KMAN PUBLISHING INSTITUTE
Journal Website

Article history:
Received 25 February 2024
Revised 04 May 2024
Accepted 19 May 2024
Published online 30 May 2024

Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management

Volume 3, Issue 1, pp 169-182

E-ISSN: 3041-8585

Application of Artificial Intelligence in the Smartification of the Construction Industry (Engineering, Design, and Building Facade Execution Companies)

Mohammad Hossein. Mahmoudi Sari[1], Reza. Namdar[2*]

[1] Associate Professor, Architectural Technology Department, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tehran University of Art, Tehran, Iran
[2] Master's Student in Project and Construction Management, Architectural Technology Department, Faculty of Architecture and Urban Planning, Tehran University of Art, Tehran, Iran

*** Corresponding author email address**: re.namdar@gmail.com

A r t i c l e I n f o

Article type:
Original Research

How to cite this article:
Mahmoudi Sari, M. H., & Namdar, R. (2024). Application of Artificial Intelligence in the Smartification of the Construction Industry (Engineering, Design, and Building Facade Execution Companies). *Journal of Technology in Entrepreneurship and Strategic Management*, *3*(1), 169-182.

© 2024 the authors. Published by KMAN Publication Inc. (KMANPUB), Ontario, Canada. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

A B S T R A C T

Given the rapid advancements in AI, it is expected that its role in the smartification of buildings will continue to expand and bring more benefits. Therefore, this study focuses on examining the application of artificial intelligence in the smartification of the construction industry, particularly in engineering, design, and building facade execution companies. The statistical population of this study comprises all managers in engineering, design, and building facade construction companies, with 150 individuals randomly selected based on Cochran's formula. A researcher-developed questionnaire consisting of 40 questions relevant to the topic was used as the data collection tool. The collected data were assessed and evaluated using SPSS software, LISREL, and the structural equation modeling method (PLS). The results indicate a positive and significant role of artificial intelligence in the smartification of the industry. Furthermore, the results identify eight factors—performance indicators, safety and supervision indicators, challenge and obstacle indicators, management and interactive indicators, educational and developmental indicators, technical indicators, legal and regulatory indicators, and financial and economic indicators—as significant in demonstrating the application of artificial intelligence in the smartification of the construction industry, with their significant effects also confirmed.

Keywords: *Artificial Intelligence, Smartification, Construction Industry, Engineering Design Companies.*

Introduction

The rapid advancements in artificial intelligence (AI) have transformed various industries, including the construction sector. AI's integration into building smartification processes promises numerous benefits, such as enhanced efficiency, safety, and cost-effectiveness (Holzmann, 2022). This study focuses on the application of AI in the smartification of the construction industry, specifically within engineering design and building facade execution companies. The primary objective is to explore the role of AI in this sector and identify key factors that influence its implementation and effectiveness.

Methods and Materials

This research employs a quantitative approach, utilizing a survey methodology to gather data from industry professionals. The target population includes all managers in engineering design and building facade construction companies. Using Cochran's formula, a sample size of 150 managers was randomly selected to ensure representativeness. A researcher-developed questionnaire comprising 40 questions was used as the primary data collection tool. The questions were designed to cover various aspects of AI application in the construction industry, including performance, safety, management, and economic indicators.

To validate the questionnaire, feedback from 25 academic experts and industry specialists was incorporated, ensuring both content validity and reliability. A pilot study with 40 respondents was conducted to test the questionnaire, resulting in a Cronbach's alpha score that confirmed its reliability. The final data were analyzed using SPSS and LISREL software, employing Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM) to evaluate the relationships between variables (Hair et al., 2016).

Findings and Results

The analysis revealed a positive and significant impact of AI on the smartification of the construction industry. The study identified eight critical factors that influence AI application in this context:

Performance Indicators: AI significantly improves project efficiency, reduces costs, and shortens project completion times while enhancing quality and energy efficiency.

Safety and Supervision Indicators: AI enhances safety by enabling better hazard identification, prevention, and automated supervision.

Challenge and Obstacle Indicators: High implementation costs, lack of expertise, resistance to change, and initial expenses are major barriers to AI adoption in the construction industry.

Management and Interactive Indicators: AI improves communication and coordination among teams, enhances customer interactions, and supports workforce training and empowerment.

Educational and Developmental Indicators: Collaboration between industry and academia, basic AI training for employees, and awareness programs are essential for successful AI implementation.

Technical Indicators: Advanced AI technologies such as machine learning and computer vision are crucial for smart building applications, but technical challenges must be addressed.

Legal and Regulatory Indicators: Clear regulations, data privacy, and security standards are necessary to ensure the safe and effective use of AI in construction.

Financial and Economic Indicators: Evaluating the cost-benefit ratio, ensuring a return on investment, and developing new business models are critical for the financial viability of AI projects.

Descriptive statistics indicated that 70% of the respondents were male, with 65% holding a master's degree, 25% a doctorate, and the remaining 10% a bachelor's degree. Over 50% of the respondents had more than 20 years of experience in the industry, with varying levels of familiarity with AI (40% moderate, 30% none, 30% advanced).

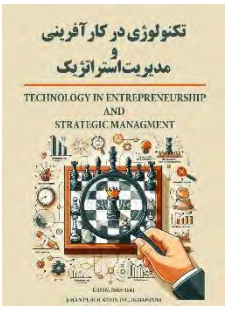
Conclusion

The findings suggest that AI plays a crucial role in the smartification of the construction industry, offering significant improvements in efficiency, safety, and cost management. However, successful implementation requires overcoming challenges such as high costs, lack of expertise, and resistance to change. The study highlights the importance of regulatory frameworks, technical infrastructure, and continuous education to support AI adoption. Collaboration among stakeholders, including government, educational institutions, technology companies, and construction firms, is essential to drive innovation and efficiency in the industry.

Future research should focus on longitudinal studies to track the long-term impact of AI on the construction industry and explore emerging AI technologies that can further enhance smartification efforts. This study contributes to the growing body of knowledge on AI applications in construction, providing valuable insights for industry practitioners and policymakers.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

E-ISSN: 3041-8585



شاپای الکترونیکی: ۸۵۸۵-۳۰۴۱

تکنولوژی در کارآفرینی و مدیریت استراتژیک

دوره ۳، شماره ۱، صفحه ۱۸۲-۱۶۹

MAN PUBLISHING INSTITUTE

وبسایت مجله

تاریخچه مقاله
دریافت شده در تاریخ ۰۷ اسفند ۱۴۰۲
اصلاح شده در تاریخ ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۳
پذیرفته شده در تاریخ ۳۰ خرداد ۱۴۰۳
منتشر شده در تاریخ ۱۰ خرداد ۱۴۰۳

کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت (شرکتهای مهندسی، طراحی و اجرای نمای ساختمان)

محمد حسین محمودی ساری [۱]، رضا نامدار [۲*]

۱. دانشیار گروه فناوری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت پروژه و ساخت، گروه فناوری معماری، دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر تهران، تهران، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: re.namdar@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله
پژوهشی اصیل

نحوه استناد به این مقاله:
محمودی ساری، محمد حسین.، و نامدار، رضا. (۱۴۰۳). کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت (شرکتهای مهندسی، طراحی و اجرای نمای ساختمان). *تکنولوژی در کارآفرینی و مدیریت استراتژیک*، ۳(۱)، ۱۸۲-۱۶۹.

© ۱۴۰۳ تمامی حقوق انتشار این مقاله متعلق به نویسنده است. انتشار این مقاله به‌صورت دسترسی آزاد مطابق با گواهی (CC BY-NC 4.0) صورت گرفته است.

چکیده

با توجه به پیشرفت‌های روزافزون در زمینه AI، انتظار می‌رود که نقش آن در هوشمندسازی ساختمان‌ها همچنان گسترش یابد و مزایای بیشتری را به ارمغان بیاورد. از این‌رو در این مطالعه بررسی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت و در شرکت‌های مهندسی، طراحی و اجرای نمای ساختمان هدف اصلی این مطالعه قرار گرفته است. جامعه آماری این مطالعه را کلیه مدیران در شرکت‌های مهندسی، طراحی و ساخت نما ساختمان تشکیل می‌دهد که ۱۵۰ نفر از میان آنها بر اساس فرمول کوکران و به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند. پرسشنامه‌ای محقق ساخته مشتمل بر ۴۰ سؤال متناسب با موضوع ابزار جمع‌آوری اطلاعات بوده و داده‌های جمع آوری شده نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS و لیزرل و روش معادلات ساختاری (PLS) مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفته است. نتایج بدست‌آمده حاکی از نقش مثبت و معنی دار هوش مصنوعی بر هوشمندسازی صنعت است. همچنین بر اساس نتایج، عوامل هشت‌گانه شاخص‌های عملکردی، شاخص‌های ایمنی و نظارت، شاخص‌های چالشی و موانع، شاخص‌های مدیریتی و تعاملی، شاخص‌های آموزشی و توسعه‌ای، شاخص‌های فنی، شاخص‌های قانونی و مقرراتی و شاخص‌های مالی و اقتصادی به عنوان شاخص‌هایی هستند که بیانگر کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت شناسایی شده و اثر معنی دار آنها نیز تأیید شده است.

کلیدواژگان: *هوش مصنوعی، هوشمندسازی، صنعت ساخت، شرکت‌های مهندسی طراحی نما.*

مقدمه

با گذر زمان، تغییرات بسیار زیاد و سریعی به وجود می‌آید و در این زمینه هیچ پدیده‌ای نمی‌تواند ایستا باشد و تثبیت شده بر جای خود قرار گیرد. علوم مختلف، دانش ها، ارتباطات فردی و اجتماعی جوامع، ارتباطات جوامع با یکدیگر، سبک زندگی، اشیای مورد استفاده انسانی و افکار، عقاید، قوانین، ارزش ها، نگرش ها، بینش ها، هنجارها و ...، همه در حال تغییر و دگرگونی هستند (Holzmann, 2022). بعد از انقلاب صنعتی که فناوری های نوین به صنایع وارد شدند، این روند به طور مداوم ادامه پیدا کرد، بطوری که تمامی اجزای زندگی امروزی انسانها وابسته به فناوری های نوین و برتر است. ورود فناوری های جدید تنها منابع تولیدی را تحت تأثیر قرار ندادند، بلکه این فناوری های نوین و جدید، صنعت ساختمان را نیز تحت تأثیر خود قرار داده است. به طوری که امروزه در بیشتر ساختمانهای ساخته شده گوشه‌ای از این فناوری ها را استفاده کرده اند (مانند سیستم های اعلان حریق، سیستم های دزدگیر و ...). این فناوری ها علاوه بر آسایش و امنیت و راحتی که برای ساکنان آن فراهم می‌کند، از مصرف ناخواسته انرژی در ساختمان جلوگیری می‌نماید. این فناوری‌ها را امروزه به نام ساختمان های هوشمند می‌شناسند و ساختمان هوشمند، ساختمانی است که به ساکنین آن راحتی، امنیت، آسایش را هدیه می‌دهد و از اتلاف انرژی جلوگیری می‌کند. هوشمند سازی ساختمان همه بخش‌های مختلف یک ساختمان را در برمی گیرد: بخش های مکانیکی ساختمانی، کنترل و مدیریت امنیت نور، نگهداری و تعمیرات، شبکه های محلی مدیریت انرژی و ... (Razi, 2023). فلسفه اصلی تکنولوژی ساختمان هوشمند بر اساس محوریت بخشیدن به شخص استفاده کننده و نیازهای او پایه‌ریزی شده و در نهایت هدف، افزایش آگاهی انسان برای استفاده از اینگونه ساختمانها و رفاه و آرامش بیشتر وی است (Takhmasib, 2023; Taleshalipour, 2024). به عنوان نمونه، طالش علیپور و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه خود به دنبال بررسی مزایای بهره‌مندی از سیستم قراردادی هوشمند در پروژه‌های ساخت و ساز، نشان می‌دهند که از میان مزایای مختلف استفاده از این قراردادها، میانگین اندازه اثر مدیریت منسجم، عامل فرایندهای مالی، افزایش رقابت و ارتقای زنجیره تأمین معنادار می‌باشند (Taleshalipour, 2024). مجتبوی و ارغوانی (۱۴۰۲) به شناخت مصالح هوشمند و بررسی تأثیرات آن در ایجاد آسایش برای ساکنان پرداخته‌اند و این نتیجه حاصل شده است که مصالح هوشمند به دو دسته مصالح تغییر خصوصیات دهنده و مصالح تغییر انرژی‌دهنده تقسیم می‌شوند که نسبت به تغییرات در محیط پیرامون خصوصیت واحدی دارند و واکنش مؤثری نشان می‌دهند. این واکنش، کاهش هزینه‌های ساختمان، جلوگیری از اتلاف انرژی، کنترل دید و ... را در پی دارد و موجب ایجاد تنوع، ارتقای کیفیت فضا و افزایش آسایش ساکنان می‌شود (Mojtabavi, 2023). Ejidike & Modupe (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای نشان دادند که مصرف انرژی کارآمد، نگهداری و بهره برداری مقرون به صرفه ساختمان، ایجاد شغل، مدیریت مراقبت های بهداشتی، نظارت در زمان واقعی، ایمنی و امنیت از جمله مزایای فناوری‌های ساختمان هوشمند (SBTs) هستند (Ejidike, 2023).

از سوی دیگر، هوش مصنوعی[1] نیز امروزه مانند هوشمندسازی از پدیده‌های نوظهوری است که توانسته به شدت در زندگی بشری تاثیرگذار باشد. هوش مصنوعی دگرگونی های عجیبی را به وجود آورده است (Almaz, 2024; De Kleijn, 2022; Egwim, 2023; Halhoul Merabet, 2021; Holzmann, 2022; Rabbi, 2024; Rampini, 2022; Razi, 2023; Saleh, 2019; Takhmasib, 2023). کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان نیز منجر به تولید سازه‌ای ایمن‌تر، کارآمدتر و کم هزینه‌تر شده است. صنعت ساختمان سازی، بخش قابل توجهی از اقتصاد هر کشور را تامین می‌کند (Almaz, 2024). به همین دلیل رشد و توسعه آن در تمام مراحل، اهمیت بسیار زیادی دارد و موجب رشد اقتصاد می‌شود. یکی از راه‌هایی که موجب رشد این صنعت می‌شود، استفاده از هوش مصنوعی در جنبه های

[1] Artificial Intelligence

E-ISSN: 3041-8585

مختلف ساخت و ساز است. این فناوری به هر عرصه**ای** که وارد شود، تحولات زیادی ایجاد کرده و باعث سرعت بخشیدن به آن **می**شود. اگرچه مطالعات متعددی در زمینه هوشمندسازی ساختمان‌ها و استفاده از هوش مصنوعی انجام شده است، اما عموم مطالعات انجام شده در این حوزه به صورت نظری این موضوع را مورد بررسی قرار داده‌اند، در حالی که در این مطالعه به صورت کمی و پیمایشی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت مورد بررسی و کنکاش قرار می‌گیرد. بنابراین، بررسی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت هدف اصلی این مطالعه قرار گرفته است.

روش پژوهش

این مطالعه با توجه به ماهیت و هدف آن که بررسی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت در **شرکت‌ها**ی مهندسی، طراحی و اجرای نمای ساختمان است، از نظر هدف کاربردی و از جنبه جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز در قسمت ادبیات موضوع کتابخانه‌ای و در بخش تحلیل داده‌ها پیمایشی است و از پرسشنامه و بررسی اسناد و مدارک برای جمع آوری اطلاعات استفاده می‌کند. جامعه آماری این پژوهش را کلیه مدیران در **شرکت‌ها**ی مهندسی، طراحی و ساخت نما ساختمان تشکیل می‌دهند. برای تعیین حجم نمونه از فرمول نمونه گیری کوکران استفاده شده است. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران ۱۱۱ نفر و با در نظر گرفتن دقت احتمالی (۰/۷) و مقادیر P و q به ترتیب برابر با ۰/۹۵ و ۰/۱۵ (به دلیل یکسان بودن جامعه آماری از نظر مشخصات دموگرافیک) محاسبه شده است. برای جبران پرسشنامه های ناقص احتمالی، تعداد پرسشنامه‌ها به ۱۵۰ پرسشنامه افزایش یافت. نمونه‌گیری از مدیران **شرکت‌ها**ی مهندسی به شیوه‌ای انجام شده است که اطمینان حاصل شود نمونه نماینده جامعه است. بدین منظور دو شرط اساسی در نمونه‌گیری یعنی کافی بودن حجم نمونه و یکسان بودن احتمال انتخاب هر یک از مدیران به عنوان نمونه، رعایت شده است. در این مطالعه جهت جمع‌آوری اطلاعات از پرسشنامه‌هایی محقق ساخته استفاده شده است که بر اساس پژوهش‌ها و سایر مطالعات انجام شده تهیه شده است. برای احراز روایی و پایایی پرسشنامه از نظرات ۲۵ نفر از اساتید مجرب دانشگاهی، کارشناسان و متخصصین این حوزه استفاده شده و پیشنهادات اصلاحی این گروه اعمال شده و سپس پرسشنامه‌های نهایی تدوین شده است. با تعیین میزان شاخص روایی محتوایی[1] (CVI) پرسشنامه‌های نهایی، اعتبار آن مورد تأیید قرار گرفته است. هم‌چنین با توزیع آزمایشی پرسشنامه در یکی از **شرکت‌ها**ی مهندسی، طراحی و ساخت نما ساختمان در یک نمونه اولیه شامل ۴۰ پرسشنامه و با استفاده از داده‌های بدست‌آمده و نرم‌افزار SPSS ضریب اعتماد با توجه به ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شده و پایایی آن مورد تأیید قرار گرفته است[2].

یافته‌ها

شاخص‌های شناسایی شده بر اساس ادبیات موجود به شرح ذیل می‌باشد. لازم به ذکر است که ابتدا ۵۰ شاخص در این حوزه از طریق مطالعه منابع موجود شناسایی شد که توسط ۱۲ کارشناس خبره مورد بررسی قرار گرفته و بعد از سنجش روایی و پایایی، برخی از شاخص‌ها حذف شده است. در این پژوهش ۴۰ شاخص جهت تدوین پرسشنامه نهایی مورد استفاده قرار گرفت.

[1] Content Validity Index

[2] شاخص روایی محتوایی برای همه سؤالات بالاتر از ۰/۸ به دست آمده است. ضریب آلفای کرونباخ پرسشنامه نیز برابر با ۰/۸۵۴ است.

جدول ۱

شاخص‌های شناسایی شده به جهت بررسی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت

ردیف	آگاهی و تجربه در مورد هوش مصنوعی
۱	سطح آشنایی با هوش مصنوعی
۲	میزان استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت پروژه و برنامه‌ریزی
۳	میزان استفاده از هوش مصنوعی در بخش ایمنی و نظارت
۴	میزان استفاده از هوش مصنوعی در بخش طراحی و مدل‌سازی
۵	میزان استفاده از هوش مصنوعی در بخش پایش و نگهداری
۶	میزان استفاده از هوش مصنوعی در بخش مدیریت زنجیره تأمین
۷	میزان استفاده از هوش مصنوعی در بخش کنترل کیفیت
۸	میزان استفاده از هوش مصنوعی در تعامل با مشتریان
۹	میزان استفاده از هوش مصنوعی در پیش‌بینی و تحلیل داده‌ها
۱۰	میزان استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت ریسک
	شاخص‌های عملکردی
۱	تأثیر هوش مصنوعی بر بهبود کارایی پروژه‌های ساخت
۲	تأثیر هوش مصنوعی بر کاهش هزینه‌های پروژه‌های ساخت
۳	تأثیر هوش مصنوعی بر کاهش زمان تکمیل پروژه‌ها
۴	تأثیر هوش مصنوعی بر بهبود کیفیت پروژه‌های ساخت
۵	تأثیر هوش مصنوعی بر کاهش مصرف انرژی پروژه‌های ساخت
	شاخص‌های ایمنی و نظارت
۱	تأثیر هوش مصنوعی بر ایمنی در پروژه‌های ساخت
۲	تأثیر کارایی سیستم‌های هوش مصنوعی در شناسایی و پیشگیری از خطرات احتمالی
۳	تأثیر کارایی نظارت و پایش خودکار در پروژه‌های ساخت و ساز
	شاخص‌های چالشی و موانع
۱	تأثیر هزینه‌های بالا در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۲	تأثیر تخصص کافی در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۳	تأثیر مقاومت در برابر تغییرات در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۴	تأثیر کاهش هزینه‌های اولیه بر پذیرش بیشتر هوش مصنوعی در صنعت ساخت
	شاخص‌های مدیریتی و تعاملی
۱	بهبود ارتباطات و هماهنگی بین تیم‌ها در پروژه‌های ساخت
۲	آمادگی نیروی کار فعلی در استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۳	آموزش و توانمندسازی کارکنان در پذیرش بیشتر هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۴	بهبود تجربه مشتریان و تعامل با آنها در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
	شاخص‌های آموزشی و توسعه‌ای
۱	نیاز به تغییرات فرهنگی برای پذیرش هوش مصنوعی
۲	بهبود استفاده از هوش مصنوعی در اثر همکاری بین صنعت ساخت و دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی
۳	تأثیر آموزش‌های مقدماتی در مورد هوش مصنوعی برای کارکنان صنعت ساخت
۴	تأثیر کارگاه‌های عملی و پروژه‌های مشترک در مورد هوش مصنوعی برای کارکنان
۵	تأثیر افزایش آگاهی و اطلاعات درباره مزایای هوش مصنوعی
	شاخص‌های فنی
۱	اهمیت فناوری‌های جدید هوش مصنوعی مانند یادگیری ماشینی، بینایی کامپیوتری، و ...
۲	تأثیر مشکلات فنی در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۳	بهبود زیرساخت‌های فنی

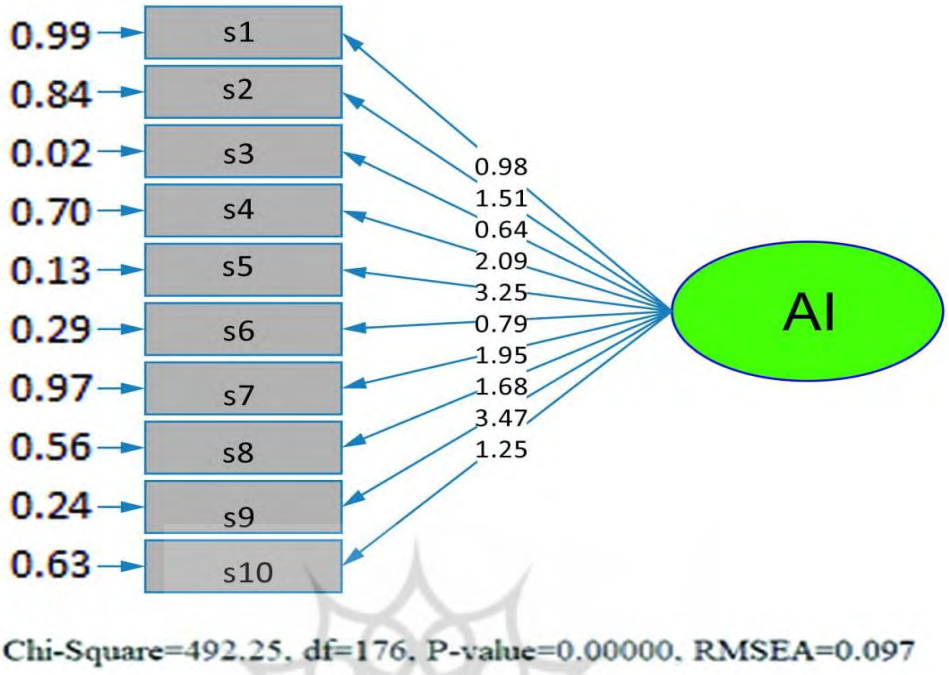
E-ISSN: 3041-8585

شاخص‌های قانونی و مقرراتی	
۱	تأثیر قوانین و مقررات بر استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۲	تأثیر تغییرات در سیاست‌گذاری‌ها در پذیرش هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۳	رعایت استانداردهای بین‌المللی و ملی در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۴	تأثیر نگرانی‌های امنیتی در استفاده از هوش مصنوعی در صنعت ساخت
شاخص‌های مالی و اقتصادی	
۱	میزان بازگشت سرمایه‌گذاری‌های انجام شده در حوزه هوش مصنوعی در صنعت ساخت
۲	بررسی هزینه‌ها و منافع استفاده از هوش مصنوعی در پروژه‌های ساخت

یافته‌های توصیفی این مطالعه در مورد ویژگی‌های جمعیت‌شناختی پاسخ‌دهنگان بیانگر این است که حدود ۷۰ درصد پاسخ‌دهندگان را آقایان تشکیل داده و درمیان پاسخ‌دهندگان بیشترین درصد به افراد دارای مدرک فوق لیسانس با حدود ۶۵ درصد اختصاص یافته است. ۲۵ درصد از پاسخ‌دهندگان دارای مدرک دکتری و مابقی دارای مدرک کارشناسی هستند. عمده‌ترین پاسخ‌دهندگان (بیش از ۵۰ درصد) دارای سابقه کاری بالای ۲۰ سال هستند و حدود ۴۰ درصد از آن‌ها در حد متوسط با هوش مصنوعی در صنعت ساخت آشنایی دارند، ۳۰ درصد هیچ آشنایی نداشته و میزان آشنایی ۳۰ درصد از آن‌ها در سطح پیشرفته است. شناسایی مولفه‌های مربوط به تأثیر هوش مصنوعی بر هوشمندسازی صنعت ساخت با استفاده از نرم افزار LESREL و روابط ساختاری خطی و تحلیل عاملی مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه بر اساس ادبیات موجود، عوامل هشت‌گانه شاخص‌های عملکردی، شاخص‌های ایمنی و نظارت، شاخص‌های چالشی و موانع، شاخص‌های مدیریتی و تعاملی، شاخص‌های آموزشی و توسعه‌ای، شاخص‌های فنی، شاخص‌های قانونی و مقرراتی و شاخص‌های مالی و اقتصادی به عنوان شاخص‌هایی هستند که جهت بررسی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت شناسایی شده‌اند. بدین منظور، برای بررسی کفایت نمونه و قابل اعتبار بودن نتایج، تحلیل عاملی ضریب کیسر میر و آزمون بارتلت محاسبه شده و برابر با ۰/۹۸۸ بدست آمده است. از آنجایی که این ضریب بالاتر از ۰/۶ و معنی دار است، می‌توان گفت در سطح خطای آلفا (۰/۰۵) ابزار دارای ابعاد درونی است و استناد به نتایج تحلیل عاملی امکان پذیر است. لذا کلیه سؤالات تحقیق برای آزمون تحلیل عاملی دارای اعتبار لازم می‌باشد. نتایج حاصل از تحلیل عامل تأییدی آگاهی از هوش مصنوعی در شکل ۱ و معنی داری آن در شکل ۲ ارائه شده است. ضریب بدست‌آمده برای همه شاخص‌ها مقادیری بالای ۰/۶ را به خود اختصاص داده‌اند که از نظر آماری نیز معنی‌دار هستند و ضرایب معنی‌داری آن‌ها در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. شاخص RMSEA بدست‌آمده برای متغیر آگاهی و تجربه استفاده از هوش مصنوعی برابر ۰/۰۸۹ است و بنابراین، می‌توان گفت مدل از برازندگی خوب و عالی برخوردار می‌باشد. یکی از شاخص‌های مهم در معادلات ساختاری شاخص RMSEA می‌باشد. بر اساس دیدگاه کلی مقدار این شاخص کوچکتر از ۰.۱ باشد برازندگی مدل بسیار عالی می‌باشد. اگر بین ۰.۱ و ۰.۵ باشد برازندگی مدل خوب است و اگر بین ۰.۵ و ۰.۸ باشد برازندگی مدل متوسط است. بر اساس خروجی نرم افزار لیزرل شاخص RMSEA برابر ۰/۰۹۷ می‌باشد که با توجه به مطالب گفته شده می‌توان گفت مدل از برازندگی خوب و عالی برخوردار می‌باشد. همچنین یکی از شاخص‌های عمومی برای به حساب آوردن پارامترهای آزاد در محاسبه شاخص های برازش شاخص خی-دو بهنجار است که از تقسیم ساده خی-دو بر درجه آزادی مدل محاسبه می‌شود. چنانچه این مقدار بین ۱ تا ۵ باشد مطلوب است. بر اساس نتایج خروجی نرم افزار این شاخص ۲/۷۹ بدست آمده که این مقدار نیز مناسب می‌باشد.

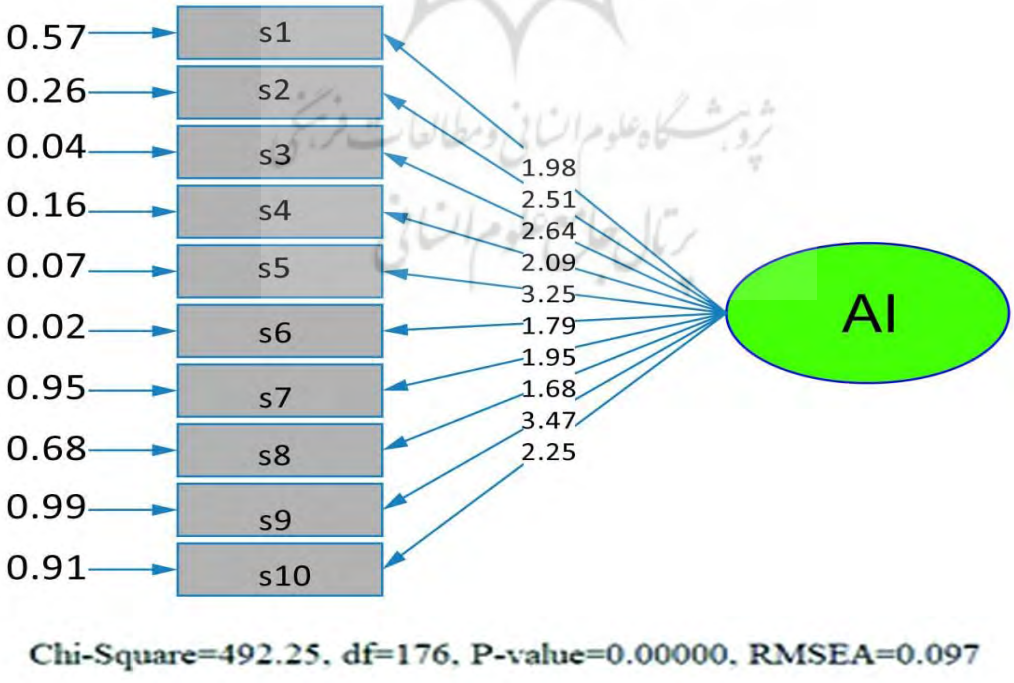
شکل ۱

تحلیل عامل تأییدی آگاهی و تجربه در استفاده از هوش مصنوعی



شکل ۲

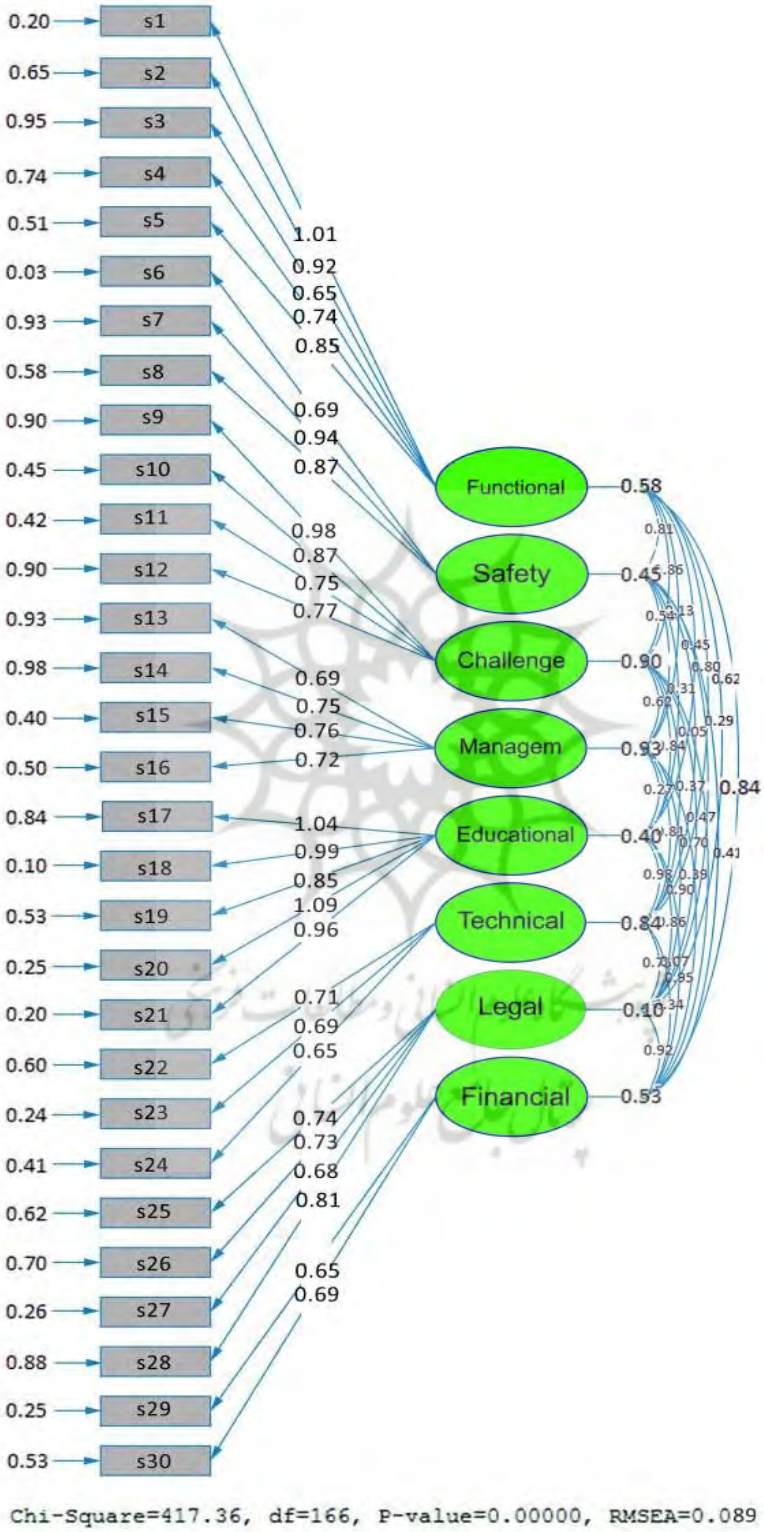
معنی داری تحلیل عامل تأییدی آگاهی و تجربه در استفاده از هوش مصنوعی



E-ISSN: 3041-8585

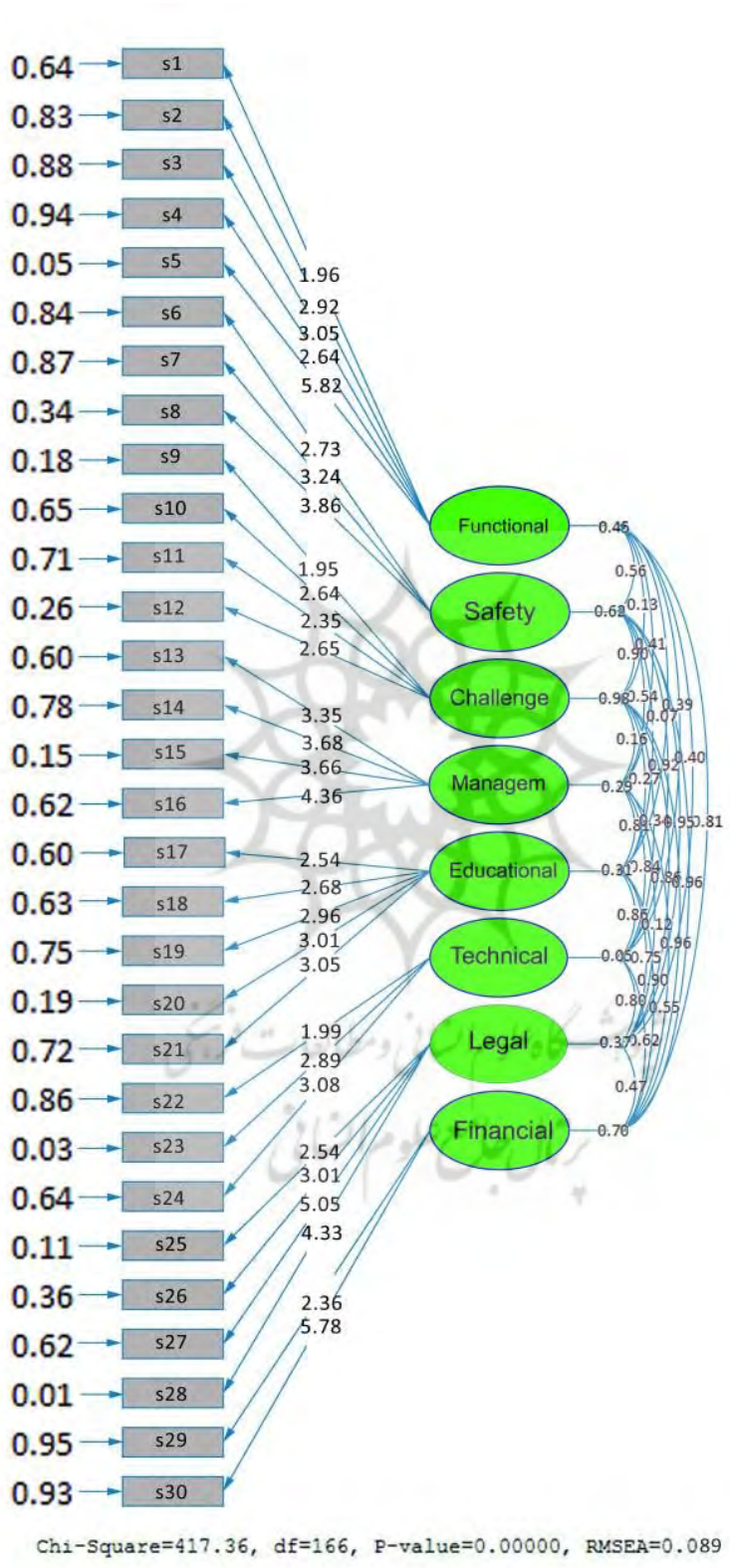
شکل ۳

معنی داری تحلیل عامل تأییدی آگاهی و تجربه در استفاده از هوش مصنوعی



شکل ۴

معنی داری تحلیل عامل تأییدی آگاهی و تجربه در استفاده از هوش مصنوعی



E-ISSN: 3041-8585

نتایج حاصل از تحلیل عامل تأییدی هوشمندسازی صنعت ساخت در شکل ۳ و معنی داری آن در شکل ۴ ارائه شده است. این نتایج نیز بیانگر آن است که شاخص‌های هشت‌گانه عملکردی، شاخص‌های ایمنی و نظارت، شاخص‌های چالشی و موانع، شاخص‌های مدیریتی و تعاملی، شاخص‌های آموزشی و توسعه‌ای، شاخص‌های فنی، شاخص‌های قانونی و مقرراتی و شاخص‌های مالی و اقتصادی و همچنین معنی‌داری همه گویه‌های مربوط به این شاخص‌ها نیز تأیید شده است. شاخص RMSEA بدست‌آمده برای هوشمندسازی صنعت ساخت برابر ۰/۰۸۹ است و بنابراین، می‌توان گفت مدل از برازندگی خوب و عالی برخوردار می‌باشد. شاخص خی-دو بهنجار نیز بر اساس نتایج برابر با ۲/۵۱ است که این مقدار نیز مناسب می‌باشد.

سایر شاخص های هر دو تحلیل عامل تأییدی در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار شاخص های مذکور باید در طیف (۱ تا ۰) قرار داشته باشند و هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشند مدل در وضعیت مناسب‌تری قرار دارد. مقدار این شاخص ها در پژوهش حاضر مناسب می‌باشد. بنابراین مدلهای عاملی تأییدی از این لحاظ نیز قابل پذیرش است. با توجه به اینکه شاخص‌های برازش مدل نشان‌دهنده برازش مناسب مدل می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که مدل مناسبی براورد شده و تناسب داده‌های گردآوری شده مطلوب است.

جدول ۲

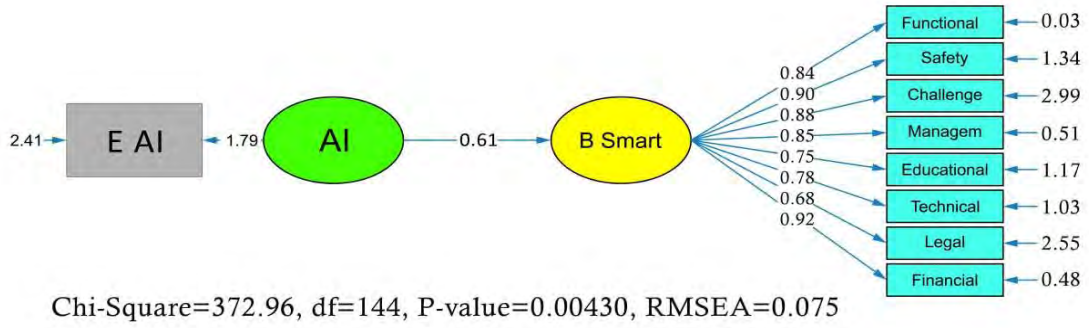
مقادیر شاخص‌های تحلیل عامل تأییدی آگاهی و تجربه در استفاده از هوش مصنوعی و هوشمندسازی صنعت ساخت

شاخص	شاخص‌های آگاهی و تجربه در استفاده از هوش مصنوعی	شاخص‌های هوشمندسازی صنعت ساخت
(کای دو بر درجه‌ی آزادی)	۲/۷۹	۲/۵۱
RMSEA (ریشه میانگین مربعات خطای برآورد)	۰/۰۹۷	۰/۰۸۹
CFI (برازندگی تعدیل یافته)	۰/۸۴	۰/۹۱
IFI (برازندگی فزاینده)	۰/۸۵	۰/۹۰
GFI (نیکویی برازش)	۰/۹۴	۰/۸۵
AGFI (نیکوئی برازش تعدیل یافته)	۰/۹۲	۰/۸۷
NFI (برازندگی نرم شده)	۰/۸۷	۰/۹۱
NNFI (برازندگی نرم نشده)	۰/۹۴	۰/۸۹

۱. نتایج حاصل از برازش نهایی مدل نیز در شکل ۵ و نتایج حاصل از معنی‌داری آن نیز در شکل ۶ ارائه شده است. بر اساس نتایج، ضریب بدست‌آمده برای کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت برابر با ۰/۶۱ و معنی‌داری آن نیز برابر با ۲/۶۷ است. شاخص RMSEA بدست‌آمده نیز برابر ۰/۰۷۵ است و شاخص خی-دو بهنجار نیز بر اساس نتایج برابر با ۲/۵۹ است که این مقدار نیز مناسب می‌باشد و می‌توان گفت مدل از برازندگی خوب و عالی برخوردار است. بنابراین، کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت، دارای اثری مثبت و معنی‌دار است. سایر شاخص‌های بدست‌آمده نیز در جدول ۳ نشان داده شده است و بیانگر مناسب بودن مدل برآورد شده است.

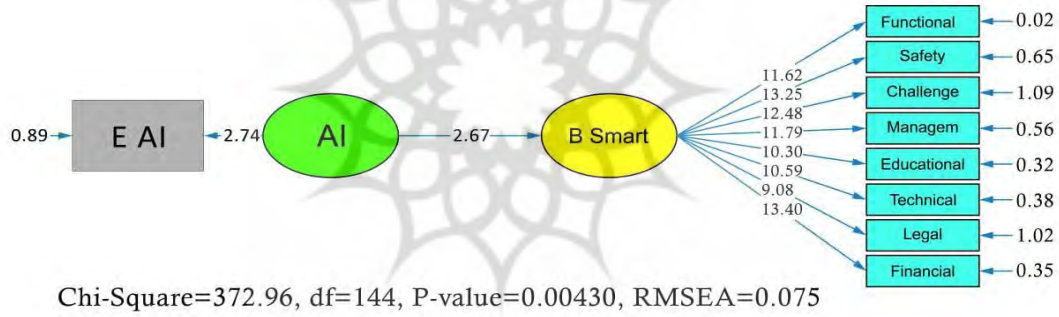
شکل ۵

برازش مدل مفهومی مبنی بر کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت



شکل ۶

معنی داری مدل مفهومی مبنی بر کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۳

مقادیر شاخص های برازش مدل نهایی کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت

شاخص	مقدار
(کای دو بر درجه‌ی آزادی)	۲/۵۹
RMSEA (ریشه میانگین مربعات خطای برآورد)	۰/۰۷۵
CFI (برازندگی تعدیل یافته)	۰/۸۹
IFI (برازندگی فزاینده)	۰/۹۳
GFI (نیکویی برازش)	۰/۸۸
AGFI (نیکوئی برازش تعدیل یافته)	۰/۹۰
NFI (برازندگی نرم شده)	۰/۸۹
NNFI (برازندگی نرم نشده)	۰/۸۷

E-ISSN: 3041-8585

بحث و نتیجه‌گیری

امروزه هوش مصنوعی (AI) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین فناوری‌های معاصر محسوب می‌شود که تأثیر عمیقی بر زندگی انسان‌ها و صنایع مختلف دارد. به طور کلی، هوش مصنوعی قادر است حجم عظیمی از داده‌ها را در زمانی کوتاه پردازش کرده و تحلیل کند. این توانایی به شرکت‌ها و سازمان‌ها کمک می‌کند تا فرآیندها را بهینه‌سازی کنند و بهره‌وری را افزایش دهند. امروزه AI با تحلیل داده‌ها و استخراج الگوهای پنهان در آن‌ها، اطلاعات ارزشمندی را برای تصمیم‌گیری فراهم می‌کند. در حوزه‌های مالی و تجاری، الگوریتم‌های AI می‌توانند بازارها را تحلیل کرده و پیشنهاداتی برای سرمایه‌گذاری ارائه دهند که دقت و کارایی تصمیم‌گیری را بهبود می‌بخشد. تأثیر هوش مصنوعی بر هوشمندسازی ساختمان‌ها نیز بسیار گسترده و چشمگیر است. با استفاده از فناوری‌های AI، ساختمان‌ها می‌توانند به طور هوشمند عمل کرده و بهبودهای قابل توجهی در کارایی، راحتی، ایمنی و پایداری تجربه نمایند. با توجه به آنکه اکثر مطالعات انجام شده در زمینه هوشمندسازی ساختمان‌ها و استفاده از هوش مصنوعی به صورت نظری این موضوع را مورد بررسی قرار داده‌اند، این مطالعه تلاش نموده تا به صورت کمی و با نظرسنجی از مدیران شرکت‌های مهندسی، طراحی و ساخت نما ساختمان، کاربرد هوش مصنوعی را در هوشمندسازی صنعت ساخت بررسی نماید. بر اساس نتایج بدست آمده، شاخص‌های عملکردی، شاخص‌های ایمنی و نظارت، شاخص‌های چالشی و موانع، شاخص‌های مدیریتی و تعاملی، شاخص‌های آموزشی و توسعه‌ای، شاخص‌های فنی، شاخص‌های قانونی و مقرراتی و شاخص‌های مالی و اقتصادی به عنوان شاخص‌هایی هستند که نشان‌دهنده جنبه‌های مختلف کاربرد هوش مصنوعی در صنعت ساختمان هستند. هر کدام از این شاخص‌ها بیانگر مؤلفه‌هایی هستند که در این مطالعه شناسایی شده و به آن‌ها پرداخته شده است. به عنوان نمونه، بهبود کارایی، کاهش هزینه‌ها، کاهش زمان تکمیل پروژه‌ها، بهبود کیفیت و کاهش مصرف انرژی از جمله مواردی هستند که به عنوان شاخص‌های عملکردی هوش مصنوعی شناسایی شده و بر اساس نظرات جمع‌آوری شده این موارد می‌تواند هوشمندسازی صنعت ساخت را تسهیل نماید. به عنوان مثال، AI می‌تواند ترجیحات و الگوهای رفتاری ساکنان را یاد گرفته و محیط ساختمان را بر اساس این اطلاعات تنظیم کند. سیستم‌های هوشمند می‌توانند دما، روشنایی و حتی موسیقی را بر اساس سلیقه و نیازهای فردی تنظیم کنند، که این امر به بهبود تجربه کاربری و افزایش راحتی ساکنان منجر می‌شود. این موضوع مشابه نتایجی است که در مطالعه Almusaed و همکاران (۲۰۲۳) نیز به آن پرداخته شده است (Almusaed, 2023). علاوه بر این، هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های مصرف انرژی، الگوهای مصرف را شناسایی کرده و تنظیمات بهینه برای سیستم‌های گرمایش، سرمایش و روشنایی را پیشنهاد می‌دهد که منجر به کاهش مصرف انرژی و هزینه‌های مرتبط می‌شود. همچنین، سیستم‌های مدیریت انرژی هوشمند می‌توانند به طور خودکار دما و روشنایی را بر اساس حضور افراد و شرایط آب و هوایی تنظیم کنند. تأثیر هوش مصنوعی بر ایمنی در پروژه‌های ساخت، شناسایی و پیشگیری از خطرات احتمالی و نظارت و پایش خودکار در پروژه‌های ساخت و ساز از جمله مؤلفه‌هایی است که به عنوان شاخص‌های ایمنی و نظارت شناسایی شده است. هوش مصنوعی امکان کنترل خودکار و یکپارچه سیستم‌های مختلف ساختمان را فراهم می‌کند. این کنترل هوشمند باعث افزایش راحتی ساکنان و کاهش خطاهای انسانی می‌شود. هوش مصنوعی با ارائه سیستم‌های نظارتی پیشرفته، تحلیل دقیق داده‌ها و واکنش‌های خودکار و هوشمند، نقش کلیدی در افزایش ایمنی ساختمان‌های هوشمند ایفا می‌کند. این فناوری نه تنها به پیشگیری از حوادث و کاهش خطرات کمک می‌کند، بلکه در صورت وقوع حوادث، بهبود واکنش‌های اضطراری و کاهش خسارات نیز مؤثر است. با پیشرفت‌های مداوم در زمینه AI، انتظار می‌رود که نقش این فناوری در ایمنی ساختمان‌ها بیش از پیش گسترش یابد و به ایجاد محیط‌هایی ایمن‌تر و کارآمدتر کمک کند. نتایجی که همسو با نتایج مطالعات Almaz و همکاران (۲۰۲۴) وHalhoul و همکاران (۲۰۲۱) است (Almaz, 2024; Halhoul Merabet, 2021).

هزینه‌های بالای استفاده از هوش مصنوعی، عدم وجود تخصص کافی، مقاومت در برابر تغییرات در استفاده از هوش مصنوعی و وجود هزینه‌های اولیه از جمله مؤلفه‌هایی هستند که در این مطالعه به عنوان شاخص‌های چالشی و مانع هوش مصنوعی شناخته شده و اثر آن‌ها بر هوشمندسازی صنعت ساخت تأیید شده است. بهبود ارتباطات و هماهنگی بین تیم‌ها، بهبود تجربه مشتریان و تعامل با آنها، آموزش و توانمندسازی کارکنان و همچنین آمادگی نیروی کار فعلی در استفاده از فناوری‌های هوش مصنوعی شاخص‌های مدیریتی و تعاملی هستند که بیانگر کاربرد هوش مصنوعی در هوشمندسازی ساختمان‌ها می‌باشند. هوش مصنوعی (AI) از طریق سیستم‌های مدیریت پروژه هوشمند می‌تواند در مدیریت پروژه‌ها و هماهنگی بین تیم‌های مختلف موثر باشد. ابزارهای مدیریت پروژه مبتنی بر AI می‌تواند برنامه‌ریزی، تخصیص منابع و پیگیری پیشرفت کارها را بهبود بخشد. همچنین می‌تواند پیشرفت پروژه‌ها را به صورت خودکار پایش کرده و به مدیران پروژه اطلاع دهد که آیا کارها طبق برنامه پیش می‌رود یا نیاز به تنظیمات دارند. پلتفرم‌های ارتباطی مجهز به AI می‌توانند به بهبود هماهنگی و ارتباطات بین تیم‌ها کمک کنند. این پلتفرم‌ها می‌توانند مکالمات را تحلیل کرده و نکات مهم را برجسته کنند. چت‌بات‌های هوشمند می‌توانند به سؤالات کارکنان پاسخ دهند و اطلاعات مورد نیاز را به سرعت فراهم کنند. سیستم‌های پشتیبانی هوشمند نیز می‌توانند مسائل رایج مشتریان را شناسایی کرده و راه‌حل‌های فوری ارائه دهند. پلتفرم‌های آموزشی مبتنی بر AI می‌تواند برای ایجاد دوره‌های آموزشی شخصی‌سازی شده برای کارکنان استفاده شود. این دوره‌ها بر اساس نیازها و سطح دانش هر فرد طراحی می‌شوند و می‌تواند محتوای آموزشی را بر اساس پیشرفت و عملکرد کارکنان تنظیم نماید. بنابراین، آموزش‌های تخصصی و کارگاه‌های آموزشی در زمینه استفاده از AI می‌تواند به نیروی کار فعلی کمک کند تا با فناوری‌های جدید آشنا شده و به کارکنان کمک کنند تا مهارت‌های لازم برای استفاده از ابزارهای هوشمند و AI را کسب کنند. نتایجی که در مطالعه Ghimire و همکاران (۲۰۲۴) نیز به آن پرداخته شده است (Ghimire, 2024).

شاخص‌های آموزشی و توسعه‌ای، شاخص‌های فنی، شاخص‌های قانونی و مقرراتی و شاخص‌های مالی و اقتصادی از دیگر شاخص‌هایی است که در این مطالعه به عنوان مؤلفه‌های کاربردی هوش مصنوعی در هوشمندسازی صنعت ساخت شناسایی شده است. بنابراین، ایجاد برنامه‌های آموزشی، برگزاری دوره‌های آموزشی مستمر و کارگاه‌های عملی برای به‌روزرسانی دانش و مهارت‌های کارکنان ضروری است تا کارکنان بتوانند با فناوری‌های هوشمند و AI آشنا شده و از آن‌ها بهره‌برداری کنند. همچنین، شبکه‌های ارتباطی پرسرعت و پایدار برای پشتیبانی از انتقال داده‌ها و ارتباطات در زمان واقعی و استفاده از سیستم‌های ابری برای ذخیره‌سازی و پردازش داده‌ها به منظور بهره‌برداری از قدرت پردازشی بالا و مقیاس‌پذیری و استفاده از سنسورها و دستگاه‌های IoT برای جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات از محیط ساختمان و الگوریتم‌های AI که قادر به تحلیل داده‌های بزرگ و استخراج الگوهای مفید از آن‌ها باشند، به همراه استفاده از مدل‌های یادگیری ماشین و یادگیری عمیق برای بهبود دقت و کارایی تحلیل‌ها و پیش‌بینی‌ها در هوشمندسازی ساختمان‌ها مفید و مؤثر است. در این زمینه، وجود قوانین و مقررات مشخص و شفاف برای استفاده از AI، فراهم نمودن حریم خصوصی و امنیت داده‌ها و استانداردهای فنی برای تجهیزات و سیستم‌های هوشمند که تضمین کننده سازگاری این فناوری‌ها با یکدیگر باشد، پیشنهاد می‌شود. ارزیابی هزینه‌های اولیه و مستمر فناوری‌های هوشمند و مقایسه آن با مزایای اقتصادی و بازگشت سرمایه و توسعه مدل‌های کسب و کار جدید که بهره‌برداری از فناوری‌های AI و هوشمند را تسهیل و اقتصادی کنند و همچنین، تامین مالی از طریق سرمایه‌گذاری‌های دولتی و خصوصی برای توسعه و پیاده‌سازی فناوری‌های هوشمند، مشوق‌های مالی شرکت‌های ساختمانی برای حرکت به سمت هوشمندسازی و استفاده از AI محسوب می‌شود. با توجه به این نتایج، صنعت ساخت می‌تواند از مزایای هوش مصنوعی و فناوری‌های هوشمند بهره‌برداری کند و به سمت هوشمندسازی و بهبود کارایی، ایمنی، راحتی و پایداری حرکت کند. این اقدامات نیازمند همکاری بین ذینفعان مختلف از جمله دولت، موسسات آموزشی، شرکت‌های فناوری و شرکت‌های

E-ISSN: 3041-8585

ساختمانی است. ایجاد زیرساخت‌های مناسب، تدوین مقررات شفاف و ارائه آموزش‌های لازم می‌تواند به تحقق این اهداف کمک کرده و صنعت ساخت را به سطحی جدید از نوآوری و کارایی برساند.

تعارض منافع

در انجام مطالعه حاضر، هیچ‌گونه تضاد منافعی وجود ندارد.

مشارکت نویسندگان

در نگارش این مقاله تمامی نویسندگان نقش یکسانی ایفا کردند.

موازین اخلاقی

در انجام این پژوهش تمامی موازین و اصول اخلاقی رعایت گردیده است.

شفافیت داده‌ها

داده‌ها و مآخذ پژوهش حاضر در صورت درخواست از نویسنده مسئول و ضمن رعایت اصول کپی رایت ارسال خواهد شد.

حامی مالی

این پژوهش حامی مالی نداشته است.

References

Almaz, A. F., El-Agouz, Elsayed Abd El-azim, Abdelfatah, Mohab Taher, Mohamed, Islam Rafaat. (2024). The Future Role of Artificial Intelligence (AI) Design's Integration into Architectural and Interior Design Education is to Improve Efficiency, Sustainability, and Creativity. *Sustainability, and Creativity*, *3*(12), 1749-1772. https://doi.org/10.13189/cea.2024.1203

Almusaed, A., Yitmen, Ibrahim, Almssad, Asaad. (2023). Enhancing smart home design with AI models: A case study of living spaces implementation review. *Energies*, *16*(6), 2636. https://doi.org/10.3390/en16062636

De Kleijn, R. (2022). Artificial Intelligence Versus Biological Intelligence: A Historical Overview. In B. Custers & E. Fosch-Villaronga (Eds.), *Law and Artificial Intelligence: Regulating AI and Applying AI in Legal Practice* (pp. 29-41). T.M.C. Asser Press. https://doi.org/10.1007/978-94-6265-523-2_2

Egwim, C. N., Alaka, Hafiz, Demir, Eren, Balogun, Habeeb, Olu-Ajayi, Razak, Sulaimon, Ismail, Wusu, Godoyon, Yusuf, Wasiu, Muideen, Adegoke A. (2023). Artificial Intelligence in the Construction Industry: A Systematic Review of the Entire Construction Value Chain Lifecycle. *Energies*, *17*(1), 182. https://doi.org/10.3390/en17010182

Ejidike, C. C., Mewomo, Modupe Cecilia. (2023). Benefits of adopting smart building technologies in building construction of developing countries: review of literature. *SN Applied Sciences*, *5*(2), 52. https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y

Ghimire, P., Kim, Kyungki, Acharya, Manoj. (2024). Opportunities and Challenges of Generative AI in Construction Industry: Focusing on Adoption of Text-Based Models. *Buildings*, *14*(1), 220. https://doi.org/10.3390/buildings14010220

Halhoul Merabet, G., Essaaidi, Mohamed, Ben Haddou, Mohamed, Qolomany, Basheer, Qadir, Junaid, Anan, Muhammad, Al-Fuqaha, Ala, Abid, Mohamed Riduan, Benhaddou, Driss. (2021). Intelligent building control systems for thermal comfort and energy-efficiency: A systematic review of artificial intelligence-assisted techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *144*(no), 110969. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110969

Holzmann, V., Lechiara, Michele. (2022). Artificial Intelligence in Construction Projects: An Explorative Study of Professionals' Expectations. *European Journal of Business and Management Research*, *7*(3), 151-162. https://doi.org/10.24018/ejbmr.2022.7.3.1432

Mojtabavi, S. M., Arghavani, Negin. (2023). Analyzing the Effect of Smart Materials in Improving the Comfort of Residents. *Rahpooye Memari-o Shahrsazi*, *2*(3), 69-79. https://doi.org/10.22034/rau.2023.2002009.1043

Rabbi, A. B. K., Jeelani, Idris. (2024). AI integration in construction safety: Current state, challenges, and future opportunities in text, vision, and audio based applications. *Automation in Construction*, *164*, 105443. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105443

Rampini, L., Cecconi, Fulvio Re. (2022). Artificial intelligence in construction asset management: a review of present status, challenges and future opportunities. *Journal of Information Technology in Construction*, *27*(no), 884-913. https://doi.org/10.36680/j.itcon.2022.043

Razi, P. Z., Sulaiman, S. K, Ali, M. I, Ramli, N. I, Saad, M. S. H, Jamaludin, O, Doh, S. I. (2023). How Artificial Intelligence Changed the Construction Industry in Safety Issues. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1140*(1), 012004. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1140/1/012004

Saleh, Z. (2019). Artificial intelligence definition, ethics and standards. *Journal of Artificial Intelligence*, *1*(1), -. https://scholar.google.com/scholar?hl=fa&as_sdt=0%2C5&q=7.%09Saleh%2C+Ziyad.+%282019%29.+Artificial+Intelligence+Definition%2C+Ethics+and+Standards.&btnG=

Takhmasib, M., Lee, Hyuk Jae, Yi, Hwang. (2023). Machine-learned kinetic Façade: Construction and artificial intelligence enabled predictive control for visual comfort. *Automation in Construction*, *156*(no), 105093. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105093

Taleshalipour, M., Ghazimoradi, Mostafa, rasekhi sahneh, Alireza. (2024). A review of research on the use of smart contracts in construction projects, a meta-analysis. *Journal of Environmental Science Studies*, *9*(3), 9020-9007. https://doi.org/10.22034/jess.2023.417376.2139

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

E-ISSN: 3041-8585