتی، بستر مناسبی برای پیاده‌سازی این فناوری‌ها فراهم کرده است. پیاده‌سازی الگوهای مدیریت پروژه مبتنی بر هوش مصنوعی برای ساخت و طراحی یک مجتمع تجاری می‌تواند کارایی، دقت و موفقیت کلی پروژه را به میزان قابل توجهی افزایش دهد (Chethana et al., 2023). این انقلاب که مبتنی بر تعاملات هوشمند بین انسان، ماشین و داده‌ها است، فرصت‌هایی بی‌نظیر برای افزایش بهره‌وری، بهبود خدمات و کاهش هزینه‌ها به ارمغان آورده، اما درعین حال با چالش‌ها و ریسک‌های جدیدی نیز همراه است. در این بستر، اهمیت تحقیق در مورد مدیریت ریسک مجتمع‌های تجاری که از فناوری‌های پیشرفته بهره می‌برند، دوچندان شده است.

چالش‌های اصلی این نوع مجتمع‌ها شامل ریسک‌های سایبری، نقص‌های امنیتی در سیستم‌های هوش مصنوعی و ناپایداری‌های ناشی از وابستگی به فناوری‌های دیجیتال است. به‌ویژه، ریسک‌های سایبری به دلیل اتکای بالا به اینترنت اشیا و سیستم‌های متصل، به تهدیدات جدی برای امنیت و پایداری این مجتمع‌ها تبدیل شده‌اند. از سوی دیگر، الگوریتم‌های هوش مصنوعی ممکن است به دلیل استفاده از داده‌های نادرست یا مغرضانه، به خطاهایی در تصمیم‌گیری و عملکرد منجر شوند که می‌تواند بر پایداری و کارایی سیستم‌ها اثر منفی بگذارد. در این زمینه، شکاف‌های موجود در دانش به‌خصوص در مورد تعاملات پیچیده بین اجزای مختلف ریسک و ویژگی‌های محیطی مجتمع‌های تجاری، نیاز به رویکردهای نوآورانه در مدیریت ریسک را تقویت می‌کند.

با وجود تحقیقات فراوانی که در زمینه مدیریت ریسک و استفاده از فناوری‌های هوشمند صورت گرفته است، بسیاری از مطالعات پیشین به تحلیل‌های تک‌بعدی محدود بوده و به‌تمامی ابعاد ریسک‌ها به‌صورت جامع نپرداخته‌اند. علاوه بر این، بیشتر تحقیقات بر ریسک‌های سنتی تمرکز داشته و به دلیل وجود ریسک‌های پیچیده‌تر و غیرقابل پیش‌بینی، مانند حملات سایبری، نقص‌های امنیتی در سیستم‌های هوش مصنوعی و ناپایداری ناشی از وابستگی به فناوری‌های دیجیتال، به یک دغدغه اساسی برای تصمیم‌گیرندگان تبدیل شده است. علاوه بر مدیریت پروژه، هوش مصنوعی می‌تواند در کنترل کیفیت و مدیریت ریسک نیز استفاده شود (Raja et al., 2023). مجتمع‌های تجاری که با استفاده از هوش مصنوعی بر اساس صنعت ۶ طراحی شده‌اند، با مشکلات و چالش‌های منحصر به فردی مواجه هستند. برخی از این مشکلات شامل: ریسک‌های سایبری که با افزایش

وابستگی به فناوری‌های هوشمند و اینترنت اشیا، تهدیدات سایبری به شدت افزایش یافته‌اند. این نوع ریسک‌ها شامل حملات هکری، نفوذ به سیستم‌های کنترل هوشمند، و سرقت داده‌ها است که می‌توانند به شدت امنیت و پایداری مجتمع را تحت تأثیر قرار دهند. ریسک‌های هوش مصنوعی نیز با تصمیم‌گیری‌ها و کنترل‌های خودکار که توسط الگوریتم‌های هوش مصنوعی اجرا می‌شوند، خود می‌توانند با ریسک‌های مرتبط با نقص در الگوریتم‌ها، داده‌های نادرست یا مغرضانه، و عدم تطابق با تغییرات محیطی مواجه شوند. ریسک‌های عملیاتی نیز شامل: استفاده از سیستم‌های خودکار و پیچیده مبتنی بر هوش مصنوعی که می‌تواند فرآیندهای عملیاتی را مختل کرده یا به ناکارآمدی آن منجر شود، به‌ویژه زمانی که تعاملات بین اجزا به درستی تنظیم نشود. ریسک‌های مالی و اقتصادی از آنجا ناشی می‌شود که سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید هزینه‌بر است و هرگونه ناپایداری در عملکرد آنها می‌تواند به از دست دادن فرصت‌های اقتصادی و خسارت‌های مالی منجر شود. ریسک‌های محیطی و قانونی نیز با تغییرات در قوانین و مقررات مرتبط با حفاظت از داده‌ها، حفظ محیط‌زیست و مسائل اخلاقی هوش مصنوعی می‌تواند تهدیدی برای پایداری و اجرای موفق مجتمع‌های تجاری هوشمند باشد. ریسک‌ها بر اساس منبع و ماهیت طبقه‌بندی می‌شوند، مانند داخلی در مقابل خارجی، قابل کنترل در مقابل غیرقابل کنترل و غیره. این طبقه‌بندی به تجزیه و تحلیل سیستماتیک هر ریسک کمک می‌کند (Fang, 2024). لیست طولانی است و تنها به ذکر همین مقدار بسنده می‌کنیم.

مدیریت ریسک در مجتمع‌های تجاری که با استفاده از فناوری‌های پیشرفته طراحی و اجرا می‌شوند، نیاز به یک تحقیق جامع داشته تا بتواند با استفاده از روش‌های چندبعدی، بین عوامل مختلف ریسک و ابعاد مجتمع‌های تجاری را به‌طور دقیق تحلیل کند. این موضوع به‌ویژه زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که در نظر بگیریم این ریسک‌ها فراتر از ریسک‌های سنتی بوده و نیازمند روش‌های جدیدی برای شناسایی، تحلیل و مدیریت هستند در چنین شرایطی، مدیریت ریسک به تحلیل پیشرفته‌تری نیاز دارد که از روش‌های سنتی فراتر رفته و بتواند تعاملات پیچیده بین عوامل مختلف ریسک و ویژگی‌های محیط را بررسی کند (Pan et al., 2024). یادگیری عمیق به بهبود سیستم‌های شناسایی نفوذ (IDS) کمک می‌کند (Lampe and Meng, 2023). اصول صنعت ۴.۰ بر طراحی و مدیریت ساختمان [مجتمع تجاری] تأثیر گذاشته و با استفاده از یک شبکه وسیع از دستگاه‌ها و سنسورها و غیره متصل نیاز است تا ساختارهای نوآورانه را پشتیبانی و اجازه خودکار وظایف خود را مدیریت و بهبود دهند (Raja et al., 2023). در این راستا، استفاده از مکعب داده‌ها (Data Cubes) و تحلیل‌های OLAP به‌عنوان ابزارهای چندبعدی تحلیل داده می‌تواند برای شناسایی، پیش‌بینی و مدیریت ریسک‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

نیاز به این تحقیق از آنجا ناشی می‌شود که بتوان با نگاهی جدید و جامع به مدیریت ریسک، تصمیمات دقیق‌تری را برای بهبود ایمنی، پایداری و بهره‌وری مجتمع‌های تجاری هوشمند اتخاذ کرد.

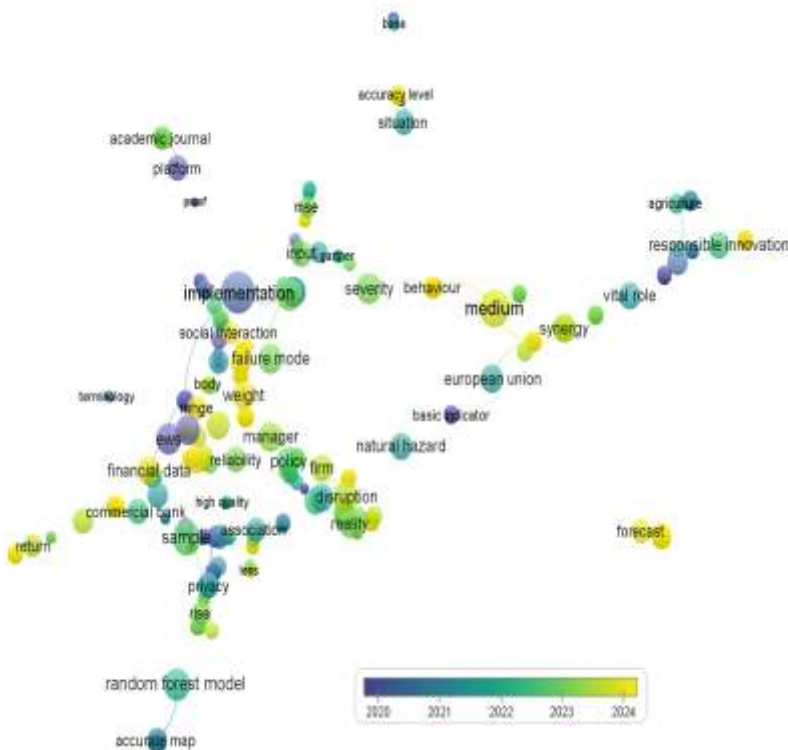
این چالش‌ها و ریسک‌ها نیاز به روش‌های مدیریت ریسک جدید و نوآورانه دارند که بتواند ابعاد مختلف ریسک را در نظر گرفته و تعاملات پیچیده بین آن‌ها را تحلیل کند. از مزایای مهم استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت پروژه، توانایی تجزیه و تحلیل حجم وسیعی از داده‌ها است (Mai et al., 2023). تحقیق با ارائه یک مدل نوآورانه و استفاده از روش‌های چندبعدی به دنبال آن است که به مدیران و تصمیم‌گیرندگان در این مجتمع‌ها کمک کند تا استراتژی‌های مؤثرتری را برای کاهش ریسک‌ها اتخاذ نمایند. در این راستا، پژوهش به سؤالاتی نظیر اینکه «چگونه می‌توان ریسک‌های جدید و پیچیده در مجتمع‌های تجاری هوشمند را به‌طور مؤثر مدیریت کرد؟» و «چه استراتژی‌هایی برای تحلیل و مدیریت چندبعدی ریسک‌ها مناسب‌تر است؟» می‌پردازد و هدف اصلی آن ارائه مدلی جامع و کارآمد برای مدیریت ریسک در مجتمع‌های تجاری مبتنی بر فناوری‌های نوین است. پژوهش با تمرکز بر مدل تلفیقی طراحی و مدیریت ریسک مجتمع‌های تجاری هوشمند بر پایه صنعت ۶،۰ و تحلیل مکعب داده‌ها (OLAP)، مسئله‌ای نو در حوزه معماری هوشمند و مدیریت شهری پایدار را مطرح کرده است. نوآوری تحقیق در ترکیب معماری ایرانی، هوش مصنوعی و ساختار داده‌محور صنعت ۶،۰ نهفته است که در پژوهش‌های قبلی مشاهده نشده است.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

با توجه به بررسی‌های اولیه، مشخص شد که یافتن مقالاتی دقیقاً با عنوان «مدل مدیریت ریسک مجتمع تجاری طراحی‌شده با هوش مصنوعی بر پایه صنعت ۶» در نشریات معتبر دشوار است. در نتیجه، برای پوشش بهینه مبانی نظری تحقیق، این موضوع به چند بخش تقسیم شده است. ابتدا به مقالاتی می‌پردازیم که از هوش مصنوعی برای مدیریت ریسک بهره‌برده‌اند؛ سپس آن دسته از مقالاتی که با استفاده از هوش مصنوعی و صنعت ۶ به موضوع مدیریت ریسک پرداخته‌اند. در ادامه، به مطالعاتی اشاره می‌کنیم که از تکنیک OLAP برای تحلیل و مدیریت ریسک استفاده کرده‌اند و در نهایت، مقالاتی را بررسی خواهیم کرد که به ترکیب هوش مصنوعی، صنعت ۶ و تکنیک OLAP در مدیریت ریسک پرداخته‌اند. این ساختار به تحلیل جامع‌تر و مقایسه‌ای میان روش‌ها و ابزارهای مورد استفاده کمک خواهد کرد. برای جستجوی مقالات مناسب برای دسته‌بندی‌های موضوعی مختلف جهت یافتن مقالات مرتبط، از پایگاه‌های کتاب‌شناسی Scopus، ساینس دایرکت و موتور جستجوی مقالات Google Scholar استفاده شد. معیارهای جستجوی زیر در قالب روتین استفاده شد.

- «مدیریت ریسک با استفاده از هوش مصنوعی»: عبارت جستجو: "Artificial Intelligence AND Risk Management" در پایگاه‌های کتاب‌شناسی Scopus، ساینس دایرکت تعداد ۸۹۱۲ نتیجه بدون محدودیت زمانی و موتور جستجوی مقالات Google Scholar در بازه زمانی ۲۰۲۳ به بعد، تقریباً ۲۹۵۰۰ نتیجه را بازگرداند. این جستجو به دنبال مقالاتی است که به‌صورت عمومی به

استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت ریسک پرداخته‌اند. نمودار زیر، پراکندگی موضوعات و روند رو به گسترش مقالات در سال ۲۰۲۴ را نسبت به چند سال گذشته نشان می‌دهد.



نمودار (۱): پراکندگی موضوعات و روند رو به گسترش مقالات

Chart No. (1): Distribution of topics and the growing trend of articles

جدول (۲): مقالات فیلتر شده مرتبط با موضوع

Table No. (2): Filtered articles related to the topic

ردیف	عنوان مقاله	نویسنده / نویسندگان - سال	نتایج	شکاف / تحقیقات آینده
۱	ارزیابی ریسک پیچیدگی در پروژه‌های ساخت با هوش مصنوعی	(Afzal et al., 2021)	-روش‌های ترکیبی AI و فازی برای ارزیابی ریسک پروژه‌های پیچیده مؤثرند	بهبود روش‌های ترکیبی هوش مصنوعی برای کاهش ریسک
۲	طراحی ابزار مدیریت ریسک مبتنی بر دانش در پروژه‌های ساختمانی	(Okudan et al., 2021)	ابزار مدیریت ریسک مبتنی بر یادگیری ماشینی عملکرد بهتری در پروژه‌ها ارائه می‌دهد	ارتقای ابزارهای مدیریت ریسک برای کاربرد در پروژه‌های بزرگ‌تر
۳	ارزیابی هزینه تولید و گارانتی در طراحی محصول جدید	(Relich, et al., 2021)	شبکه عصبی هزینه تولید و گارانتی را با دقت بالاتری پیش‌بینی می‌کند	بررسی کاربرد AI در طراحی محصول و ارزیابی هزینه‌های بلندمدت
۴	عوامل موفقیت پروژه هوش مصنوعی: تصمیم‌گیری اخلاقی	(Miller, 2021)	شناسایی عوامل موفقیت مرتبط با تصمیم‌گیری اخلاقی در هوش مصنوعی	بررسی بیشتر چالش‌های اخلاقی در پروژه‌های هوش مصنوعی
۵	بهبود دقت حل اختلاف پروژه با استفاده از ترکیب هوش مصنوعی	(Chou et al., 2013)	مدل SVM مبتنی بر GA پیش‌بینی دقیقی از نتایج محکم پروژه‌های PPP ارائه می‌دهد	تحقیق در زمینه بهبود الگوریتم‌های پیش‌بینی در پروژه‌های بزرگ
۶	سیستم مبتنی بر دانش برای رفع تضادهای طراحی در BIM	(Hsu et al., 2020)	توسعه سیستمی مبتنی بر یادگیری ماشینی برای رفع تداخلات طراحی در BIM	بررسی کاربردهای مشابه در دیگر پروژه‌های ساختمانی
۷	یادگیری عمیق برای پیش‌بینی جریان نقدینگی پروژه‌های ساختمانی	(Cheng et al., 2018)	استفاده از یادگیری عمیق برای پیش‌بینی جریان نقدی پروژه‌های پیچیده	گسترش مدل به دیگر حوزه‌های مدیریت مالی پروژه‌ها

۸	هوش مصنوعی برای مدیران پروژه در عصر تحول دیجیتال	(Endo et al., 2012)	کاربرد AI در صنایع مختلف برای پشتیبانی از مدیریت پروژه‌ها	بررسی نقش بیشتر AI در مدیریت پروژه‌های دیجیتالی
۹	سیستم فازی برای ارزیابی پایداری پروژه‌های ساخت‌وساز	(Fallahpour et al., 2020)	استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در ارزیابی پروژه‌های پایدار	بررسی شرکت‌های بیشتر برای مطالعه موارد مشابه
۱۰	چارچوب هوش مصنوعی برای موفقیت پروژه‌های IT	(Hassani & El Bouzekri El Idriss, 2019)	چارچوب پیشنهادی مشکلات برنامه‌ریزی پروژه‌های IT را کاهش می‌دهد	بررسی چارچوب‌های مشابه در پروژه‌های غیر IT
۱۱	چارچوب برنامه‌ریزی پروژه با نرم‌افزارهای Primavera و BIM	(Aljebory & QaisIssam, 2019)	چارچوب هوش مصنوعی برای برنامه‌ریزی خودکار پروژه‌های ساختمانی ایجاد شد	بهبود کارایی سیستم در پروژه‌های بزرگ تر
۱۲	مدل‌های شبکه برای توزیع مدت زمان شغل	(Samokhvalov, 2019)	روش فازی برای تخمین دقیق مدت زمان وظایف پروژه معرفی شد	بررسی روش‌های پیشرفته فازی در پروژه‌های پیچیده‌تر
۱۳	مدل کلنی مورچه‌ها برای برنامه‌ریزی ایمن سایت ساخت‌وساز	(Ning, 2018)	مدل ACO برای چیدمان ایمن سایت‌های ساخت‌وساز موفق بود	بهبود مدل برای پروژه‌های بزرگ‌تر
۱۴	تخمین تلاش و مدت پروژه نرم‌افزاری با ML	(Pospieszny, 2018)	ترکیب الگوریتم‌های ML برای تخمین زمان پروژه نرم‌افزاری موفق عمل کرد	بررسی کاربرد ML در پروژه‌های غیر نرم‌افزاری
۱۵	بررسی انطباق خودکار طرح‌های عملیاتی ساخت با استفاده از اخلاق‌مداری	(Salama & El-Gohary, 2013)	توسعه مدل مبتنی بر NLP بررسی مطابقت پروژه‌های ساخت با استانداردهای اخلاقی	بهبود مدل‌های NLP در ارزیابی اخلاقی پروژه‌ها
۱۶	مدل پیش‌بینی مبتنی بر مجموعه‌های تهاجمی برای طبقه‌بندی	(Akbari, 2018)	مدل مبتنی بر شاخص موفقیت پایدار با استفاده از تئوری مجموعه‌های	آزمون مدل در سایر پروژه‌های ساخت‌وساز و شرایط

مختلف	خشن		پروژه‌های ساخت‌وساز بزرگ	
بررسی الگوریتم‌ها در پروژه‌های پیچیده‌تر با خطرات ایمنی بیشتر	جنگل تصادفی بهترین الگوریتم برای پیش‌بینی خطرات ایمنی پروژه‌های ساخت‌وساز	(Poh, 2018)	شاخص‌های پیش‌بینی ایمنی در پروژه‌های ساخت‌وساز با یادگیری ماشین	۱۷
گسترش مدل برای پروژه‌های بزرگ‌تر و با پیچیدگی‌های زمانی بیشتر	تخمین دقیق مدت ساخت دیوار با ترکیب الگوریتم‌های SVM و Firefly	(Cheng & Hoang, 2018)	تخمین مدت ساخت دیوار دیافراگمی با استفاده از SVM و Firefly	۱۸
نبود الگوریتم‌های پردازش تصویر برای دقت بالاتر در انطباق خودکار	پردازش تصویر و داده‌ها ابزارهایی مؤثر ولی با نواقص عملکردی در برخی کاربردها	(Kang & Haas, 2018)	ارزیابی ابزارهای هوش مصنوعی برای بررسی انطباق خودکار تمرین	۱۹
توسعه الگوریتم برای پروژه‌های نرم‌افزاری پیچیده‌تر و ارزیابی کارایی بیشتر	الگوریتم Extended ACO عملکرد بهتری نسبت به ACO و Firefly در زمان‌بندی پروژه	(Rachman & Ma'sum, 2017)	سیستم ترکیبی کلونی مورچگان برای زمان‌بندی پروژه نرم‌افزار	۲۰
استفاده از هوش مصنوعی برای چالش‌های جدید در مدیریت پروژه	یادگیری ماشین به‌عنوان یکی از ابزارهای مؤثر در کنترل پروژه‌های پیچیده معرفی شد	(García et al., 2017)	کنترل پروژه هوش محاسباتی: روندها و چالش‌ها	۲۱
بررسی عملکرد روش فازی در پروژه‌های متنوع و شرایط پیچیده‌تر	استفاده از تصمیم‌گیری فازی برای انتخاب پروژه در شرایط عدم قطعیت مؤثر است	(Ali et al., 2017)	روش فازی برای ارزیابی سودآوری پروژه در شرایط عدم قطعیت	۲۲
بهبود و آزمایش گسترده‌تر برای دیگر پروژه‌های فناوری اطلاعات	الگوریتم یادگیری ماشین در حل مشکلات زمان‌بندی نتایج مثبتی ارائه داد	(Kucharska & Dudek-Dyduch, 2016)	یادگیری گسترده برای همکاری و تحلیل کلونی مورچه‌های توسعه‌یافته	۲۳

۲۴	الگوریتم‌های تکاملی ترکیبی برای بهینه‌سازی تخصیص منابع	(Gaitanidis, et al., 2016)	الگوریتم‌های تکاملی تخصیص منابع بهبود یافته‌اند	گسترش به پروژه‌های بزرگ‌تر و پیچیده‌تر برای ارزیابی بهتر عملکرد
۲۵	سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری برای ارزیابی پروژه‌های نوآوری	(Dai et al., 2016)	سیستم تحلیل فازی کیفیت ارزیابی پروژه‌ها را بهبود می‌دهد	توسعه سیستم در دیگر محیط‌های آموزشی و پژوهشی
۲۶	پیش‌بینی تأخیر در پروژه‌های نرم‌افزاری با طبقه‌بندی شبکه‌ای	(Choetkiertikul et al., 2015)	طبقه‌بندی شبکه‌ای در پیش‌بینی تأخیر پروژه‌های نرم‌افزاری عملکرد بهتری از روش‌های سنتی داشت	به‌کارگیری این روش در پروژه‌های نرم‌افزاری پیچیده‌تر برای ارزیابی دقیق‌تر
۲۷	تخصیص و تسطیح منابع ساخت با استفاده از الگوریتم فرا ابتکاری	(Koulinas & Anagnostopoulos, 2012)	استفاده از الگوریتم ژنتیک برای تخصیص منابع در پروژه‌های ساخت	بهبود استفاده از ورودی‌های فازی در مدل‌های شبکه عصبی
۲۸	پیش‌بینی نتیجه دعوا در اختلافات وضعیت سایت با مدل‌های ML	(Mahfouz & Kandil, 2012)	بهترین عملکرد را در پیش‌بینی نتایج دعاوی سایت در پروژه‌های PPP دارد	بهبود مدل‌ها برای انواع اختلافات سایت و شرایط پیچیده‌تر
۲۹	کاربرد تکنیک‌های AI در لجستیک: رویکرد استدلال مبتنی بر هستی‌شناسی	(Kowalski et al., 2012)	استفاده از AI و هستی‌شناسی برای مدیریت لجستیک در پروژه‌های پیچیده	گسترش کاربرد هوش مصنوعی در حوزه‌های پیچیده‌تر لجستیک
۳۰	استراتژی‌های فرا ابتکاری در مدیریت پروژه‌های ساختمانی	(Boejko et al., 2012)	الگوریتم جستجوی پراکنده بهبود تأخیر پروژه‌ها نسبت به جستجوی ممنوعه	بهبود الگوریتم‌ها برای پروژه‌های بزرگ با محدودیت‌های جدید
۳۱	ترکیب تکنیک‌ها برای طبقه‌بندی کیفیت	(Chiu, 2011)	شبکه تصمیم‌گیری یکپارچه دقت طبقه‌بندی	بررسی روش‌های ترکیبی برای بهبود

نرم افزار: رویکرد شبکه تصمیم‌گیری یکپارچه		کیفیت نرم‌افزار را افزایش می‌دهد	دقت در انواع نرم‌افزار
۳۲	مقایسه الگوریتم‌های یادگیری ماشین برای پیش‌بینی زمان پروژه نرم‌افزاری	(Han et al., 2015)	الگوریتم فرآیند گوستی دقیق‌ترین پیش‌بینی را در تخمین زمان پروژه دارد
۳۳	پیش‌بینی موفقیت پروژه‌ها با استفاده از شبکه عصبی فازی تکاملی	(Fasanghari, 2015)	معرفی مدل شبکه عصبی فازی برای پیش‌بینی موفقیت پروژه‌های فناوری IT
۳۴	اتوماسیون در برنامه‌ریزی ساخت‌وساز: مروری بر ادبیات	(Faghihi et al., 2015)	بررسی استفاده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی در زمان‌بندی ساخت‌وساز
۳۵	پیش‌بینی نتیجه دعای اختلاف در ساخت‌وساز با استفاده از NN پرسپترون	(Chaphalkar et al., 2015)	تأیید استفاده از NN برای پیش‌بینی نتیجه دعای در پروژه‌های ساخت‌وساز هند
۳۶	بهینه‌سازی پارامترهای ماشین بردار پشتیبان با طبقه‌بندی آشفستگی ژنتیک	(Chou et al., 2014)	SVM-GA دقت بیشتری نسبت به مدل‌های سنتی در پیش‌بینی اختلافات ساخت
			ارزیابی کاربرد مدل در شرایط مختلف پروژه‌های PPP

جدول (۳): فهرست مقالات مرتبط با ریسک به همراه متدهای مورد استفاده

Table 3: List of articles related to risk along with the methods used

Year	Author(s)	Application	Method(s)	Project	Journal/Publisher
2004	Fan and Fu	Risk management	BDMs	Software development	ISS/EI/Elsevier
2005	Cho and Espinoza	Process modeling	MCS	Complex design projects	TEM/IEEE
2005	Kiani et al.	Cost estimation	BN and GA	Residential buildings	JCEE/ASCE
2007	Arnes et al.	Risk and uncertainty	Decision framework	Oil and gas industry	JESS/Elsevier
2007	Dikmen et al.	Cost overrun risk assessment	FST	International construction projects	EPM/Elsevier
2009	Se-Guennep et al.	Risk assessment process	ANP	International construction projects	QJCR/ISCT Research
2009	Qian et al.	Construction management	FET	Construction projects	JCRM/ASCE
2009	Kuo et al.	Project performance	SEM	Construction projects	JCRMA/Elsevier
2010	Sadeh et al.	Risk analysis	FMSs	Highway expansion project	CACR/Elsevier
2010	Ains et al.	Cost estimation	ANRs	Water and sewer installation services	JCEE/ASCE
2010	Cheng et al.	Cost estimation	GA, FET and NN	Construction projects	ISDMA/Elsevier
2010	Ita	Risk management	FTOPSIS	PPP infrastructure projects	JCM/ASCE
2011	Lin and Shaping	Risk assessment	FANP	New campus construction	ISB/Elsevier
2011	Lazaretti and Martelotto	Risk analysis	FCM	System or project	ISY/IEEE
2011	Perreault et al.	Quantitative risk analysis	FTA, FFA, and FET	Process systems	RA/Taylor & Francis
2011	Marle and Vidal	Project complexity and risk	CA and DEM	Large infrastructure projects	RSD/Springer
2011	Serouni	Cost estimation	ANRs and BBNs	Construction projects	ESWA/Elsevier
2011	Pross and Ha	Project Scheduling Problems	GA	Construction projects	NAV/IEEE
2011	Eyoboch et al.	Risk management	SEM	Construction projects	JCRM/ASCE
2012	Fang and Marle	Complexity, risk network	DS and MCS	Construction projects	ISB/Elsevier
2012	Wohler et al.	Risk analysis	BNP	Safety and maintenance	ISRAA/Elsevier
2012	Ahmedpour and Farah	Risk assessment	FMEA and FET	Construction projects	JCRM/ASCE
2012	Gastaldi et al.	Characteristics of cost overrun	DA	Public transport infrastructure projects	JFP/Elsevier
2012	Li et al.	Risk events	BN	Organizational factors	ISCI/Elsevier
2012	Fouladgar et al.	Risk evaluation	FTOPSIS	Tunneling project	ACME/Elsevier
2012	Fana et al.	Risk analysis	Network theory	Engineering project	JESS/Elsevier
2013	Caron	Project risk management	MCS	Large engineering projects	IML/Elsevier
2013	Khalaf et al.	Quantitative risk analysis	DSN	Offshore drilling operations	ISB/Elsevier
2013	Marle et al.	Risk complexity interactions	LPA	Construction projects	ISB/Elsevier
2013	Kardas et al.	Complexity and risk assessment	BDMA	Mega projects	ISB/Elsevier
2013	Cardenas et al.	Risk modeling	BBNs	Construction project 2	RA/IEEE
2013	Odeh et al.	Cost flow risk assessment	ANRs	UK construction contracts	CME/Taylor & Francis
2013	Bai and Li	Risk assessment	BP and NN	Software projects	ICSS/IEEE
2013	Fana et al.	Risk response planning	DSN and GA	Large engineering projects	TEM/IEEE
2013	Kuo and Lu	Risk assessment	PMCS	High-rise construction projects	EPM/Elsevier
2013	Cheng et al.	Risk prioritization	FST	Hydrogen refueling station	ISDA/Springer
2013	Fang and Marle	Modeling Risk Interactions	MBN	Transport project	ISB/Taylor & Francis
2013	Spallucci et al.	Risk analysis	DBNs	Tunnel Construction	TUN/Elsevier
2014	et al.	Risk modeling	BDMs	Tunneling project	RA/IEEE
2014	Cheng and Huang	Risk assessment	FST & V	Bridge Construction	JCEE/ASCE
2014	Yarous	Risk modeling	MCDM	Construction project 2	EPM/Elsevier
2014	Leonard et al.	Complexity and risk management	BoCP	Construction project 2	IAC/Elsevier
2014	Khalafamanzak Aladi	Cost-risk analysis	BN Complex projects	Infrastructure project 2	EPM/Elsevier
2014	Gorkali	Risk assessment	FEM	Foreign engineering projects	COMTEA/IEEE
2014	Health Ghazali	Risk assessment	ANP	Construction Project KCE	ISB/Springer
2015	Qureshi and Kang	Project complexity	SCA	Construction Project	K/Springer
2015	Qureshi and Kang	Project complexity and Project Risks	SEM	Engineering Projects	EPM/Elsevier
2015	Valipour et al.	Risk prioritization	FANP	PPP projects	JCRM/Taylor & Francis
2015	Li et al.	Project complexity	SEM	Large-scale projects	EPM/Elsevier
2015	He et al.	Complexity assessment	FANP	Mega construction projects	EPM/Elsevier
2015	Stutz et al.	Risk decision decision	ANP	Mega-projects	EPM/Elsevier
2015	Qureshi and Kang	Complexity factors modeling	SEM	Engineering projects	EPM/Elsevier
2015	Stutz et al.	Risk mitigation	FANP	Offshore wind farms	ESB/Elsevier
2015	Paleh et al.	Complexity and Risk	MCS	Construction projects	Construction Economics
2015	Ghazali	Cost Project	SEM	Construction project	Elsevier/Elsevier
2015	Hosseini et al.	Risk assessment	ANP	Nuclear Power Plant	JNTE/Elsevier
2015	Philler et al.	Risk analysis	GA	Large scale projects	ISPE/Elsevier
2015	Project performance	FLS SEM	construction firms	construction firms	ISCI/Springer
2015	Purkayast et al.	Risk management	UTA and ANP	Transmission line installation project	ISB/Sage
2015	Cheng and Lu	assessment Pipe Jacking	FMEA	Risk assessment	IAC/Elsevier
2015	Li et al.	Risk assessment	FTOPSIS	Hydropower station	
2015	Tallamra et al.	Modeling project risk	MAT	Construction projects	AMTCON/Elsevier
2015	Yildiz et al.	Risk mapping	SEM	International	construction project
2016	Iskani and Nagai	Risk assessment	FERNs	Process plant projects	PCI/Elsevier 2016
2016	Khalaf et al.	Risk assessment	FERN and FTA	Oil and gas projects	IS/IEEE
2016	Farzani et al.	Complexity, uncertainty	CCA and MRA	Transportation infrastructure projects	EPM/Elsevier
2016	Cardenas et al. Risk modeling BBNs	Risk assessment	BN	Transportation project	ISBRA/Springer
2016	Cardenas et al. Cost flow risk assessment ANNs	Risk assessment	MCS	Plastic construction projects	AESGFP/Springer
2016	Bai and Li Risk assessment BPs	Risk assessment	BDMA/TEL	Information technology development	PHI/Wiley
2016	Qian et al.	Project complexity and risks	ProCDM and BBNs	Construction projects	TEB
2016	Lin et al.	Risk path	SEM	Offshore oil construction	JCRM/ASCE
2016	Lowe et al.	Cost overrun	FCM	Transportation infrastructure projects	ITRA/Elsevier
2016	Cheng et al.	Safety risk analysis	FERNs	Tunnel pipeline project	RA/IEEE
2016	Valipour et al.	Risk allocation	FANP	PPP construction projects	TSPM/Taylor & Francis
2017	Fang et al. Risk response planning DSN and GA	Risk assessment	FERNs	Construction projects	AD/Elsevier
2017	Qian et al.	Project complexity and risks	ProCDM and BBNs	Construction projects	EPM/Elsevier
2018	Ki et al.	Risk analysis	DBNs	Bridge construction project	IAC/Elsevier
2018	Gupta and Thakkar	project risk assessment	BNP and MCS	Infrastructure projects	SADHANA/Springer
2018	Yilmaz	Risk assessment	ANP transport	Infrastructure projects	ISB/Springer
2018	Badayun et al.	Risk assessment	FST	Construction projects	KCE/ICE/Springer
2018	Khalafgar and Rezaei-pour	Project risk interdependency	FANP	Large-scale construction projects	TSPS/Taylor & Francis
2018	Stika et al.	Decision support framework	MCDM and ANP	TRP/Sage	Highway projects
2019	Shariat et al.	Risk analysis	FST and MCDM	Urban storm-water systems	ISB/Elsevier

(Afzal and Yunfei, 2019): منبع

مقالات مرتبط با «مدیریت ریسک با هوش مصنوعی و صنعت ۶»: عبارت جستجو: "Artificial Intelligence" AND "Risk Management" AND "Industry 6.0" این عبارت به‌طور خاص به مقالاتی اشاره دارد که علاوه بر هوش مصنوعی، از مفاهیم و تکنولوژی‌های صنعت ۶ در مدیریت ریسک استفاده کرده‌اند. (تنها چند نمونه)

مقاله «فناوری، شیوه‌ها، چالش‌ها و کاربردها Industry 6.0» (Reddy et al., 2024) به هم‌افزایی میان AI، IoT و تحلیل داده‌ها در صنعت ۶،۰ می‌پردازد. با استفاده از مطالعه موردی و تحلیل روندهای تکنولوژیک، نشان داده شده که این فناوری‌ها تصمیم‌گیری هوشمند و تولید خودکار را تسهیل می‌کنند. توسعه محاسبات کوانتومی و تعامل خبره انسانی و سیستم‌های هوشمند به‌عنوان راهکارهای پیشنهادی مطرح شده‌اند. مقاله «مدل مدیریت مصنوعی و از راه دور در چارچوب صنعت ۶،۰» (Salepcioglu, 2021) به بررسی تأثیر مدل مدیریت هیبریدی در صنعت ۶،۰ بر سازمان‌های تجاری پرداخته و چگونگی استفاده از هوش مصنوعی و بلاک‌چین را تحلیل می‌کند. روش تحقیق کیفی با تحلیل موردی سازمان‌های پیشرو در فناوری‌های نوین و یافته‌های تحقیق، استفاده از هوش مصنوعی و یادگیری ماشین باعث بهبود تصمیم‌گیری و تاب‌آوری سازمان‌ها می‌شود، اما چالش‌های اخلاقی همچنان وجود دارد.

مقاله «بررسی جامع کاربردهای هوش مصنوعی و یادگیری ماشین در چرخه حیات پروژه‌های صنعت ساخت‌وساز» (Datta et al., 2024) با مرور سیستماتیک ادبیات، نشان داد که این فناوری‌ها عمدتاً در مراحل برنامه‌ریزی و ساخت استفاده می‌شوند، اما امکان گسترش به سایر مراحل نیز وجود دارد. یافته‌ها بر ارائه راهکارهای مؤثر برای ادغام هوش مصنوعی در مدیریت پروژه‌های ساخت‌وساز تأکید دارند و به بهبود کارایی و کاهش چالش‌های مرتبط با زمان و هزینه کمک می‌کنند.

مقاله بررسی اهمیت استراتژی‌های شناسایی و ارزیابی ریسک در هنگام پذیرش فناوری هوش مصنوعی (Shafik, 2024) به اهمیت شناسایی و مدیریت ریسک‌های مرتبط با هوش مصنوعی، به‌ویژه در محیط صنعت ۶،۰ که به اتوماسیون پیشرفته و سیستم‌های متصل متکی است و می‌تواند موقعیت‌های ریسکی بالقوه‌ای ایجاد کند، مورد تأکید قرار گرفته است.

فصل کتاب بررسی نقش ترکیب هوش مصنوعی (AI)، یادگیری ماشین (ML) و اینترنت اشیا صنعتی (IoT) در شکل‌دهی به صنعت ۶،۰ (Eswaran et al., 2024) به بحث پیرامون آینده‌ی کارخانه‌های هوشمند می‌پردازد.

مقالات مرتبط با «مدیریت ریسک با تکنیک OLAP»: عبارت جستجو: "Risk Management" AND "OLAP" توضیح: این عبارت به جستجوی مقالاتی اختصاص دارد که از تکنیک OLAP برای تحلیل و مدیریت ریسک استفاده کرده‌اند. پایگاه‌های تخصصی مانند ScienceDirect و Springer مناسب برای این دسته مقالات هستند.

مقالات مرتبط با «مدیریت ریسک با ترکیب هوش مصنوعی، صنعت ۶ و OLAP»: عبارت جستجو: "Artificial Intelligence" AND "Risk Management" AND "Industry 6.0" این معیار جستجو، به دنبال مقالاتی است که ترکیبی از هوش مصنوعی، صنعت ۶ و OLAP را در مدیریت ریسک به کار گرفته‌اند. در هیچ کدام از پایگاه‌های کتاب‌شناسی و موتور جستجوی مقالات مذکور نتیجه‌ای را بازنگرداند.

مقالات مرتبط با «مدیریت ریسک با تکنیک OLAP»: عبارت جستجو: "Risk Management" AND "OLAP" توضیح: این عبارت به جستجوی مقالاتی اختصاص دارد که از تکنیک OLAP برای تحلیل و مدیریت ریسک استفاده کرده‌اند. پایگاه‌های تخصصی مانند ScienceDirect و Springer مناسب برای این دسته مقالات هستند.

مقالات مرتبط با مدیریت ریسک و OLAP عموماً حول محور مدیریت ریسک مبتنی بر انبار داده از سال‌های دور انجام شده است که هر چند هم به جنبه سخت‌افزاری و هم مدیریتی آن پرداخته شده است ولی با موضوع ما تا حدودی متفاوت است لذا به ذکر یک مورد بسنده خواهیم کرد. مقاله‌ای با عنوان «مدیریت ریسک مبتنی بر انبار داده برای شرکت‌های اوراق بهادار» (Chunying & Weiqing, 2009) به نقش حیاتی مدیریت ریسک در شرکت‌های اوراق بهادار به عنوان واسطه‌های اصلی بازار سرمایه می‌پردازد. یافته‌ها نشان می‌دهد که این رویکرد می‌تواند بهره‌وری مدیریت ریسک را به‌طور قابل توجهی بهبود بخشد.

مقالات مرتبط با «مدیریت ریسک با ترکیب هوش مصنوعی، صنعت ۶ و OLAP»: عبارت جستجو: "Artificial Intelligence" AND "Risk Management" AND "Industry 6.0" این معیار جستجو به دنبال مقالاتی است که ترکیبی از هوش مصنوعی، صنعت ۶ و OLAP را در مدیریت ریسک به کار گرفته‌اند. در هیچ کدام از پایگاه‌های کتاب‌شناسی و موتور جستجوی مقالات مذکور نتیجه‌ای را بازنگرداند.

شکاف‌های تحقیق

- در زمینه نیاز به توسعه زیرساخت‌های فناوری و سیاست‌های حمایتی را شناسایی و پیشنهاد می‌کند که مطالعات آتی به بررسی چالش‌های پیاده‌سازی و مدیریت فناوری در این زمینه بپردازند (Babkin & Shkarupeta, 2024).
- این مطالعه شکاف‌هایی نظیر نیاز به درک بهتر از چالش‌های تعامل انسان و فناوری و تأثیر محاسبات کوانتومی بر هوش مصنوعی را برجسته کرده و پیشنهاد می‌کند تحقیقات آتی به بررسی بیشتر این حوزه‌های نوظهور و اثرات آن‌ها بر صنعت بپردازند (Breque et al., 2021).
- شکاف تحقیقاتی این حوزه نیاز به مطالعات بیشتر در زمینه استفاده بهینه از این فناوری‌ها و برطرف‌سازی چالش‌های مرتبط را برجسته می‌سازد و پیشنهاد می‌کند که در تحقیقات آتی به توسعه

مهارت‌های نیروی کار و مدیریت داده‌ها تمرکز شود. (Shafik, 2024). شکاف تحقیقاتی در این حوزه نیاز به مطالعات بیشتر در زمینه فناوری‌های نوپه‌وری مانند محاسبات لبه، دوقلوهای دیجیتال و ادغام این فناوری‌ها با دیگر اجزای صنعت ۶,۰ را برجسته می‌کند. (Subbiah, et al., 2024).

– برای مطالعات آتی، توصیه می‌شود بر توسعه و به‌کارگیری این فناوری‌ها در راستای تحول پایدار و رقابتی تمرکز شود تا بتواند به رهبران صنعتی و مهندسان در دستیابی به برتری رقابتی کمک کند. (Eswaran et al., 2024).

– پیشنهاد می‌شود که مطالعات آتی به بررسی عمیق‌تر نقش ادغام دانش داده‌ها و مدیریت در اجرای موفقیت‌آمیز صنعت ۴,۰ بپردازند تا زمینه برای توسعه پایدارتر فراهم شود (Mccarthy, 2022).

– نویسنده پیشنهاد می‌دهد که در مطالعات آتی به این ملاحظات بیشتر پرداخته شود تا بتوان پتانسیل کامل صنعت ۶,۰ را به‌طور ایمن و مؤثر به کار گرفت (Salepcioglu, 2021).

– پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آتی به توسعه روش‌های مؤثرتر برای شناسایی و مدیریت ریسک‌های پیچیده هوش مصنوعی در این صنعت بپردازند (Sharma et al., 2024).

– تحقیق آینده را به‌منظور پرداختن به این چالش‌ها با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته یکپارچه‌سازی و یادگیری ماشین پیشنهاد می‌دهند. (Chunying & Weiqing, 2009).

– چالش‌های عملیاتی و کارایی روش‌شناسی در پروژه‌های فناوری عمومی: نیاز است که تحقیقات آینده به بررسی این چالش‌ها در حوزه‌های مختلف فناوری تمرکز کنند (Liang et al., 2024).

۳- روش‌شناسی پژوهش

پژوهش از نوع کاربردی- توسعه‌ای و مبتنی بر مدل‌سازی ریاضی که در حوزه طراحی و معماری و با رویکرد تحلیل داده‌های چندبعدی (OLAP) و هوش مصنوعی انجام شده است.

جامعه آماری تحقیق شامل ابتدا پانزده مجتمع جهت به دست آوردن واریانس و غیره و سپس پنجاه مجتمع منتخب بر اساس الگوهای معماری ایرانی و پارامترهای اقلیمی که با بهره‌گیری از منابع ثانویه (مطالعات میدانی، نقشه‌های معماری و بانک داده‌های صنعت ساخت) و نظرسنجی از متخصصان و مشتریان مجتمع‌های تجاری جمع‌آوری گردید و با تکنیک افزایش داده‌ها (Data Augmentation) به هزار نمونه توسعه یافت تا مدل قابلیت تعمیم بالاتری پیدا کند. روش نمونه‌گیری به‌صورت هدفمند (Purposeful Sampling) و طبقه‌بندی شده، داده‌های نماینده برای مدل انتخاب شد. معیارهای انتخاب شامل تنوع اقلیمی، نوع بافت شهری، ساختار فضائی و سطح ریسک عملکردی مجتمع‌ها بود. نمونه‌نهایی با اعتبارسنجی متقاطع (Cross-Validation) در مدل هوش مصنوعی مورد آزمون قرار گرفته است. ابزار گردآوری داده‌ها شامل پرسشنامه‌ی محقق‌ساخته، داده‌های شبیه‌سازی‌شده و داده‌های مکعب OLAP است که پس از استانداردسازی و نرمال‌سازی

آماري در تحليل به کار رفته‌اند. داده‌ها از طريق پرسشنامه نيمه ساختاریافته و با مشارکت چهل و پنج نفر از متخصصين حوزه معماری، مدیریت ريسک و هوش مصنوعي جمع‌آوری و سپس در محیط OLAP سازمان‌دهی شدند.

روش اصلی این پژوهش شامل طراحی مکعب داده‌ها برای تحلیل داده‌ها است و از ترکیب روش‌های کمی و کیفی استفاده شده است و به سازمان‌ها امکان می‌دهد تا ابعاد مختلف ريسک‌ها را از زوایای گوناگون بررسی کنند. در بخش کیفی با استفاده از تکنیک دلفی محدود برای جمع‌آوری ريسک‌های اصلی و فرعی و شاخص‌ها و معیارهای ريسک، اصول و اصول فرعی صنعت شش و جهت اولویت‌بندی، از تکنیک تاپسیس و در ادامه جهت ساماندهی مفاهیم، از هستی‌شناسی سنتی (ایستا) و داده‌محور (بر پایه هوش مصنوعي - پویا) استفاده گردید. آموزش مدل هوش مصنوعي با دو شبکه عصبی عمیق (ANN و CNN) و با تکنیک‌های (EfficientNet, ResNet) انجام گردید. شبکه‌ی اول برای تحلیل چیدمان فضایی و شبکه دوم برای پیش‌بینی ريسک‌ها و پیشنهاد استراتژی مقابله. از تابع ReLU برای فعال‌سازی لایه‌های مخفی و افزایش غیرخطی بودن مدل و از تابع سافت مکس برای نرمال‌سازی خروجی‌ها و تعیین احتمال و نهایتاً انتخاب استراتژی بهینه جهت مقابله با ريسک استفاده شد. از الگوریتم‌های Adam و SGD برای بهینه‌سازی وزن‌ها و روش Cross-Validation برای جلوگیری از بیش‌برازش (Overfitting) به کار گرفته شد. در مدیریت ريسک مجتمع‌های تجاری مبتنی بر هوش مصنوعي، مکعب داده‌ها با سه بعد اصلی طراحی می‌شود که هر کدام نشان‌دهنده یک جنبه کلیدی از فرآیند تحلیل و مدیریت ريسک است.

تشریح ساختار مکعب داده‌ها و نحوه سازمان‌دهی ابعاد آن: ابعاد ريسک‌ها: بعد اول مکعب مربوط به نوع ريسک‌های موجود در مجتمع تجاری است. هر نوع ريسک نشان‌دهنده یک دسته خاص از ريسک‌ها است که ممکن است بر عملکرد مجتمع تأثیر بگذارند.

دسته اصلی ريسک شامل: ريسک سایبری (مانند حملات هکری، نقض امنیت اطلاعات و حملات DDoS)، ريسک هوش مصنوعي (مانند نقص‌های الگوریتمی، خطاهای پیش‌بینی و تصمیمات نادرست)، ريسک عملیاتی (از جمله نقص در سیستم‌های خودکار، قطعی‌های فنی و خرابی تجهیزات)، ريسک قانونی، ريسک مالی (افزایش هزینه‌های عملیاتی، کاهش بازده سرمایه‌گذاری و نوسانات بازار)، ريسک محیطی (از جمله بلایای طبیعی و تغییرات آب‌وهوایی که بر عملیات مجتمع اثر می‌گذارند)، ريسک مربوط به الگوریتم، ريسک اجرایی، ريسک تصمیم‌گیری، ريسک حریم خصوصی، ريسک اخلاقی (شامل تغییرات در قوانین حفاظت از داده‌ها و مسئولیت‌های قانونی مربوط به هوش مصنوعي)، ريسک فرهنگی، ريسک تغییرات تکنولوژیک زیر دسته ريسک شامل: حملات سایبری (مانند حملات هکری، نقض امنیت اطلاعات و حملات DDoS)، نقص سیستم، کلاهبرداری، نقص الگوریتم، اشتباه انسانی، بایاس مدل، سیستم‌های عملیاتی، قطع ارتباط، خطاهای

سیستمی، نوسانات بازار، ریسک سرمایه‌گذاری، هزینه‌های غیرقابل پیش‌بینی، تغییرات آب و هوایی، رویدادهای طبیعی، سیاست‌های جدید، عدم تطابق با مقررات، نقض حریم خصوصی، امنیت داده‌ها، مقیاس‌پذیری، توسعه سریع، زنجیره تأمین، تنوع تأمین‌کنندگان، خطای انسانی، آموزش ناکافی، سیستم‌های پشتیبان، نظارت مداوم، پایداری زیرساخت، نوسانات بازار ویژگی‌های ریسک‌ها: بعد دوم مکعب مربوط به ویژگی‌های ریسک‌ها است که شاخص‌های کلیدی ارزیابی ریسک را در بر می‌گیرد. این ویژگی‌ها عبارت‌اند از شدت: میزان تأثیر بالقوه هر ریسک بر مجتمع، احتمال وقوع: احتمال وقوع هر ریسک، زمان واکنش: مدت زمانی که برای واکنش به ریسک نیاز است، هزینه مقابله: هزینه لازم برای کاهش یا مقابله با اثرات ریسک، اثرات خارجی: تأثیرات ناشی از عوامل خارجی مانند نوسانات بازار و تغییرات قانونی، اثرات داخلی: تأثیرات داخلی که به عملکرد سازمان مرتبط هستند، پایداری: ارزیابی اینکه ریسک به‌مرور زمان افزایش یا کاهش می‌یابد، قابلیت پیش‌بینی: امکان پیش‌بینی دقیق وقوع ریسک، اثرگذاری محیطی، تعداد رخدادها، هزینه‌های عملیاتی، تغییرپذیری ماندگاری وابستگی زیرساختی انعطاف‌پذیری مقاومت اثرات کوتاه‌مدت، اثرات بلندمدت، تأثیر بر کارکنان تأثیر بر مشتریان، عوامل داخلی عوامل خارجی، احتمال، فرکانس.

استراتژی‌های مقابله با ریسک: بعد سوم مکعب به استراتژی‌های مقابله با ریسک اختصاص دارد. این استراتژی‌ها به روش‌هایی اشاره دارند که برای کاهش اثرات ریسک‌ها یا جلوگیری از وقوع آن‌ها استفاده می‌شوند. برخی از این استراتژی‌ها شامل موارد زیر هستند:

کاهش ریسک: اقداماتی برای کاهش شدت یا احتمال وقوع ریسک، پذیرش ریسک: تصمیم به پذیرش ریسک و اقدامات متقابل محدود، انتقال ریسک: انتقال مسئولیت ریسک به شخص ثالث (مانند بیمه)، جلوگیری از ریسک: اقداماتی که منجر به حذف کامل ریسک یا عدم ورود به آن می‌شود، پایش مستمر: نظارت دائمی بر وضعیت ریسک‌ها و بررسی تغییرات آن‌ها، بازطراحی مدل، تنوع سرمایه‌گذاری، نقشه راه دیجیتالی، پشتیبانی سیستم‌ها، آزمایش بایاس، بازطراحی مدل، برنامه‌های آموزشی، پشتیبانی سیستم‌ها، سیستم‌های پشتیبان اضافی، پشتیبانی سیستم‌ها، مقیاس‌پذیری زیرساخت، گسترش تحقیق و توسعه، تحلیل بازار، گسترش تحقیق و توسعه، به‌روزرسانی سیاست‌ها، تعامل با مشتریان، تحلیل بازار، ارتقای رمزنگاری، ارتقای رمزنگاری، تحلیل بازار، گسترش تحقیق و توسعه، سیستم‌های پشتیبان اضافی، نقشه راه دیجیتال، تنوع تأمین‌کنندگان، گسترش تحقیق و توسعه، تنوع سرمایه‌گذاری، بیمه آب و هوا، تحلیل بازار. برای تحلیل جامع این مجموعه از ریسک‌ها و زیرمعیارها با توجه به معیارهای ارائه‌شده، نتایج به شرح زیر است:

- ریسک سایبری، زیرمعیارها: حملات سایبری، نقص سیستم، کلاهبرداری

تحلیل معیارها: شدت: بسیار بالا، احتمال وقوع: بالا به دلیل گسترش حملات سایبری، زمان واکنش: نیازمند واکنش سریع، هزینه کاهش: بالا، با نیاز به ابزارهای تخصصی، تأثیر خارجی و داخلی: قوی بر داده‌ها و خدمات، پایداری: پایین به دلیل ریسک‌های نوظهور، پیش‌بینی‌پذیری: پایین، اثرگذاری محیطی: نسبتاً پایین، انعطاف‌پذیری و مقاومت: نیازمند مقاومت و انعطاف‌پذیری بالاست.

- ریسک عملیاتی: زیرمعیارها: نقص الگوریتم، اشتباه انسانی، بایاس مدل

تحلیل معیارها: شدت: متوسط، احتمال وقوع: متوسط تا بالا، زمان واکنش: به نسبت سریع، هزینه کاهش: متعادل، تأثیر داخلی: بالا، بر دقت مدل‌ها و عملکرد، پایداری و انعطاف‌پذیری: نیازمند انعطاف بالا و پایدار.

ریسک مالی: زیرمعیارها: نوسانات بازار، ریسک سرمایه‌گذاری، موقعیت‌های غیرقابل‌پیش‌بینی تحلیل معیارها: شدت: بالا، احتمال وقوع: متوسط تا بالا، پیش‌بینی‌پذیری: پایین، هزینه‌های عملیاتی: بالا، انعطاف‌پذیری و مقاومت: متغیر.

- ریسک محیطی: زیرمعیارها: تغییرات آب‌وهوایی، رویدادهای طبیعی

تحلیل معیارها: شدت: بسیار بالا، احتمال وقوع: متوسط، هزینه کاهش: بسیار بالا، تأثیر خارجی: قوی، ماندگاری: بالا

- ریسک اجرایی: زیرمعیارها: نقض حریم خصوصی، امنیت داده‌ها

تحلیل معیارها: شدت: بالا، هزینه کاهش: بالا، انعطاف‌پذیری و مقاومت: نیازمند انعطاف بالا،

- ریسک تصمیم‌گیری: زیرمعیارها: مقیاس‌پذیری، توسعه سریع

تحلیل معیارها: شدت: متوسط تا بالا، اثرگذاری محیطی: پایین، تغییرپذیری: بالا،

- ریسک حریم خصوصی: زیرمعیارها: زنجیره تأمین، تنوع تأمین‌کنندگان

تحلیل معیارها: شدت و احتمال وقوع: متوسط تا بالا، هزینه کاهش: بالا، اثرگذاری محیطی: متوسط

- ریسک اخلاقی: زیرمعیارها: خطای انسانی، آموزش ناکافی

تحلیل معیارها: شدت: متوسط، احتمال وقوع: بالا، تغییرپذیری: پایین

- ریسک فرهنگی: زیرمعیارها: سیستم‌های پشتیبان، نظارت مداوم

تحلیل معیارها: شدت: پایین تا متوسط، هزینه کاهش: متوسط، اثرگذاری محیطی: پایین

- ریسک تغییرات تکنولوژیک: زیرمعیارها: پایداری زیرساخت، نوسانات بازار

تحلیل معیارها: شدت: بالا، پیش‌بینی‌پذیری: پایین

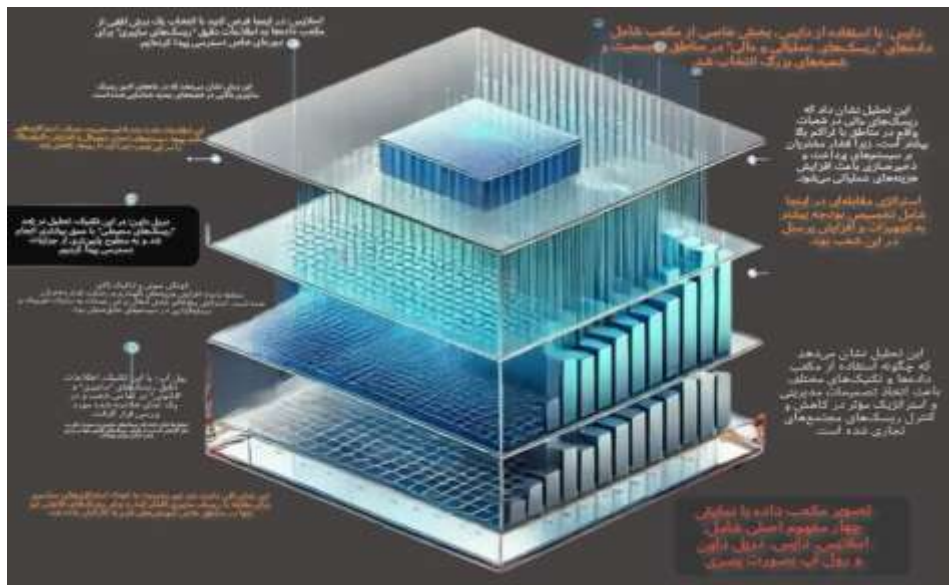
جدول (۵): دسته‌بندی ریسک‌های طراحی مجتمع تجاری با استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ۶
Table No. (5): Classification of risks in designing a commercial complex using artificial intelligence in industry 6

دسته بندی ریسک های مطابق طبقه بندی هوش مصنوعی	شرح ریسک	پایه ریسک	احتمال	شدت	پیچیدگی	زمان	هزینه	فرایند	دانش	سرعت	قابلیت	شدت	شدت	شدت	فرایند	قابلیت	فرایند	فرایند
فنی	فقدان سیستم هوش مصنوعی	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	فقدان در نگهداری و به‌روزرسانی	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	ایستادن سازه و حملات هک	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
فنی	فقدان سیستم‌های تولید	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	مشکلات در بهره‌برداری	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	عدم هماهنگی بین انسان و هوش مصنوعی	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
اقتصادی و عمری	فرهنگ‌های رایج و داده‌های AI	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	کاهش توانایی در ارزش‌آفرینی	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	وابستگی‌های گسترده	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
انسانی و فرهنگی	از دست رفتن داده‌ها به دلیل نوسانات	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	عدم توانایی در برقراری ارتباط	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	مسائل ارتباطی انسانی و فناوری	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
معمولی و معمولی	فقدان سرمایه‌های انسانی	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	مسائل مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	عدم اعتماد به ابزار هوش مصنوعی	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
استراتژی	فرایند مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	توانایی مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	توانایی مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
استراتژی	توانایی مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	توانایی مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه
	توانایی مدیریت منابع	پایه	پایه	متوسط	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه	پایه

- ریسک قانونی: زیرمعیارها: سیستم‌های عملیاتی، قطع ارتباط، خطاهای سیستمی
تحلیل معیارها: شدت: بالا، زمان واکنش و هزینه کاهش: متوسط تا بالا، تأثیر بر مشتریان و کارکنان:
با این تحلیل جامع کمک می‌کند تا ارزیابی کامل‌تری از نقاط ضعف و قوت هر دسته ریسک و
تأثیرات مرتبط با آن داشته باشیم و مدیریت بهینه‌تری برای کاهش اثرات هر کدام داشته باشیم.

تحلیل تقاطع ابعاد مکعب: تقاطع هر یک از ابعاد در مکعب داده‌ها، امکان تحلیل جامع‌تری از
ریسک‌ها و استراتژی‌های مقابله با آن‌ها را فراهم می‌کند. به عنوان مثال: شدت ریسک‌های سایبری
در ارتباط با هزینه مقابله می‌تواند نشان‌دهنده نیاز به سرمایه‌گذاری بیشتر برای حفاظت از داده‌ها باشد
و یا احتمال وقوع ریسک‌های هوش مصنوعی در تعامل با استراتژی‌های کاهش ریسک می‌تواند
بهینه‌سازی الگوریتم‌های هوش مصنوعی و بهبود تصمیم‌گیری خودکار را پیشنهاد دهد همچنین
پایداری ریسک‌های عملیاتی همراه با پایش مستمر، به شناسایی نقاط ضعف و بهبود کارایی
سیستم‌های خودکار کمک می‌کند. این مکعب داده‌ها به تصمیم‌گیران کمک می‌کند تا تمامی جوانب
ریسک‌ها را هم‌زمان تحلیل کرده و استراتژی‌های مقابله با ریسک را به صورت بهینه انتخاب کنند.

درنهایت، این مدل امکان شناسایی تعاملات پیچیده بین ریسک‌ها و ویژگی‌های آن‌ها را فراهم می‌سازد و به سازمان‌ها در اتخاذ تصمیمات بهتر و مؤثرتر کمک می‌کند.



تصویر (۶): نمایش مفهومی مکعب داده‌ها

Figure (6): Conceptual representation of the data cube

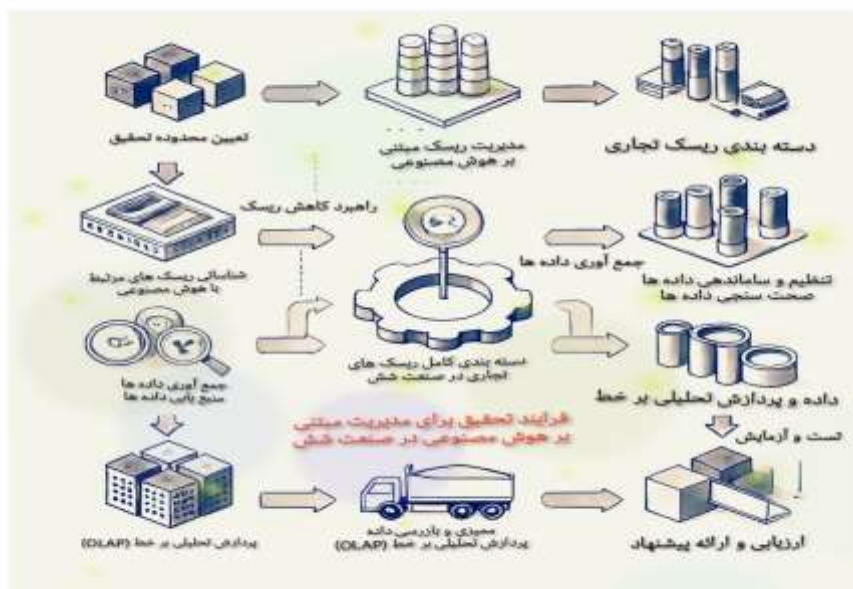
۴- تجزیه و تحلیل داده‌ها

– جمع‌آوری داده‌ها: در این پروژه، ریسک‌های مختلف برای یک مجتمع تجاری طراحی شده با هوش مصنوعی بر اساس صنعت ۶ بررسی شده و شامل داده‌های تاریخی است که با استفاده از تکنیک افزایش داده‌ها (Data Augmented) و با مقایسه آماری، تحلیل خوشه‌ای و مقایسه تابع توزیع و با توجه به داده‌های استراتژیک ریسک‌های هوش مصنوعی، صحت سنجی شده است.

– استفاده از توابع OLAP: برای داده‌ها، ابتدا از Roll-Up برای بررسی کلان‌تر ریسک‌ها استفاده می‌شود. با استفاده از این تابع، به‌جای مشاهده جزئیات هر ریسک به‌طور جداگانه، می‌توانیم کل ریسک‌ها را در یک سطح کلی‌تر جمع‌بندی کرده و میانگین ویژگی‌های آن‌ها را ببینیم. در نتیجه، می‌بینیم که به‌طور کلی شدت ریسک‌ها بالا و احتمال وقوع آن‌ها متوسط است. سپس با Drill-Down می‌توان به جزئیات بیشتری دست‌یافت، مثلاً برای ریسک‌های سایبری نوع خاصی از حملات بررسی می‌شود. در این مرحله، می‌توانیم جزئیات بیشتری از یک نوع ریسک خاص بررسی کنیم. برای ریسک‌های سایبری، به جزئیات خاص‌تری مانند نوع حملات (DDoS، فیشینگ) دست پیدا کنیم.

با Drill-Down به داده‌های دقیق‌تری از هر نوع ریسک دست پیدا می‌کنیم که به تصمیم‌گیری بهتر کمک می‌کند.

- تحلیل Slice و Dice با فقط ریسک‌های سایبری را تحلیل کرده و سپس با Dice ویژگی‌های مشترک بین دو دسته ریسک سایبری و مالی را بررسی می‌شوند. از این تابع استفاده می‌کنیم تا تنها ریسک‌های سایبری را بر اساس ویژگی‌های آن‌ها (شدت، احتمال، هزینه و غیره) بررسی کنیم. این داده‌ها را می‌توان به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل کرد تا درک بهتری از ویژگی‌های ریسک سایبری به دست آورد. در مرحله Dice، ترکیبی از ریسک‌های سایبری و مالی را انتخاب و ویژگی‌های مشترک مانند شدت و احتمال وقوع را با یکدیگر مقایسه می‌کنیم



تصویر (۷): مراحل اجرای روش تحقیق

Image number (7): Steps in implementing the research method

ابتدا همه دسته ریسک‌های اصلی را به همراه زیر دسته ریسک‌ها در مقابل معیارها یا شاخص آن‌ها بر اساس داده‌های آن (جدول شماره هشت) خلاصه نتایج به دست آمده از ریسک‌ها و انتخاب استراتژی جهت رسیدن به استراتژی مقابله انجام دادیم. ریسک سایبری با زیر معیار حملات سایبری، نقص سیستم و کلاهبرداری و ریسک عملیاتی با زیر معیار نقص الگوریتم، اشتباه انسانی و بایاس مدل ریسک مالی با زیر معیارهای نوسانات بازار، ریسک سرمایه‌گذاری و موقعیت‌های غیر قابل‌پیش

بینی، ریسک محیطی با زیر معیارهای تغییرات آب و هوایی و رویدادهای طبیعی، ریسک اجرایی با زیر معیار نقص حریم خصوصی و امنیت داده‌ها، ریسک تصمیم‌گیری با زیر معیارهای مقیاس‌پذیری و توسعه سریع، ریسک حریم خصوصی با زیر معیارهای زنجیره تأمین و تنوع تأمین‌کنندگان، ریسک اخلاقی با زیر معیارهای خطای انسانی و آموزش ناکافی، ریسک فرهنگی با زیر معیارهای سیستم‌های پشتیبان و نظارت مداوم، ریسک تغییرات تکنولوژیک با زیر معیارهای پایداری زیرساخت و نوسانات بازار، ریسک قانونی با زیر معیارهای سیستم‌های عملیاتی، قطع ارتباط و خطاهای سیستمی را با معیارهای شدت، احتمال، وقوع زمان واکنش، هزینه کاهش، تأثیر خارجی، تأثیر داخلی، پایداری، پیش‌بینی‌پذیری، اثرگذاری محیطی، تعداد رخدادها، هزینه‌های عملیاتی، تغییرپذیری، ماندگاری، وابستگی زیرساختی، انعطاف‌پذیری، مقاومت، اثرات کوتاه‌مدت، اثرات بلندمدت، تأثیر بر کارکنان، تأثیر بر مشتریان، عوامل داخلی، عوامل خارجی، فرکانس، پیچیدگی و استمرار را با استفاده از تحلیل مکعب داده‌ها (اسلایس، دایس، رول آب و رول داون) را بر اساس نیازهای تحلیلی اعمال کنیم.

در اسلایس، مکعب داده‌ها را برش زده و تنها یک لایه خاص از داده‌ها را نمایش می‌دهیم. برای مثال، اگر بخواهیم فقط داده‌های مرتبط با ریسک سایبری و معیار «شدت» را تحلیل کنیم، لایه‌ای که شامل اطلاعات زیر معیارهای «حملات سایبری»، «نقص سیستم» و «کلاهبرداری» است استخراج می‌شود. در دایس یک زیرمجموعه از داده‌ها با ترکیب چند بُعد را انتخاب کرد. مثلاً می‌توانیم فقط داده‌های مربوط به ریسک سایبری و ریسک عملیاتی را با معیارهای «احتمال وقوع» و «هزینه‌های عملیاتی» مقایسه کنیم. این ترکیب به ما اجازه می‌دهد، اثر متقابل دو یا چند ریسک و معیار را مشاهده کنیم. در رول آب، به یک سطح بالاتر جمع می‌کند. برای مثال، اگر بخواهیم تمام زیر معیارهای ریسک سایبری را به صورت یکپارچه مشاهده کنیم، می‌توانیم داده‌ها را به سطح کلی ریسک سایبری جمع کنیم. به این ترتیب، معیارهای مثل «تأثیر خارجی» یا «پایداری» برای کل دسته به صورت میانگین یا مجموع نمایش داده ده و برای بررسی کلان‌تر ریسک‌ها استفاده شده و یک ارزیابی کلی از شدت و احتمال وقوع همه ریسک‌ها داشته به دست آمد در مجموع: میانگین شدت ریسک‌ها: $7,33 = 6 / (7+7+8+6+7+9)$ میانگین احتمال وقوع: $6,33 = 6 / (6+5+6+7+6+8)$ به نتیجه، به طور کلی شدت ریسک‌ها بالا و احتمال وقوع آن‌ها متوسط است. در (Drill-Down)، به سطح جزئی‌تری تجزیه می‌شوند. برای مثال، اگر داده‌های مربوط به ریسک مالی را به معیار «ریسک سرمایه‌گذاری» محدود کرده و سپس معیارهای جزئی‌تری مثل «تغییرپذیری» و «وابستگی زیرساختی» را نمایش دهیم، تحلیل دقیق‌تری بر مبنای داده‌های تفکیک‌شده از معیارهای ریسک مالی خواهیم داشت. با انجام این مراحل، می‌توان به تحلیل عمیق‌تر و کارآمدتری برای ارزیابی انواع ریسک‌ها و تأثیرات آن‌ها دست یافت و نتیجه‌گیری‌های استراتژیک برای مدیریت بهتر ریسک‌ها استخراج کرد. برای ریسک‌های سایبری نوع خاصی از حملات بررسی شده و به جزئیات خاص‌تری

مانند نوع حملات (DDoS، فیشینگ) دست پیدا کرده است. حملات DDoS: شدت = ۱۰، احتمال = ۷، هزینه = ۸ حملات فیشینگ: شدت = ۸، احتمال = ۹، هزینه = ۶ با Drill-Down به داده‌های دقیق‌تری از هر نوع ریسک دست پیدا کرده که می‌تواند به تصمیم‌گیری بهتر کمک می‌کند. با تحلیل Slice و Dice و با Slice فقط ریسک‌های سایبری را تحلیل کرده و سپس با Dice ویژگی‌های مشترک بین دو دسته ریسک سایبری و مالی را بررسی شدند. از این تابع استفاده شده تا تنها ریسک‌های سایبری را بر اساس ویژگی‌های آن‌ها (شدت، احتمال، هزینه و غیره) بررسی کنیم. داده‌های مربوط به ریسک‌های سایبری به شکل زیر است: شدت: ۹ احتمال وقوع: ۸ هزینه مقابله: ۷ زمان واکنش: ۵ اثر داخلی: ۸ اثر خارجی: ۶ این داده‌ها را می‌توان به صورت جداگانه تجزیه و تحلیل کرد تا درک بهتری از ویژگی‌های ریسک سایبری به دست آورد. در تحلیل Dice، ترکیبی از ریسک‌های سایبری و مالی را انتخاب و ویژگی‌های مشترک مانند شدت و احتمال وقوع را با یکدیگر مقایسه شد و نتایج نشان‌دهنده شدت سایبری: ۹، شدت مالی: ۸ احتمال وقوع سایبری: ۸، احتمال وقوع مالی: ۶ بود که در نهایت به انتخاب استراتژی مقابله خواهیم رسید.

نظارت مداوم) و ریسک‌های اخلاقی (خطای انسانی و آموزش ناکافی) از شدت و احتمال وقوع نسبتاً کمتری برخوردارند اما تأثیرات آن‌ها بر منابع انسانی قابل توجه است.

در دایس، در ترکیب معیارهای پیش‌بینی‌پذیری و پایداری، مشاهده می‌شود که ریسک‌های محیطی (تغییرات آب‌وهوایی و رویدادهای طبیعی) و ریسک‌های تکنولوژیک (پایداری زیرساخت و نوسانات بازار) معمولاً پیش‌بینی‌پذیری کمتری دارند و باعث کاهش پایداری می‌شوند. ریسک‌های اجرایی (نقض حریم خصوصی و امنیت داده‌ها) به دلیل پیچیدگی مسائل قانونی و واکنش‌های مختلف در شرایط مختلف، نیز پیش‌بینی‌پذیری کمتری دارند.

در رول آپ، با توجه به معیارهای هزینه کاهش و مقاومت، ریسک‌های سایبری و قانونی نیازمند هزینه‌های بیشتری برای مدیریت و کاهش هستند. برای مثال، در ریسک‌های سایبری، هزینه‌های بالایی برای تأمین امنیت سایبری و پشتیبانی‌های سیستم‌های مقابله با نقص لازم است. همچنین، در زمینه ریسک‌های قانونی، برای جلوگیری از خطاهای سیستمی و قطع ارتباطات هزینه‌های مرتبط با اجرای قوانین و مقررات و استانداردهای امنیتی قابل توجه است.

در دریل داون، در تحلیل معیارهای اثرگذاری محیطی و وابستگی زیرساختی، ریسک‌های محیطی و تکنولوژیک بر اثرات محیطی و زیرساخت‌ها اثرگذاری بالایی دارند. برای مثال، تغییرات آب و هوایی می‌تواند بر محیط فیزیکی تأثیر بگذارند و به پایداری زیرساخت‌های یک مجموعه تجاری آسیب برساند. همچنین، نوسانات بازار و تغییرات تکنولوژیک بر وابستگی به زیرساخت‌های دیجیتالی و تکنولوژی‌های مدرن تأثیر مستقیم دارند و در بلندمدت می‌توانند موجب ایجاد وابستگی بیشتر شوند. نهایتاً، ریسک‌های سایبری و تکنولوژیک از مهم‌ترین و پرهزینه‌ترین ریسک‌ها در بین دیگر انواع ریسک‌ها به‌شمار می‌آیند. این ریسک‌ها به دلیل وابستگی به زیرساخت‌های فناوری و پیچیدگی در پیش‌بینی و مقابله با آن‌ها، نیازمند تلاش‌های مداوم در جهت کاهش و مقابله هستند. در کنار آن‌ها، ریسک‌های محیطی و قانونی نیز بر پایداری و ایمنی محیطی تأثیر منفی داشته و می‌توانند تهدیدی برای زیرساخت‌ها باشند. در انتها مطابق جدول شماره هشت، خلاصه نتایج به‌دست آمده از تحلیل ریسک‌ها، به‌وسیله یک سیستم توصیه خودکار مدیریت به انتخاب استراتژی مقابله خواهیم رسید.

نتایج پژوهش با مطالعات پیشین در زمینه طراحی هوشمند مجتمع‌های تجاری و مدیریت ریسک در صنعت ۶۰، مقایسه شد. یافته‌ها نشان داد که مدل حاضر در مقایسه با روش‌های سنتی میانگین دقت بالاتر ($RMSE = 0.004$) و کاهش هزینه‌های طراحی تا ۲۲٪ داشته و از نظر دقت و کارایی با تحقیقات مشابه همخوانی دارد. نتیجه‌گیری پژوهش علاوه بر نوآوری علمی، کاربردی و قابل اجرا در پروژه‌های واقعی است.

جداول و نمودارهای ارائه‌شده در مقاله شامل تحلیل مؤلفه‌های اصلی ریسک، ساختار OLAP، و خروجی شبکه عصبی هستند که نتایج محاسبات، ضرایب آماری و شاخص‌های عملکرد مدل را

به صورت کمی نمایش می‌دهند. تمامی داده‌ها با فرمول‌های استاندارد نرمال‌سازی، RMSE، واریانس، تکنیک دلفی محدود، وزن‌دهی تاپسیس تحلیل شده‌اند که کفایت و دقت ارائه را تضمین می‌کند.

پیشنهاد‌های ارائه‌شده مستقیماً از تحلیل داده‌های OLAP و نتایج مدل هوش مصنوعی استخراج شده‌اند که شامل بهینه‌سازی چیدمان فضایی، کاهش هزینه‌های اجرایی، افزایش بهره‌وری انرژی و مدیریت ریسک چندبعدی هستند که هر یک مبتنی بر یافته‌های تجربی مدل و آزمون‌های آماری مانند ANOVA، رگرسیون چندمتغیره و همبستگی پیرسون ارائه شده که مبتنی بر نتایج کمی و کیفی پژوهش می‌باشند.

محدودیت تحقیق شامل دسترسی به داده‌های عمیق و کلان بوده و در صورت دسترسی به این داده‌ها امکان تحلیل دقیق‌تر فراهم خواهد آمد همچنین ریسک‌ها باید به صورت پیوسته و متناسب به شرایط به روز گردد لذا به محققین توصیه می‌شود برای مطالعات آتی شرایط را نیز در تحقیق مد نظر داشته باشند.

داده‌های شبیه‌سازی‌شده در محیط Python و Power BI با رعایت استانداردهای اخلاق پژوهش و بدون دخالت اطلاعات شخصی تولید شده‌اند.

۶- تشکر و سپاسگزاری

پژوهشگران از کلیه افرادی که در گردآوری داده‌ها و انجام مراحل این پژوهش مشارکت داشتند، صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند. حمایت‌های فکری، راهنمایی‌های تخصصی و همکاری‌های عملی همکاران و نهادهای مرتبط، امکان تکمیل این تحقیق را فراهم آورد. امید است؛ نتایج این مطالعه گامی در جهت پیشبرد دانش و کاربردهای عملی در حوزه مربوطه باشد و توفیق روزافزون همه دست‌اندرکاران در عرصه علم و عمل را آرزو می‌کنیم.

۷- تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

- Afzal, F., Yunfei, S., Nazir, M., Bhatti, S. M. (2021). A Review of Artificial Intelligence Based Risk Assessment Methods for Capturing Complexity-Risk Interdependencies: Cost Overrun in Construction Projects. *Int. J. Manag. Proj. Bus.*, 14, 300–328.
<https://doi.org/10.1108/IJMPB-02-2019-0047>.
- Akbari, S. , Khanzadi, M. , Gholamian, M. R. (2018). Building a Rough Sets-Based Prediction Model for Classifying Large-Scale Construction Projects Based on Sustainable Success Index. *Eng. Constr. Archit. Manag.*, 25, 534–558.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2016-0110>
- Ali, R., Mounir, G., Balas, V. E., Nissen, M. (2017). Fuzzy Evaluation Method for Project Profitability. *Adv. Intell. Syst. Comput.*, 512, 17–27. *Syst. Comput.* 2017, 512, 17–
https://doi.org/۲-۲۵۹۹۱-۳۱۹-۳-۹۷۸/۱۰/۱۰۰۷_۲
- Aljebory, K. M., & QaisIssam, M. (2019). Developing AI based scheme for project planning by expert merging Revit and Primavera software. In 2019 16th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD) (pp. 404-412). IEEE.
<https://doi.org/10.3390/app13085014>.
- Babkin, A., & Shkarupeta, E. (2024). Industry 6.0: Essence, new trends and opportunities for Russia. In K. K. Reddy, S. Doss, L. Pamulaparty, K. Lippert, & R. Doshi (Eds.), *Industry 6.0: Technology, practices, challenges, and applications* (pp. xx-xx). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003517993>.
- Baghalzadeh Shishehgarkhaneh, M., Moehler, R. C., Fang, Y., Aboutorab, H., & Hijazi, A. A. (2024). Construction supply chain risk management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(1), 100253.
<https://doi.org/10.1016/j.coneng.2024.100253>.
- Boejko, W., Hejducki, Z., Wodecki, M. (2012). Applying Metaheuristic Strategies in Construction Projects Management. *Vilnius Gedim. Tech. Univ.*, 18, 621–630.
<https://doi.org/10.3846/13923730.2012.719837>.
- Breque, M., De Nul, L., Petrides, A. (2021). European Commission. Directorate-General for Research and Innovation. In *Industry 5. 0: Towards a Sustainable, Human-Centric and Resilient European Industry*; European Commission, Directorate-General for Research and Innovation: Publications Office of the European Union.

- Chaphalkar, N. B., Iyer, K. C., Patil, S. K., (2015). Prediction of Outcome of Construction Dispute Claims Using Multilayer Perceptron Neural Network Model. *Int. J. Proj. Manag.*, 33, 1827–1835.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.09.002>
- Cheng, M.Y., Cao, M.T., Jaya Mendrofa, A.Y., (2020). Dynamic Feature Selection for Accurately Predicting Construction Productivity Using Symbiotic Organisms Search-Optimized Least Square Support Vector Machine. *J. Build. Eng.*, 35, 101973.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101973>.
- Cheng, M. Y., Cao, M. T., Jaya Mendrofa, A. Y., (2021). Dynamic Feature Selection for Accurately Predicting Construction Productivity Using Symbiotic Organisms Search-Optimized Least Square Support Vector Machine. *J. Build. Eng.*, 35, 101973.
[DOI:10.1016/j.jobe.2020.101973](https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101973).
- Chethana and Shaik, Meeravali and Pareek, Piyush, Artificial Intelligence Applications for Process Optimization in Small Software Firms (June 1, 2023). SSRN:
<https://ssrn.com/abstract=4466032> or <https://doi.org/10.2139/ssrn.4466032>
- Chiu, N. H., (2011). Combining Techniques for Software Quality Classification: An Integrated Decision Network Approach. *Expert. Syst.*, 38, 4618–4625.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.136>.
- Choetkiertikul, M., Dam, H. K., Tran, T., & Ghose, A. (2015). Predicting delays in software projects using networked classification (t). In 2015 30th IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE) (pp. 353-364). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ASE.2015.55>.
- Choi, S. W., Lee, E. B., Kim, J. H. (2021). The Engineering Machine-Learning Automation Platform (EMAP): A Big-Data-Driven AI Tool for Contractors' Sustainable Management Solutions for Plant Projects. *Sustainability*, 13, 10384.
<https://doi.org/10.3390/su131810384>.
- Chou, J. S., Cheng, M. Y., Wu, Y. W. (2013). Improving Classification Accuracy of Project Dispute Resolution Using Hybrid Artificial Intelligence and Support Vector Machine Models. *Expert. Syst. Appl.*, 40, 2263-2274.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.036>.
- Chou, J. S., Cheng, M. Y., Wu, Y. W., Pham, A. D. (2014). Optimizing Parameters of Support Vector Machine Using Fast Messy Genetic Algorithm for Dispute Classification. *Expert. Syst. Appl.*, 41, 3955–3964.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-31964-9_22.
- Chou, J. S., Lin, C. W., Pham, A. D., Shao, J. Y. (2015). Optimized Artificial Intelligence Models for Predicting Project Award Price. *Autom. Constr.*, 54, 106–115.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.02.006>.

- Chunying, Z., & Weiqing, G. (2009). Risk management based on data warehouse of securities companies. *Journal Name, Proceedings of 2009 4th International Conference on Computer Science & Education Volume (Issue 978-1-4244-3521-0/09/\$25.00 ©2009 IEEE)*, pages 819- 822. [DOI:10.1109/ICCSE.2009.5228164](https://doi.org/10.1109/ICCSE.2009.5228164).
- Dai, J., Wang, D., Yang, X., & Wei, X. (2016). Design and implementation of a group decision support system for university innovation projects evaluation. In *2016 11th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)* (pp. 148-151). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2016.7581571>.
- Das, O., Zafar, M. H., Sanfilippo, F., Rudra, S., & Kolhe, M. L. (2024). Advancements in digital twin technology and machine learning for energy systems: A comprehensive review of applications in smart grids, renewable energy, and electric vehicle optimisation. *Energy Conversion and Management: X*, 15, 100715. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100715>.
- Datta, S. D., Islam, M., Sobuz, M. H. R., Ahmed, S., & Kar, M. (2024). Artificial intelligence and machine learning applications in the project lifecycle of the construction industry: A comprehensive review. *Heliyon*, 10(5), e26888. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26888>.
- Duraiswamy, A., Selvam, G. (2022). An Ant Colony-Based Optimization Model for Resource-Leveling Problem. *Lect. Notes Civ. Eng.*, 191, 333–342. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0929-7_28.
- Endo, H., Kohda, Y. (2020). Case Study on Applicability of Artificial Intelligence for It Service Project Managers with Multi Value Systems In the Digital Transformation Era. *Adv. Intell. Syst. Comput.*, 1208, 278–288. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51057-2_39.
- Eswaran, U., Eswaran, V., Eswaran, V., & Murali, K. (2024). Empowering the factory of the future: Integrating artificial intelligence, machine learning, and IoT innovations in Industry 6.0. In *Evolution and Advances in Computing Technologies for Industry 6.0* (1st ed., pp. 21). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003503934>.
- Faghihi, V., Nejat, A., Reinschmidt, K. F., Kang, J. H. (2015). Automation in Construction Scheduling: A Review of the Literature. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 81, 1845–1856. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7076-8>.
- Fallahpour, A., Wong, K. Y., Rajoo, S., Olugu, E. U., Nilashi, M., Turskis, Z. (2020). A Fuzzy Decision Support System for Sustainable Construction Project Selection: An Integrated FPP-FIS Model. *J. Civ. Eng. Manag.*, 26, 247–258. <https://doi.org/10.3846/jcem.2020.12104>

- Fang, H. (2024). Research on refined management and project risk control strategies in whole process engineering consultation. *Proceedings of the 2024 International Conference on Educational Information Technology, Scientific Advances and Management (TSAM 2024)*, 6(2), 78. <https://doi.org/10.22158/mmse.v6n2p78>.
- Fang, Z., Xue, S., Zhou, Q., Cheng, C., Bai, Y., Huang, Z., Wang, J., Wang, R., Wang, Y., Wu, R., Rong, J., Hong, J., & Ding, T. (2024). Unveiling driving disparities between satisfaction and equity of ecosystem services in urbanized areas. *Resources, Environment and Sustainability*, 15, 100176. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2024.100176>.
- Fasanghari, M., Iranmanesh, S. H., Amalnack, M. S. (2015). Predicting the Success of Projects Using Evolutionary Hybrid Fuzzy Neural Network Method in Early Stages. *J. Mult. -Valued Log. Soft Comput.*, 25, 291–321. <https://doi.org/10.1142/S0219488715500193>.
- Gaitanidis, A., Vassiliadis, V., Kyriklidis, C., & Dounias, G. (2016). Hybrid evolutionary algorithms in resource leveling optimization: application in a large real construction project of a 50000 DWT ship. In *Proceedings of the 9th hellenic conference on artificial intelligence* (pp. 1-8). <https://doi.org/10.1145/2903220.2903227>.
- García, J. A. L., Peña, A. B., Pérez, P.Y.P., Pérez, R. B. (2017). Project Control and Computational Intelligence: Trends and Challenges. *Int. J. Comput. Intell. Syst.*, 10, 320–335. DOI:10.2991/ijcis.2017.10.1.22.
- Han, W., Jiang, L., Lu, T., Zhang, X. (2015). Comparison of Machine Learning Algorithms for Software Project Time Prediction. *Int. J. Multimed. Ubiquitous Eng.* 10, 1–8. <http://doi.org/10.14257/ijmue.2015.10.9.01>.
- Hassani, R., El Bouzekri El Idriss, Y. (2019). Proposal of a Framework and Integration of Artificial Intelligence to Succeed IT Project Planning. *Int. J. of Adv. Trends Comput. Sci. Eng.* 8(6):3396-3404. <http://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/114862019>.
- Hsu, H.C.; Chang, S.; Chen, C.C.; Wu, I.C. Knowledge-Based System for Resolving Design Clashes in Building Information Models. *Autom. Constr.* 2020, 110, 103001. <http://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.103001>.
- Kang, S., & Haas, C. T. (2018). Evaluating artificial intelligence tools for automated practice conformance checking. In *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction* (Vol. 35, pp. 1-8). IAARC Publications.
- Koulinas, G. K. , Anagnostopoulos, K. P. (2012). Construction Resource Allocation and Leveling Using a Threshold Accepting-Based

- Hyperheuristic Algorithm. *J. Constr. Eng. Manag.*, 138, 854–863.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000492](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000492).
- Kowalski, M., Zelewski, S., Bergenrodt, D., Klüpfel, H. (2012). Application of New Techniques of Artificial Intelligence in Logistics: An Ontology-Driven Case-Based Reasoning Approach. In *Proceedings of the ESM, Essen, Germany*, 22–24 October 2012.
<https://doi.org/10.24297/ijct.v3i2c.2898>.
- Kucharska, E., Dudek-Dyduch, E. (2014). Extended Learning Method for Designation of Co-Operation. *Lect. Notes Comput. Sci. (Incl. Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinform)*, 8615, 136–157.
http://doi.org/10.1007/978-3-662-44509-9_7.
- Lampe, B.; Meng, W. A (2023). survey of deep learning-based intrusion detection in automotive applications. *Expert Syst. Appl.* 2023, 221, 119771.
<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119771>.
- Li, X., Wang, C., Kassem, M. A., & Ali, K. N. (2024). Emergency evacuation of urban underground commercial street based on BIM approach. *Ain Shams Engineering Journal*.
<https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102633>.
- Liang, C.-J., Le, T.-H., Ham, Y., Mantha, B. R. K., Cheng, M. H., & Lin, J. J. (2024). Ethics of artificial intelligence and robotics in the architecture, engineering, and construction industry. *Automation in Construction*, 153, 105369.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105369>.
- Mahfouz, T., Kandil, A. (2012). Litigation Outcome Prediction of Differing Site Condition Disputes through Machine Learning Models. *J. Comput. Civ. Eng.* 26, 298–308.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000148](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000148).
- Mai, T. G., Nguyen, M., Ghobakhlou, A., Yan, W. Q., Chhun, B., & Nguyen, H. (2024). Decoding a decade: The evolution of artificial intelligence in security, communication, and maintenance within the construction industry. *Automation in Construction*, 153, 105522.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105522>.
- Mccarthy, J. (2007). What Is Artificial Intelligence?. *Means of Systematic Review. Br. J. Manag.*, 14, 207–222.
<http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/whatisai.Html>
- Miller, G. J. (2021). Artificial intelligence project success factors: Moral decision-making with algorithms. In *2021 16th conference on computer science and intelligence systems (fedcsis)* (pp. 379-390). IEEE.
<https://doi.org/10.15439/2021F26>.
- Ning, X., Qi, J., Wu, C., Wang, W. (2018). A Tri-Objective Ant Colony Optimization Based Model for Planning Safe Construction Site Layout. *Autom. Constr.*, 89, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.01.007>.

- Okudan, O., Budayan, C., Dikmen, I. (2021). A Knowledge-Based Risk Management Tool for Construction Projects Using Case-Based Reasoning. *Expert. Syst. Appl.*, 173, 114776.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114776>
- Pan, X., Shen, L., Zhong, B., Sheng, D., Huang, F., & Yang, L. (2023). Novel blockchain deep learning framework to ensure video security and lightweight storage for construction safety management. *Advanced Engineering Informatics*, 58, 102334.
<https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102334>.
- Perez Palha, R., Hüttel, R. M. C., & Costa e Silva, A. J. (2024). BIM interoperability for small residential construction integrating warranty and maintenance management. *Automation in Construction*, 157, 105639.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105639>..
- Poh, C. Q. X., Ubeynarayana, C. U., Goh, Y. M. (2018). Safety Leading Indicators for Construction Sites: A Machine Learning Approach. *Autom. Constr.*, 93, 375–386.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.03.022>.
- Pospieszny, P., Czarnacka-Chrobot, B., Kobylinski, A. (2018). An Effective Approach for Software Project Effort and Duration Estimation With Machine Learning Algorithms. *J. Syst. Softw.* 137, 184–196.
<https://doi.org/10.1016/j.jss.2017.11.066>.
- Rachman, V., & Ma'sum, M. A. (2017). Comparative analysis of ant colony extended and mix-min ant system in software project scheduling problem. In 2017 International Workshop on Big Data and Information Security (IWBIS) (pp. 85-91). IEEE.
- Raja, S. , Abirami, Muthuswamy, P. (2023). Industry 5. 0 or Industry 4. 0 S? Introduction to Industry 4. 0 and a peek into the prospective Industry 5. 0 technologies. *Int. J. Interact. Des. Manuf. IJIDeM*, 17, 947–979.
<https://doi.org/10.1007/s12008-023-01217-8>.
- Ravindra Sharma, V. Harish, & Geeta Rana. (2024). " Navigating Risk In The Age Of Artificial Intelligence: Assessing And Identifying Risks With AI Strategies",. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(4), 2130–2140.
<https://doi.org/10.53555/kuey.v30i4.1824>.
- Reddy, C. K. K., Doss, S., Pamulaparty, L., Lippert, K., & Doshi, R. (Eds.). (2024). *Industry 6.0: Technology, practices, challenges, and applications* (1st ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003517993k>.
- Relich, M. , Nielsen, I. (2021). Estimating Production and Warranty Cost at the Early Stage of a New Product Development Project. *IFAC-Papers OnLine*, 54, 1092-1097. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.128>.

- Salama, D. A., El-Gohary, N. M. (2013). Automated Compliance Checking of Construction Operation Plans Using a Deontology for the Construction Domain. *J. Comput. Civ. Eng.*, 27, 681–698.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000298](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000298).
- Salepçioğlu, M. A. (2021). Artificial and remote management model: Industry 6.0 increased virtual and artificial audit. *Pressacademia*, 13(1), 114–115.
<https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1441>.
- Samokhvalov, Y. (2019). Construction of the Job Duration Distribution in Network Models for a Set of Fuzzy Expert Estimates. *Adv. Intell. Syst. Comput.*, 1020, 110–121.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-26474-1_8.
- Shafik, W. (2024). Artificial intelligence and internet of things roles in sustainable next-generation manufacturing: An overview of emerging trends in Industry 6.0. In *Sustainable Innovation for Industry 6.0* (pp. 33). IGI Global.
<https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3140-8.ch012>
- Subbiah, P., Tyagi, A. K., & Mazumdar, B. D. (2024). The future of manufacturing and artificial intelligence: Industry 6.0 and beyond. In *Industry 4.0, Smart Manufacturing, and Industrial Engineering* (pp. 16). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003473886>.

COPYRIGHTS

© 2025 by the authors. Published by Islamic Azad University, Dehaghan Branch. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

